

Correspondence:

APLICACIÓN INFORMÁTICA EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIAS (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) (TPI)

COMPUTER APPLICATION IN TILAPIA PRODUCTION PROCESSES (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) (TPI)

José Nolberto Macías Véliz

Universidad Técnica Estatal de Quevedo-
Facultad de Ciencias Sociales Económicas y
Finanzas, <https://orcid.org/0000-0001-9312-7331>,
jnmacias@uteq.edu.ec, 120508,
Quevedo-Ecuador

Abraham Adalberto Bayas Zamora

Universidad Técnica Estatal de Quevedo-
Facultad de Ciencias de la Industria y
Producción, <https://orcid.org/0000-0001-8534-917X>,
abayas@uteq.edu.ec, 120508,
Quevedo-Ecuador

Jorge Magno Rodríguez Tobar

Universidad Técnica Estatal de Quevedo-
Facultad de Ciencias Agropecuarias,
<https://orcid.org/0000-0002-8478-9242>,
jrodriguez@uteq.edu.ec, 120508,
Quevedo-Ecuador

Ligia Liliana Napa Arévalo

Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
<https://orcid.org/0000-0002-5652-3412>,
filiylili84@gmail.com, 120508, Quevedo-
Ecuador

Resumen

Esta investigación está enfocada en desarrollar un software que permita optimizar los procesos en los cultivos de tilapias (crecimiento, costo y rentabilidad), desarrollar una interfaz de usuario que permita facilitar el manejo de datos en los piscicultores; utilizando herramientas tecnológicas que permiten acceder a la información en tiempo real, permitiendo que se desarrollen en menos tiempo y exista ahorros en su costo, y que exista la mínima cantidad de errores sistemáticos que devuelva información precisa sobre los factores de crecimiento, costos y rentabilidad. Algunos de esos factores son el peso, temperatura, crecimiento absoluto, el crecimiento térmico de los peces, la temperatura, alimentación, y además las proyecciones por meses de costos, producción y rentabilidad que se pueden extraer en el proceso de cultivos de peces. Para resolver esta problemática se desarrolla una aplicación informática en el lenguaje de programación Java con la plataforma eclipse, el programa debe de cumplir con ciertos requisitos como agilidad, encontrar un punto de equilibrio y cubrir las necesidades planteadas en el proyecto.

Palabras clave Aplicación informática, tilapias, crecimiento, factores de crecimiento, costos y rentabilidad

Abstract

This research is focused on developing software that allows optimizing those processes in tilapia crops (growth, cost, and profitability), developing a user interface that makes it easier to manage data in fish farmers; using technological tools that allow access to information in real time, allowing them to be developed in less time and cost savings, and for the minimum amount of systematic errors to return accurate information on growth, cost and profitability factors. Some of these factors are the weight, temperature, and absolute growth, the thermal growth of the fish, the temperature, feeding, and also the monthly projections of costs, production and profitability that can be extracted in the process of fish farming. To solve this problem, a computer application is developed in the Java programming language with the eclipse platform, the program must meet certain requirements such as agility, find a balance point and cover the needs raised in the project.

Keywords Computer application, tilapia, growth, growth factors, costs and profitability

Introducción

Hoy en día, la frescura y calidad de los productos pesqueros se ha convertido en la prioridad estratégica clave para la industria pesquera. Los consumidores son cada vez más conscientes de los beneficios del pescado para la salud humana y siempre solicitan productos de alta calidad. Por sus características nutricionales, el pescado se considera una excelente fuente de proteínas de alta calidad, minerales esenciales y productos bajos en grasa.

Numerosos estudios confirman la reducción de la incidencia de muchas enfermedades, incluidas las enfermedades cardiovasculares, psiquiátricas y mentales. Con respecto a los minerales, la carne de pescado se considera una fuente de calcio y fósforo, así como hierro y cobre.

En Ecuador, las pesquerías han aumentado progresivamente y contribuyen con un 7% al suministro total de proteína animal. En 2011 la producción pesquera fue de aproximadamente 663,600 toneladas de las cuales 391,700 toneladas se derivaron de la pesca de captura y 308,900 toneladas de la acuicultura. La acuicultura en Ecuador es una fuente de empleo y divisas para el país que contribuye al alivio de la pobreza, la seguridad alimentaria y mantiene los medios de vida (FAO, 2014).

El cultivo de tilapias se está volviendo cada vez más popular debido a su buena tasa de crecimiento, fecundidad, facilidad de manipulación, capacidad de crecer en condiciones ambientales subóptimas, resistencia a las enfermedades y buena aceptación del consumidor. De acuerdo con (Tveterås S, Asche F, Bellemare MF, Smith MD, GuttormsenAG, Lem A, 2012) se estima que alrededor de 3 mil millones de personas consumen carne de pescado y otros organismos marinos como la principal fuente de proteínas (García & Villarroel, 2009).

