



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN  
DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE EVALUACIÓN DE LARVAS  
DE CAMARÓN**

**AUTOR**

**Rodríguez Castillo, Joao Alex**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del grado académico en  
**MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**TUTOR**

**Herrera Tapia, Jorge Sergio.**

**Santa Elena, Ecuador**

**Año 2024**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO  
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Alcia Andrade Vera, Mgtr.  
COORDINADORA DEL  
PROGRAMA**

---

**Ing. Jorge Herrera Tapia, Ph. D  
TUTOR**

---

**Ing. Luis Fabián Hurtado Vargas,  
Mgtr.  
DOCENTE  
ESPECIALISTA**

---

**Ing. Colcha Ortiz Alfredo Rodrigo,  
Mgtr.  
DOCENTE  
ESPECIALISTA**

---

**Abg. María Rivera, Mgtr.  
SECRETARIO GENERAL  
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Joao Alex Rodríguez Castillo, como requerimiento para la obtención del título de Magister en Tecnologías de la Información.

**TUTOR**

---

**Ing. Jorge Herrera Tapia, Ph. D**

**Santa Elena, 19 de marzo de 2024**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Joao Alex Rodríguez Castillo**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación, (Título del proyecto) previo a la obtención del título en Magister en Tecnologías de la Información, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 19 de marzo de 2024

**EL AUTOR**

---

**Joao Alex Rodríguez Castillo**



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA INSTITUTO DE  
POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE EVALUACIÓN DE LARVAS DE CAMARÓN**, presentado por el estudiante, **Joao Alex Rodríguez Castillo** fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 2%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

**TFM\_Joao\_Rodriguez\_Castillo**

**2%**  
Textos sospechosos

**2% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: TFM_Joao_Rodriguez_Castillo.docx	Depositante: JORGE HERRERA TAPIA	Número de palabras: 12.318
ID del documento: 29588bdfb9ae982c9733f54f18425df5214773f5	Fecha de depósito: 21/4/2024	Número de caracteres: 87.163
Tamaño del documento original: 4,32 MB	Tipo de carga: interface	
	fecha de fin de análisis: 21/4/2024	

Ubicación de las similitudes en el documento:



**TUTOR**

---

**Ing. Jorge Herrera Tapia, Ph. D**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Joao Alex Rodríguez Castillo**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de artículo profesional de alto nivel con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este artículo académico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Santa Elena, 19 de marzo de 2021

**EL AUTOR**

---

**Joao Alex Rodríguez Castillo**

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que has contribuido de alguna manera al desarrollo y culminación de esta tesis de posgrado.

En primer lugar, a mis queridos padres, Edgar Rodríguez y a Isabel Castillo. Su amor incondicional, sabiduría y apoyo inquebrantable han sido el pilar sobre el cual he construido cada paso de este viaje académico. Gracias por creer en mí, por alentarme a perseguir mis sueños y por brindarme el respaldo emocional y financiero necesario para alcanzar mis metas. Vuestra dedicación y sacrificio son un ejemplo inspirador que llevaré conmigo siempre.

Asimismo, quiero agradecer a mi increíble novia, Esthefanny Bravo, por ser mi roca, mi motivación constante y mi mayor defensora. Tus palabras de aliento, tu paciencia infinita y tu comprensión han sido un faro de luz en los momentos más desafiantes de este proceso. Gracias por creer en mí más de lo que yo mismo lo hice a veces, por inspirarme a dar lo mejor de mí y por celebrar cada pequeño logro como si fuera el más grande

Por último, pero no menos importante, me gustaría agradecer a mi tutor, Jorge Herrera Tapia, por su orientación experta, apoyo constante y valiosas sugerencias a lo largo de este proceso. Su compromiso y experiencia fueron esenciales para el progreso de este proyecto.

*Joao Alex Rodríguez Castillo*

# DEDICATORIA

A mi amada Esthefanny Bravo,

Esta tesis es mucho más que un documento académico; es un testimonio de nuestro amor, nuestra complicidad y nuestra fortaleza como pareja. Desde el primer día que nos conocimos, has sido mi inspiración y mi apoyo inquebrantable, y cada logro que alcanzo lo comparto contigo.

Quiero agradecerte por ser mi musa, mi confidente y mi mejor amiga. Tu presencia en mi vida ha enriquecido cada momento y ha hecho este viaje académico mucho más significativo. Tu amor, tu paciencia y tu comprensión han sido la fuerza impulsora detrás de cada página escrita, cada desafío superado y cada éxito celebrado.

Esta tesis lleva tu nombre porque eres mi mayor motivación, mi mayor fuente de inspiración y mi mayor razón para esforzarme cada día. Que estas palabras sirvan como un modesto homenaje a la gratitud que siento hacia ti y como un recordatorio de todo el amor que compartimos.

Con todo mi amor y admiración,

*Joao Alex Rodríguez Castillo*

## ÍNDICE GENERAL

<b>TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>I</b>
<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>III</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>IV</b>
<b>DECLARO QUE: .....</b>	<b>IV</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO .....</b>	<b>V</b>
<b>AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VII</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>5</b>
1.1. Revisión de literatura .....	5
1.2. Desarrollo teórico y conceptual .....	9
1.2.1 Cultivo del camarón en Ecuador .....	9
1.2.2 Normativa legal de Acuicultura en Ecuador.....	12
1.2.3 Modelos de Aprendizaje Automático/Machine Learning (ML).....	14
1.2.4 Procesamiento de imágenes.....	16
1.2.5 Técnicas de análisis de imágenes y reconocimiento de patrones .....	18
1.2.6 Técnicas de clasificación de imágenes .....	18
1.2.7 Aplicaciones del procesamiento de imágenes en diversas áreas de conocimiento .....	19
1.2.8 Tecnología informática.....	21

<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>22</b>
2.1. Contexto de la investigación .....	22
2.2. Diseño y alcance de la investigación .....	23
2.3. Tipo y métodos de investigación.....	24
2.4. Población y muestra.....	25
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
2.6. Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.....	26
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
3.1 Esquema Funcional de la aplicación: .....	30
3.2 Resultados.....	32
3.2.1 Enfoque General de la aplicación web Yurimar .....	32
3.2.2 Funcionalidades de la aplicación Yurimar.....	33
3.3 Diseño de la Aplicación Web Yurimar .....	37
3.3 Discusión de resultados .....	49
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>2</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del camarón, (Espinoza, 2014).....	11
Tabla 2. Base legal del sistema de producción acuícola del Ecuador.....	12
Tabla 3. Técnicas de clasificación de imágenes, (Théodon et al., 2023).....	19
Tabla 4. Aplicaciones del procesamiento de imágenes. ....	20
Tabla 5. Criterios de validación de la entrevista.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Anatomía del camarón, (Dong &amp; Raghavan, 2022).</b> .....	9
<b>Figura 2. Fases del ciclo de vida del camarón, (Reyes, 2021).</b> .....	10
<b>Figura 3. Sistemas de cultivo del Ecuador.</b> .....	12
<b>Figura 4. Clasificación de Aprendizaje Automático.</b> .....	15
<b>Figura 5. Pasos para el procesamiento de imágenes.</b> .....	17
<b>Figura 6. Pasos para el procesamiento de imágenes (Farrens et al., 2020).</b> .....	21
<b>Figura 7. Ubicación geográfica del área de estudio.</b> .....	22
<b>Figura 8. Enfoque metodológico del estudio.</b> .....	24
<b>Figura 9. Definición de roles Scrum.</b> .....	28
<b>Figura 10. Esquema de la Estructura de Scrum: Fundamentos y Componentes.</b> ..	29
<b>Figura 11. Esquema Funcional de la aplicación.</b> .....	31
<b>Figura 12. Enfoque general de la aplicación web para el análisis de procesamiento de imágenes.</b> .....	32
<b>Figura 13. Diagrama de flujo de la carga de imagen.</b> .....	34
<b>Figura 14. Ilustración de imagen real.</b> .....	36
<b>Figura 15. Ilustración del procesamiento de imagen.</b> .....	37
<b>Figura 16. Interfaz gráfica de Yurimar.</b> .....	37
<b>Figura 17. Inicio de sesión de la aplicación Yurimar.</b> .....	38
<b>Figura 18. Módulo de Seguridad Yurimar.</b> .....	38
<b>Figura 19. Módulo de Administración Yurimar.</b> .....	39
<b>Figura 20. Módulo de Gestión del Tanque en Yurimar.</b> .....	40
<b>Figura 21. Seguimiento del Tanque Yurimar.</b> .....	41

<b>Figura 22. Carga de imagen.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 23. Imagen con diversos tamaños de larvas. ....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 24. Reporte de producción de larvas de camarón. ....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 25. Reporte del crecimiento del camarón.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 26. Reporte de salud del camarón.....</b>	<b>44</b>

## RESUMEN

En este trabajo se investigó la implementación de tecnologías avanzadas de inteligencia artificial (IA) para diseñar una aplicación informática para la evaluación del proceso de crianza de larvas de camarón y mejorar la eficiencia en la cría de larvas de camarón. Las tasas de mortalidad y aumento de la producción motivaron al diseño de esta aplicativo en conjunto con la integración de tecnologías de IA para optimizar los procesos de cría. Se utilizó un enfoque de la investigación aplicada, con un enfoque experimental en el Laboratorio Yurimar, comparando los resultados con métodos tradicionales. Los resultados demostraron una reducción significativa en la mortalidad y un aumento constante en la producción. La implementación de tecnologías de IA en la cría de larvas de camarón ofrece nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en la industria acuícola, destacando la importancia de la innovación tecnológica en este campo. Se pretende a corto plazo mejorar este aplicativo con los nuevos avances de la ciencia, como una contribución a procesos de vinculación entre la Universidad y la Comunidad.

**Palabras claves:** Tecnologías de Inteligencia Artificial, Cría de Larvas de Camarón, Industria Acuícola.

## ABSTRACT

In this research work, the implementation of advanced artificial intelligence (AI) technologies was investigated to design a computer application for the evaluation of the shrimp larval rearing process and to improve the efficiency of shrimp larval rearing. Mortality rates and increased production motivated the design of this application in conjunction with the integration of AI technologies to optimize rearing processes. An applied research approach was used, with an experimental approach in the Yurimar Laboratory, comparing the results with traditional methods. The results showed a significant reduction in mortality and a steady increase in production. The implementation of AI technologies in shrimp larval rearing offers new opportunities to improve efficiency and sustainability in the aquaculture industry, highlighting the importance of technological innovation in this field. It is intended in the short term to improve this application with new advances in science, as a contribution to linking processes between the University and the Community.

**Keywords:** Artificial Intelligence Technologies, Shrimp Larvae Rearing, Aquaculture Industry.

## INTRODUCCIÓN

La cría de larvas de camarón en el ámbito de la acuicultura es una actividad clave tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Sin embargo, su éxito depende en gran medida de la capacidad para controlar el crecimiento y supervivencia de las larvas en un entorno de laboratorio. En este contexto, la implementación de tecnologías de análisis de datos se presenta como una herramienta prometedora para optimizar estos procesos y mejorar los resultados obtenidos.

En este trabajo, aparte de explorar el potencial de la tecnología de análisis de datos en el cultivo de larvas de camarón, específicamente en el “Laboratorio Yurimar”, con el propósito de mejorar la eficiencia en la conversión de alimentos, reducir las tasas de mortalidad y aumentar los rendimientos de manera consistente.

