



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 19 de julio de 2022

Señores
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
Ciudad

Los suscritos: Juan Gabriel García Calderón con C.C. No.1075263779, José Esneyder Ortiz Gómez, con C.C. No.1081160120 y Oscar Leonardo Fierro Silva con C.C. No. 1080297626, autores de la tesis y/o trabajo de grado titulado **INTERACCIÓN ENTRE VARIABLES DE CRECIMIENTO DE LA TILAPIA ROJA EN UN CICLO COMERCIAL, A TRAVÉS DE MODELOS DE REGRESIÓN, EN LA VEREDA MAJO DEL MUNICIPIO DE GARZÓN - HUILA EN EL AÑO 2021**, presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de **Especialista en Estadística**. Autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: JUAN GABRIEL GARCÍA CALDERÓN

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE: JOSÉ ESNEYDER ORTIZ GÓMEZ

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE: OSCAR LEONARDO FIERRO SILVA

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: INTERACCIÓN ENTRE VARIABLES DE CRECIMIENTO DE LA TILAPIA ROJA EN UN CICLO COMERCIAL, A TRAVÉS DE MODELOS DE REGRESIÓN, EN LA VEREDA MAJO DEL MUNICIPIO DE GARZÓN - HUILA EN EL AÑO 2021.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
García Calderón Ortiz Gómez Fierro Silva	Juan Gabriel José Esneyder Oscar Leonardo

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bernal Castro	Edgar Andrés

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Especialista en Estadística

FACULTAD: Ciencias Exactas y Naturales

PROGRAMA O POSGRADO: Especialización en Estadística

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022

NÚMERO DE PÁGINAS: 78

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general Grabados
Láminas Litografías Mapas Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

- Crecimiento
- Piscicultura
- Acuicultura
- Producción
- Tilapia
- Modelos de regresión

Inglés

- Growth
- fish farming
- Aquaculture
- Production
- Tilapia
- Regression models

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El estudio se desarrolló en el municipio de Garzón, Vereda Majo, en un cultivo de tilapia roja sembrada en estanque en tierra (lago); para el análisis se tuvo en cuenta los datos suministrados de un lago, donde se introdujeron 3000 alevinos por un lapso de ciclo comercial, de seis meses. Se implementaron dos modelos de regresión, lineal simple y polinómico, con el fin de extraer el comportamiento del peso de la tilapia con



función del tiempo, y así, determinar la medida óptima y estándar para su comercialización. Para ello, se tuvo en cuenta los datos prácticos, suministrados por el administrador de los lagos, quien aportó 13 muestras cada 15 días, desde la introducción de los alevinos hasta la fecha de captura para su comercialización, teniendo como variables, peso de la tilapia en gramos, pH del agua, temperatura del agua en Celsius y tiempo de crecimiento en días.

Aplicado el modelo se tomaron como variables, respuesta el peso en gramos y variable explicativa tiempo en días, utilizando el software R Studio, cuyo resultado arrojó que los modelos se ajustan a los datos recolectados, pero no, a las consecuencias de las pruebas a los residuales aplicado a cada modelo; concluyéndose que no son adecuados para modelar este tipo de comportamiento, en virtud de la ambigüedad de los datos por la ausencia de instrumentos adecuados para la medición, llevando a otras posibles soluciones como las transformaciones.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The study was implemented in the municipality of Garzón, Vereda Majo, in a red tilapia farm planted in a pond on land (lake); For the analysis, the data supplied from a lake was taken into account, where 3000 fingerlings were introduced for a commercial cycle of six months. Two regression models, simple linear and polynomial, were implemented in order to extract the behavior of tilapia weight as a function of time, and thus determine the optimal and standard measure for its commercialization. For this, practical data was taken into account, provided by the administrator of the lakes, who provided 13 samples every 15 days, from the introduction of the fingerlings to the date of capture for marketing, having as variables, weight of the tilapia in grams, pH of the water, temperature of the water in Celsius and growth time in days.

When the model was applied, the response variables were weight in grams and explanatory variable time in days, using the R Studio software, the result of which was that the models were adjusted to the data collected, but not to the consequences of the tests to the results. residuals applied to each model; concluding that they are not adequate to model this type of behavior, due to the ambiguity of the data due to the absence of adequate instruments for measurement, leading to other possible solutions such as transformations.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: LEONARDO FABIO MEDINA ORTIZ

Firma: LEONARDO MEDINA

Nombre Jurado: JUAN MANUEL SILVA CHAVARRO

Firma: Juan M. Silva

**INTERACCIÓN ENTRE VARIABLES DE CRECIMIENTO DE LA TILAPIA ROJA EN UN
CICLO COMERCIAL, A TRAVÉS DE MODELOS DE REGRESIÓN, EN LA VEREDA MAJO
DEL MUNICIPIO DE GARZÓN - HUILA EN EL AÑO 2021**

Juan Gabriel García Calderón, José Esneyder Ortiz Gómez & Oscar Leonardo Fierro

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Surcolombiana

Especialización en Estadística

20 de Junio de 2022

Página aceptación



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA

CARTA DE ACEPTACIÓN

En calidad de Coordinador del Posgrado Especialización en Estadística, programa reconocido por el Ministerio de Educación Nacional mediante Resolución de Registro Calificado No. 3683 del 2 de marzo de 2018 y adscrito a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Surcolombiana, me permito informar que el trabajo de investigación titulado: **“INTERACCIÓN ENTRE VARIABLES DE CRECIMIENTO DE LA TILAPIA ROJA EN UN CICLO COMERCIAL, A TRAVÉS DE MODELOS DE REGRESIÓN EN LA VEREDA MAJO DEL MUNICIPIO DE GARZÓN EN EL AÑO 2021”** presentado por los estudiantes Juan Gabriel García Calderón, José Esneyder Ortiz Gómez y Oscar Leonardo Fierro Silva; es **ACEPTADO** como trabajo de grado para optar el título de Especialista en Estadística.

Para constancia se firma en la Ciudad de Neiva, a los dieciocho (18) días del mes de julio del año 2022.

JAIME POLANÍA PERDOMO
Coordinador

Página agradecimientos

El presente trabajo de investigación es dedicado principalmente a Dios y a todas las personas que nos han apoyado para lograr la realización de este trabajo; agradecer profundamente a los profesores que impartieron el conocimiento de la especialización en Estadística y nuestra familia, que, con paciencia, trasnochadas, enojos y mucho amor, nos brindaron lo suficiente para culminar este trabajo.

Resumen

La Piscicultura en el departamento del Huila marca un ámbito importante a nivel económico y alimentario; sin embargo, el empirismo de las pequeñas y medianas piscícolas, lo cual es una porción significativa en la industria acuícola, afecta el desarrollo de la actividad y producción, en tanto no tienen un sistema tecnificado que permita tener control del peso de la tilapia, generando fluctuación al momento de la comercialización. Siendo el problema de la investigación, cuya solución se apoyó en técnicas estadísticas con modelos de regresión, que permiten mayor precisión a la hora de llevar a cabo la producción.

El estudio se desarrolló en el municipio de Garzón, Vereda Majo, en un cultivo de tilapia roja sembrada en estanque en tierra (lago); para el análisis se tuvo en cuenta los datos suministrados de un lago, donde se introdujeron 3000 alevinos por un lapso de ciclo comercial, de seis meses. Se implementaron dos modelos de regresión, lineal simple y polinómico, con el fin de extraer el comportamiento del peso de la tilapia con función del tiempo, y así, determinar la medida óptima y estándar para su comercialización. Para ello, se tuvo en cuenta los datos prácticos, suministrados por el administrador de los lagos, quien aportó 13 muestras cada 15 días, desde la introducción de los alevinos hasta la fecha de captura para su comercialización, teniendo como variables, peso de la tilapia en gramos, pH del agua, temperatura del agua en Celsius y tiempo de crecimiento en días.

Aplicado el modelo se tomaron como variables, respuesta el peso en gramos y variable explicativa tiempo en días, utilizando el software R Studio, cuyo resultado arrojó que los modelos se ajustan a los datos recolectados, pero no, a las consecuencias de las pruebas a los residuales aplicado a cada modelo; concluyéndose que no son adecuados para modelar este tipo de comportamiento, en virtud de la ambigüedad de los datos por la ausencia de instrumentos adecuados para la medición, llevando a otras posibles soluciones como las

transformaciones. Se realizó a un diseño correlacional para verificar los efectos del crecimiento y comercialización de la tilapia, entre el peso, tiempo, temperatura y pH.

Palabras Claves: crecimiento, piscicultura, acuicultura, producción, Tilapia, modelos de regresión

Abstract

Fish farming in the department of Huila marks an important area at an economic and food level; however, the empiricism of small and medium-sized fish farms, which is a significant portion of the aquaculture industry, affects the development of activity and production, as they do not have a technical system that allows control of tilapia weight, dividing fluctuation at the time of marketing. Being the problem of the investigation, whose solution was supported by statistical techniques with regression models, which allow greater precision when carrying out the production.

The study was developed in the municipality of Garzón, Vereda Majo, in a red tilapia farm planted in a pond on land (lake); For the analysis, the data supplied from a lake was taken into account, where 3000 fingerlings were introduced for a commercial cycle of six months. Two regression models, simple linear and polynomial, were implemented in order to extract the behavior of tilapia weight as a function of time, and thus determine the optimal and standard measure for its commercialization. For this, practical data was taken into account, provided by the administrator of the lakes, who provided 13 samples every 15 days, from the introduction of the fingerlings to the date of capture for marketing, having as variables, weight of the tilapia in grams, pH of the water, temperature of the water in Celsius and growth time in days.

When the model was applied, the response variables were weight in grams and explanatory variable time in days, using the R Studio software, the result of which showed that the models fit the data collected, but not the consequences of the tests on the data collected.

residuals applied to each model, concluding that they are not adequate to model this type of behavior, due to the ambiguity of the data due to the absence of adequate instruments for measurement, leading to other possible solutions such as transformations. A correlational design was carried out to verify the effects of tilapia growth and marketing, between weight, time, temperature and pH.

KeyWords: growth, fish farming, aquaculture, production, Tilapia, regression models.

Índice de contenidos

Página aceptación	2
Página agradecimientos.....	3
Resumen	4
Índice de contenidos.....	7
Índice de Tablas.....	10
índice de Figuras	12
Introducción	13
1.Planteamiento del problema.....	15
2.Marco Teórico	17
2.1 ORIGEN	17
2.2 CRIANZA DE ALEVINOS	18
2.3 RECIBIMIENTO DE ALEVINOS	19
2.4 REVERSIÓN:	19
2.5 TIPO DE CULTIVO:.....	20
2.6 CALIDAD DEL AGUA ÓPTIMA PARA LA SIEMBRA:.....	21
2.8 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN:	22
2.9 MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA EL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO ANIMAL.....	23
2.9.1 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE	23
2.9.2 RESIDUALES	23
2.9.3 MODELO DE REGRESION LINEAL MULTIPLE	24
2.9.4 MÉTODO MÍNIMO CUADRADO.....	24
2.9.5 PRUEBAS A LOS RESIDUALES	24

3.Objetivos.....	26
3.1 General	26
3.2 Específicos.....	26
4.Justificación	27
5.Hipótesis y variables	29
5.1 Hipótesis.....	29
5.2 Variables	29
6. Definición de términos centrales	30
7.Alcances	33
7.1 Alcances.....	33
7.2 Limitaciones	33
8.Diseño Metodológico.....	34
8.1 Enfoque de investigación.....	34
8.2 Diseño estadístico	34
8.3 Población de estudio	35
8.4 Diseño Muestral.....	35
8.5 Instrumento(s) y materiales	36
8.6 Proceso de recolección de los datos	36
8.7 Sistematización de la información.....	36
8.8 Procesamiento de la información.....	36
9. Resultados.....	38
10. Conclusiones/Recomendaciones	58
10.1 CONCLUSIONES.....	58
10.2 RECOMENDACIONES.....	61
10.3 DISCUSIÓN	62

11. Referencias.....	65
Bibliografía.....	65
12. Apéndices/Anexos	71
12.1 Anexo: Rutinas implementadas en R para la obtención de los resultados	71
12.2 Anexo: Base de Datos	77

Índice de Tablas

Tabla 1.....	38
<i>Resumen del Análisis Exploratorio de las 13 muestras.....</i>	<i>38</i>
Tabla 2.....	41
<i>Tabla de frecuencia de la muestra 1.</i>	<i>41</i>
Tabla 3.....	43
<i>Tabla de frecuencia de la muestra 12.</i>	<i>43</i>
Tabla 4.....	45
<i>Tabla de frecuencia de la muestra 13.</i>	<i>45</i>
Tabla 5.....	47
<i>Estimadores Coeficientes del Modelo Lineal simple.....</i>	<i>47</i>
Tabla 6.....	49
<i>Verificación de supuestos del modelo lineal simple.....</i>	<i>49</i>
Tabla 7.....	50
<i>Estimadores Coeficientes del modelo polinómico de grado 4.....</i>	<i>50</i>
Tabla 8.....	52
<i>Verificación de supuestos del modelo polinomial grado 4.....</i>	<i>52</i>
Tabla 9.....	52
<i>Estimadores de los Coeficientes de la transformación logarítmica del modelo polinómico de grado 4.....</i>	<i>52</i>
Tabla 10.....	53
<i>Verificación de supuestos de la transformación logarítmica del modelo polinómico de grado 4.</i>	<i>53</i>
Tabla 11.....	54