Muchos piscicultores de la localidad llevan un control sobre los factores de crecimiento, costos y rentabilidad en forma manual o en hojas de cálculo, esto hace que el resultado obtenido sea aproximado, incorrecto y demorado. Los recientes avances en tecnología de la información (TIC) han tenido profundos impactos en todos los ámbitos de la vida y la acuicultura no es una excepción. La creciente importancia de la acuicultura como fuente alternativa de proteínas ha enfatizado aún más la necesidad de adaptar y desarrollar TIC avanzada para una mejor gestión de las instalaciones y control de acuicultura, así como la planificación regional para el desarrollo de la acuicultura.

Las tecnologías de información son consideradas instrumentación y control de procesos, gestión de datos, modelos computarizados, sistemas de soporte de decisiones, inteligencia artificial y sistemas expertos, procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones, sistemas de información geográfica y centros y redes de información.

Los altos costos que tiene que pagar el piscicultor en personal, la pérdida de la calidad de los peces y sobre todo el mal manejo de la información son razones suficientes para que se considere a las tecnologías como una contribución óptima en el proceso de cultivos de peces, haciéndolos más competitivos a nivel local y nacional.

En los actuales momentos se ha incrementado las exigencias en la producción de tilapias, lo que ha hecho reducir la eficiencia de los piscicultores; frente a esto es imperiosa la necesidad de desarrollar herramientas tecnológicas para optimizar el uso de recursos como el tiempo, consumo de alimentos, espacio, agua, oxígeno, otros.

Las tecnologías son herramientas que optimizan el desarrollo de nuevos controles, automatizando procesos, ahorrando recursos a los productores; siendo Ecuador un país de gran diversidad hidrobiológica se debe buscar nuevos procesos y estrategias que determinen nuevas metodologías integrales y multidisciplinarias para producir

especies en cautiverios que tengan requerimientos técnicos y económicos que maximicen los factores del entorno local.

Hace unos 20 años aproximadamente, los piscicultores registraban todos sus datos en formularios manuales o en hojas electrónicas. Sin embargo, en la actualidad el sector acuícola también se ha visto beneficiado con softwares de producción y control que ayudan a los productores a realizar un mejor control, planificación y operación de esos datos.

Un factor importante que influye a utilizar estas aplicaciones informáticas es el fácil acceso a internet; en la actualidad las conexiones ya no son complejas y su velocidad de transferir datos es mucho más rápida, aunque no todos los programas requieran contar con una conexión.

Según (Gong, 1999) manifiesta en su publicación que la automatización puede cambiar la estructura de empleo en algunos obreros de la industria tradicional, mientras que las nuevas oportunidades de empleo están relacionados a aplicaciones informática, tales como dispositivos automáticos en procesos de integración, servicio de información, ya que se desarrollará rápidamente y puede cambiar el estilo de incremento económico en la producción.

Los avances tecnológicos de las últimas décadas han permitido el desarrollo de varios métodos PLF y áreas de aplicación, incluido el uso de modernas tecnologías de sensores para monitorear variables animales, utilizando métodos de tecnología de la información. y modelado para sintetizar y combinar diferentes tipos de datos (Føre et al., 2018).

Materiales y métodos

El estudio del presente trabajo se basó en granjas de piscicultores de la zona aledaña y el proyecto “Cultivos de peces continentales nativos y tilapia, en estanques de geomembrana, para mejorar la alimentación de la población de la zona rural” (2020). Las visitas se realizaron a 6 granjas de peces de la zona de Los Ríos – Ecuador de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Dado que lo que se pretende en el proyecto de elaborar una aplicación informática en procesos de producción de tilapias es lograr establecer los factores de crecimiento de la tilapia, generar ecuaciones para estimar el crecimiento y verificar la funcionalidad de la aplicación. Por tal motivo, se eligió el método de análisis de componentes principales cuando se trabaja con una muestra de datos lo más común es considerar el mayor número de variables. Se utilizó entrevistas estructuradas que facilitaron a los piscicultores informar sus aprendizajes y experiencias en el cultivo de las tilapias. La entrevista se realizó directamente con el encargado de cada granja.

Los temas analizados en la entrevista fueron las siguientes: satisfacción en los resultados obtenidos por cosechas, competencias entre piscicultores, costos invertidos, horas dedicadas en la producción de los peces, interés en aplicar la tecnología en la actividad acuícola, capacitaciones, registros de datos, parámetros medibles. Los resultados obtenidos se presentan desde el punto de vista de cada piscicultor.

Para el diseño de la interfaz, se decidió hacerla amigable, ya que los usuarios finales no tenían mucha experiencia con aplicaciones informáticas. Para ello se tomó en consideración los aspectos fundamentales en la programación: investigación, análisis, implementación y evaluación. Aplicando estas etapas visualizamos las necesidades reales del acuicultor, además siguiendo estas etapas podemos hacer cambios en todos los instantes del proceso de elaboración de la aplicación.