El alcance de esta investigación se centra en analizar cómo la integración de tecnologías como la visión por computadora e inteligencia artificial puede influir en la toma de decisiones relacionadas con el control de parámetros de cultivo y el manejo de las condiciones ambientales.

Este trabajo sustenta en la implementación de herramientas de análisis de datos en el cultivo de larvas de camarón en el Laboratorio Yurimar permitirá mejorar significativamente la eficiencia en la conversión de alimentos, reducir las tasas de mortalidad y aumentar los rendimientos de manera consistente en la industria acuícola.

Se pretende estudiar y proponer un enfoque innovador para el manejo de la cría de larvas de camarón, utilizando tecnología de vanguardia para recopilar, analizar y utilizar datos en tiempo real. Esto implicará la implementación de sistemas de monitoreo continuo y la aplicación de algoritmos de análisis predictivo para optimizar los procesos de cultivo.

La relevancia de este trabajo en el ámbito social, profesional y científico radica en su potencial para mejorar la sostenibilidad y la rentabilidad de la industria acuícola. Además, la aplicación de tecnología de análisis de datos en este contexto podría tener impactos positivos en la seguridad alimentaria y en la conservación de los recursos naturales.

Esta investigación se lleva a cabo con el fin de proporcionar una solución innovadora y eficaz para los desafíos que enfrenta la cría de larvas de camarón, contribuyendo así al avance del conocimiento en el campo de la acuicultura y generando beneficios tangibles para la sociedad en su conjunto.

En el Capítulo I, se inicia con una revisión de trabajos relacionados con el tema de investigación, con el propósito de examinar el estado actual de las investigaciones en este ámbito. Seguidamente, en la segunda sección se presentan conceptos y definiciones asociadas al cultivo de camarón.

El Capítulo II aborda la metodología empleada en este trabajo de investigación, detallando el contexto geográfico y operativo, así como los métodos utilizados en el desarrollo de la propuesta y el análisis de los resultados obtenidos.

Por último, el Capítulo III comienza con la presentación de la propuesta, acompañada de una explicación detallada de su estructura y esquema funcional. Como complemento, se incluyen los resultados obtenidos, seguidos de un análisis correspondiente.

### **Formulación del problema de investigación**

No existen aplicaciones informáticas a nivel nacional basadas en tecnologías de procesamiento de imágenes que den soporte al proceso de crianza de larvas de camarón.

**Objetivo General:**

Diseñar una aplicación informática basada en tecnologías emergentes para la evaluación del proceso de crianza de larvas de camarón.

**Objetivos Específicos:**

1. Determinar las bases teóricas y trabajos relacionados que hayan utilizado proceso de la crianza de camarón.
2. Seleccionar tecnologías innovadoras basadas en aprendizaje de máquina machine para el análisis de imágenes, como parte del aplicativo a desarrollarse.
3. Diseñar el prototipo del sistema de evaluación de larvas de camarón para controlar la supervivencia y el crecimiento de estas en condiciones de laboratorio,
4. Integrar tecnologías de análisis de datos en el prototipo para ajustar los parámetros de cultivo en la cría de larvas de camarón.
5. Generar reportes técnicos que permitan comparar los resultados de producción y eficiencia obtenidos mediante la tecnología de análisis de datos con los resultados de los métodos tradicionales utilizados en el cultivo de larvas de camarón en el Laboratorio Yurimar.

**Planteamiento hipotético**

La implementación de herramientas avanzadas de análisis de datos, como la visión por computadora e inteligencia artificial, en el cultivo de larvas de camarón en Laboratorio, mejorará significativamente la eficiencia en la conversión de alimentos, reducirá las tasas de mortalidad y aumentará los rendimientos de manera consistente en la industria acuícola.

# CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este capítulo se presenta inicialmente una revisión de trabajos relacionados con el tema de investigación, con el objetivo de conocer el estado actual de investigaciones en esta área. En la segunda sección se presentan conceptos y definiciones asociadas al cultivo de camarón.

## 1.1. Revisión de literatura

Zhang et al. (2022), Método de conteo automático de camarones utilizando imágenes locales y YOLOv4. Este artículo científico propone un método de conteo automático de camarones a través de múltiples imágenes originales de camarones locales, utilizando tecnologías de procesamiento de imágenes para la construcción de un conjunto de datos de conteo de camarones. Posteriormente, se entrenó un modelo local de conteo de camarones basado en YOLOv4 a través del método de aprendizaje por transferencia. Este estudio predijo la cantidad de camarones en cada imagen de camarón local basado en el modelo entrenado utilizando el método de promedio de fotogramas. Este modelo local de conteo de camarones logró una precisión de conteo del 92.12%, mostrando un mejor rendimiento integral en términos de precisión de conteo, tamaño del modelo y velocidad de detección. Además, el modelo estimó la biomasa logrando una alimentación precisa y mejorando la reproducción de camarones cultivados.

Ran et al. (2023) desarrollaron un modelo preciso y eficiente para detectar el camarón blanco que emerge a la superficie. Este método utilizó el modelo YOLOv5, con convolución fantasma para optimizar la convolución estándar. El modelo fue entrenado y verificado utilizando un conjunto de datos de superficie de camarón, con una precisión de 98.319%. Presenta mayor precisión, velocidad de detección, costos bajos y tamaño de modelo pequeño.

Kaewchote et al. (2018) investigaron el uso de técnicas de reconocimiento de imágenes para el recuento de larvas a través de la evaluación de métodos de extracción de características como Patrón Binario Local y extracción de características rojo, verde y

azul (RGB), con un clasificador de imágenes Random Forest (tamaño de conjunto de datos fue de 100 imágenes). Este estudio diseñó un software para marcar e identificar las postlarvas de camarón, junto con una configuración fotográfica y visión artificial para el procesamiento de las imágenes obtenidas. El modelo entrenado se evaluó mediante validación cruzada, donde el 80% de los registros se procesaron en el entrenamiento y el 20% se utilizó para la validación. La principal contribución de este artículo fue aplicar técnicas de reconocimiento de imágenes para el conteo de poblaciones de camarón. Además, desarrollaron técnicas que ayudan a los productores de camarón a trabajar de forma más eficiente.

Kesvarakul et al. (2017), Recuento de camarones mediante el procesamiento automatizado de imágenes. Estos autores investigaron el método de detección de larvas de camarón a través de la técnica de procesamiento de imágenes. Los dispositivos utilizados poseen un sistema de procesamiento de imágenes en color de 1920\*1080 píxeles y una caja de luz. Esta caja se utilizó como una fuente de iluminación indirecta, con la finalidad de evitar el punto brillante del objetivo. Se utilizó una videocámara, luego el video en tiempo real se ejecuta desde el video en movimiento hasta las imágenes, grabándolas como archivos de imagen. Posteriormente, se convierten las imágenes a tipos de datos binarios. Además, el algoritmo de detección de manchas se utilizó para detectar las propiedades del color dentro de las regiones de la imagen digital. Este estudio encontró que la cantidad de camarones obtenida con la técnica de procesamiento de imágenes es comparable a la cantidad real de camarones contada manualmente, con un error del 7%.

Herawati et al. (2020) evaluaron los efectos de diversos tratamientos alimentarios sobre la tasa de crecimiento postlarva, la tasa de supervivencia, y la calidad nutricional del camarón blanco del Pacífico. Este experimento se realizó en un tiempo promedio de 30 días. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones cada uno. Los camarones fueron alimentados cuatro veces al día con el 20% de su peso de biomasa. Además, se analizaron la tasa de crecimiento relativo, el crecimiento en longitud absoluta, el peso de la biomasa, la tasa de pastoreo, la tasa de supervivencia y la calidad nutricional. Estos datos se analizaron estadísticamente a través de pruebas de normalidad, homogeneidad y pruebas de actividad con un análisis de varianza (ANOVA).

Este estudio encontró que utilizando una proporción de alimento del 75% de Artemia y 25% de Phronima, es la mejor opción para la acuicultura de postlarvas de camarón blanco del Pacífico. Esta formulación de alimento impacta en la producción acuícola reduciendo costos de producción de alimentos.

Lin et al. (2021), Aplicación y desarrollo de un sistema de monitoreo inteligente de cultivo de camarón en Edge Computing. Este estudio utilizó redes neuronales convolucionales (CNN) y aprendizaje profundo automático para analizar las características de crecimiento del cultivo de camarón. El sistema de monitoreo inteligente analiza las necesidades de diversas larvas de camarón en distintos entornos de crecimiento. Se utilizó la tecnología de reconocimiento de imágenes, recopilación de datos de sensores para el control de parámetros dinámicos como la alimentación, el crecimiento, el movimiento y la advertencia de accidentes. El sistema propuesto mejora la eficiencia de la producción de camarón y evita lesiones por accidentes emergentes.

Awalludin et al. (2019) presentaron un método para contar el número de larvas de camarón mediante tecnología informática para calcular la tasa de supervivencia de las larvas de camarón. El método utiliza una técnica de procesamiento de imágenes y análisis de manchas para el conteo de larvas. La técnica de procesamiento de imágenes utilizada es la segmentación de imágenes. El método propuesto se evalúa comparando los resultados con el sistema de conteo manual. Los resultados de este estudio demuestran que el método propuesto posee un rendimiento superior en la disminución del tiempo de análisis y la minimización del proceso secuencial.

Zhou et al. (2023) propusieron una arquitectura de detección basada en visión por computadora para las larvas de camarón *Cherax quadricarinatus*. Este método permite el recuento, la localización y dimensionamiento no invasivos durante la reproducción acuática. Se diseña una nueva red de conteo de larvas de camarón basado en regresión de mapas de densidad para generar un mapa de densidad estimado de imágenes de larvas y predecir el número correspondiente de larvas de camarón. Además, se utiliza k- vecino más cercano para encontrar los cuadros delimitadores en regiones dispersas y realizar el cálculo de la longitud del cuerpo de las larvas con la ayuda del método de regresión de

mínimos cuadrados. Este método alcanza un error absoluto medio de 4.13 y un error cuadrático medio de 5.75, con una precisión de conteo del 90.6%. La arquitectura de este método se podría utilizar para la estimación del crecimiento de las larvas y el reconocimiento de su comportamiento.

Flores Mollo & Aracena Pizarro (2018) desarrollaron un sistema de monitoreo remoto para automatizar el proceso de toma de datos y evitar posibles accidentes con las especies de camarón en observación. Se utilizaron nodos con sensores para medir parámetros del agua, sensores ambientales, módulo de comunicación inalámbrica y un microcontrolador Arduino. Este estudio permite la toma de lecturas programadas y en tiempo real. Esta información puede ser consultada desde un dispositivo móvil o un computador con acceso a internet. El sistema de monitoreo con acceso remoto determina las condiciones del agua de los estanques y del ambiente de un criadero de camarones.

Triviño & Zhinin (2018), en su tesis relacionada al diseño de un prototipo de sistema de control de alimentación y monitoreo de temperatura en el proceso de crianza de larvas de camarón en estanques, analizaron las mejoras del proceso de crianza del camarón blanco utilizando diversas tecnologías, considerando la temperatura de estanques y el nivel de oxígeno del agua, para obtener mejor producción del camarón. El sistema de monitoreo posee sensores de entrada de datos controlados por una minicomputadora Arduino Mega con plataforma App Inventor. Este estudio tecnifica procesos manuales en estanques de cría de larvas de camarón, automatizando el control de la alimentación a través de sus resultados satisfactorios.