<i>Estimadores Coeficientes de la transformación raíz cuadrada del modelo polinómico de grado</i>	
4.....	54
Tabla 12.....	55
<i>Verificación de supuestos de la transformación raíz cuadrada del modelo polinómico de grado</i>	
4.....	55
Tabla 13.....	56
<i>Coeficiente de correlación entre peso- temperatura.....</i>	<i>56</i>
Tabla 14.....	56
<i>Coeficiente de correlación entre peso- pH.....</i>	<i>56</i>

índice de Figuras

Figura 1	39
<i>Resumen del Análisis exploratorio de las 13 muestras.</i>	39
Figura 2	42
<i>Estadísticas de Resumen muestra 1.</i>	42
Figura 3	44
<i>Estadísticas de resumen muestra 12.</i>	44
Figura 4	46
<i>Estadísticas de resumen muestra 13.</i>	46
Figura 5	48
<i>Ajuste del modelo lineal simple</i>	48
Figura 6	49
<i>Promedio de peso de la tilapia roja por cada muestra</i>	49
Figura 7	51
<i>Ajuste del modelo polinómico de grado 4</i>	51

Introducción

Según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural al 2019, el departamento del Huila aporta el 45% de la producción pesquera nacional, principalmente de tilapia (Ministerio de Agricultura, 2019) y recientemente, en el año 2022, el departamento del Huila no solo se ha consolidado como potencia pesquera nacional, sino que sigue creciendo en producción de tilapia con un 85% de las exportaciones, así se destaca en el último informe del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, que arrojó que el departamento ha incrementado en 5.411 toneladas de pescado respecto al año 2020. (Gobernación del Huila, *El Huila se consolida como potencia piscícola de Colombia*, 17 de marzo 2022)

De acuerdo con las cifras reveladas en la Evaluación Agropecuaria 2021, el país pasó de producir 174.067 toneladas a 188.658 toneladas de pescado, donde el Huila hizo un aporte 73.048 toneladas principalmente en mojarra roja y plateada, que corresponde al 39% de la producción piscícola nacional, seguido por el Meta con 11%, Tolima con 9%, Córdoba con 5%, Cundinamarca y Boyacá con el 5%, y Antioquia con el 4% (Gobernación del Huila, 2022)

Siendo la piscicultura un factor importante de ingresos para el país, con el departamento del Huila como mayor exponente, siendo trascendental tener estrategias que mejoren continuamente el rendimiento de los procesos de producción tanto en grandes, como en medianas y pequeñas piscícolas. Según Rodríguez y Anzola (2001) en las últimas décadas, se ha querido estudiar unos parámetros de la actividad, como factores físicos, químicos, correctivos del agua y de la alimentación, de manera que no genere grandes variaciones a la hora de medir el peso y la talla del pez, en el camino a la exportación y calidad del producto.

En este sentido, se ha puesto la mirada en la modelación matemática, sin embargo, en algunos casos la naturaleza misma del problema sugiere el uso de otras herramientas como la estadística que brinda modelos de predicción y la capacidad de relacionar variables de interés. En este trabajo se utilizan los modelos de regresión, como el modelo de regresión lineal simple y el polinómico.

1.Planteamiento del problema

La acuicultura en Colombia representa una actividad de alta prioridad según el gobierno nacional (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca [AUNAP], 2014) debido a los aportes que ha reflejado en el Producto Interno Bruto (PIB) del país, pues el sector acuícola para el año 2021 aportó 32.7% del PIB (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2021); por otro lado, el departamento del Huila es el principal productor de tilapia, tiene una producción del 45% en piscicultura, seguido de otros departamentos como meta con 12%, es decir, el Huila tiene una ventaja significativa respecto de otros departamentos. (Ministerio de Agricultura, 2019). Cabe resaltar que, dentro de este porcentaje, la comercialización de tilapia en el departamento del Huila representa el 92.82%, seguido de cachama con 3.96%, trucha con 0.92%, carpa con el 0,93%; sábalo con el 0,77%, y el bocachico con el 0,63% (Gobernación del Huila, 2022)

A partir de lo anteriormente expuesto, se evidencia la importancia de la acuicultura para el departamento del Huila, que viene realizando grandes avances y aportes a la economía. (Gobernación del Huila, 2022). Sin embargo, las cifras anteriores sólo están representadas por 30 granjas de producción las cuales tienen certificación internacional BAP y NTC 5700. (Ministerio de agricultura, 2019), sin tener en cuenta a los pequeños y medianos acuicultores, quienes no tienen herramientas para optimizar su cultivo.

Por lo anterior, se plantea un proyecto de investigación teniendo en cuenta una granja de producción a pequeña escala, la cual lleva mucho tiempo generando tilapia roja para la región y por lo tanto, se da a la tarea de comprobar si algunos modelos de regresión se ajustan al comportamiento del peso de la tilapia roja en un ciclo comercial. De este modo, se puede entender cómo es el comportamiento del peso de la tilapia a través del tiempo, lo que ayudará al piscicultor a tomar decisiones para mejorar su cosecha.

¿Cómo se puede mejorar el cultivo de Tilapia Roja en un ciclo comercial a través de modelos de regresión en una granja a pequeña escala?

2.Marco Teórico

2.1 ORIGEN

El origen de la Tilapia roja según Castillo (s.f) fue en el año 68 en Tainan, en una población al sur de la isla de Taiwán, hubo una “mutación albina” proveniente de una tilapia mozambica (*Oreochromis mossambicus Wu-Kuo*), la cual tiene una coloración normalmente negra, esta vendría a ser la primer tilapia roja, la nueva especie albina que fue utilizada por productores e investigadores de todo el mundo debido a su atractiva coloración; esto incentivó a iniciar programas de selección e hibridación que permitieron obtener nuevas líneas de tilapia roja y que han sido introducidas a Colombia. Entre ellas están:

- *Red Aurea (O. aureus)* “ROJA”
- *Red Florida (O. mossambicus x O. urolepis hornorum)* “ALBINA”
- *Golden Tilapia (O. mossambicus)* “AMARILLA”
- *Red Manzala (O. aureus x O. niloticus egipcia)* “ROJA”
- *Red Singapur (O. mossambicus)* “MUTANTE”
- *Red Stirling y Tailandesa: (O. niloticus)* “ROJA”
- *Red Taiwanesa (O. mossambicus)* “ALBINA”
- *Red Taiwanesa Filipina (O. mossambicus x O. niloticus)* “ALBINA”
- *Red Yumbo No 1 (Red Florida x O. niloticus)* “ROJA”
- *Red Yumbo No 2 (Red Florida USA x Red Florida ISRAEL).* “ROJA”

Dichas líneas han impulsado el desarrollo acelerado de la piscicultura comercial a partir de la década de los 80, en países sudamericanos sin tradición acuícola como Colombia, Venezuela y Ecuador. De 1979 a 1982, el primer grupo de "tilapia roja" fue introducido a Colombia desde Panamá por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA) y empresas regionales encargadas de la investigación y transferencia de tecnología. Esta primera inclusión es de la especie *Oreochromis Mossambicus albina* (Org

Acuicola Alevinos del Valle de Colombia SAS, s.f)., la cual está destinada netamente a ser producida para uso comercial, sin embargo, varios factores hicieron que este primer intento fracasara y en 1984, se hizo la importación de un segundo lote de tilapia roja desde México a Colombia, conocida como "Percas" o "Perchas Doradas", las cuales eran de color cobre a partir del cruce de un macho albino de *O. mossambicus* con *O. Urolepis hornorum*, lo que resultó como base para el desarrollo de la producción de tilapia roja en Colombia. (Org Acuicola Alevinos del Valle de Colombia SAS, s.f).

Por otro lado, estas especies introducidas se mezclaron y por falta de programas de mejoramiento genético que hicieran frente a los objetivos y generar criterios claros para la selección y/o cruzamiento, hoy en día en Colombia, la genética de la tilapia roja no es muy conocida, por el contrario, ha permitido el cruce de líneas sin control (Arqueros, M; et. al, 2017). En el estudio de Rowena et. al; (2004); se han utilizado herramientas moleculares en todo el mundo para evaluar la singularidad de la tilapia roja, resultando que existen nuevas especies debido al tipo de cría y cultivo utilizados a través de los años.

2.2 CRIANZA DE ALEVINOS

Para la reproducción es necesario tener una siembra con una densidad entre 1 a 2 machos por cada 3 hembras, sin exceder 1 kg de biomasa por metro cuadrado, que tengan entre 10 y 20 meses de edad con una alimentación baja en grasa al llegar a su edad reproductiva y con buena capacidad abdominal; una vez desovada la hembra y fertilizado el macho, la hembra recoge sus huevos en la boca para su incubación, el cual tiene una duración de 3 a 6 días dependiendo de la temperatura del agua, la cual se recomienda entre 28 a 31°C (Meyer, D. & Triminio, S. 2007).

2.3 RECIBIMIENTO DE ALEVINOS

Preferiblemente se realiza a primera hora de la mañana, para realizar un seguimiento a lo largo del día, revisando las características relacionadas con la condición física, comportamiento del pez, si la bolsa contiene suficiente oxígeno o si presenta alguna anomalía. (Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA] Tolima, 2008)

2.4 REVERSIÓN:

La producción de tilapia en el ambiente comercial generalmente requiere el uso de machos, porque crece el doble de rápido que las hembras, de no ser así, desarrollan poblaciones mixtas de diversidad en el tamaño de los peces capturados, lo que afecta la comercialización. Además, la presencia de tilapia hembra conduce a un desove descontrolado, reclutamiento excesivo de alevines, competencia por alimento y enanismo de la población inicial, que puede no alcanzar el tamaño comercial. (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO],2021)

Ya conociendo la problemática, llega una solución económica para los acuicultores y es la reversión sexual; Según lo propuesto por Popma y Green (como se citó en Arboleda, Obregon, 2005), afirmó que la tilapia comienza a alimentarse a los 3 días después de haber absorbido por completo el saco vitelino, en este momento, no ha desarrollado las gónadas (testículos y ovarios) por lo que es posible es ese momento, aplicar el proceso de reversión sexual. Para ello, el alimento concentrado se mezcla con una hormona masculina llamada 17 alfa-metiltestosterona, y se alimentan durante el primer mes de vida; preferiblemente el tamaño de las larvas debe ser lo más pequeño posible, ojalá, no supere los 1,4 cm.

2.5 TIPO DE CULTIVO:

Para realizar el cultivo de tilapia existen distintos tipos, todo depende del clima, textura del suelo, especies que se van a cultivar, terreno y también, el acuicultor y los materiales de construcción y tamaño del terreno, etc (Mojica & Villaneda, 2001). Los cultivos más utilizados en el departamento del Huila son, cultivos en jaula y estanque en tierra. Sin embargo, con el paso de los años, para mitigar el impacto ambiental de los procesos de producción, se han venido implementando otra clase de cultivo como lo es, los sistemas biofloc, el cual se han venido realizando en algunos países para comercialización a gran escala. (Aguilar, F ;2010)

- **Cultivo en estanque en tierra**

El cultivo en estanque de tierra se realiza en excavaciones sobre la tierra que abarcan áreas de $500m^2$ a $2000m^2$ y dependiendo de la intensidad de los cultivos estos pueden manejar densidades entre $5\frac{peces}{m^2}$ a $15\frac{peces}{m^2}$, con ganancia de pesos corporales iniciales que oscilan entre 5g a 10g por día. Estos pesos corporales promedian una cosecha de 357g por pez (Mojica & Villaneda, 2001). Las dimensiones de los estanques dependen mucho para el objetivo de este mismo; según la (FAO,2021), un estanque de supervivencia oscila entre $100m^2$ a $400m^2$, estanques comerciales de bajo nivel oscilan entre $400m^2$ a $1000m^2$ en los que se encuentran un número reducido de tilapia y por último se encuentran los estanques de alto nivel, los cuales oscilan entre los $1000m^2$ a los $5000m^2$. Según Ocampo, F (2007) en condiciones de producción comercial se muestra una variación importante en los índices de desempeño productivo de los diferentes lotes para una ganancia diaria en el rango de 1.73 a 3.49 g, mortalidad 0.9% a 16.1%, y conversión alimenticia de: 1.28 a 2.87.

2.6 CALIDAD DEL AGUA ÓPTIMA PARA LA SIEMBRA:

Una de las cualidades variables más importantes, es el ecosistema donde vive la tilapia, “Colombia es un país tropical con una gran cantidad de cuencas hidrográficas que lo posicionan en un lugar destacado en recursos hídricos en el mundo” (UNAP, 2014, p. 9). En este sentido, la cantidad y calidad del agua es muy importante para la siembra y para otros cultivos, es por eso que debe ser tomada de quebradas, ríos, embalses, lagunas o ciénagas a una distancia razonable de 0 a 500 metros y no mayor a 2 kilómetros de los estanques (Morales, J(2002). *Estado de la información forestal en Colombia*. Comisión Europea, Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]), con una captación mínima de 1 litro por segundo a un máximo de 60 litros por segundo de caudal (Sánchez & Salazar, 2007), esta misma no debe contener residuos de insumos agropecuarios tales como los insecticidas, fungicidas o herbicidas, ni residuos de tipo industriales, mineros o domésticos tales como lo son los detergentes o derivados del petróleo.