Para la parte de desarrollo del software se utilizó la metodología del SCRUM ya que es amigable ya que tienen tendencia al cambio que es muy probable en este proyecto. Esta metodología nos ayuda a conocer las tareas y plazos en el tiempo establecido. Esta metodología se basa en aspectos como la flexibilidad, el factor humano, la colaboración, siendo sus pilares más importantes la adaptación, la inspección y la transparencia. Además, en el presente proyecto se resuelven las ecuaciones simples, múltiples y análisis de camino o pathway que sean necesarias dentro del proceso de cultivos de la tilapia. Para desarrollar la aplicación se trabaja con el lenguaje de programación Java y su plataforma eclipse, se valida la funcionalidad a través de registros históricos.

La metodología para el desarrollo de software RUP (Rational Unified Process) utiliza UML (Unified Modeling Language) para disponer los esquemas del software, considerando que es el proceso más general de los que se tienen en la actualidad. Según (López et al., 2015) clasifica el ciclo de un programa en las siguientes fases:

- ✓ Fase de inicio
- ✓ Fase de elaboración
- ✓ Fase de construcción
- ✓ Fase de transición

En la ilustración 1 muestra en el eje horizontal el tiempo y los ciclos del aspecto dinámico, mientras que en el eje vertical visualiza el aspecto estático del proceso de construcción del software.

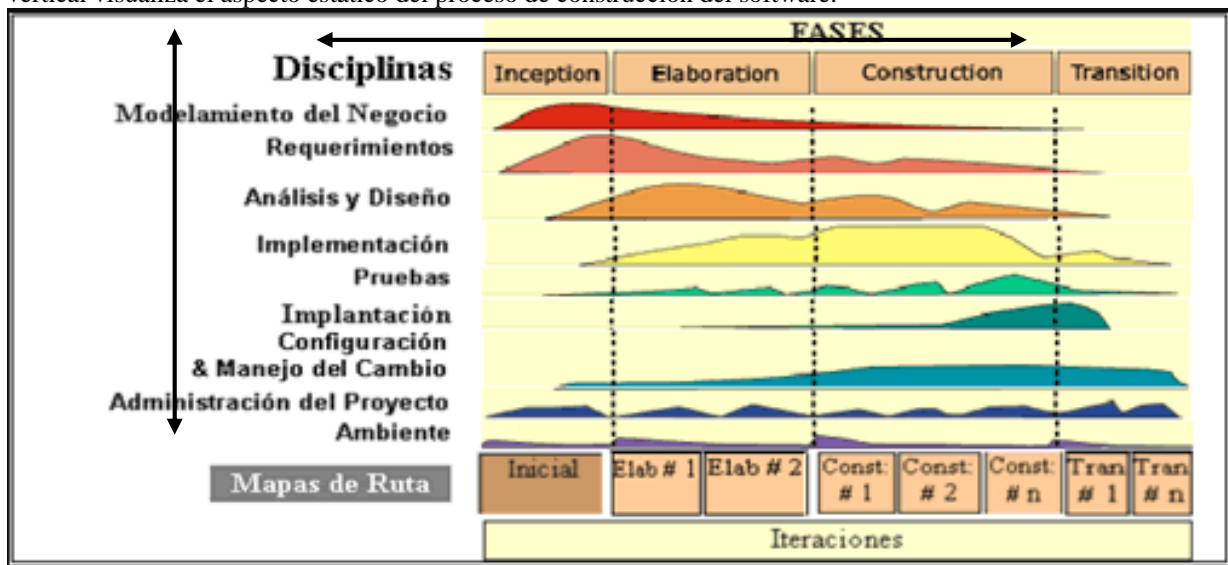


Ilustración 1: Metodología RUP

Fuente: (López et al., 2015)

Para determinar la asociación entre las variables se utilizó la correlación de Pearson con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x * \sigma_y}$$

Ecuación 1: Correlación de Pearson

Resultados

El modelado sirve como una herramienta poderosa para la formulación, el examen y la mejora dentro del proceso de producción de tilapia. El modelado proporciona una herramienta de trabajo para llevar a cabo numerosos experimentos de "qué pasaría si" rápidamente y puede evaluar las consecuencias de varias hipótesis o estrategias de manejo de sistemas acuícolas grandes y complejos que rara vez son posibles en su entorno natural.

El modelo puede representar un sistema acuícola que no existe o que no se puede manipular fácilmente (Rodríguez et al., 2017). Además, el modelo puede proporcionar un medio conveniente para recopilar y / o transmitir información. En acuicultura, los modelos son principalmente numéricos y, por lo tanto, computacionalmente intensivos (Angón et al., 2019). En ese sentido, las computadoras pueden proporcionar las capacidades de procesamiento necesarias para hacer uso de tales modelos.