En resumen, como se pudo notar en los trabajos relacionados, existen algunos sistemas informáticos que soportan la crianza de larvas de camarón en diferentes escenarios, considerando los factores claves que intervienen en este proceso biológico. Sin embargo, el uso de técnicas de análisis de datos y de inteligencia artificial todavía no ha sido explotado de manera exhaustiva en estos procesos. Esto nos motiva a presentar este trabajo, el cual fue desarrollado en un ambiente real de producción.

## 1.2. Desarrollo teórico y conceptual

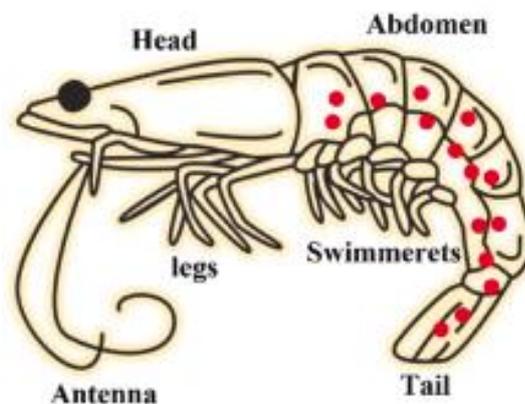
### 1.2.1 Cultivo del camarón en Ecuador

El 95% de la producción acuícola del Ecuador corresponde al cultivo del camarón blanco del Pacífico (*Penaeus Vannamei*) (Ordoñez, 2015). Esta producción se realiza todo el año con cosechas trimestrales a condiciones climáticas adecuadas según los escenarios ambientales del país.

El cultivo de camarón tuvo sus orígenes en la región costera del Ecuador, en los años 1968, específicamente en la provincia de El Oro. Un grupo de empresarios comenzó la actividad a través del cultivo de larvas en pequeños estanques cercanos a estuarios (FAO, 2015). Posteriormente, se aplicaron métodos industrializados en la producción acuícola, que generó una importante producción y exportación del camarón en el mercado internacional.

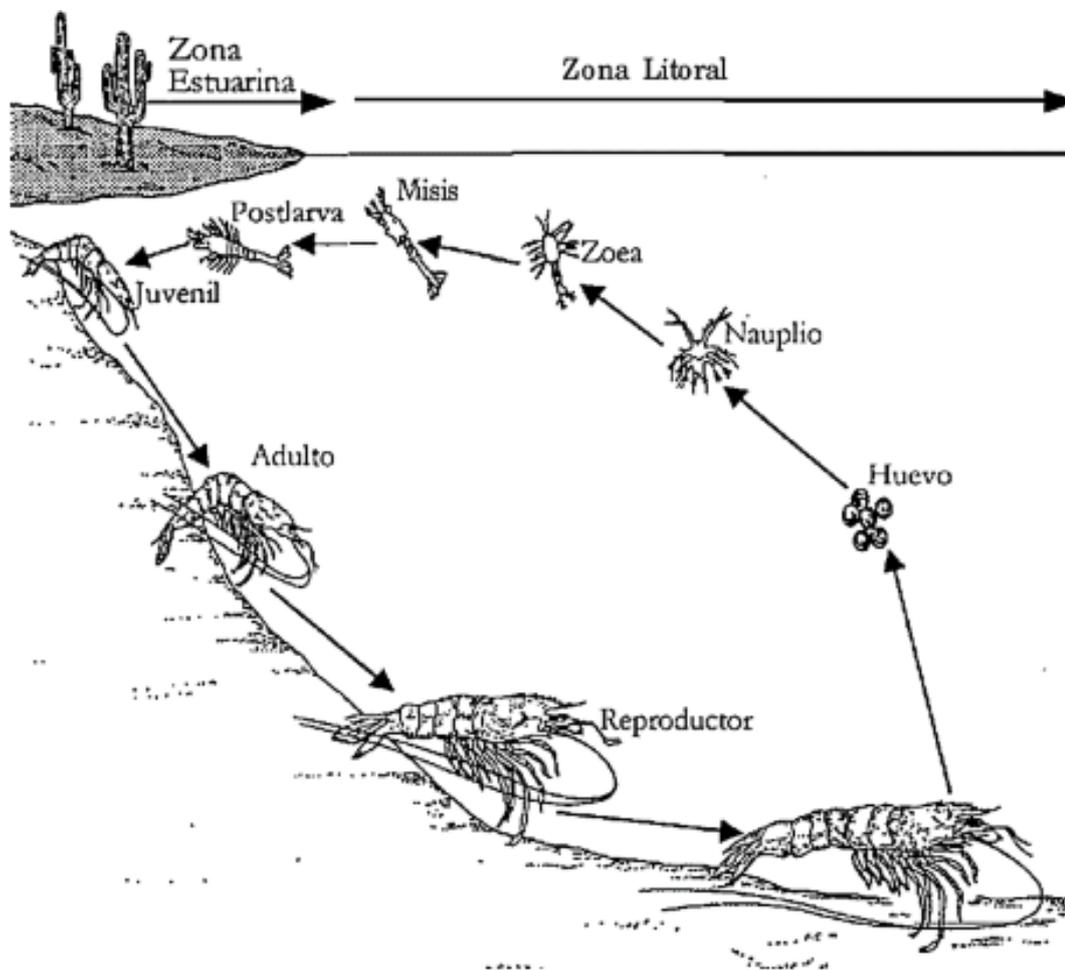
#### ➤ Anatomía y ciclo de vida del camarón

La Figura 1 muestra la anatomía del camarón más cultivado en el Pacífico (camarón blanco). El cuerpo del camarón está dividido por sus principales partes anatómicas, formadas por un cefalotórax, abdomen y cola (Dong & Raghavan, 2022). El cefalotórax posee la cabeza y órganos vitales como el estómago.



**Figura 1. Anatomía del camarón,** (Dong & Raghavan, 2022).

Por otro lado, el ciclo de vida del camarón empieza en el desove de huevos fértiles, que luego dan origen al primer escenario larvario denominado Nauplio (y sus diversas subfases, de Nauplio I a Nauplio V). El siguiente escenario lo conforma Zoea y sus estados larvarios (Zoea I, II y III), posee un tiempo de duración de 5 días y el camarón empieza su alimentación basada en microalgas (Figura 2) (Reyes, 2021). Posteriormente, pasan al escenario de Mysis y sus estados larvaes (Mysis I, II y III) con un tiempo de duración de 3 días. En este escenario, el camarón toma la forma curva y adquiere pleópodos. En última instancia, el escenario de postlarva muestra un camarón diminutivo que poseen pereiópodos.



**Figura 2. Fases del ciclo de vida del camarón, (Reyes, 2021).**

### ➤ Fases del cultivo de camarón

FAO (2024) establece que el cultivo de camarón presenta tres fases principales en ambientes naturales y seminaturales:

- Maduración y reproducción.
- Desove y cría desde embrión a post larva.
- Engorde desde post larva a tamaño comercial.

### ➤ Propiedades fisicoquímicas para el cultivo del camarón

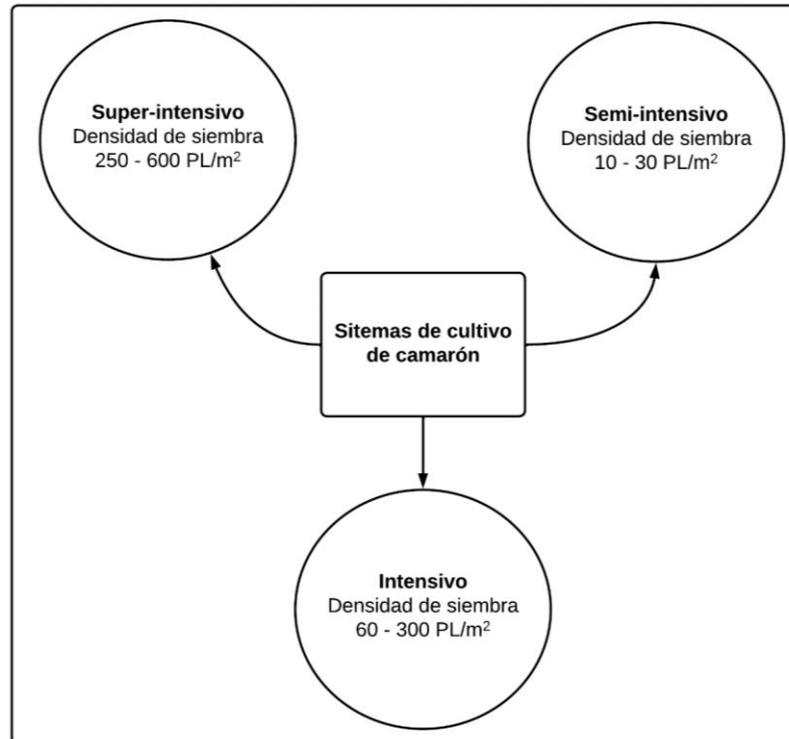
La tabla 1 muestra los parámetros generales que se consideran en el cultivo de camarón.

**Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del camarón, (Espinoza, 2014).**

<b>Propiedad</b>	<b>Descripción</b>
Temperatura del agua	20 °C a 35 °C temperatura tolerable.
Salinidad	25 ppt a 35 ppt en ambientes marinos.
Nivel de oxígeno	4 mg/L y 10 mg/L
pH	7 a 9 son permisibles para el cultivo.
Alcalinidad	80 – 140 ppm

### ➤ Sistemas tradicionales de cultivo de camarón en el Ecuador

La Figura 3 muestra los sistemas de cultivos del Ecuador, que exigen un riguroso control y aplicación para los métodos adecuados de producción. El sistema tradicional en este país responde al cultivo semi-intensivo e intensivo (Castillo-Ochoa, 2021). Además, el sistema super-intensivo aparece en los últimos años, con el uso de invernaderos con alta producción y supervivencia del camarón.



**Figura 3. Sistemas de cultivo del Ecuador.**

Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.2 Normativa legal de Acuicultura en Ecuador

La Tabla 2 muestra la base legal que regula la implementación y monitoreo del sistema de producción acuícola del Ecuador.