Según (Vásquez, R; et. al 2014) la temperatura más adecuada del agua para el cultivo de tilapia está entre los 22°C a los 26°C, el oxígeno disuelto en el lago debe tener un mínimo de 4ppm por litro, la acidez o pH del agua debe de estar entre 5 a 9 de pH. De Acuerdo con (MinAgricultura, 2011-2012) la turbidez es un parámetro que afecta muchas variables juntas porque a mayor turbidez, mayor es la temperatura del agua, además se reduce la concentración de oxígeno y conlleva a un aumento de enfermedades que ponen en riesgo el cultivo. En este sentido, es necesario un frecuente programa de monitoreo con los diversos instrumentos de medición, realizando muestreos diarios en la mañana y en la tarde para tener una media óptima de los distintos parámetros ya mencionados en el estanque. (Saavedra,2006)

2.8 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN:

Según Martínez y Bertel (2021), “*La implementación y uso de herramientas tecnológicas en la piscicultura ha traído consigo grandes beneficios, como, por ejemplo; monitorear de forma remota y obtener valores en modo tiempo y lugar, acerca de las variables físico-químicas del agua*” (p. 17).

- **Peso**

La medición del peso por parte de los pequeños piscicultores de una tilapia Roja se realiza por medio de los siguientes instrumentos de medición: gramera, romana o una balanza. (Barreto, F; et al; 2015)

Para la medición del agua se utilizan instrumentos electrónicos como:

- **Temperatura**

La temperatura del agua en los lagos se mide fácilmente con instrumentos electrónicos tales como un termómetro digital, el cual mide temperaturas desde 0°C hasta 125°C. Al ser un sensor digital, la señal de lectura no se deteriora por la distancia de los cables, esto nos da una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ con resolución de 12 bits (Martínez & Bertel, 2021).

- **Acidez del Agua (pH)**

El pH es la concentración de iones de hidrógeno en el agua e indica la lectura de acidez. Estas mediciones por lo general se realizan con un kit “*freshwater master test*”, este kit mide el pH para un mínimo de 6,0 y la máxima de 7,6. (Manual de uso freshwater master test kit; s.f)

2.9 MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA EL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO ANIMAL

El crecimiento animal puede ser descrito por medio de funciones matemáticas que predicen el desempeño de la evolución del peso a través del tiempo, estas funciones permiten realizar evaluaciones sobre el nivel de producción en las empresas piscícolas, donde se puede clasificar la productividad (Agudelo, D; et al 2008). En Domínguez, V; et al. (2013) se ajustaron tres modelos para el crecimiento de bovinos tropicarne criados en la vertiente del golfo de México, en el cual se estimaron los parámetros de crecimiento en un modelo no lineal, además, se logró predecir y descubrir el peso del bovino a través del tiempo; así mismo, en Pere, M (2014) se menciona la comparación de tres modelos no lineales para describir el crecimiento de la cabra catalana, donde concluyen que el modelo logístico es el más óptimo para estos estudios.

2.9.1 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Un modelo se puede definir como una ecuación o un conjunto de ecuaciones que describen el comportamiento de un sistema, un modelo de regresión lineal simple trata de explicar la relación que existe entre la variable respuesta Y y la única variable explicativa X, este modelo está descrito por la siguiente expresión

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

En donde α es el valor de Y cuando X es 0, β es la pendiente de la recta (razón de cambio a recorrer valores de X) y el valor ε error del modelo (Carollo, M; 2012).

2.9.2 RESIDUALES

En regresión lineal, se llaman **residuos** a las diferencias que hay entre los valores de la variable dependiente observados y los valores que predecimos a partir de la ecuación generada por la regresión lineal, esto es una herramienta formidable en el estudio de

regresiones lineales, lo cual es utilizado para saber si se cumplen las premisas de linealidad. (Menéndez, F; 2002). Un residual r_i es la diferencia que existe entre el valor observado Y_i y el valor estimado por la regresión lineal \hat{Y}_i es decir que $r_i = Y_i - \hat{Y}_i$.

2.9.3 MODELO DE REGRESION LINEAL MULTIPLE

Un modelo de regresión lineal múltiple es un modelo que está descrito por la ecuación

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_p X_{pj} + \varepsilon$$

Donde X_{pj} es la variable p que explica la observación j, el parámetro β_p es el coeficiente de cada p variable y ε representa el error del modelo. (Alonso, C., 2022, diapositiva 12).

2.9.4 MÉTODO MÍNIMO CUADRADO

El método de mínimos cuadrados se aplica para ajustar rectas a una serie de puntos representados como puntos en el plano, es decir, que el método de mínimos cuadrados nos proporciona una valoración con el cual podremos obtener la mejor recta que representa los puntos representados por (x_i, y_i) . (Tellez, C., 2022, diapositiva 18).

2.9.5 PRUEBAS A LOS RESIDUALES

Para realizar un buen ajuste del modelo, se deben realizar un análisis a los residuales, los cuales permiten dar suposiciones del modelo de regresión.

- a) **Normalidad de los errores:** Para la prueba de normalidad de los errores, se usa un test de Shapiro – Wilk.
- b) **Propiedad de homocedasticidad:** La homocedasticidad implica que los errores son constantes, para probar esto se usa el test de Breusch – Pagan.

- c) **Media cero en los errores:** Lo que se busca con esta suposición es que la media de los residuales sea 0, para esto se realiza a través de una prueba T- Student.
- d) **Independencia de los errores:** Este supuesto implica independencia de los errores entre las variables explicativas, para esto se realiza un test de Durbin – Watson.

Sí un modelo de regresión no cumple los supuestos anteriormente mencionados, se procede a realizar un ajuste como una transformación. (Sulmont; D. 2019).

3.Objetivos

3.1 General

Determinar la interacción que existe entre las variables de crecimiento de la tilapia roja en un ciclo comercial de cultivo, en la vereda Majo del Municipio de Garzón para el año 2021.

3.2 Específicos

3.2.1 Analizar descriptivamente el peso de la tilapia roja con respecto al tiempo.

3.2.2. Evaluar el modelo de regresión lineal simple en relación peso/tiempo.

3.2.3 Evaluar el modelo de regresión polinómico en relación peso/tiempo.

3.2.4 Establecer Correlación entre variables Peso y pH.

3.2.4 Establecer Correlación entre variables Peso y Temperatura.

4. Justificación

Dado el vertiginoso desarrollo comercial de la tilapia roja en el departamento del Huila, se inició la búsqueda de estrategias que impacten en pequeños acuicultores, que trabajan de manera no convencional. Por esta razón, se busca a través de los modelos de regresión estudiar el crecimiento de la tilapia roja, para obtener mejores resultados que ayuden a optimizar el tiempo de comercialización a los productores de pequeña escala, que no tienen las herramientas adecuadas y los conocimientos sobre modelación e interpretación de los datos para beneficiar sus cultivos. Estos modelos probablemente no son conocidos por la mayoría de pequeños piscicultores, lo que motiva a enseñarles este método de estudio para el crecimiento y comercialización de la Tilapia Roja, buscando promover en ellos herramientas y conocimiento que ayuden al mejoramiento de la producción y de alguna forma, puedan optimizar tiempo y gastos. Este proyecto de investigación ayudará a generar un modelo de regresión que permita estimar el tiempo óptimo para su proceso de comercialización, además, los resultados obtenidos ayudarán a concientizar a los piscicultores a generar nuevas herramientas, metodologías para la recolección, sistematización y análisis de los datos obtenidos.

El Huila es el máximo productor y exportador de Tilapia Roja en el país, lo que se hace necesario sistematizar y analizar cuál es el grado de asociación de las variables (peso, temperatura, pH) para determinar si verdaderamente existe algún tipo de vínculo entre ellas.

Vega, et. al (2010) indicó:

“En numerosos documentos, proyectos, estudios e informes se cita reiteradamente a la acuicultura como uno de los medios más eficientes para incrementar la producción de alimentos. Sin embargo, aún y cuando esta actividad puede, teóricamente, brindar muchos beneficios en la calidad de vida de millones de personas alrededor del mundo, no será, sino que hasta se lleven a cabo estudios que midan y cuantifiquen de manera clara los efectos de estas

tecnologías, que los aportes verdaderos puedan ser completamente demostrados”. (pp. 8-9)

El Huila es promotor en la producción y comercialización de la tilapia roja por acuicultores a pequeña y mediana escala, y desde hace varios años, viene siendo líder en este ámbito laboral, lo que hace que sea viable este proyecto de investigación que busca un impacto en el estudio de un ciclo comercial de tilapia, dejando huella en los piscicultores para su respectivo desarrollo, buscando con este modelo dejar una nueva herramienta para el análisis y recolección de los datos y así, en futuras cosechas, aprovechen al máximo el tiempo para la comercialización de su respectivo producto. Gracias a diferentes estudios, como lo evidencia Castillo (s.f.), en su artículo “La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia”, donde hace una línea de tiempo dando a conocer el desarrollo de la tilapia roja, además muestra con cifras, todo el desarrollo del precio por kilo producidos en algunos años en Colombia.

Aunque en Latinoamérica prima la producción de Tilapia Negra (León Valencia, A., 2009), en Colombia los mayoría de cultivos corresponden a Tilapia Roja, lo que hace trascendental este estudio, pues es una gran fuente de ingresos a la Economía no solo de la región, sino del País ([DANE], 2021, p.6).

Según Ocampo (2007):

“Se conocen más de 96 especies de Tilapia, y son varias las que se cultivan con fines comerciales alrededor de todo el mundo. El 80% de la producción mundial es aportado por la Tilapia Nilótica (Mojarra negra), situación contraria a lo que sucede en nuestro país en donde el 90% de la producción está representada por diferentes variedades de Tilapia Roja”. (p. 129)

5. Hipótesis y variables

5.1 Hipótesis

- El peso de la tilapia roja con respecto al tiempo se ajusta significativamente a un modelo de regresión.
- Existe correlación entre las variables peso-temperatura y peso-pH, que permiten determinar el grado de asociación o significancia de las variables sobre el aumento del peso de la tilapia roja.

5.2 Variables

- Peso de la tilapia (gramos)
- pH del agua del lago
- temperatura del agua del lago (Celsius)
- tiempo de crecimiento de la tilapia (días)

6. Definición de términos centrales

CRECIMIENTO:

Carbajal (2013) plantea que el crecimiento es el conjunto de distintos factores que llevan a que las células aumenten tanto como en tamaño como en número, lo cual permite que un individuo aumente su masa corporal cuando se pasa de una etapa a otra de vida, este proceso inicia desde la gestación hasta cierta etapa de madurez, según la especie que se quiera tratar, hay factores que repercuten en este proceso. La genética es el factor principal pero también se tienen en cuenta factores muy significativos como el ambiente y un factor hormonal, si todos estos factores actúan de forma positiva y armónica el individuo podrá alcanzar su máximo potencial en cuanto a crecimiento y podrá incluso mejorar la talla de sus padres (p. 11).

PISCICULTURA:

Según Ariza y Peña (2006), “la piscicultura es la forma principal y más conocida de la acuicultura, que consiste en la cría de peces en estanques, contenedores o jaulas flotantes, usualmente para ser usados como alimento” (p. 31).

ACUICULTURA:

Veloz (como se citó en Socarrás et al, 2019) plantea que la acuicultura está integrada por métodos interdisciplinarios, e incluye tanto conocimientos básicos de ciencias como la Ecología y las diferentes ramas de la Biología: Morfología, Fisiología, Embriología, Genética, Botánica, Zoología; como conocimientos de ciencias aplicadas dentro de ellas: la Bioeconomía Pesquera que se encarga de modelar matemáticamente los procesos biológicos de las especies comerciales en un ecosistema para predecir la posible producción; la Ingeniería en Artes de Pesca con sus métodos de captura; la Higiene de los alimentos (p. 103).

PRODUCCIÓN:

Según Anaya Tejero (2016):

Podemos decir que la producción es todo proceso de transformación de unos recursos en bienes o servicios, mediante la aplicación de una determinada tecnología. Podemos definir la producción, en términos de sistemas, como un proceso en virtud del cual mediante la utilización de unos determinados recursos materiales y humanos (inputs), a los cuales se les aplica cierta tecnología, obtenemos unos bienes o servicios (outputs). Cuando los bienes obtenidos se materializan en forma de producción tangibles, hablamos de producción industrial para distinguirla de la producción de servicios en la cual el output que obtenemos es una determinada prestación o información. (p.17)

TILAPIA:

Pez de carne muy apetecida por su filete con pocas espinas y buen sabor, de origen africano y consta de varias especies algunas con intereses económicos pertenecientes al género *Oreochromis*, habitan mayoritariamente en ambientes tropicales donde se dan las condiciones favorables para su reproducción y crecimiento. Entre sus especies se destaca la Tilapia del Nilo (*Oreochromis Niloticus*), la Tilapia Azul (*Oreochromis Aureus*) y la Tilapia de Mozambique (*Oreochromis Mossambicus*). Según Lazard (2009):

Desde 1980, la piscicultura de tilapia ha experimentado un alto y continuo crecimiento. En 2005, la producción de tilapia fue la segunda en el mundo después de la Carpa. Las características biológicas y zootécnicas de la tilapia son especialmente adecuadas para la piscicultura: carácter muy rústico, reproducción espontánea en cautiverio, dietas bajas en proteínas, adaptabilidad a diversos sistemas de cultivo. A partir de estas características se han desarrollado varias tecnologías sencillas y de bajo costo. Estas

técnicas son accesibles para los pequeños empresarios que han contribuido al espectacular aumento de la industria de la tilapia en algunos países con condiciones favorables. (p. 174)

7.Alcances

7.1 Alcances

Se estudió el comportamiento del peso de la tilapia roja en un ciclo comercial, con las variables peso, temperatura y pH, obteniendo resultados que corroboran el uso inadecuado de los instrumentos de medición por parte de los piscicultores a mediana y pequeña escala, esto impide un desarrollo adecuado de la crianza de los peces para su respectiva comercialización, por ende, se hace necesario buscar estrategias que ayuden a darles solución a las personas que trabajan con este tipo de cultivo. Por otro lado, se deja la puerta abierta para futuras investigaciones de aplicación de modelos no lineales los cuales permiten interpretar y conocer mejor el comportamiento de la población a través de una ecuación no lineal.