Esta aplicación informática es considerada como un sistema de modelado que puede hacer predicciones inteligentes sobre las consecuencias de diversas estrategias de gestión en el proceso cría y producción de tilapias. Los modelos facilitan la evaluación de interacciones complejas de los sistemas acuícolas (Powell et al., 2017). Cuanto mayor sea la fuerza laboral científica dedicada a reunir evidencia para aplicaciones de producción de peces, más rápido este campo puede evolucionar en uno que esté bien fundamentado en evidencia.

Los productores de peces también tienen un gran interés en determinar la base probatoria de esta aplicación. Una base para evaluar la aplicación es introducir archivos históricos para que los productores puedan comparar resultados con los que llevan manualmente y compararlos con los que procesa la aplicación.

Aunque se han descrito métodos para desarrollar y establecer sistemáticamente la efectividad de las aplicaciones en los laboratorios de investigación académica, hay poca orientación disponible sobre las formas de desarrollar una base de evidencia para aplicaciones comerciales.

En la Tabla 1 se observan los parámetros y el método de cálculo que se utilizan para el crecimiento de los peces.

Tabla 1: Formulas en el proceso de crecimiento de los peces

PARÁMETRO DE CRECIMIENTO	MÉTODO DE CALCULO
Peso final	$Pf = a \cdot e^{ct}$
Tasa de crecimiento instantánea	$TCI = (In Pf - In Pi)/t$
Coefficiente de crecimiento térmico CCT/CTC	$CCT = \frac{Pf^{\frac{1}{3}} - Pi^{\frac{1}{3}}}{Suma \text{ grados del día}}$
Ganancia de peso	$GP = 0.0167 \cdot Pm^{0.621} \cdot e^{0.055T}$
Ingestión diaria de alimento	$IDA = 0.017 \cdot Pm^{0.71} \cdot e^{0.06T}$
Energía retenida	$ER = (Pf - Pi) \cdot \%MS \cdot kJ \text{ por gr MS}$
Nutrientes retenidos	$NR = (Pf - Pi) \cdot \%MS \cdot \%N$
Necesidades energéticas de mantenimiento	$Nem = (-1.04 + 3.26 \cdot T - 0.05 \cdot T^2) \cdot kg P^{0.824}$
Energía no fecal	$Enf = (ER + Nem + Ica) \cdot 0.06$

Tomado de: Cerdá (2000)

El peso final de los peces está descrito por la fórmula exponencial en el que corresponde a peso inicial, t es el tiempo y la variable c es la tasa de crecimiento.

La tasa de crecimiento instantánea se utiliza para valorar el crecimiento de los peces en función a pf peso final, pi peso inicial y t días de crecimiento.

En base a las ecuaciones descritas anteriormente (CHO & BUREAU, 1998) halló un mejor pronóstico del crecimiento de los peces, para ello usó el “coeficiente de crecimiento térmico” (CCT).

La ventaja de este modelo es que el CCT es autónomo del peso corporal de los peces, la ganancia de peso en un tiempo especificado se puede dar utilizando la siguiente ecuación.

Este modelo establece sólo para el rango donde las temperaturas sean normales para cada especie (Føre et al., 2018). El pronóstico en el crecimiento de los peces se garantiza utilizando temperaturas medias del agua pronosticada para la zona, para estimar el crecimiento de los peces en diferentes meses del año se considera la suma de temperaturas reales medida en los tanques donde se aplica el cultivo de peces (Jover Cerdá, 2000).

Se requiere un programa informático para el control del proceso del cultivo de las tilapias para pequeños y medianos productores, para ello se realiza un análisis de los posibles datos cómo se lo visualiza en la Ilustración 2, utilizando el modelo lineal secuencial que utiliza un enfoque sistemático y secuencial de las actividades fundamentales en el proceso de la programación de software.

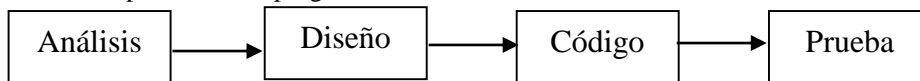


Ilustración 2: Modelo lineal secuencial en el proceso de programación de software

Fuente: Autores

Se pretende que el programa informático simule el crecimiento, costo y rentabilidad de cultivos de peces, que devuelva información precisa sobre los factores de crecimiento, costos y rentabilidad. Algunos de esos factores son el peso, temperatura, crecimiento absoluto, el crecimiento térmico de los peces, alimentación, y además las proyecciones por meses de costos, producción y rentabilidad que se pueden extraer en el proceso de cultivos de peces.

El programa debe de cumplir con ciertos requisitos como agilidad, encontrar un punto de equilibrio y cubrir las necesidades planteadas en el proyecto.

Para evaluar la aplicación se procede a analizar información de datos históricos de productores de peces de la región, comparar sus resultados con las hojas de cálculos y apuntes para evaluar con criterios predefinidos en relación con criterios basados en evidencias y pruebas de usabilidad de funciones.