**Tabla 2. Base legal del sistema de producción acuícola del Ecuador.**

Ley	Artículos	Referencias
Ley orgánica para el desarrollo de la Acuicultura y Pesca	Art. 7.- Acuicultura es la reproducción, cría y cultivo de recursos hidrobiológicos en áreas continentales, aguas interiores y zonas marinas. Art. 41.- Prevención y control de la contaminación ambiental por actividades acuícolas y pesqueras.	(Ley Orgánica Para El Desarrollo de La Acuicultura y Pesca, 2020)

	Art. 54.- Ordenamiento Acuícola.	
	Art. 89.- Seguimiento, control y vigilancia acuícola.	
Normativa General para promover y regular la producción orgánica – ecológica – biológica en el Ecuador	Art. 6.- Instalaciones acuícolas y prácticas de acuicultura. Art. 25.- Especies acuícolas. Art. 68 y 69.- Producción de camarones en estanques.	(Ministerio de Agricultura, 2013)
Acuerdo N° MPCEIP-SRP-2020-0056-A	Art. 7.- Medidas de ordenamiento extraordinarias para periodos de veda.	(Medidas de Ordenamiento, 2020)
Reglamento general a la ley orgánica para el desarrollo de la acuicultura y pesca	Art. 64.- Especies para la reproducción, cría y cultivo de camarón. Art. 67.- Interacción de actividades acuícolas y agrícolas del Ecuador. Art. 124.- Prohibiciones para laboratorios de larvas de camarón.	(Reglamento General a La Ley Orgánica Para El Desarrollo de La Acuicultura y Pesca., 2022)
Reglamento de ley de pesca y desarrollo pesquero	Art. 69.- La actividad acuícola comprende de las fases cultivo, procesamiento, comercialización interna y externa, actividades conexas. Art. 99.- Gestión ambiental para la actividad acuícola	(Reglamento de La Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero, 2016)
Normas técnicas del artículo 69 del	Art. 5.- Inscripción en el Instituto Nacional de Pesca. Art. 6.- Emisión de certificados sanitarios	(Normas Técnicas Del Artículo 69

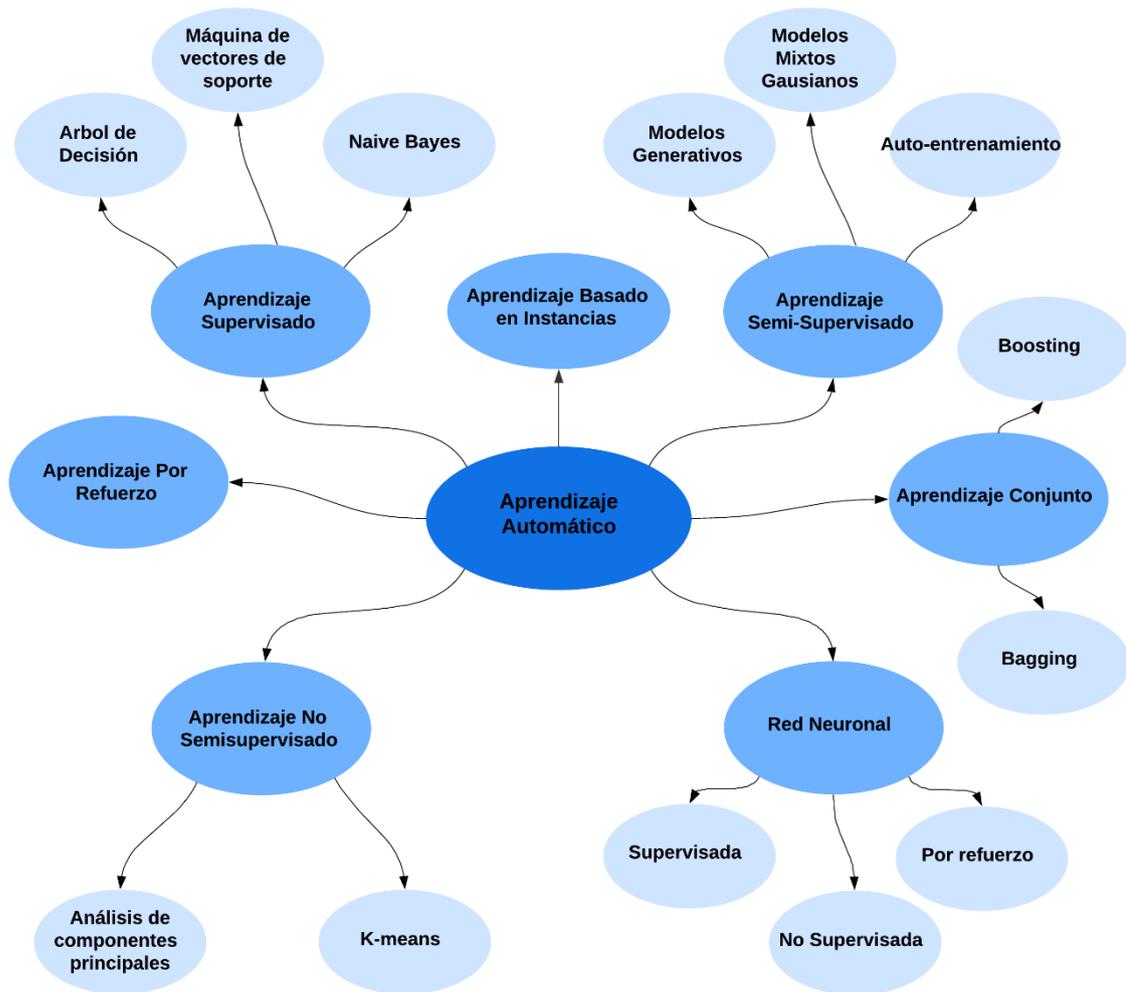
---

reglamento de ley de pesca	Del Reglamento de Ley de Pesca, 2016)
-------------------------------	--

---

### **1.2.3 Modelos de Aprendizaje Automático/Machine Learning (ML)**

Existe una diferencia marcada entre un algoritmo y modelo ML. Los algoritmos ML son procedimientos implementados en el código mientras que los modelos ML son generados por esos algoritmos. El aprendizaje automático es una técnica o conjunto de procedimientos que usan un sistema informático, donde el usuario no requiere de conocimientos avanzados de programación (Pratap & Sardana, 2022). Su función radica en el aprendizaje de situaciones pasadas, decisiones y experiencias para la toma de decisiones. La Figura 4 muestra los diversos tipos de modelos ML.



**Figura 4. Clasificación de Aprendizaje Automático.**

Fuente: Elaboración propia, adaptada de (Pratap & Sardana, 2022).

➤ **Aprendizaje Supervisado**

El aprendizaje automático supervisado es un algoritmo que considera los datos de entrada para entrenar y verificar las respuestas del modelo como una salida. También, este aprendizaje construye una relación entre entradas y salidas que consideran grandes cantidades de datos de entrenamiento (Z. Zhao & Liu, 2007).

➤ **Aprendizaje No Supervisado**

El aprendizaje no supervisado se determina cuando un modelo o algoritmo ML no proporciona datos preasignados a partir de los mismos, permitiendo descubrir un patrón con los conjuntos de datos que se utilizan posteriormente (Oladepo & Rahman, 2019).

#### ➤ **Aprendizaje Semi-supervisado**

El aprendizaje semi-supervisado es una combinación del aprendizaje supervisado y no supervisado. El costo y tiempo para el entrenamiento se reducen comparados con el aprendizaje automático supervisado (van Engelen & Hoos, 2020).

#### ➤ **Aprendizaje por Refuerzo**

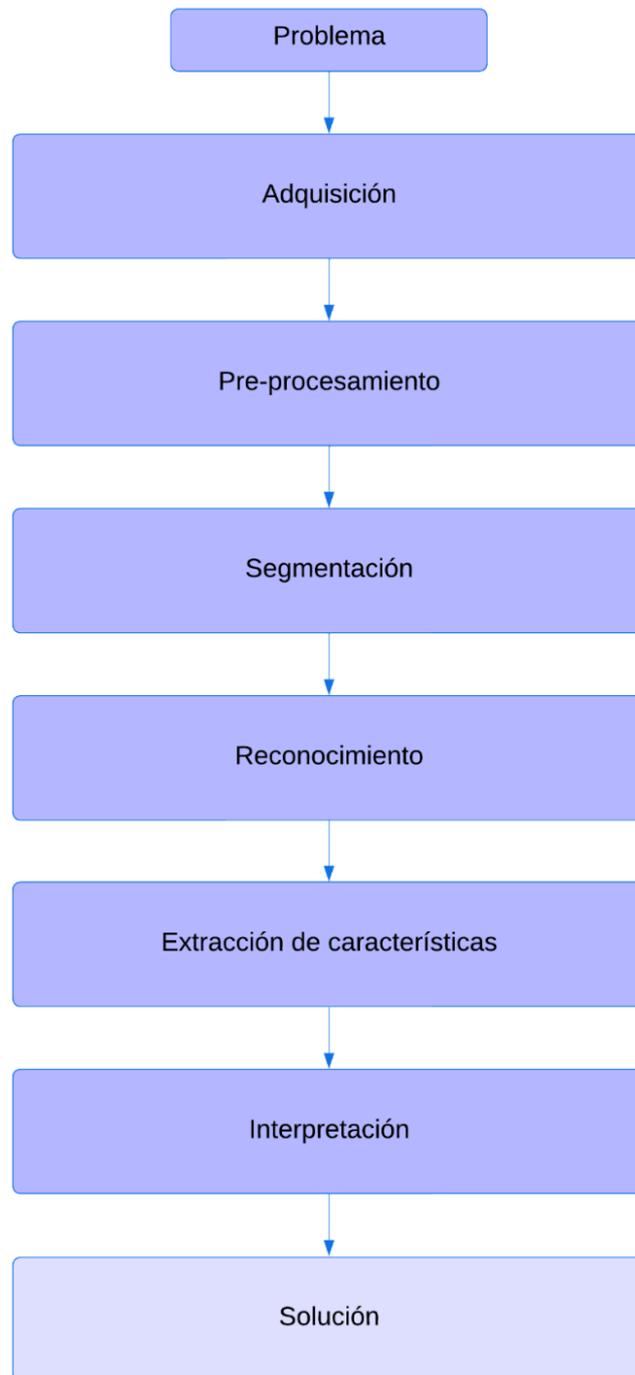
El aprendizaje por refuerzo ocurre cuando un modelo aprende por sí solo a través de prueba y error o por experiencia (François-Lavet et al., 2018). Este aprendizaje no requiere información completa del entorno, pero si interactúa con él y recopila información.

### **1.2.4 Procesamiento de imágenes**

El procesamiento de imágenes es una herramienta de análisis importante respaldada por aplicaciones de síntesis de imágenes. Esta última es una metodología implementada en un programa informático que crea imágenes artificiales similares a las reales (Ulman & Wiesner, 2022). Para Pílania (2021) el procesamiento de imágenes es un método computacional que se aplica en diversas disciplinas del conocimiento para contribuir en la toma de decisiones a través de la extracción de la información visual de las imágenes. Donde una imagen es una matriz formada por píxeles determinadas en función matemática (Kailkhura et al., 2019).

#### ➤ **Pasos del procesamiento de imágenes**

La Figura 5 muestra los diversos pasos que atraviesa el procesamiento de imágenes. Se necesita de un lenguaje de programación que correlacione la técnica de procesamiento de imágenes.



**Figura 5. Pasos para el procesamiento de imágenes.**

Fuente: Elaboración propia, adaptada de (Pratap & Sardana, 2022).

### **1.2.5 Técnicas de análisis de imágenes y reconocimiento de patrones**

La medición de las características de una imagen requiere del desarrollo de nuevas técnicas. Según Théodon et al. (2023) los métodos o técnicas más utilizadas son:

- **Segmentación de imágenes**

La segmentación de imágenes, también conocida como binarización de imágenes, se realiza mediante umbrales locales y globales basados en el método de (Otsu, 1979).

- **Transformada Sparse Hough**

El método de la transformada de Sparse Hough se utiliza cuando ciertas partes de la imagen a detectar son cuasi esféricas (escala nanométrica) (Einar Kruis et al., 1994). Es una técnica antigua, pero se incluye en la mayoría de los programas de procesamiento de imágenes actuales.

- **Aprendizaje profundo y automático**

Estos métodos se basan exclusivamente en Redes Neuronales Convolucionales (RNC). Son eficaces para la detección y segmentación de imágenes basadas en instancias (Frei & Kruis, 2020). Además, estos métodos poseen muchas aplicaciones en industrias médicas, farmacéuticas y alimentarias.

### **1.2.6 Técnicas de clasificación de imágenes**

La clasificación de imágenes es un campo amplio, y con la aparición de las técnicas de inteligencia artificial, se ha originado una amplia gama de técnicas (Tabla 3).