7.2 Limitaciones

Los datos obtenidos por terceros no fueron los adecuados para poder realizar un buen estudio de investigación ya que no proporcionaron una de las variables más importante (longitud de la tilapia roja) para desarrollar la metodología adecuada, en vista de este percance, además se pudo evidenciar la falta de instrumentos para las mediciones de las variables, esto hizo que se diera la tarea de hacerles conocer los instrumentos que en su mayoría están al alcance de cualquier persona y que sin las oportunas mediciones de las variables no tendrán el mejor rendimiento para la comercialización adecuada, por lo tanto los datos recolectados están sesgados, es decir no se puede desarrollar una buena metodología de investigación.

8. Diseño Metodológico

Este proyecto de investigación se realizó con datos proporcionados por terceras personas, propietario y administrador del cultivo objeto de análisis, con el fin de responder la pregunta de investigación. Los datos suministrados fueron tomados de un cultivo de Tilapia Roja ubicado en la zona rural del corregimiento Majo del municipio de Garzón (Huila), por un ciclo comercial de seis meses y cuyas características del lago corresponden, rectangular de $600m^2$, con una profundidad mínima de 80 *cm* y máxima de 150 *cm*.

El equipo de investigación realizó la sistematización de los datos en formato Excel, teniendo en cuenta las muestras tomadas desde el día de introducción de los alevinos de Tilapia roja hasta la fecha de captura para su comercialización, para un total de 13 muestras realizadas cada 15 días; por otro lado, se aportaron datos adicionales como la temperatura y pH.

8.1 Enfoque de investigación

El enfoque de investigación es de tipo cuantitativo correlacional, pues a partir de las variables cuantitativas peso, tiempo, temperatura y pH de un cultivo de Tilapia Roja que se ubica en la zona rural del municipio de Garzón, se buscó asociar principalmente el tiempo y peso adecuado para la comercialización de la Tilapia Roja, y la incidencia de las demás variables temperatura y pH del agua.

8.2 Diseño estadístico

El diseño estadístico que se aplicó es de tipo correlacional ya que se pretende establecer el grado de relación y asociación que existe entre el peso, tiempo, pH, temperatura que existe en el desarrollo de un cultivo de tilapia roja en un ciclo comercial, a partir de modelos de regresión lineal, se asociaron y midieron las variables de peso y tiempo del pez, además,

temperatura y pH del agua, para obtener un modelo representativo del crecimiento de la Tilapia Roja en un ciclo comercial.

8.3 Población de estudio

Se analizó la producción de un solo lago en un ciclo comercial, donde se introdujeron 3000 alevinos con reversión entre los 21 a 30 días; estos fueron previamente seleccionados aparentemente libres de enfermedades, sin deformaciones, de buen color y con buena natatoria, es decir, con excelentes características a la percepción visual. Estos datos, han sido suministrados por el administrador del cultivo, que con su experiencia ha encontrado una estabilidad en la siembra.

8.4 Diseño Muestral

Para realizar el estudio se tomaron un total 13 muestras, desde el día 26/04/2021 que ingresaron al lago los alevinos, hasta el día 25/10/2021 fecha de extracción para la comercialización. Se tomaron muestras de peso, temperatura y pH cada 15 días, cabe resaltar que las muestras no son homogéneas, es decir, ninguna de las 13 muestras tiene la misma cantidad de datos, estas son descritas en la sección 9 de esta investigación.

La técnica empleada para la recolección de la muestra se realiza por medio de un instrumento de captación llamado red y esto implica que cualquier individuo tiene la misma probabilidad de ser capturado para la toma de la muestra y con repetición, es decir, una vez tomada la muestra del peso, se introduce de nuevo la tilapia al lago. Para la medición de la temperatura se realiza por medio de un termómetro y para la medición del pH se utiliza la técnica sustancias indicadoras, que cambian de color dependiendo del nivel de acidez del agua.

8.5 Instrumento(s) y materiales

La recolección de los datos de las variables la realizó un pequeño productor, a través de los instrumentos convencionales y disponibles a sus necesidades y capacidad económica, informando de que la medición del peso de la Tilapia Roja la hizo con una gramera, la temperatura del agua con un termómetro y el pH con sustancias indicadoras de acidez del agua, sin precisar la marca de los instrumentos o su fecha de calibración; información suministrada de manera manual y posteriormente, digitalizada y sistematizada en Excel.

8.6 Proceso de recolección de los datos

Los datos fueron recolectados por el pequeño productor así, 13 muestras en total con intervalos de 15 días, la primera tomada el 26/04/2021 cuando se ingresaron 3000 alevinos al lago hasta el 25/10/2021, fecha de captura para la comercialización del pez. Las variables recolectadas corresponden a la fecha, peso, temperatura del agua y pH, por el ciclo comercial, que se aproxima a seis meses.

8.7 Sistematización de la información

La sistematización de los datos recolectados es suministrada por el administrador de la finca, quien primero recolecta los datos de manera manual y posteriormente, son procesados en una hoja de cálculo de Excel para tener mayor facilidad de manejo e interpretación de los datos. En el lago se registraron los datos de tiempo, peso del pez, temperatura del agua y pH.

8.8 Procesamiento de la información

Para el procesamiento de los datos recogidos en la muestra, primero se realizó un estudio descriptivo para tener claro los conceptos y las condiciones actuales de la población objeto de estudio; segundo se utilizó el método de correlación para mirar la influencia de las

variables aportadas (tiempo, peso, temperatura y pH) y finalmente, se aplicaron modelos de regresión para extraer el comportamiento del peso del pez con respecto al tiempo.

9. Resultados

Análisis exploratorio de los datos

Se tienen una población total de 3000 tilapias, las cuales han sido muestreadas por el dueño de la finca Villa Emma, que está ubicada en el municipio de Garzón; el muestreo se realizó desde el día cero (M0) de siembra de alevinos al lago, el segundo (M1) se hizo 15 días después y así sucesivamente, hasta cuando se cumplió la fecha de captura de la tilapia roja en la muestra 13, es decir, a los 195 días desde su siembra, aproximadamente seis meses que corresponden al ciclo comercial.

Tabla 1

Resumen del Análisis Exploratorio de las 13 muestras

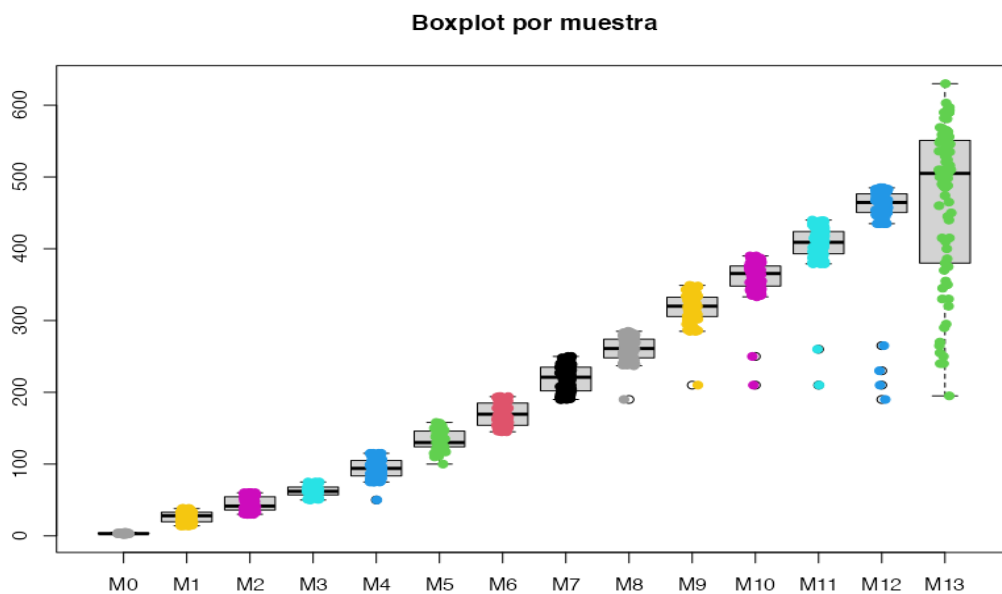
	m0	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	m13
Media	3,2	27	45	62	94	134	170	219	260	317	361	406	454	467
Mediana	3	28	42	62	94	133	170	221	261	320	366	409	465	505
Desvi. Estandar	0,6	7,4	10	7	13	15	16	19	16	21	25	31	50	110
Coef. Var	19%	28%	22%	11%	14%	11%	9%	8%	6%	7%	7%	8%	11%	23%
Coef. Asimetría	0,5	-0,2	0,1	0,0	-0,3	-0,1	0,0	0,0	-0,8	-1,6	-3,1	-3,6	-4,2	-0,8
Curtosis	1,0	-1,2	-1,0	-1,0	-0,1	-0,6	-1,4	-1,4	2,2	6,7	15,6	20,1	18,3	-0,5
P25	3	20	36	57	84	125	154	202	248	306	348	393	451	380
P50	3	28	42	62	94	133	170	221	261	320	366	409	465	505
P75	4	33	54	68	105	146	185	235	274	332	376	424	476	551
Muestra	38	96	100	86	99	35	82	89	93	84	100	97	100	77

Nota. Datos tomados de la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

En la tabla 1, se encuentra el resumen de las estadísticas descriptivas más importantes para esta investigación cuantitativa, como lo son media aritmética, mediana, desviación estándar, coeficiente de asimetría, curtosis y percentiles, las cuales permiten ver de manera clara y sencilla, las condiciones en las que se encuentra la tilapia roja durante un ciclo comercial; este cultivo tiene una gran variación respecto al peso, como se evidencia en la muestra 13, época de recolección para comercialización, donde había una variación de 110 gramos entre una y otra tilapia; variación considerable que puede tener efectos negativos para el piscicultor, ya que no creció de forma homogénea y puede traer consigo pérdidas económicas.

Figura 1.

Resumen del Análisis exploratorio de las 13 muestras.



Nota. La figura muestra los diagramas de cajas de cada una de las muestras con respecto al peso de la tilapia roja en un ciclo comercial en el año 2021.

De la figura 1, se puede observar que desde la primera muestra hasta la última, hay una gran variación respecto al peso de la tilapia roja; además, se extrae que en las muestras M4, M8, M9, M10, M11 y M12 hay datos atípicos, lo cual es el resultado de la recolección de la información, ya que se puede observar en la muestra 13, existe una gran variación del peso respecto de las muestras y esto se debe a la forma en que fueron capturados los peces, pues durante las primeras mediciones no se tenía un control para seleccionarlos lo que supone que los peces capturados son grandes y gordos, y en la última (M13), se tomó un espectro más amplio de la población, pues aquí fue la captura total para la comercialización. Así mismo, se puede ver que la media de todas las muestras es creciente, lo que refleja un comportamiento estándar de aumento de peso de los alevinos conforme pasan los días en el estanque de tierra.

Para tener una idea más precisa, se realizó un estudio estadístico descriptivo de las muestras M1, M12 y M13 para determinar las condiciones de la tilapia roja, desde el día 15 de la siembra hasta el día 195, de extracción de la cosecha.

Análisis Descriptivo de la Muestra 1.

La muestra 1 suministró información de 15 días después de la siembra de los alevinos, arrojando que la tilapia roja tuvo un incremento de 23 gramos respecto de la muestra 0 (M0); esto indica que los alevinos tuvieron un aumento de 1.6 gramos por día, es decir, crecieron ocho veces más, con respecto de la media M0.