Esta revisión no solo proporciona una visión general útil de los métodos utilizados en los estudios publicados, sino que también señala la necesidad de seguir trabajando en el desarrollo y la descripción de los métodos, incluidos los que aún no se han aplicado en la investigación de aplicaciones comerciales. Nos basamos en este trabajo al detallar una amplia variedad de métodos y diseños de estudio que se pueden utilizar para evaluar aplicaciones comerciales de producción de peces.

Si bien lo que se busca al evaluar una aplicación es permitir que el usuario final lo manipule, se ingresó datos reales del proyecto de investigación “Cultivos de peces continentales nativos y tilapia, en estanques de geomembrana, para mejorar la alimentación de la población de la zona rural” (Jorge Rodríguez, Martín González, Ángel Moya, M Gallegos, Juan Carlos, Gómez Elena, 2016), para lograr este fin, se ingresaron Peso Inicial (pini), Peso Final (pf), tasa media (tmed), producción anual (panu) y otros valores estándar de la simulación cómo se demuestra en la Ilustración 2; además se realizó una entrevista con el Docente sobre la experiencia y los reportes que arrojó el programa.

Simulación					
Código	1	CTC	0.00228	Número Lotes	6
Peso (g)	3	Peso Inicial (g)	1	Número Peces Inicial	37866
Densidad (kg/m3)	5	S(%)	88	Ecotex	ecotex30
Volumen (m3)	60	pf (g)	300	Migas	0.85
Tasa Efectiva	18	Producción Anual (tm)	60	Pienso	0.7

Ilustración 3: Datos ingresados en la evaluación

Fuente: Autores

Como objetivo de realizar esta evaluación es descubrir las opiniones del usuario final al utilizar la interfaz del programa, comparar resultados y que tan útil les resulta utilizar esta herramienta.

Cómo resultados se pudo obtener una proyección a 30 días, calculando el peso (pg), porcentaje de supervivencia (psup), número de tilapias por meses (np), la biomasa (bio), densidad (dens), volumen tanque (vol_tan), número de tanques reales (ntantl), cantidad de alimentación (pien), tipo de alimentación (tpie) y el valor en dólares por consumo de balanceado (ppien) Ilustraciones 3 y 4.

Se realizó también varias pruebas, con valores distintos, se obtuvieron conclusiones y se establece un plan de trabajo futuro para mejorar los resultados obtenidos y ser aplicados a otras especies de interés zootécnicos.

Tabla 2: Valores promedios usando aplicación informática en procesos de producción de tilapias para las variables temperatura, peso, pienso, otras, peso inicial 6g. peso final 500g.

MESES	Tª °C	MEDIA	PESO (g)	PIENSO	BIOMASA (Kg)	DENSIDAD (Kg/m3)	VOLUMEN (kg/m3)	VOL. TANQUE (kg/m3)	TANQUE TEORICO S (KG/M3)	PESO MEDIO (g)	BIOMASA A MEDIA (Kg)	PRECIO PIENSO (USD)
Enero	32		22,07	304,12	307,19	25	12,29	600	0,020	14,03	196,21	212,89
Febrero	25		34,36	382,48	375,81	25	15,03	600	0,025	28,21	341,50	267,74
Marzo	25		52,52	677,03	716,17	25	28,65	600	0,048	43,44	545,99	473,92
Abril	25		75,30	779,56	1016,18	25	40,65	600	0,068	63,91	866,17	545,69
Mayo	25		104,94	1127,52	1408,60	25	56,34	600	0,094	90,12	1212,39	789,26
Junio	25		140,18	1476,14	1871,71	25	74,87	600	0,125	122,56	1640,15	1033,30
Julio	25		184,08	1334,08	2431,79	25	97,27	600	0,162	162,13	2151,75	933,86
Agosto	25		236,31	1711,20	3088,20	25	123,53	600	0,206	210,20	2759,99	1197,84
Septiembre	25		295,47	1450,57	3819,26	25	152,77	600	0,255	265,89	3453,73	1015,40
Octubre	25		366,19	1581,13	4681,43	25	187,26	600	0,312	330,83	4250,35	1106,79
Noviembre	25		444,60	1854,37	5620,61	25	224,82	600	0,375	405,39	5151,02	1298,06
Diciembre	25		511,76	1658,43	6396,97	25	255,88	600	0,426	478,18	6008,79	1160,90
Promedio	25,58		205,65	1194,72	2644,49	25,00	105,78	600,00	0,18	184,57	2381,50	836,30
Rango	7,00		489,69	1550,24	6089,78	0,00	243,59	0,00	0,41	464,14	5812,58	1085,17
Min	25,00		22,07	304,12	307,19	25,00	12,29	600,00	0,02	14,03	196,21	212,89
Max	32,00		511,76	1854,37	6396,97	25,00	255,88	600,00	0,43	478,18	6008,79	1298,06

Fuente: Autores

Se puede observar en la tabla 2 que en la variable temperatura se registra un promedio de 25,58°C con una mínima de 25,00°C y una máxima de 32,00°C, sin embargo, enero fue el más caluroso debido a los cambios climático y al inicio de la etapa invernal en la Provincia de Los Ríos. Sin embargo, lo descrito por otros autores hay especies que su temperatura no debe de pasar los 26°C; con esta tabla se establecen los factores que determinan el crecimiento de la tilapia.