**Tabla 3. Técnicas de clasificación de imágenes, (Théodon et al., 2023).**

<b>Técnica</b>	<b>Descripción</b>
Análisis de componentes principales	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sintetiza la información en variables o componentes principales.</li><li>- No requiere de un proceso de aprendizaje.</li><li>- Es lento al utilizarse en aplicaciones de tiempo real.</li></ul>
Análisis factorial discriminante	<ul style="list-style-type: none"><li>- Modela la pertenencia a un grupo de factores en función de valores seleccionados por varias variables.</li><li>- Predice grupos o factores más probables que explican el hecho, situación o fenómeno.</li><li>- No requiere fase de aprendizaje.</li></ul>
Red Neuronal	<ul style="list-style-type: none"><li>- Clasifica aglomerados en función de ciertas características.</li><li>- Resultados prometedores.</li></ul>
Máquina de vectores de soporte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Conjunto de algoritmos de aprendizaje supervisado.</li><li>- Responde a problemas de clasificación y regresión.</li><li>- Datos de entrada son considerados vectores.</li></ul>
Árbol de decisión	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mapa de resultados de decisiones relacionadas.</li><li>- Comparación de probabilidades.</li></ul>

### **1.2.7 Aplicaciones del procesamiento de imágenes en diversas áreas de conocimiento**

La tabla 4 muestra las tendencias recientes de aplicaciones relacionadas al procesamiento de imágenes en diferentes áreas del conocimiento.

**Tabla 4. Aplicaciones del procesamiento de imágenes.**

<b>Disciplina/Área de conocimiento</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Referencia</b>
Medicina	Covid-19	(Abumalloh et al., 2022)
	Análisis de cerebro fetal	(Torres et al., 2022)
	Detección del cáncer	(Kaur & Garg, 2023)
Ambiente	Gestión del medio ambiente subacuático	(Nair et al., 2021)
	Contaminación por metales pesados	(X. Zhou et al., 2024)
	Creencias ambientales del ecoturismo	(Luong, 2023)
Ingeniería	Ingeniería de tejidos	(Shariati et al., 2023)
	Velocimetría de imágenes de partículas en ingeniería oceánica	(Guo et al., 2023)
	Ingeniería molecular de semiconductores orgánicos	(Lee et al., 2023)
Ciencias de la Tierra	Observación de la tierra	(Gorgan et al., 2012)
	Monitoreo del movimiento de la superficie terrestre	(Stumpf et al., 2016)
	Monitoreo dinámico y análisis de concentraciones de clorofila	(D. Zhao et al., 2024)
Ciencias de la computación	Visión por computadora para variaciones de patrón de color de imágenes	(Hantak et al., 2022)
	Tecnología de simulación virtual	(Wang, 2024)

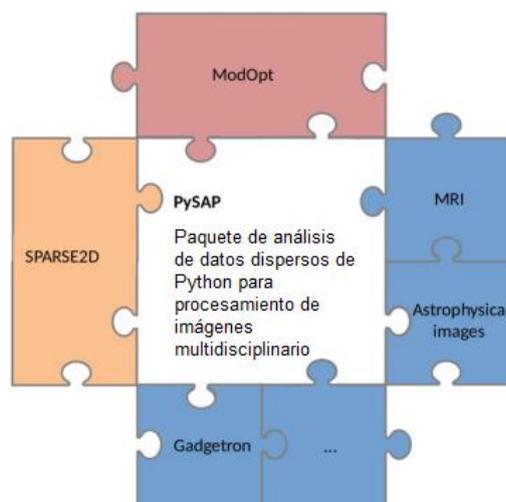
### 1.2.8 Tecnología informática

El procesamiento de imágenes utiliza diversos lenguajes de programación para automatizar sus diferentes procesos. El lenguaje predominante es Python con sus bibliotecas como Numpy, Pandas, Pydicom, Scikit-image, Scikit-learn y SimpleITK (Lavrova et al., 2023). Python es un lenguaje muy accesible para programadores ocasionales, que permite modelar imágenes a través de matrices multidimensionales.

Un ejemplo de paquete escrito en código abierto, a través de Python es PySAP. Esta aplicación proporciona transformaciones de imágenes dispersas (Farrens et al., 2020). Ha sido aplicada en disciplinas específicas como medicina y astrofísica. Si embargo, podría ser utilizada en diversos campos. Sus módulos principales son:

- Sparse2D.- transformación de imágenes dispersas.
- ModOpt. - herramientas de optimización modulares.
- Complementos.

La figura 6 muestra la estructura central del paquete PySAP.



**Figura 6. Pasos para el procesamiento de imágenes** (Farrens et al., 2020).

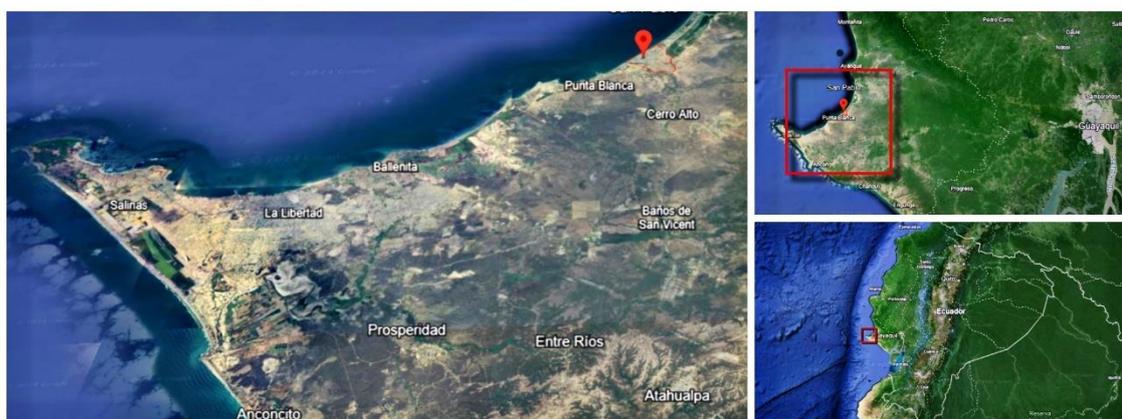
## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología utilizada en este trabajo de investigación, indicando el contexto geográfico y de operación de esta, así como los métodos utilizados en el desarrollo de la propuesta y análisis de resultados.

### 2.1. Contexto de la investigación

El área de estudio corresponde a un laboratorio de larvas de camarón denominado Yurimar, que se encuentra en la comuna San Pablo, provincia de Santa Elena (2° 07' 15.0'' S, 80° 45' 20.2'' E) (Figura 7). Esta comuna posee 10 km de playas, se sitúa en el perfil costero que posee actividades comerciales, servicios gastronómicos, pesca, acuicultura, artesanía, turismo de sol y playa (Gálvez, 2019).

Además, posee una población de aproximadamente 10000 habitantes. El clima de este sector se caracteriza por el trópico húmedo y seco. La época lluviosa inicia en diciembre y culmina en abril, mientras que la época seca corresponde a los meses de junio a octubre (Chaluisa & Domínguez, 2020). La temperatura promedio del sector es de 23.4°C, llegando en ocasiones a temperatura máxima de 32°C y temperatura mínima de 16°C.



**Figura 7. Ubicación geográfica del área de estudio.**

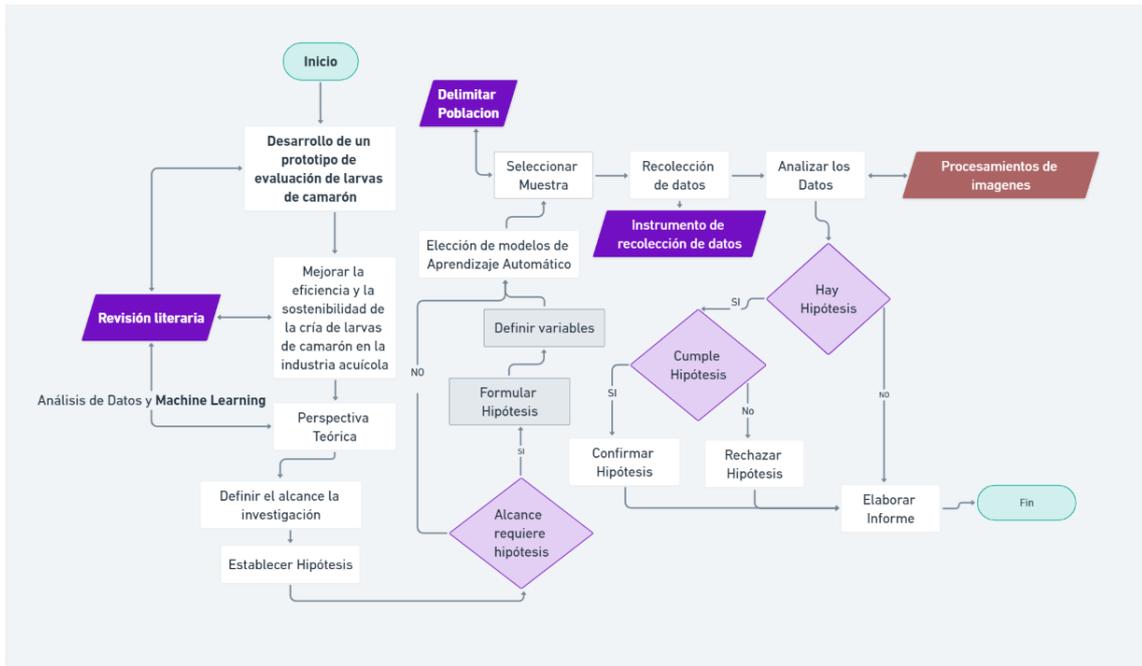
Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, el laboratorio Yurimar tiene acceso a diversas instalaciones y recursos, como estanques de cultivo, sistemas de monitoreo ambiental y equipos de análisis de datos avanzados, que son fundamentales para llevar a cabo la investigación propuesta sobre la aplicación de técnicas de visión por computadora en la larvicultura de camarones.

## **2.2. Diseño y alcance de la investigación**

La prueba de funcionamiento del sistema desarrollado se llevó a cabo en un estanque de acuicultura al aire libre que pertenece al laboratorio Yurimar. Los tanques circulares poseen 4,5 m de diámetro x 1 m de altura, de fibra de vidrio y polivinilo, recubiertos con liner de PVC. Es importante mencionar que, este tanque alberga 8 millones de larvas de camarón blanco.

Además, el diseño de investigación es experimental debido a que se seleccionaron muestras de larvas de camarón para el procesamiento de imágenes con la finalidad de determinar la eficiencia del cultivo de larvas de camarón en la industria acuícola. El diseño de investigación experimental analiza intencionalmente la variable independiente y la incidencia sobre una variable dependiente (Ramos-Galarza, 2021). La figura 8 muestra los pasos a seguir en este estudio. El mismo que empieza con una revisión de la literatura científica sobre análisis y procesamiento de datos con técnicas de aprendizaje de la inteligencia artificial. Posteriormente, se selecciona la muestra y el método para el procesamiento de imágenes con la finalidad de mejorar la sostenibilidad y eficiencia de la cría de larvas de camarón en la industria acuícola.



**Figura 8. Enfoque metodológico del estudio.**

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el alcance de esta investigación es de tipo analítico y correlacional. Debido a que se analizan las relaciones entre variables que fijan la tasa de supervivencia y mortalidad de los camarones. Además, la relación de los datos con las tecnologías de inteligencia artificial actuales, permitieron establecer la finalidad de esta investigación.