Tabla 2.*Tabla de frecuencia de la muestra 1.*

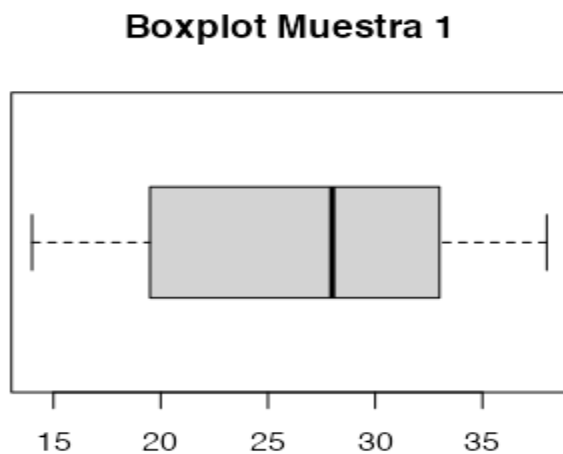
Peso (gramos)	Promedio	Frecuencia	Porcentaje
14 a 17	15,5	17	18%
17 a 20	18,5	10	10%
20 a 23	21,5	8	8%
23 a 26	24,5	7	7%
26 a 29	27,5	15	16%
29 a 32	30,5	13	14%
32 a 35	33,5	14	15%
35 a 38	36,5	12	13%
Total		96	100%

Nota. Los datos de la tabla muestran los intervalos de peso de la tilapia roja pasados los primeros 15 días, en la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

Como se observa en la tabla 2, el 43% de la tilapia roja tiene un peso entre 14 y 25 gramos, un 58% tiene un peso entre 26 y 38 gramos, esto evidencia que gran parte del cultivo aumentó significativamente de peso de M0 a IM1.

Figura 2.

Estadísticas de Resumen muestra 1.



Nota. La figura muestra el diagrama de cajas de la tilapia roja pasados 15 días después de la siembra en la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

De acuerdo con la figura 2, se concluye que la tilapia roja en su siembra en estanque de tierra tiene un peso promedio de 27 gramos; también podemos observar que el 75% tiene un peso igual o inferior a 33 gramos, y el otro 25% tiene un peso mayor a 33 gramos. Así mismo, entrando en detalle, se extrae que el peso en la muestra 1 tiene asimetría negativa, es decir el peso de la tilapia es aparentemente bueno. También se observa que, aunque tienen gran peso son heterogéneos, concluyéndose una alta variación entre los pesos de los alevinos en la primera muestra (M1).

Análisis Descriptivo de la Muestra 12

La muestra 12, al igual que la M4, M8, M9, M10 y M11 enseña datos atípicos, que son peces que no se desarrollaron de una forma óptima, es decir no crecieron en igual condiciones que el resto de la población, por lo que se podría pensar que no obtuvieron la ingesta de alimento suficiente o carecen de alguna enfermedad que conlleven a que sean de los más pequeños y débiles.

Tabla 3.

Tabla de frecuencia de la muestra 12.

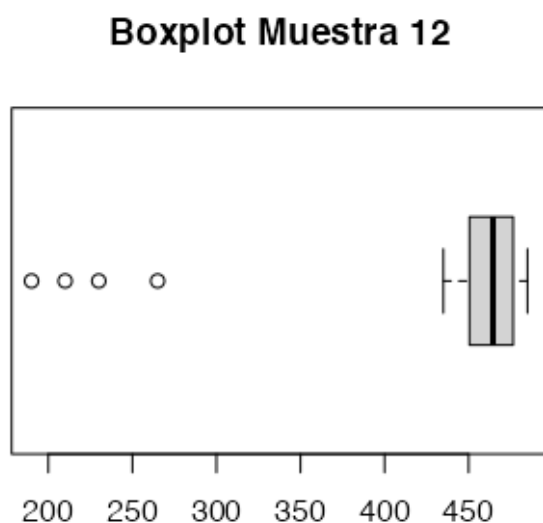
Peso (Gramos)	Promedio	Frecuencia	Porcentaje
190 a 229	209,5	2	2%
229 a 268	248,5	2	2%
268 a 307	287,5	0	0%
307 a 346	326,5	0	0%
346 a 385	365,5	0	0%
385 a 424	404,5	0	0%
424 a 463	352,5	44	44%
463 a 502	482,5	52	52%
Total		100	100%

Nota. Los datos de la tabla muestran los intervalos de peso de la tilapia roja en la muestra 12, 180 días después de la siembra de los alevinos, de la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

De la tabla 3, se observa que solo es 4% de la tilapia roja tiene un peso entre 190 y 268 gramos; por otro lado, el 96% tiene un peso entre 424 y 502 gramos, extrayéndose una tendencia de peso alto.

Figura 3.

Estadísticas de resumen muestra 12.



Nota. La figura muestra el diagrama de cajas de la muestra 12, que se realizó al cultivo de tilapia de la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

De acuerdo con la figura 3, esta muestra estuvo sesgada, es decir se logra observar cierta cantidad de datos atípicos, que son el resultado de la forma como se toma la muestra o circunstancias ajenas como enfermedades o incorrecta alimentación. También se extrae que, en promedio, el peso de la tilapia roja en la muestra 12 es de 454 gramos, además el 25% de la tilapia roja tiene un peso igual o inferior a 451 gramos, el otro 75% tiene un peso mayor a 451

gramos, lo que corrobora la asimetría negativa de la muestra 12 porque el pez tiene tendencia a pesos altos.

Análisis Descriptivo de la Muestra 13

La muestra 13 fue la última tomada, ya que fue la fecha para la cual se realizó la captura de toda la tilapia roja que había en el estanque de tierra, para la comercialización; llama la atención como se observa en la figura 1, un alto nivel de heterogeneidad producto de la variación de los pesos.

Tabla 4.

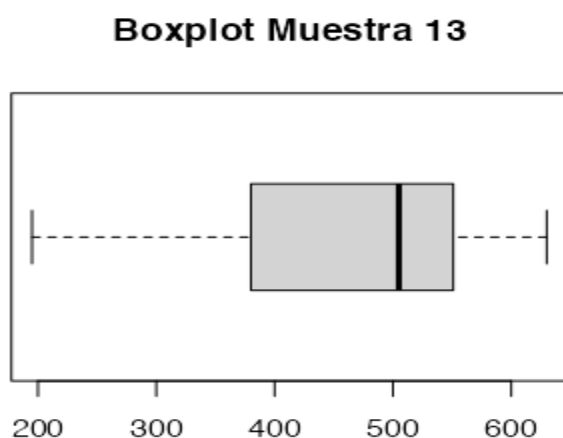
Tabla de frecuencia de la muestra 13.

Peso (Gramos)	Promedio	Frecuencia	Porcentaje
195 a 255	225	5	6%
255 a 315	285	4	5%
315 a 375	345	10	13%
375 a 435	405	6	8%
435 a 495	465	11	14%
495 a 555	525	24	31%
555 a 615	585	16	21%
615 a 675	645	1	1%
Total		77	100%

Nota. Los datos de la tabla muestran los intervalos de peso de la tilapia roja en la muestra 13,195 días después de la siembra de los alevinos, de la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

Figura 4.

Estadísticas de resumen muestra 13.



Nota. La figura muestra el diagrama de cajas de la muestra 13, que se realizó al cultivo de tilapia de la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

De acuerdo con la tabla 4 y figura 4, se puede ver como en la muestra 13 hay un alto nivel de heterogeneidad en los pesos de la tilapia roja, estas varianzas son el resultado de la forma en que se realizó la toma del peso, pues al ser capturados en su totalidad para la comercialización, se tuvo posibilidad de eliminar el sesgo y escoger para la muestra entre todos los peces existentes, situación contraria a las muestras anteriores. También se puede observar que para la muestra 13, la tilapia roja tenía un peso promedio de 467 gramos, a su vez el 50% tenía un peso igual o inferior a 505 gramos y el otro 50% un peso superior a 505 gramos, lo que

corroborar que el peso promedio de la tilapia roja en la muestra 13 está por debajo del 50% de su población, lo que nos va indicando que el pez está alcanzando su madurez máxima.

MODELO LINEAL

El modelo de regresión lineal presentado a continuación con variable respuesta el **Peso** en gramos de la tilapia roja y la variable dependiente el **tiempo** en días, es generado por el método mínimos cuadrados, además se determina que los valores estimados son significativos y están representados en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Estimadores Coeficientes del Modelo Lineal simple.

	Estimado	Error Estándar	Valor t	P-valor
Intercepto	-40,91	2,32	-17,61	<2e-16***
Tiempo	2,63	0,01	133,6	<2e-16***

Nota. Los datos de la tabla muestran los estimados y el P-valor de los coeficientes del modelo lineal simple, que fueron generados en R-studio.

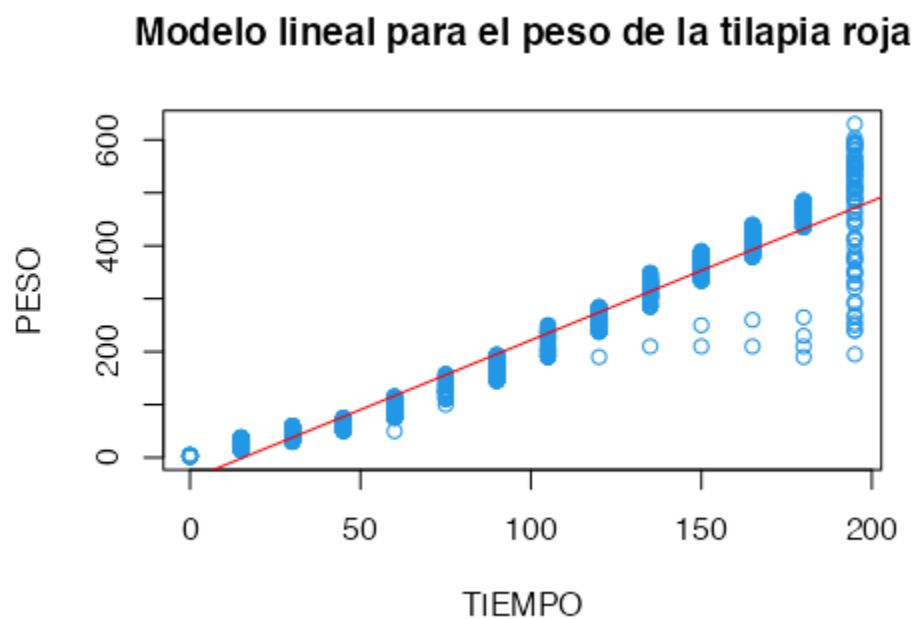
De la tabla 5 se puede observar, que β_0 representa el intercepto y β_1 representa la velocidad de crecimiento en gramos por día, las cuales son significativas para el modelo de regresión lineal simple presentada; esto quiere decir que el modelo de regresión tiene un alto nivel de ajuste a la nube de puntos y está representado por la recta:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + e$$

donde $\beta_0 = -40,91$ y $\beta_1 = 2,63$ y está representado en la figura 5 en donde se puede ver cómo atraviesa por la nube de puntos.

Figura 5.

Ajuste del modelo lineal simple



Nota. La figura muestra el modelo lineal ajustado para el peso de la tilapia roja en un ciclo comercial de la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

Sin embargo, en la figura 5 la recta no pasa ni se aproxima a la nube de puntos de la muestra 0, la cual fue tomada cuando los alevinos se arrojaron al lago; esto indica que el modelo tiene alguna falla a la hora de predecir el peso en ese tiempo.

Para saber si el modelo es acertado, explicativo y predictivo, debe cumplir los supuestos del modelo a través de las pruebas a los residuales, que están representados en la tabla 6; allí se observan los **valores-p** que genera cada una de las pruebas.

Tabla 6.

Verificación de supuestos del modelo lineal simple

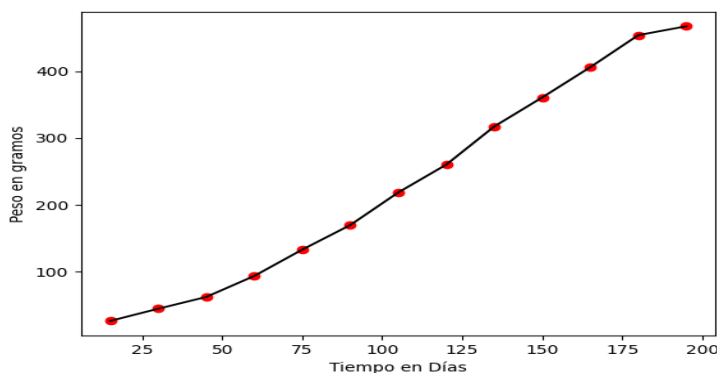
Prueba	Shapiro-Wilk	T-student	Breusch-Pagan	Durbin-Watson
P-valor	2.2e-16	1	2.2e-16	2.2e-16

Nota. Los datos de la tabla muestran los P-valor de cada uno de los supuestos de los residuales del modelo lineal simple, que fueron generados en R-studio.

Se afirma que el modelo lineal se ajusta al crecimiento de la tilapia roja con respecto al tiempo con un $R^2 = 0.9382$, pero no es el más apropiado para predecir el crecimiento de la tilapia roja con respecto al tiempo, ya que como se puede observar en la tabla 6 no se cumplen los supuestos del modelo, esto hace que se verifique que el comportamiento del crecimiento de la tilapia roja no es de forma lineal, porque a partir de cierto tiempo, el comportamiento del peso de la tilapia roja se vuelve constante como se observa en la Figura 6.

Figura 6.

Promedio de peso de la tilapia roja por cada muestra



Nota. La figura muestra los promedios del peso de cada una de las muestras de la tilapia roja en un ciclo comercial de la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

De la figura 6, se observa que el peso de la tilapia roja en un ciclo comercial no tiene un comportamiento lineal. Puesto que si se analiza el crecimiento en algún momento se estabiliza su crecimiento, es decir, el peso se vuelve constante en el tiempo. Por lo tanto, se procede a estudiar otro modelo de regresión.