Se muestra en la ilustración 4 el crecimiento de las tilapias generado en 12 meses, con un peso inicial de 6g y un peso final de 500g

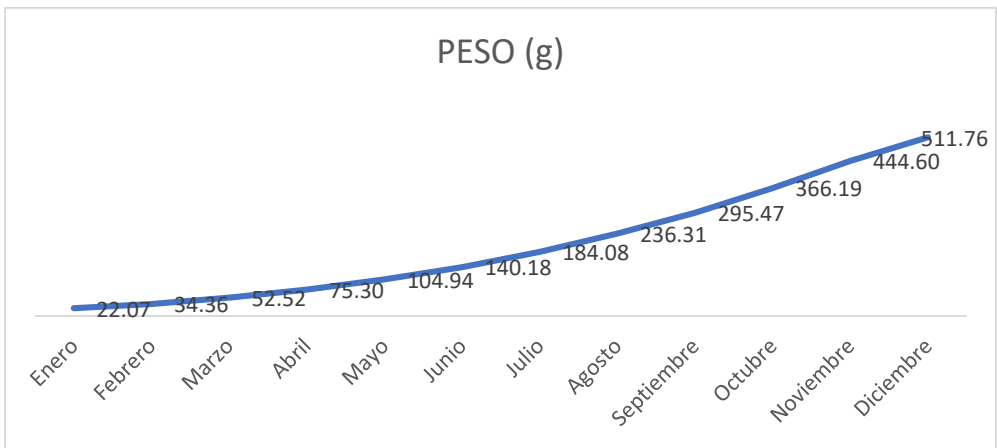


Ilustración 4: Peso en gramos de los peces y su comportamiento en 12 meses

Fuente: Autores

Se puede observar en la Ilustración 5 un efecto creciente desde enero hasta diciembre, julio, septiembre y octubre hay un efecto decreciente debido al tipo de alimentación que se eligió.

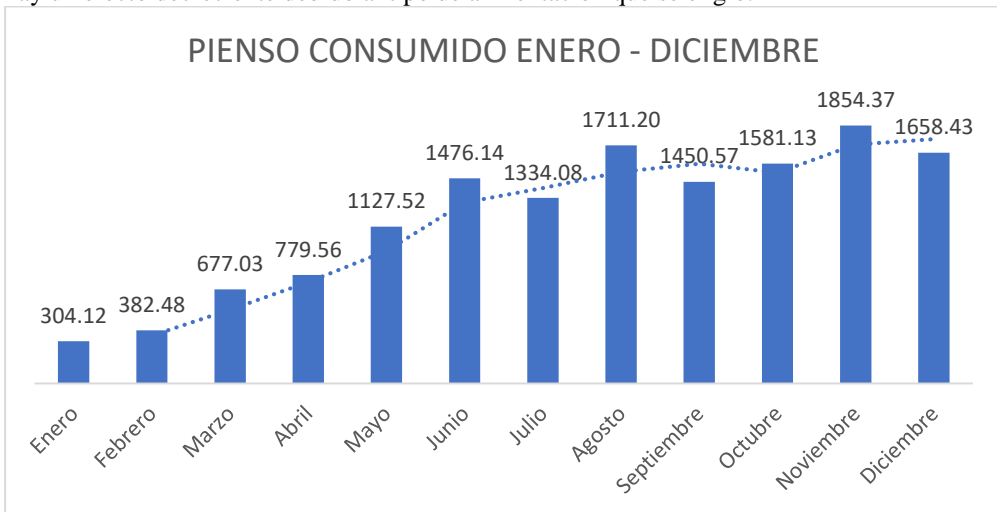


Ilustración 5: Consumo del pienso de enero a diciembre

Fuente: Autores

Se puede observar en la Ilustración 6 el creciente de la biomasa dada en kilogramos desde enero hasta diciembre.

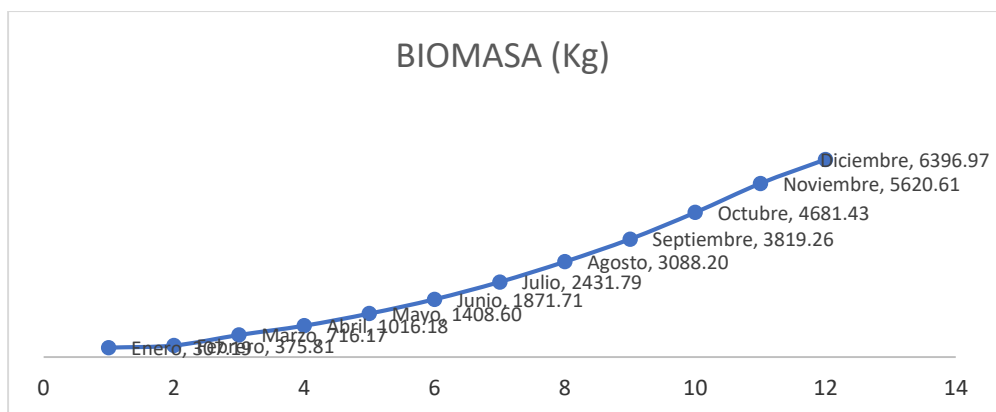


Ilustración 6: Cantidad total en la producción de peces

Fuente: Autores

La ilustración 7 visualiza el precio del alimento invertido en cada mes dentro de la producción de peces.