### 2.3. Tipo y métodos de investigación

En esta propuesta se utilizó la investigación aplicada, que propone soluciones prácticas a un determinado problema, haciendo uso correcto de tecnología emergente como es machine learning.

El objetivo principal de este proyecto es evaluar el crecimiento de larvas de camarón mediante la implementación de tecnologías de análisis y procesamiento de datos, y con esta información proponer mejoras en el proceso de crianza de las larvas. En este contexto, esta investigación inicialmente utiliza es de enfoque bibliográfico debido a que se exploraron fuentes de información relacionada a la temática. Así mismo, este trabajo se identifica claramente como aplicada, experimental y cuantitativa. El enfoque

cuantitativo se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos y medibles para responder a preguntas de investigación específicas (Müggenburg & Pérez, 2007). En este estudio, se recopilarán datos cuantitativos relacionados con variables clave, como tasas de mortalidad de larvas de camarón, rendimientos de producción y costos operativos en las instalaciones de cultivo. Además, se aplicaron técnicas estadísticas y análisis comparativos para determinar la significancia de las diferencias observadas y establecer relaciones entre las variables clave.

Por otro lado, el método de investigación que se utiliza es el hipotético-deductivo. Es un método común aplicado en el análisis y desarrollo de sistemas de información. Para Siponen & Klaavuniemi (2020) el método debe cumplir con ciertas características:

- La hipótesis se basa en observaciones, teorías, lecturas existentes o se desarrolla en forma inductiva.
- La fuente de la hipótesis tiene peso en su aceptación.
- Está asociado con análisis estadísticos.
- Enfoque cuantitativo o cuali-cuantitativo.

En este contexto, el procesamiento de los datos con tecnologías actuales de inteligencia artificial permitirá el control de la supervivencia y crecimiento de larvas de camarón, que servirá para los tomadores de decisiones en este campo del conocimiento.

#### **2.4. Población y muestra**

La población es de tipo finita y está relacionado con las larvas de camarón y la cantidad de estanques de la camaronera. En una población finita existe la probabilidad de que las observaciones se repitan en múltiples muestras extraídas (Startz & Steigerwald, 2024). Por tanto, las observaciones son fijas y se corresponden directamente a resultados potenciales.

La muestra se compone de una selección específica, significativa y representativa de larvas de camarón seleccionadas mediante un muestreo aleatorio con enfoques

particulares en la tasa de mortalidad. Además, se consideraron las características de los conjuntos de datos de la literatura científica. También, los elementos individuales de la población pueden obtener un componente aleatorio, con esto, el investigador posee una idea clara relacionada a la variación que surge del proceso de generación de datos y el diseño de la muestra. Es decir, como el investigador selecciona la muestra de la población (Deeb & de Chaisemartin, 2019).

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En este estudio se realizaron entrevistas semiestructuradas a los gerentes y administrativos encargados de los procesos de cultivo de camarón. La entrevista tuvo la siguiente estructura: i) Datos informativos de la institución, ii) Datos específicos de la siembra y cosecha del camarón y iii) Percepción del entrevistado relacionado al uso de las tecnologías utilizadas en los procesos de cultivo. Las entrevistas semiestructuradas utilizan una combinación de preguntas cerradas y abiertas, en ocasiones acompañadas de preguntas de seguimiento, con “por qué” o “como” (Adams, 2015). Este tipo de entrevistas podría realizarse de una forma conversacional con los encuestados.

## **2.6. Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.**

El instrumento de recolección de datos (entrevista) fue sometido a un panel de expertos para garantizar su validez externa y confiabilidad del instrumento. Se consideraron expertos a profesionales con experiencia de 10 años ejerciendo en el campo del conocimiento de acuicultura y tecnologías de la información.

Se aplicó un instrumento de validación con indicadores y puntuaciones a escala (Bajo, Medio y Alto) (Tabla 3) (García et al., 2020).

**Tabla 5. Criterios de validación de la entrevista.**

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Escala</b>
Impacto	Impacto positivo del instrumento.	
Pertinencia	El instrumento es adecuado según el objetivo de la investigación.	
Beneficios	La investigación brinda un conjunto de beneficios.	
Innovación	El instrumento se aplica en un ambiente participativo a través de nuevos métodos.	Bajo, Medio, Alto
Integridad	Integración de elementos básicos.	
Aplicabilidad	El instrumento se puede aplicar en la institución y sector.	
Factibilidad	Grado de utilidad del instrumento.	

Fuente: Elaboración Propia.

## **2.7. Metodología de desarrollo utilizada**

El objetivo de este proyecto es desarrollar una aplicación de software que permita a los agricultores y piscicultores supervisar y controlar el crecimiento y desarrollo de las larvas de camarón en entornos acuáticos. Para alcanzar este objetivo, se optó por utilizar la metodología ágil Scrum debido a su capacidad para adaptarse a los cambios y su enfoque iterativo e incremental.

Scrum es una metodología ágil para el desarrollo de software o la gestión de proyectos, más concretamente un marco de trabajo a través del cual las personas pueden abordar problemas complejos adaptativos, a la vez que se entregan productos de forma eficiente y creativa con el máximo valor (Sutherland, 2020).

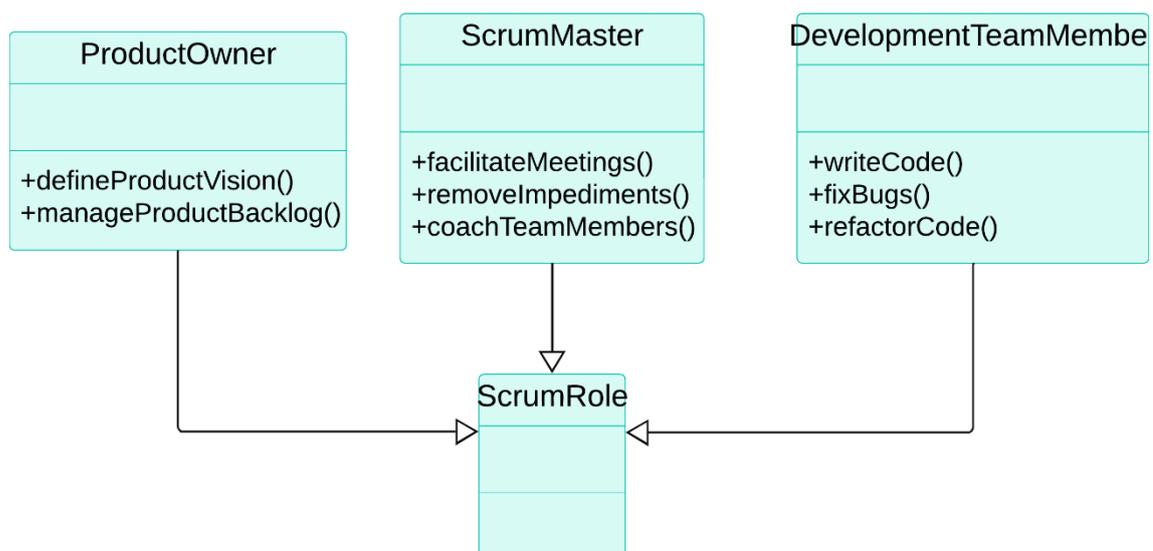
En el desarrollo del sistema de control y monitoreo de larva de camarón, se optó por implementar la metodología Scrum, dividiendo el proceso en sprints de desarrollo de dos semanas de duración. La aplicación de Scrum permitió que el equipo abordara las necesidades cambiantes del proyecto y mantuviera un enfoque centrado en el valor para el cliente.

Para el proyecto, se definieron los siguientes roles en Scrum:

**Product Owner:** Responsable de definir y priorizar los requisitos del producto, en estrecha colaboración con los stakeholders del proyecto, como los agricultores y los expertos en acuicultura.

**Scrum Máster:** Encargado de facilitar el proceso Scrum y eliminar cualquier impedimento que pueda obstaculizar el progreso del equipo.

**Equipo de Desarrollo:** Integrado por desarrolladores, diseñadores y expertos en acuicultura, responsables de implementar las funcionalidades del sistema de control y monitoreo.



**Figura 9. Definición de roles Scrum.**

Fuente: Elaboración propia.

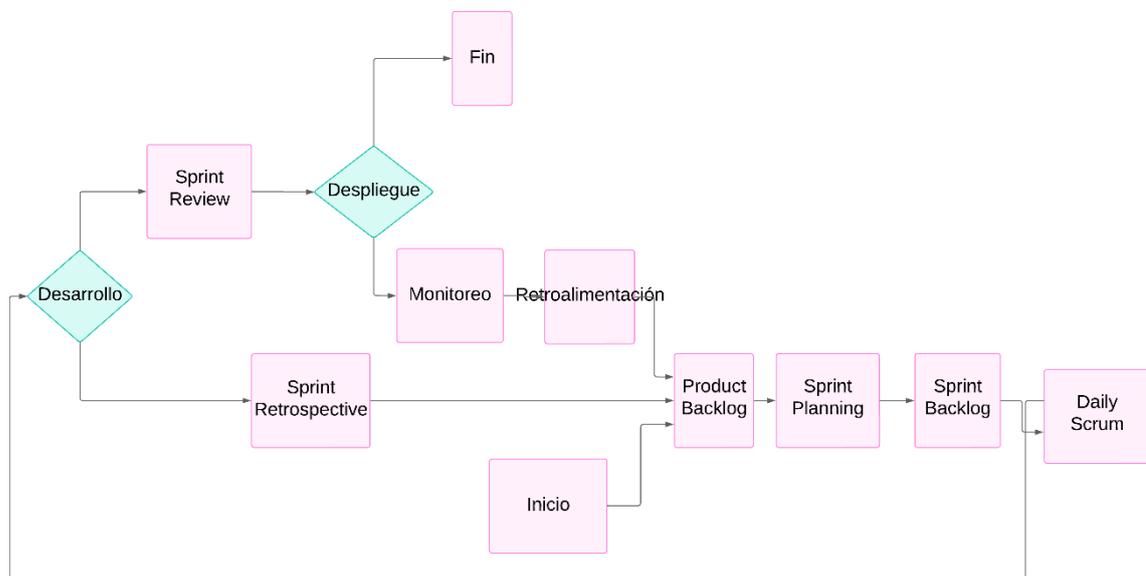
Durante cada sprint de desarrollo, se llevaron a cabo los siguientes eventos:

**Planificación del Sprint:** Al inicio de cada sprint, el equipo se reunió para seleccionar las historias de usuario del Backlog del Producto y definir las tareas que se abordarían durante el sprint.

**Reuniones Diarias:** Se celebraron reuniones diarias cortas para revisar el progreso del trabajo, identificar posibles obstáculos y ajustar el plan si es necesario.

**Revisión del Sprint:** Al final de cada sprint, se presentaron las funcionalidades desarrolladas al Product Owner y a los stakeholders para obtener retroalimentación y validar el trabajo realizado.

**Retrospectiva del Sprint:** El equipo se reunió para reflexionar sobre el sprint pasado, identificar áreas de mejora y planificar acciones para aumentar la eficiencia en los siguientes sprints.



**Figura 10. Esquema de la Estructura de Scrum: Fundamentos y Componentes.**

Fuente: Elaboración propia.