MODELO POLINOMICO

En ocasiones, un modelo lineal simple no es suficiente para explicar un fenómeno, como se ha visto anteriormente, el peso de la tilapia roja en un ciclo comercial no tiene un comportamiento lineal, es por esto, por lo que se procede a hacer un estudio con un modelo polinómico. Se descartan modelo polinomial grado 2, puesto que el comportamiento del crecimiento tiene una asíntota horizontal como es descrito por:

Tabla 7.

Estimadores Coeficientes del modelo polinómico de grado 4

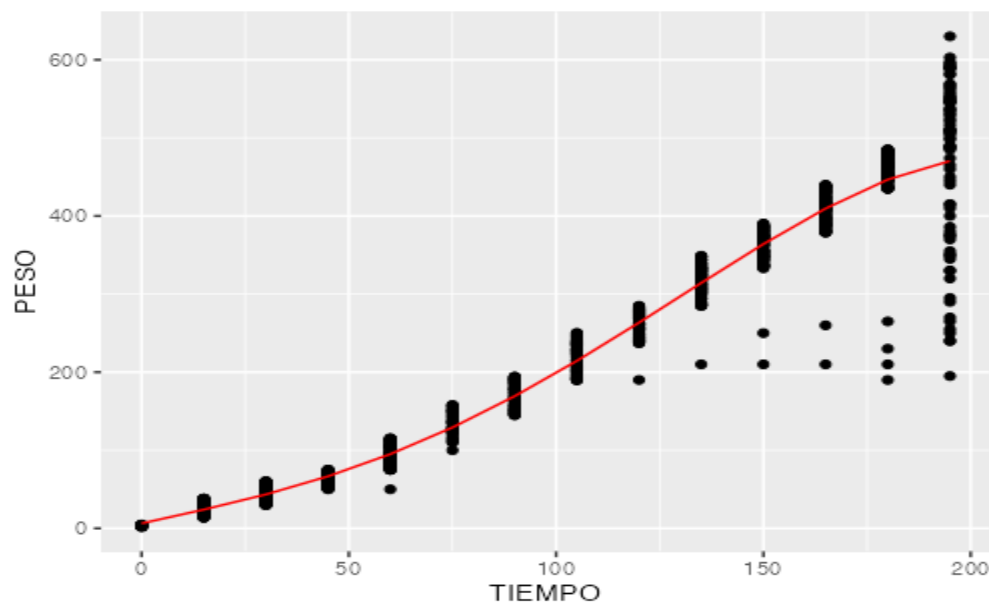
	Estimado	Error Estándar	Valor t	P Valor
Intercepto	227.401	1.037	219.187	< 2e-16 ***
X	5347.228	35.578	150.296	< 2e-16 ***
x ²	482.739	35.578	13.568	< 2e-16 ***
x ³	-375.474	35.578	-10.554	< 2e-16 ***
x ⁴	-155.953	35.578	-4.383	1.27e-05 ***

Nota. Los datos de la tabla muestran los P-valor de los estimados del modelo polinómico de grado 4, que fueron generados en R-studio.

De acuerdo con la tabla 7, podemos observar que los parámetros son altamente significativos, es decir tiene un alto nivel de explicación y predicción.

Figura 7.

Ajuste del modelo polinómico de grado 4



Nota. La figura muestra el modelo polinómico de grado 4 ajustado para el peso de la tilapia roja en un ciclo comercial de la finca Villa Emma del municipio de Garzón (2021).

Como se puede observar en la tabla 7 y figura 7, se ajustó un modelo de regresión polinómico de grado 4, encontrando un alto nivel de ajuste, se procede a continuación a validar los supuestos de los residuales para determinar si el modelo polinómico de grado 4 es bueno para predecir el peso de la tilapia roja.

Tabla 8.

Verificación de supuestos del modelo polinomial grado 4

Prueba	Shapiro-Wilk	T-student	Breusch-Pagan	Durbin-Watson
P-valor	2.2e-16	1	2.2e-16	2.2e-16

Nota. Los datos de la tabla muestran los P-valor de cada uno de los supuestos de los residuales del modelo polinómico de grado 4, que fueron generados en R-studio.

Como se puede observar en la Tabla 8, tres de las pruebas no cumplen con los supuestos de los residuales, es decir el P-valor < 0.05 , por lo que realizar algún tipo de estimación podría tener un alto nivel de error.

A Continuación, se procede a buscar una transformación que haga cumplir los supuestos de los residuales, es decir, se busca una transformación que ayude a que los datos se comporten de forma normal.

Transformación logarítmica del modelo polinómico de grado 4

Tabla 9.

Estimadores de los Coeficientes de la transformación logarítmica del modelo polinómico de grado 4.

	Estimado	Error Estándar	Valor t	P Valor
Intercepto	4.982071	0.006451	772.35	$<2e-16$ ***
X	36.758389	0.221209	166.17	$<2e-16$ ***
x ²	-12.579864	0.221209	-56.87	$<2e-16$ ***
x ³	5.285576	0.221209	23.89	$<2e-16$ ***
x ⁴	-4.640797	0.221209	-20.98	$<2e-16$ ***

Nota. Los datos de la tabla muestran los estimados y el P-valor de los coeficientes de la transformación logarítmica del modelo polinómico de grado 4, que fueron generados en R-studio.

De la tabla 9, se observa que todos los parámetros son altamente significativos, pero para determinar si el modelo es bueno no basta con que los parámetros sean significativos, para ello se procede a realizar las pruebas de los residuos del modelo.

Tabla 10.

Verificación de supuestos de la transformación logarítmica del modelo polinómico de grado 4.

Prueba	Shapiro-Wilk	T-student	Breusch-Pagan	Durbin-Watson
P-valor	2.2e-16	1	2.2e-16	2.2e-16

Nota. Los datos de la tabla muestran los P-valor de la verificación de cada uno de los supuestos de los residuales de la transformación logarítmica del modelo polinómico de grado 4, que fueron generados en R-studio.

De la tabla 10, se puede ver que tres de las pruebas no cumplen los supuestos de los residuales, es decir, el P-valor < 0.05 . Por lo tanto, no podemos decir que el modelo es bueno ya que si se realiza algún tipo de estimación esta tendría un alto nivel de error, por lo tanto, la transformación logarítmica no es la adecuada.

Transformación raíz cuadrada del modelo polinómico de grado 4

Tabla 11.

Estimadores Coeficientes de la transformación raíz cuadrada del modelo polinómico de grado 4.

	Estimado	Error Estándar	Valor t	P Valor
Intercepto	13.82889	0.02981	463.897	< 2e-16 ***
X	202.17350	1.02228	197.767	< 2e-16 ***
x ²	-18.89477	1.02228	-18.483	< 2e-16 ***
x ³	-5.24238	1.02228	-5.128	3.42e-07 ***
x ⁴	-6.73541	1.02228	-6.589	6.69e-11 ***

Nota. Los datos de la tabla muestran los estimados y el P-valor de los coeficientes de la transformación raíz cuadrada del modelo polinómico de grado 4, que fueron generados en R-studio.

De la tabla 11 se observa que todos los parámetros son altamente significativos, pero para determinar si el modelo es bueno no basta con que los parámetros sean significativos, para ello se procede a realizar las pruebas de los residuos del modelo.

Tabla 12.

Verificación de supuestos de la transformación raíz cuadrada del modelo polinómico de grado

4.

Prueba	Shapiro-Wilk	T-student	Breusch-Pagan	Durbin-Watson
P-valor	2.2e-16	1	2.2e-16	2.2e-16

Nota. Los datos de la tabla muestran los P-valor de la verificación de cada uno de los supuestos de los residuales de la transformación raíz cuadrada del modelo polinómico de grado 4, que fueron generados en R-studio.

De acuerdo con la tabla 12 se puede ver que tres de las pruebas no cumplen los supuestos de los residuales, es decir, el P-valor < 0.05 . Por lo tanto, no podemos decir que el modelo es bueno ya que si se realiza algún tipo de estimación este tendría un alto nivel de error, así se concluye que ni la transformación logarítmica, ni la raíz cuadrada que son las transformaciones más simples a la hora de buscar normalizar los datos no funciona y por lo tanto se concluye que debido a la naturaleza de la toma de los datos no se puede ajustar un modelo de regresión lineal.

Correlación entre variables Peso - Temperatura

Como la naturaleza de la recolección del peso de la tilapia roja durante el ciclo comercial fue distinta a la recolección de la muestra de la temperatura, se hace necesario tomar los promedios de los pesos de cada muestra y realizar una resta entre el dato superior y el dato inferior para encontrar un Delta (aumento de peso por muestra) que permite determinar si existe correlación entre las variables. Los resultados son los siguientes:

Tabla 13.*Coefficiente de correlación entre peso- temperatura*

Correlación de Pearson	
p-Valor	Cor
0,85	-0,06

Nota. Los datos de la tabla muestran el P-valor y el coeficiente de correlación entre el peso de la tilapia y la temperatura del lago, que fueron generados en R-studio.

Como se puede observar, no hay evidencia suficiente para encontrar correlación entre el peso de la tilapia roja y la temperatura del lago para su crecimiento en un ciclo comercial, debido a lo mencionado anteriormente, la recolección de los datos no fue la más adecuada, por lo tanto, realizar algún tipo de estimación o al tratar de verificar si existe correlación entre las variables no se podrá realizar de una forma satisfactoria.

Correlación entre variables Peso - pH

De igual forma a la mencionada anteriormente por la naturaleza de la toma del peso, se encontró un Delta que permite determinar si existe correlación entre las variables. Los resultados son:

Tabla 14.*Coefficiente de correlación entre peso- pH*

Correlación de Pearson	
p-Valor	Cor
0,95	-0,21

Nota. Los datos de la tabla muestran el P-valor y el coeficiente de correlación entre el peso de la tilapia y pH del lago, que fueron generados en R-studio.

Como se puede observar en la tabla 14, no se evidencia correlación entre las variables peso de la tilapia roja y el pH del lago para el crecimiento de la tilapia en un ciclo comercial, debido a lo ya mencionado, la recolección de los datos no fue la más adecuada, por lo tanto, realizar algún tipo de estimación o al tratar de verificar si existe correlación entre las variables no se podrá realizar de una forma satisfactoria.

10. Conclusiones/Recomendaciones

10.1 CONCLUSIONES

- El departamento del Huila viene teniendo grandes avances en el desarrollo de la piscicultura a nivel nacional, muchas familias están generando ingresos para sus hogares con esta práctica comercial, aun así, no conocen los mecanismos apropiados para un buen desarrollo de esta técnica; ello solo ocurrirá, cuando se lleven a cabo estudios que permitan recolectar, cuantificar, sistematizar, analizar y concluir el método adecuado para la cosecha, de manera que enseñe las acciones que pueden generar efectos negativos y positivos de la actividad y así, maximizar las ganancias de este sector productivo, que repercute en la calidad de vida de quienes la ejecutan.
- Frente a los datos recopilados por el propietario de la finca, se observa que el peso de los alevinos en su siembra en estanque estuvo entre 2 y 5 gramos, el cual cumple con los estándares recomendados de siembra de alevinos en estanque de tierra. Así mismo se observó que el peso máximo con el que se comercializó fue de 630 gramos. Por otra parte, se evidencio que en las 13 muestras recolectadas hay un alto nivel de varianza en los pesos, una de las principales causas de esta variación es la heterogeneidad con que fue aumentando el peso de cada tilapia, es decir, no todas aumentaron su peso de forma similar y por lo tanto, al realizar las muestras, habían peces de tamaños distintos, como se puede evidenciar en la figura 1.
- Se probó que el modelo lineal simple no logra ajustar un modelo adecuado para predecir el peso de la tilapia roja en un ciclo comercial de cultivo, como se puede observar en la figura 6, al graficar los puntos promedios de cada una de las muestras, el peso en los primeros días crece aceleradamente, pero a partir del día 180 de la siembra, la tilapia en estanque de tierra tienden a tener un peso constante, ya que

la tilapia llega a su punto de madurez máxima, lo implica que aún proporcionando alimento, el peso y talla será el mismo y en consecuencia, estará listo para su comercialización.

- Así mismo, el modelo polinómico de grado 4 se ajustó mejor a la nube de puntos, pero tampoco, es el más apropiado para predecir el comportamiento del peso con respecto al tiempo; aunque sus covariables sean significativas, no basta que tengan un alto nivel de explicación, ya que como se comprobó, no cumple la totalidad de las pruebas de los residuales, lo que implica que al realizar alguna predicción arroja un alto nivel de error. Por otro lado al tratar de verificar alguna transformación (en este caso: logarítmica, raíz cuadrada) que busque normalizar los datos, se obtuvieron los mismos resultados de la verificación de los supuestos de ajuste del modelo polinómico de grado 4, esto hace pensar que hay problemas de colinealidad, es decir, tomada la variable tiempo como la independiente y al hacer uso de un polinomio de grado 4, se está elevando la misma variable a diferentes potencias y esto hace que se compartan la misma información y al tratar de ajustar un buen modelo, no se llega al resultado esperado.