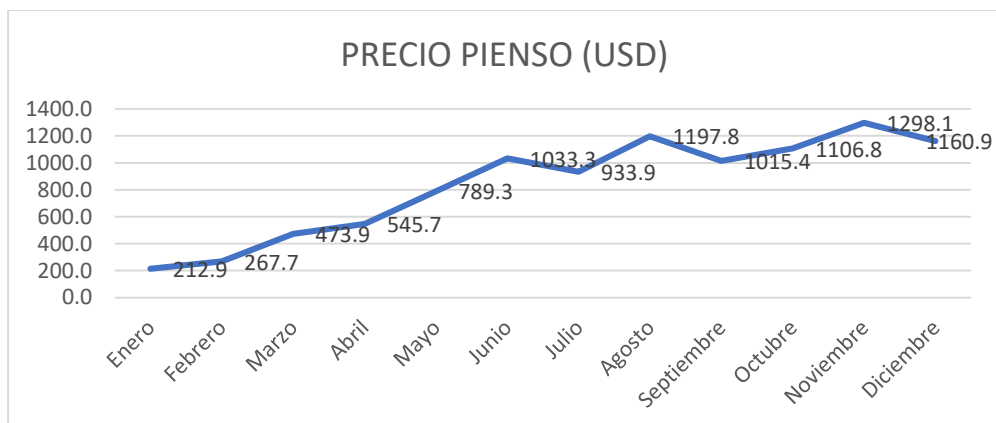


Ilustración 7: Precio del pienso en dólares USD

Fuente: Autores

La tabla 3 muestra la matriz de correlación para medir la fuerza asociativa entre variables utilizadas en la aplicación informática en el proceso de producción de tilapias.

Tabla 3: Matriz de correlación entre variables

	<i>Tª MED IA °C</i>	<i>PES O (g)</i>	<i>PIEN SO</i>	<i>BIOM ASA (Kg)</i>	<i>VOLU MEN (kg/m³)</i>	<i>TANQUETE O RICOS (KG/M3)</i>	<i>PES O MED IO (g)</i>	<i>BIOM ASA MEDI A (Kg)</i>	<i>PREC IO PIEN SO (USD)</i>
Tª MEDIA °C	1,00								
PESO (g)	0,34	1,00							
PIENSO	0,53	0,84	1,00						
BIOMASA (Kg)	0,35	1,00	0,85	1,00					
VOLUMEN (kg/m³)	0,35	1,00	0,85	1,00	1,00				
TANQUETE RICOS	0,35	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00			
PESO MEDIO (g)	0,35	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00		
BIOMASA MEDIA (Kg)	0,35	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PRECIO PIENSO (USD)	0,53	0,84	1,00	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,00
	< 0,666	no		> 0,666	significativo (*)		> 0,79	Altamente significativo (**)	

Fuente: Autores

Indicaciones: los 1,00 color grises no se toma en cuenta, ns no significativo; * significativo; ** altamente significativo

Conclusiones

Se determinaron los parámetros mediante las revisiones bibliográficas de investigaciones relacionadas al tema específico y a las entrevistas realizadas a los piscicultores de las zonas aledañas; siendo estos factores: el peso, crecimiento absoluto, el crecimiento térmico de los peces, la temperatura, alimentación, y además las proyecciones por meses de costos, producción y rentabilidad que se pueden extraer en el proceso de cultivos de peces, ya que estos han empezado a automatizar sus procesos utilizando herramientas tecnológicas que les permite acceder a la información en tiempo real.

A partir de las variables determinadas en la aplicación se generan ecuaciones lineales para calcular los factores en el crecimiento de los peces.

Luego de ejecutar el software (se generó la prueba piloto del programa, teniendo inconvenientes en la primera generación), fue ajustado y probado comprobando su funcionalidad al 100%.

El modelo de crecimiento más utilizado es el de Von Bertalanffy y es especialmente importante en los estudios de pesca, es un modelo matemático para el crecimiento individual y es ajustable a la mayoría de las especies de peces. Este modelo expresa la talla, longitud como una función de la edad del pez.

Se tomó como referencia datos de campo con investigaciones realizadas (históricas) en las que se verificó la funcionalidad del software.