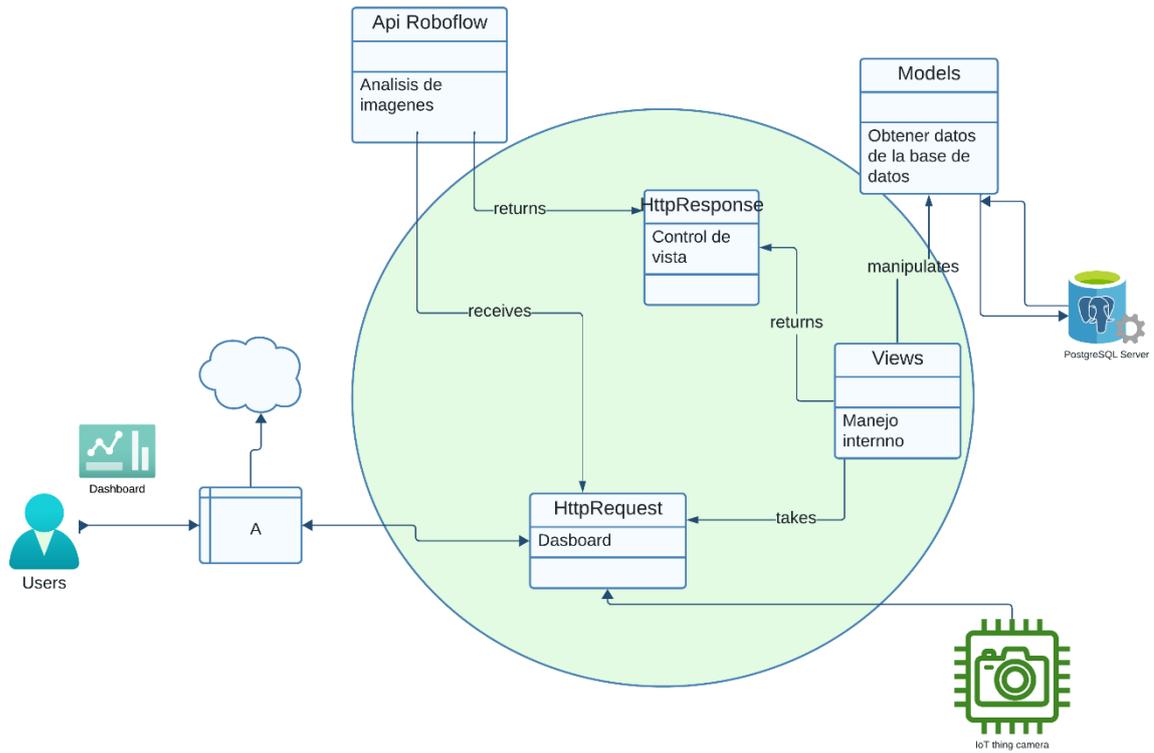
## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se inicialmente se presenta la propuesta con la respectiva explicación de su estructura y esquema funcional. Como parte complementaria están los resultados con su respectivo análisis.

### **3.1 Esquema Funcional de la aplicación:**

El esquema funcional de la aplicación web revela los diferentes módulos que interactúan entre sí para ofrecer una experiencia completa al usuario. En el núcleo de esta interacción se encuentra la API de Roboflow, una herramienta esencial que se encarga de analizar las imágenes proporcionadas por el usuario. Esta API, integrada con Django, aprovecha su potencia y flexibilidad para procesar y organizar los datos de manera eficiente.

A través de esta integración, los datos analizados por la API de Roboflow se presentan de forma clara y comprensible al usuario final. Django actúa como el motor detrás de la interfaz de usuario, proporcionando una estructura sólida y funcional para mostrar los resultados del análisis de imágenes. Esta colaboración entre la API de Roboflow y Django garantiza una experiencia de usuario fluida y satisfactoria, permitiendo a los usuarios interactuar de manera efectiva con los datos analíticos generados a partir de sus imágenes.



**Figura 11. Esquema Funcional de la aplicación.**

Fuente: Elaboración propia.

## 3.2 Resultados

### 3.2.1 Enfoque General de la aplicación web Yurimar

Para la creación del prototipo destinado a la implementación del software, se utilizará una combinación de tecnologías tanto en el frontend como en el backend, en conjunto con herramientas especializadas para el procesamiento de imágenes y el análisis de datos. A continuación, se presentan las tecnologías y herramientas seleccionadas:



**Figura 12. Enfoque general de la aplicación web para el análisis de procesamiento de imágenes.**

Fuente: Elaboración propia.

**Frontend:** En la interfaz de usuario del sistema, se emplearán tecnologías convencionales de desarrollo web, como HTML, CSS y JavaScript. Estas herramientas serán las encargadas de brindar la estructura, el diseño y la interacción necesarios para lograr una experiencia de usuario intuitiva y receptiva.

**Backend:** Python se utilizará junto con bibliotecas como Django para el procesamiento de imágenes y análisis de datos. Estas herramientas permitirán gestionar las solicitudes del cliente, procesar datos y generar respuestas dinámicas de forma eficiente.

**Base de Datos:** Utilizaremos PostgreSQL como sistema de administración de bases de datos para guardar información de usuarios, resultados de análisis y otros datos relevantes. PostgreSQL ofrece solidez, escalabilidad y capacidades de consulta avanzadas, lo que lo convierte en una elección adecuada para aplicaciones de software de esta naturaleza.

**Algoritmos para el Procesamiento de Imágenes:** Para llevar a cabo el procesamiento de imágenes, se utilizará OpenCV en Python. OpenCV es una biblioteca de código abierto muy popular que ofrece una amplia variedad de funciones para el procesamiento de imágenes, incluyendo operaciones de manipulación, detección de características y segmentación.

**Aprendizaje Automático:** Se emplearán librerías como TensorFlow para llevar a cabo la clasificación de imágenes y la predicción de la mortalidad. Estas librerías proporcionan algoritmos y herramientas para construir, entrenar y evaluar modelos de aprendizaje automático, lo que posibilitará realizar análisis avanzados y extraer información valiosa a partir de los datos de las imágenes.

Estas tecnologías y herramientas en conjunto brindarán una base firme para el desarrollo del prototipo del software, lo cual permitirá crear una aplicación práctica y eficiente para el procesamiento de imágenes y el análisis de datos.

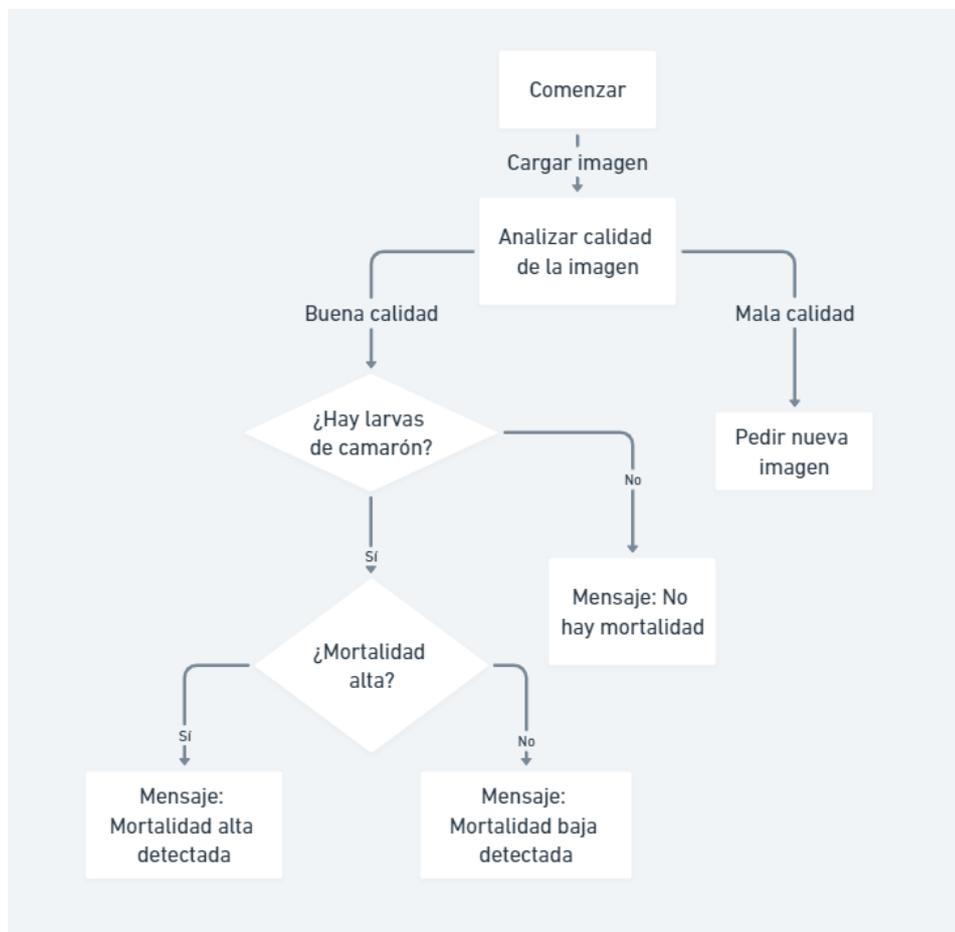
### **3.2.2 Funcionalidades de la aplicación Yurimar.**

La Interfaz de Usuario (UI) del sistema se ha diseñado cuidadosamente para proporcionar una experiencia fluida y eficiente a los usuarios durante el proceso de carga de imágenes, análisis de datos y visualización de resultados. A continuación, se describen las principales páginas y funcionalidades de la interfaz:

**Página de inicio:** En esta página, se presenta una visión general de la aplicación y sus funcionalidades. Los usuarios pueden familiarizarse con el propósito del sistema y acceder fácilmente a las diferentes secciones.

**Página de carga de imágenes:** Aquí, los usuarios tienen la capacidad de cargar las imágenes de las larvas de camarón para su posterior análisis. Pueden cargar imágenes desde su dispositivo o a través de una URL, lo que proporciona flexibilidad en la entrada de datos.

**Página de resultados:** Una vez que se completa el análisis, los usuarios son redirigidos a esta página donde se muestran los resultados obtenidos. Esto incluye la determinación de la mortalidad de las larvas, junto con cualquier otra información relevante derivada del análisis.



**Figura 13. Diagrama de flujo de la carga de imagen.**

Fuente: Elaboración propia.

**Procesamiento de imágenes:** Esta sección del sistema se encarga de realizar el procesamiento inicial de las imágenes cargadas. Incluye las siguientes etapas:

- Carga de Imágenes: Permite a los usuarios cargar imágenes de forma sencilla.

- **Preprocesamiento de Imágenes:** Aplica técnicas para mejorar la calidad de las imágenes, como ajuste de brillo/contraste y eliminación de ruido.
- **Segmentación de Imágenes:** Separa las larvas de camarón en las imágenes para su análisis individual.

**Análisis de Imágenes:** En esta etapa, se extraen características relevantes de las larvas y se determina su estado de vitalidad. Esto se realiza a través de:

- **Extracción de Características:** Se obtienen atributos importantes como tamaño, forma y color de las larvas.
- **Clasificación:** Las larvas se clasifican en diferentes categorías, como vivas o muertas, utilizando algoritmos de aprendizaje automático.
- **Determinación de la Mortalidad:** Se calcula el porcentaje de larvas muertas en función del análisis realizado.