- Debido al sesgo que se produjo al medir las variables temperatura y pH, medidas que no se tomaron de manera adecuada porque en el caso de la temperatura, se midió con un termómetro para medir la temperatura corporal y el pH, utilizó sustancias indicadoras que miden el nivel de pH del agua en un rango limitado de 6,0 a 7,6, lo que demuestra que si pasa de los límites, no varía el color; esto indica que los instrumentos no son apropiados existiendo en el mercado aparatos electrónico con mayor precisión de la realidad de los resultados, los cuales no posee el recolector de los datos enseñando que su actividad es empírica y sin tecnicismo, perdiendo la mayor probabilidad de una exitosa cosecha. Lo anterior da como resultado que no fue posible

evidenciar la correlación de las variables peso, pH y temperatura del agua, para otorgar resultados matemáticos efectivos que den un bajo índice de error.

- Es de vital importancia para el sector piscícola, que se desarrollen estudios significativos para modelar el comportamiento óptimo de crecimiento de la tilapia roja para su comercialización, pues en esta investigación no fue posible por la errónea recolección de los datos trascendentales que influyen en la producción, como se explicará en el acápite de recomendaciones.

10.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda un método para la recolección de datos que implemente instrumentos tecnológicos calibrados y precisos para medir las variables que afectan directamente el crecimiento de la tilapia roja en un ciclo comercial; también hacer uso de laboratorios que permitan medir las variables fisicoquímicas del ambiente del lago con una mayor precisión, tomando medidas a distintas horas del día para minimizar el error. Se debe plantear un diseño experimental adecuado para el cultivo, donde se pueda tomar la muestra en varios lagos a diferentes temperaturas y así, encontrar cual es el ambiente adecuado para el desarrollo óptimo de un cultivo de tilapia roja. Se recomienda a los piscicultores a mediana y pequeña escala, medir variables adicionales que son trascendentales para el buen desarrollo de un cultivo, estas variables son longitud de la tilapia, oxígeno, N-Amoniacal, NH₃, Nitrito, Alcalinidad, tipo de alimento, ración por pez y frecuencia de la alimentación.
- Buscar un modelo no lineal que se ajuste a los datos y permita predecir el crecimiento de la tilapia roja para determinar el momento exacto para su comercialización, esto con el fin de que los piscicultores tengan la certeza del momento en que pueden extraer la tilapia y así optimizar tiempo y recursos; se recomiendan modelos biológicos como como modelo de Vom Bertalanffy, modelo de Gompertz, entre otros que permitan determinar la relación máxima longitud-peso de la tilapia roja, con el fin de ayudar a comprender el crecimiento de la tilapia roja en un ciclo comercial.

10.3 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este proyecto de investigación muestran que después de aplicar un enfoque estadístico cuantitativo y un diseño correlacional, haciendo uso del método estadístico relacional (regresión) y correlacional, para determinar si existe algún tipo de relación entre las variables estudiadas, esto con el fin de proyectar el peso idóneo para su comercialización. Además se realizó un análisis exploratorio al peso de la Tilapia Roja durante un ciclo comercial, para observar el comportamiento de su variación respecto al tiempo, se logra concluir que hubo una gran variación del peso de la Tilapia Roja durante los 195 días que equivalen al tiempo desde que se siembra hasta que se recolecta para la comercialización; este comportamiento es debido a la metodología utilizada por los propietarios de la piscícola para la recolección de los datos, que se hizo de manera empírica y con instrumentos adecuados, aplicando técnicas voz a voz entre quienes ejercen esta actividad, realizando actos sin tener en cuenta las diferentes variables fisicoquímicas del ambiente de cada lago, dando cosechas con resultados diferentes.

Esto implica que, al tratar de ajustar un modelo de regresión, en este caso un modelo lineal simple y un modelo polinómico de grado cuatro, no son los más adecuados para predecir el peso de la tilapia roja respecto al tiempo. Pues el objetivo de este proyecto es determinar la interacción que existe entre las variables que afectan directamente el crecimiento de la tilapia roja para encontrar el momento óptimo del peso para su comercialización, pero por fallas en la recolección de los datos, no midieron variables de suma importancia como por ejemplo: la longitud, el oxígeno, tipo de alimentación, ración por pez, variables fisicoquímicas del lago como lo afirma Gonzales, E., M. (2018) en su trabajo de grado "Evaluación de variables de calidad en Tilapias (*Oreochromis Sp*) alimentadas por probióticos nativos microencapsulados" para el desarrollo de una buena metodología de investigación.

Los modelos ajustados tienen problemas para predecir el peso, como se evidencio en los resultados al aplicar un modelo lineal, se encontró un $R^2 = 0.9382$ que aparentemente tiene un alto nivel de explicación y sucede porque el crecimiento de esta especie no es lineal, ya que después de cierto tiempo, al día 180, su crecimiento se vuelve constante en el tiempo, porque llegó a su punto de madurez máxima; y al momento de hacer estimaciones lineales no tendría algún sentido.

Por otro lado, al ajustar un modelo polinómico de grado 4, se encontró de nuevo con un alto nivel de ajuste, sin embargo al verificar los supuestos de los residuales para contrastar si el modelo es bueno, las pruebas dieron que el P-valor $< 0,05$, lo que no puede confirmar que el modelo es adecuado; se trató de resolver este problema buscando una transformación que normaliza los datos, pero los resultados fueron los mismos y las pruebas de los residuales no aceptan que el modelo sea bueno, quizá por problemas de colinealidad, pues se está tomando la variable tiempo elevada a varias potencias, es decir comparten la misma información, y al querer verificar los supuestos se ven afectados por este problema.

También se quiso medir el nivel de correlación entre el peso de la tilapia roja y la temperatura del lago con el pH, obteniendo como resultado que no se evidenció correlación con las dos variables, ya que las mediciones no fueron las adecuadas para arribar a una conclusión.

Por otro lado, ajustar un modelo no lineal sería adecuado, porque como se evidenció, el crecimiento de la tilapia roja es no lineal y debe hacer uso de modelos de crecimiento biológico, como por ejemplo el modelo de Vom Bertalanffy, Gompertz, logístico, Richards, entre otros (Aguilar, F., 2010) que permiten modelar la relación peso – longitud de los peces de una forma eficiente; información trascendental para que los pequeños y medianos productores conozcan

la medida para extraer y comercializar el producto, aportando eficiencia en el tiempo y optimización de los recursos.

Así mismo, para investigaciones posteriores es necesario desarrollar un diseño experimental en donde la metodología de la recolección de los datos sea la adecuada, por ejemplo, es de suma importancia que todos los tamaños de las muestras sean homogéneas, es decir se capturen la misma cantidad de peces en cada muestra, asimismo, las variables se obtengan de diferentes lagos con características físico químicas diferentes, como altitud, temperatura, etc., para hallar las condiciones adecuadas para el desarrollo de la Tilapia Roja en un ciclo comercial.

11. Referencias

Bibliografía

- Agudelo, G. D., Cerón, M. M., & Restrepo, B. L. (Marzo de 2008). Modeling of growth functions applied to animal production. *Rev Colom Cienc Pecua vol.21 no.1 Medellín Jan./Mar. 2008*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902008000100005
- Aguilar, A. F. (2010). Modelos Matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus* Var. Chitralada) alimentadas con dietas peletizadas o extraídas. *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/6737/780183.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alonso, M. C. (2022). *Notas de clase: Modelos de regresión lineal*. Universidad Surcolombiana.
- Anaya, T. J. (2016). *Organización de la producción industrial: Un enfoque de gestión operativa en fábrica*. Madrid: ESIC. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cH3uDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=Organizaci%C3%B3n+de+la+producci%C3%B3n+industrial:+Un+enfoque+de+gesti%C3%B3n+operativa+en+f%C3%A1brica.+&ots=DGGf0rnz0w&sig=x53h0vWE0x_7nnhfoo5cY7nOwXw#v=onepage&q=Organizaci%C3%B
- Arboleda, O. D. (2005). Reversión sexual de las Tilapias Rojas (*Oreochromis Sp*), una guía básica para el acuicultor. *Electronica de Veterinaria*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617178008>
- ARIZA, C. J., & PEÑA, B. E. (2006). SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL REGISTRO Y CONTROL DEL ÁREA DE PISCICULTURA EN EL CENTRO NACIONAL

- AGROPECUARIO DE GAIRA - SENA REGIONAL MAGDALENA. SENA, 31. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/270126597.pdf>
- Arqueros, M., Sanchez, T. L., & Prieto, Z. (Octubre de 2017). Diferenciación genética de tilapia roja y gris (*Oreochromis niloticus*) mediante microsatélites y marcadores SCAR como indicadores del sexo genético. *Revista Peruana de Biología*. Obtenido de <http://dev.scielo.org.pe/pdf/rpb/v24n3/a05v24n3.pdf>
- Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura [AUNAP]. (2014). *Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia - PlaNDAS*. Bogotá. Obtenido de <https://fedeaqua.org/files/plan-nacional-para-el-desarrollo-de-la-acuicultura-sostenible-colombia.pdf>
- Barreto, C. F., Durazo, E., & Viana, M. t. (2015). Growth, ammonium excretion, and oxygen consumption of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis aureus*) grown in seawater and freshwater. *Ciencias Marinas* 41(3):247-254. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/283098908_Growth_ammonium_excretion_and_oxygen_consumption_of_hybrid_red_tilapia_Oreochromis_mossambicus_Oreochromis_aureus_grown_in_seawater_and_freshwater
- Betancour, G. E. (2018). Evaluación de variables de calidad en Tilapias (*Oreochromis* Sp) alimentadas por probióticos nativos microencapsulados. *Corporacion universitaria Lasallista*, 26. Obtenido de http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2400/1/VARIABLES_Calidad_TilapiasOreochromisSp_alimentadas_ProbioticosNativos.doc.pdf
- Carbajal, A. Á. (2013). Manual de Nutrición y Dietética. *Universidad Complutense de Madrid*, 11. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/22755/1/Manual-nutricion-dietetica-CARBAJAL.pdf>

Carollo, L. C. (2012). *Estadística Descriptiva II*. Universidad de Santiago de Compostella [USC].

Estadística. FBA I. Curso 2011-2012. Obtenido de

<http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP->

DPTO/MATERIALES/Mat_50140113_Descriptivall_-11_12.pdf

Castillo, C. L. (s.f.). LA IMPORTANCIA DE LA TILAPIA ROJA EN EL DESARROLLO DE LA

PISCICULTURA EN COLOMBIA. *Asociación Red Cauca, Alevinos del Valle*. Obtenido

de <https://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/TilapiaColombia.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2021). *Boletín Técnico Producto*

Interno Bruto [PIB]. Bogotá. Obtenido de

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IVtrim21_produccion

_y_gasto.pdf

Domínguez, V. J., Rodríguez, A. A., Núñez, D. R., Ramírez, V. R., Ortega, G. Á., & Ruiz, F. A.

(Febrero de 2013). AJUSTE DE MODELOS NO LINEALES Y ESTIMACIÓN DE

PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN BOVINOS TROPICARNE. *AgroCiencia*.

Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v47n1/v47n1a3.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2021). *Fisheries and*

Aquaculture. Obtenido de

https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en

Freshwater master test kit. (s.f.). *Manueal de Uso Freshwater master test kit*. Obtenido de

<https://apifishcare.com/pdfs/products-us/freshwater-master-test-kit/api-freshwater->

<master-test-kit-instruction-manual.pdf>

FUNDAMENTOS DE ACUICULTURA CONTINENTAL. (2001).

Gobernación del Huila. (17 de Marzo de 2022). *El Huila se consolida como potencia piscícola*

de Colombia. Obtenido de <https://www.huila.gov.co/publicaciones/11992/el-huila-se->

<consolida-como-potencia-piscicola-de-colombia/>

- Lazard, J. (2009). La piscicultura de la tilapia. *Acuicultura y gestión de recursos acuáticos*.
Obtenido de <https://agritrop.cirad.fr/549788/1/549788.pdf>
- Leon, V. A. (2009). *Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa dedicada al cultivo y comercialización de tilapia -oreocromis sp- al mercado de los Estados Unidos ubicada en la parroquia de Mindo, cantón San Miguel de los Bancos*. Escuela Politecnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1484/1/CD-2230.pdf>
- Martínez, Q. Y., & Bertel, L. F. (2021). Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra. *Repositorio Institucional UNAD*, 17. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42726>
- Menéndez, F. (2002). *Residuos, Residuos studentizados y valores DFFIT, Su uso en Regresión Lineal Simple y Múltiple*. Departamento de Sociología - Universidad de la República. Obtenido de <https://tabarefernandez.tripod.com/coco2.pdf>
- Meyer, D., & Triminio, M. S. (2007). *Reproducción y Cria de Alevines de Tilapia*. Tegucigalpa: Escuela Agrícola Panamericana. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/18c3ce8b-2558-4d84-bb9d-cb203468e8a0/download>
- Ministerio de agricultura. (segundo trimestre de 2019). *DIRECCIÓN DE CADENAS PECUARIAS, PESQUERAS Y ACUÍCOLAS*. Obtenido de CADENA DE LA ACUICULTURA: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MinAgricultura]. (2011-2012). *AGENDA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN PESCA Y ACUICULTURA*. Bogotá: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA].