Por la aceptación que tuvo el programa al momento de hacer las prueba con los piscicultores se concluye que se debe ampliar el campo de funcionalidad cómo en los dispositivos móviles y orientarlo a otras especies de interés zootécnicos.

En conclusión, se espera que la información presentada en este trabajo de investigación promueva el uso mayor y más efectivo de aplicaciones informáticas en el proceso de producción de especies de interés zootécnico. También se espera que las discusiones ayuden a proporcionar información a los piscicultores en su adopción de tecnologías para aumentar la productividad y la rentabilidad. Esta investigación es un primer paso hacia la enorme tarea de racionalizar el uso de la tecnología para el desarrollo de la acuicultura y la producción de alimentos.

Referencias

- Angón, E., Castillejo, L., Rodríguez, J., González, A., Molina, D., Cueva, T., & García, A. (2019). Modelización del crecimiento de alevines de *Cichlasoma festae* (Cichlidae) con tecnología Biofloc (BFT). *Ciencia Veterinaria*, 21(2), 43–54. <http://www.creativecommons.org.ar/licencias.html>
- Barros-Bastidas, C., & Turpo, O. (2020). La formación en investigación y su incidencia en la producción científica del profesorado de educación de una universidad pública de Ecuador. *Publicaciones*, 50(2), 167–185. doi:10.30827/publicaciones.v50i2.13952
- Barros, C., & Turpo, O. (2017). La formación en el desarrollo del docente investigador: una revisión sistemática. *Revista Espacios*, 38(45).
- CHO, C., & BUREAU, D. (1998). Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 11(4), 199–210. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(98\)89002-5](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(98)89002-5)
- FAO. (2014). The state of world fisheries and aquaculture. Opportunities and challenges. *FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome*.
- Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J. A., Dempster, T., Eguiraun, H., Watson, W., Stahl, A., Sunde, L. M., Schellewald, C., Skøien, K. R., Alver, M. O., & Berckmans, D. (2018). Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. *Biosystems Engineering*, 173, 176–193. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014>
- García, J. A., & Villarroel, M. (2009). Effect of feed type and feeding frequency on macrophage functions in tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Fish and Shellfish Immunology*, 27(2). <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2009.05.018>
- Gong, B. (1999). Computer Application and Social Impact of Automation. *IFAC Proceedings Volumes*, 32(2), 6576–6579. [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)57123-2](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)57123-2)
- Jorge Rodríguez, Martín González, Ángel Moya, M Gallegos, Juan Carlos, Gómez Elena, A. C. B. (2016). Characterization of morphological and meristic traits and their variations between two different populations (wild and cultured) of *Cichlasoma festae*, a species native to tropical Ecuadorian rivers. *Archives Animal Breeding*, 59(4), 435–444. <https://doi.org/10.5194/aab-59-435-2016>

- Jover Cerdá, M. (2000). Estimación del Crecimiento, Tasa de Alimentación y Producción de Desechos en Piscicultura Mediante Un Modelo Bioenergético. *AquaTIC*, 9.
- López, R. A., José, R., & Montejo, A. P. (2015). *Desarrollo de herramienta de gestión de proyectos RUP usando metodología SCRUM + XP: Pruebas*. http://oa.upm.es/44208/3/TFM_RODRIGO_ANTONIO_LOPEZ_ROSCIANO_JOSE_ALFREDO_PECH_MONTEJO.pdf
- Powell, C. D., López, S., Dumas, A., Bureau, D. P., Hook, S. E., & France, J. (2017). Mathematical descriptions of indeterminate growth. *Journal of Theoretical Biology*, 425. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.04.026>
- Rodríguez, J. M., Angón, E., González, M. A., Perea, J., Barba, C., & García, A. (2017). Relación alométrica y modelos de crecimiento de juveniles de *Cichlasoma festae* (Perciforme: Cichlidae), una especie nativa de agua dulce en Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 65, 1185+. <https://link.gale.com/apps/doc/A505130685/IFME?u=anon~9fc3d4ff&sid=googleScholar&xid=033293fc>
- Tveterås S, Asche F, Bellemare MF, Smith MD, Guttormsen AG, Lem A, V. S. (2012). El pescado es la comida. Índice de precios de pescado de la FAO. *Plos One* 7.
- Turpo Gebera, O., Aguaded Gómez, I., & Barros Bastidas, C. (2022). Alfabetización mediática e informacional y formación docente en países en desarrollo: el caso de Perú. *Universidad Y Sociedad*, 14(2), 321-327. Recuperado a partir de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2710>
- von Feigenblatt, Otto Federico (2007). *Japan and Human Security: 21st Century ODA Policy Apologetics and Discursive Co-optation* (2nd ed.). Delray Beach: Academic Research International.
- von Feigenblatt, Otto Federico (2009a). Anomie, Racial Wage, and Critical Aesthetics: Understanding the Negative Externalities of Japanese and Thai Social Practices. *Journal of Asia Pacific Studies*, 1(1), 69-75.