- Mojica, B. H., & Villaneda, J. A. (2001). *FUNDAMENTOS DE ACUICULTURA CONTINENTAL*. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Morales, J. (2002). *Estado de la información forestal en Colombia*. Comisión Europea, Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO].
- Ocampo, F. J. (2007). Cultivo de tilapia, una alternativa de desarrollo socioeconómico. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuicola*. Obtenido de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1623/1996>
- ORG ACUICOLA ALEVINOS DEL VALLE DE COLOMBIA SAS. (s.f.). *ALEVINOS DEL VALLE*. Obtenido de Tilapia Historia en Colombia: <https://alevinosdelvalle.es.tl/tilapia-historia-en-colombia.htm>
- Parés, C. P., & Kucherova, I. (2014). COMPARACIÓN DE MODELOS NO LINEALES PARA DESCRIBIR. *Revista Investigaciones Veterinaria del Perú* 2014; 25(3), 390-398. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v25n3/a07v25n3.pdf>
- Rodriguez, G. H., & Anzola, E. E. (2001). *FUNDAMENTOS DE ACUICULTURA CONTINENTAL*. Bogota: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura [INPA].
- Rowena, M. (2004). Genetic diversity in farmed Asian Nile and red hybrid tilapia stocks evaluated from microsatellite and mitochondrial DNA analysis. *Aquaculture*, 131-150. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848604000729>
- SAAVEDRA, M. M. (2006). *Manejo de cultivo de tilapia*. Managua: Centro de Investigación y Sistemas Acuaticos [CIDEA]. Obtenido de http://repositorio.uca.edu.ni/2554/1/2006_manejo_del_cultivo_de_tilapia.pdf
- SÁNCHEZ, O. I., & SALAZAR, C. R. (2007). INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PARA ACUICULTURA. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuicola*, 253. Obtenido de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1669/2060>

Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA] Tolima. (4 de Septiembre de 2008). *Piscicultura de la granja SENA Tolima*. Obtenido de Generalidades de la piscicultura en la granja:

<https://peceslagranjatolima.blogspot.com/2008/09/j.html>

SOCARRÁS, V. D., SÁNCHEZ, B. A., & GONZÁLEZ, S. O. (2019). Riesgo, vulnerabilidad e incertidumbre en la acuicultura. *REVISTA CUBANA DE FINANZAS Y PRECIOS*, 103.

Obtenido de

http://www.mfp.gob.cu/revista_mfp/index.php/RCFP/article/view/03_V3N12019_DSyOtros

Sulmont, D. (2019). *Supuestos del Modelo de Regresión Lineal y Diagnóstico*. Pontificia Universidad Católica del Perú [PUCP]. Obtenido de [https://rstudio-pubs-](https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/740938_e421b19461f446a3a5e167386f4e475d.html#1)

[static.s3.amazonaws.com/740938_e421b19461f446a3a5e167386f4e475d.html#1](https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/740938_e421b19461f446a3a5e167386f4e475d.html#1)

Tellez, P. C. (2022). *Notas de clase: Modelos de regresion lineal*. Universidad Surcolombiana.

Vásquez, S. R., Pupo, U. A., & Jimenez, A. H. (2014). Sistema energéticamente eficiente y de bajo costo para controlar la temperatura y aumentar el oxígeno en. *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.), Enero-Junio 2014, Vol. 23, No. 36*. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292014000100002

Vega, V., Cortés, L. M., Zúñiga, M. L., Jaime, C. B., Galindo, L. J., Basto, R. M., & Nolasco, S.

H. (2010). Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? *REDVET. Revista*

Electrónica de Veterinaria, 11(4), 1-15. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63613155007>

12. Apéndices/Anexos

12.1 Anexo: Rutinas implementadas en R para la obtención de los resultados

```
setwd("/Volumes/Gabo_Garcia/Proyecto_TilapiaRoja/DATOS/DATOS_ORGANIZADOS_COLU  
MNA/")
```

```
getwd()
```

```
datos = read.csv("datos.csv", sep = ";", dec = ",")
```

```
head(datos)
```

```
attach(datos)
```

```
library(ggplot2)
```

Gráfico Peso - Tiempo

```
plot(TIEMPO,PESO, main = "Peso en un ciclo comercial", type = "p", col = 4 )
```

##MODELO LINEAL

```
mod1=lm(PESO~TIEMPO, data = datos)
```

```
summary(mod1)
```

```
#### MODELO LINEAL
```

```
#PESO = -40.90570 + 2.62678(tiempo)
```

```
# beta0 =-40.90570
```

```
# beta1 = 2.62678
```

```
# -----
```

MODELO LINEAL GENERALIZADO

```
mod_lineal_gen = glm(PESO~TIEMPO)
```

```
summary(mod_lineal_gen)
```

GRÁFICO DE MODELO LINEAL

```
plot(TIEMPO, PESO, main = "Modelo lineal para el peso de la tilapia roja", type = "p", col = 4 )
```

```
abline(mod1, col = "red")
```

SUPUESTOS DEL MODELO LINEAL

RESIDUALES DEL MODELO

```
resmod1= residuals(mod1)
```

PRUEBA DE NORMALIDAD

#h0: los errores son normales

#h1: los errores no son normales

```
shapiro.test(resmod1)#p-value < 2.2e-16, Se rechaza la hipótesis nula
```

#por tanto los errores no son normales

#PRUEBA DE LA MEDIA

#ho: el valor esperado del error es 0

#h1: el valor esperado del error es distinto de 0

```
t.test(resmod1) #p-value = 1 por tanto no rechazar hipótesis nula,
```

#ES DECIR, LOS ERRORES TIENEN MEDIA 0

#PRUEBA DE LOS VARIANZAS

#h0: los errores tienen varianza constante

#h0: $\sigma^2 = \sigma^2 = \dots = \sigma^2$ entonces σ^2 es constante

#h1: este es que son distintos

lmtest::bptest(mod1)# p-value < 2.2e-16, Se rechaza la hipótesis nula

##Por tanto, los sigma no son constantes

PRUEBA DE INDEPENDENCIA

#h0: los errores no son correlacionales ES DECIR ρ de los errores es 0

#h1: los errores son correlacionales

lmtest::dwtest(mod1)# p-value < 2.2e-16, Se rechaza la hipótesis nula

plot(mod1)

MODELO POLINOMIAL GRADO 4

mod2 = glm(PESO~poly(TIEMPO,4), data = datos)

summary(mod2)

SUPUESTOS DEL MODELO POLINOMIAL GRADO 4

RESIDUALES DEL MODELO

resmod2= residuals(mod2)

PRUEBA DE NORMALIDAD

#h0: los errores son normales

#h1: los errores no son normales

shapiro.test(resmod2)#p-value < 2.2e-16, Se rechaza la hipótesis nula

#por tanto los errores no son normales

#PRUEBA DE LA MEDIA

#ho: el valor esperado del error es 0

#h1: el valor esperado del error es distinto de 0

t.test(resmod2) #p-value = 1 por tanto no rechazo hipótesis nula,

#ES DECIR, LOS ERRORES TIENEN MEDIA 0

#PRUEBA DE LOS VARIANZAS

#h0: los errores tienen varianza constante

#h0: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2$ entonces σ^2 es constante

#h1: este es que son distintos

lmtest::bptest(mod2)# p-value < 2.2e-16, Se rechaza la hipótesis nula

##Por tanto, los sigma no son constantes

PRUEBA DE INDEPENDENCIA

#h0: los errores no son correlacionales ES DECIR ρ de los errores es 0

#h1: los errores son correlacionales

lmtest::dwtest(mod2)# p-value < 2.2e-16, Se rechaza la hipótesis nula

attach(datos)

modelo.pol2 <- lm(formula = PESO~poly(TIEMPO,4), data = datos)

summary(modelo.pol2)

plot(x = TIEMPO, y = PESO, main = "Medias vs Tiempo", pch = 20, col = 4)

points(TIEMPO, fitted(modelo.pol2), col = 'red', pch = 20)

TRANSFORMACIONES DEL MODELO POLINOMIAL GRADO 4**## TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA**

mod_poly_log = lm(log(PESO) ~ poly(TIEMPO,4), data = datos)

summary(mod_poly_log)

RESIDUALES DEL MODELO TRANSFORMADO

res_mod_poly_log = residuals(mod_poly_log)

```
shapiro.test(res_mod_poly_log)
```

```
t.test(res_mod_poly_log)
```

```
lmtest::bptest(mod_poly_log)
```

```
lmtest::dwtest(mod_poly_log)
```

```
plot(mod_poly_log)
```

```
# -----
```

TRANSFORMACIÓN RAÍZ

```
mod_poly_raiz = lm(sqrt(PESO) ~ poly(TIEMPO,4), data = datos)
```

```
summary(mod_poly_raiz)
```

```
res_mod_poly_raiz = residuals(mod_poly_raiz)
```

```
shapiro.test(res_mod_poly_raiz)
```

```
t.test(res_mod_poly_raiz)
```

```
lmtest::bptest(mod_poly_raiz)
```

```
lmtest::dwtest(mod_poly_raiz)
```

```
plot(mod_poly_raiz)
```

CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES

```
getwd()
```

```
setwd("/Volumes/Gabo_Garcia/Proyecto_TilapiaRoja/TRABAJO_R/RELACIONES/")
```

```
datos = read.csv("RELACIONES.csv", sep = ";", dec = ",")
```

```
head(datos)
```

```
plot(datos$PESO~datos$TEMPERATURA)
pairs(datos$PESO~datos$TEMPERATURA)
cor(datos$PESO, datos$TEMPERATURA) #0.08400833
cor.test(datos$PESO, datos$TEMPERATURA) #p-value = 0.785

"ho:"#Se distribuye normalmente
"h1:"#No Se distribuye normalmente
shapiro.test(datos$PESO) #p-value = 0.3031
shapiro.test(datos$TEMPERATURA)#p-value = 0.3259

"ho:"#Se distribuye normalmente
"h1:"#No Se distribuye normalmente
shapiro.test(datos$PESO) #p-value = 0.3031
shapiro.test(datos$PH)#p-value = 5.571e-05

cor(datos$PESO, datos$PH) #0.2353769
cor.test(datos$PESO, datos$PH) #p-value = 0.4389

pairs(datos$PESO~ datos$PH)
restas = read.csv("restas.csv", sep = ";", dec = ",")
head(restas)
plot(restas)
cor(restas$restas, restas$TEMPERATURA)
cor.test(restas$restas, restas$TEMPERATURA) #p-value = 0.8558
```

#no se encuentra una correlación clara para el aumento de peso con relación a la temperatura

cor.test(restas\$restas, restas\$PH)#p-value = 0.9488

#no se encuentra una correlación clara para el aumento de peso con relacion el pH

12.2 Anexo: Base de Datos

PESO EN GRAMOS														
Fecha	26/4/2021	10/5/2021	24/5/2021	7/6/2021	21/6/2021	5/7/2021	19/7/2021	2/8/2021	16/8/2021	30/8/2021	13/9/2021	27/9/2021	11/10/2021	25/10/2021
Numero	MUESTRA 0	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6	MUESTRA 7	MUESTRA 8	MUESTRA 9	MUESTRA 10	MUESTRA 11	MUESTRA 12	MUESTRA 13
1	4	27	39	70	91	129	146	228	271	333	336	411	451	516
2	4	27	36	59	112	150	174	194	256	303	354	421	468	524
3	3	23	36	64	85	115	165	192	256	343	383	418	458	538
4	3	38	32	56	108	154	169	215	252	327	371	402	445	510
5	4	21	33	61	92	150	152	230	262	333	390	402	467	569
6	5	28	40	69	76	117	149	235	281	320	363	379	478	485
7	3	35	55	72	93	100	178	249	281	302	342	396	480	490
8	3	36	32	59	83	111	190	208	247	313	344	387	437	551
9	4	36	41	67	97	124	155	193	269	328	347	432	470	630
10	3	33	36	55	105	122	168	245	245	335	371	414	448	531
11	3	31	31	51	79	145	190	230	246	331	375	380	459	588
12	3	14	59	50	77	121	167	248	257	323	362	408	482	487
13	4	28	41	51	81	135	150	237	273	334	356	438	448	546
14	4	34	59	71	106	150	178	227	262	338	335	391	478	489
15	3	19	31	51	77	138	145	235	260	316	388	430	453	597
16	2	34	31	57	86	113	193	210	248	307	374	435	454	553
17	3	19	39	63	115	128	172	222	241	329	357	411	472	590
18	3	30	54	66	81	130	164	226	237	329	337	426	441	559
19	3	14	56	70	77	125	154	205	240	338	386	408	474	593
20	3	36	55	71	105	143	152	191	251	344	353	385	467	590
21	3	31	41	60	90	137	175	223	241	304	349	424	444	529
22	3	16	35	75	91	141	187	244	277	295	364	421	435	498
23	3	35	48	69	115	135	148	238	269	312	380	418	437	521

Muestra	TEMP	pH
1	23	7,2
2	26	7
3	26	7,2
4	23	7,2
5	20	7,2
6	25	7
7	26	7,2
8	24	7,2
9	22	7,2
10	25	7
11	24	7,2
12	24	7,2

TIEMPO	PESO	TEMPERATU	PH	restas
15	26,53125			
30	44,76	23	7,2	18,22875
45	62,3604651	26	7	17,6004651
60	93,6969697	26	7,2	31,3365046
75	133,085714	23	7,2	39,3887446
90	169,804878	20	7,2	36,7191637
105	218,561798	25	7	48,7569198
120	260,182796	26	7,2	41,6209979
135	317,261905	24	7,2	57,0791091
150	360,686869	22	7,2	43,4249639
165	405,896907	25	7	45,2100385
180	453,808081	24	7,2	47,9111736
195	467,051948	24	7,2	13,2438673