**Visualización de Resultados:** Esta sección proporciona una representación visual de los resultados del análisis, facilitando su interpretación por parte de los usuarios. Incluye:

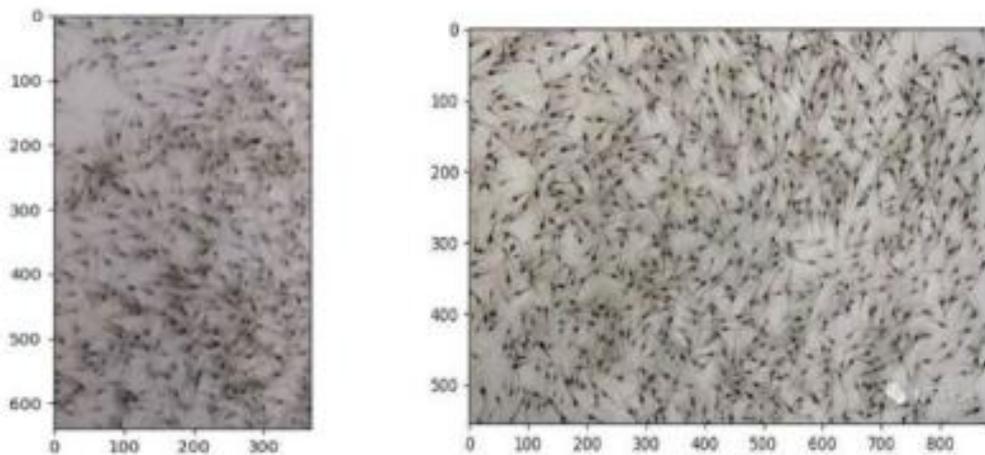
- **Visualización Gráfica:** Se presentan gráficos y estadísticas resumiendo los resultados del análisis.
- **Visualización de Imágenes:** Se muestran las imágenes originales con las larvas marcadas y resaltadas según su estado (vivas/muertas).

**Funcionalidades Adicionales:** Además de las funcionalidades principales de análisis, el sistema también ofrece:

- Permite el registro, inicio de sesión y gestión de perfiles de usuarios.
- **Exportación de Resultados:** Ofrece la posibilidad de exportar los resultados del análisis en diferentes formatos, como CSV o PDF, para su posterior análisis o almacenamiento.

## Resultado obtenido

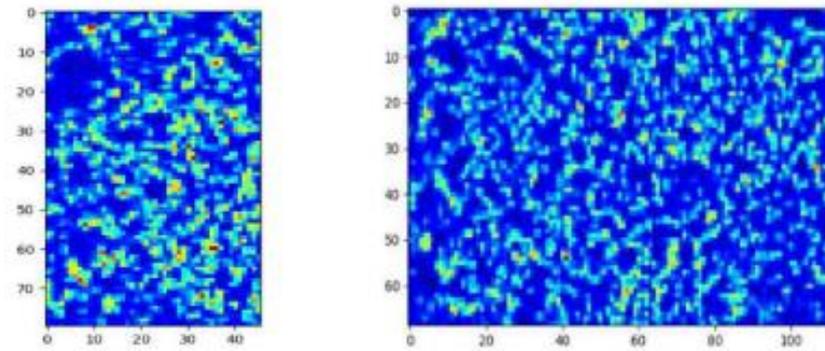
Los resultados del análisis de datos revelaron varias tendencias significativas en relación con la cría de larvas de camarón. Se observó una correlación positiva entre la concentración de nutrientes en el agua y la tasa de supervivencia de las larvas, lo que sugiere que un mayor suministro de nutrientes podría beneficiar el crecimiento y desarrollo de las larvas.



**Figura 14. Ilustración de imagen real.**

## Procesamiento de imagen

El análisis de datos también permitió identificar factores ambientales clave que influyen en la calidad del agua y, por ende, en la salud y el desarrollo de las larvas. Se encontró una relación significativa entre la temperatura del agua y la actividad metabólica de las larvas, con una mayor actividad observada en temperaturas más cálidas. Del mismo modo, se observó una correlación negativa entre los niveles de oxígeno disuelto en el agua y la mortalidad de las larvas, destacando la importancia de mantener niveles óptimos de oxígeno para garantizar la supervivencia.



**Figura 15. Ilustración del procesamiento de imagen.**

### 3.3 Diseño de la Aplicación Web Yurimar

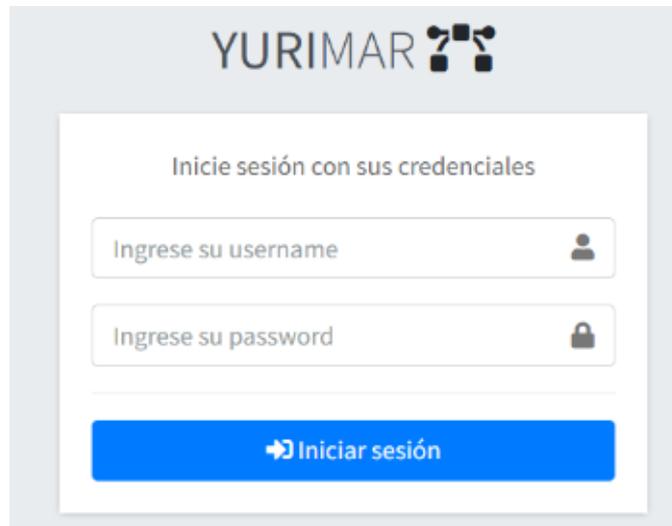
La aplicación Yurimar se desarrolló mediante el lenguaje de programación Python, con bibliotecas de Django y plataforma de bases de datos PostgreSQL. Esta aplicación posee una interfaz gráfica amigable de inicio de la aplicación con opciones de resumen, metodología, resultado y login (Figura 13).



**Figura 16. Interfaz gráfica de Yurimar.**

Fuente: Elaboración propia.

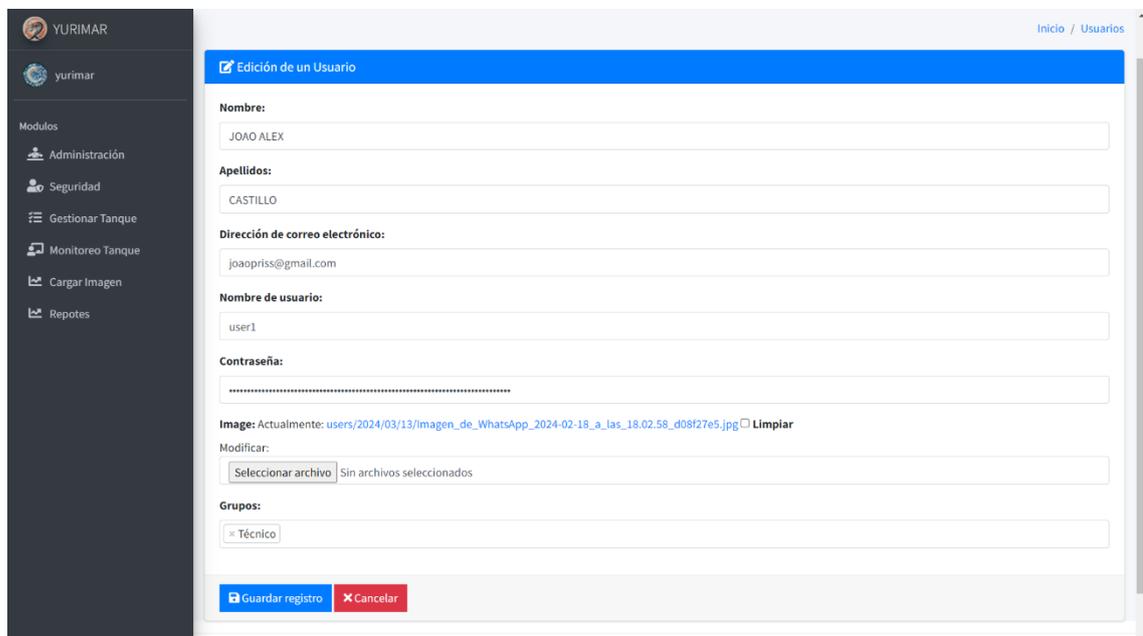
Adicionalmente, la aplicación Yurimar tiene un sistema de seguridad para el ingreso y manipulación de datos (usuario y contraseña) para la gestión de información (Figura 14).



**Figura 17. Inicio de sesión de la aplicación Yurimar.**

Fuente: Elaboración propia.

La administración de los usuarios con su respectivas contraseñas se puede editar en el módulo de seguridad que se encuentra al ingresar a la aplicación web (Figura 15).

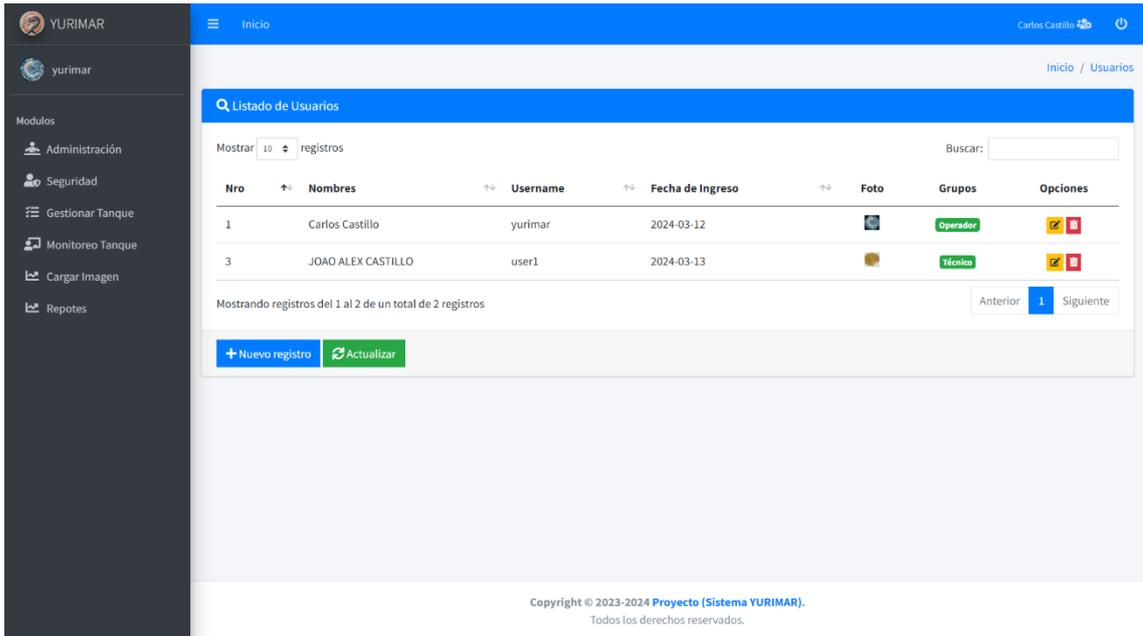


**Figura 18. Módulo de Seguridad Yurimar.**

Fuente: Elaboración propia.

## ➤ Módulo Administración

Este módulo permite el ingreso de los usuarios con su respectiva información característica como username, fecha de ingreso, foto y grupo administrativo al que pertenece (Figura 16).



The screenshot displays the 'Listado de Usuarios' (User List) interface. It features a sidebar with navigation options: Administración, Seguridad, Gestionar Tanque, Monitoreo Tanque, Cargar Imagen, and Reportes. The main content area shows a table with columns for Nro, Nombres, Username, Fecha de Ingreso, Foto, Grupos, and Opciones. Two users are listed: Carlos Castillo (username: yurimar, date: 2024-03-12, group: Operador) and JOAO ALEX CASTILLO (username: user1, date: 2024-03-13, group: Técnico). The interface includes a search bar, a 'Mostrar' dropdown set to 10 records, and navigation buttons for '+ Nuevo registro' and 'Actualizar'. A footer note states: 'Copyright © 2023-2024 Proyecto (Sistema YURIMAR). Todos los derechos reservados.'

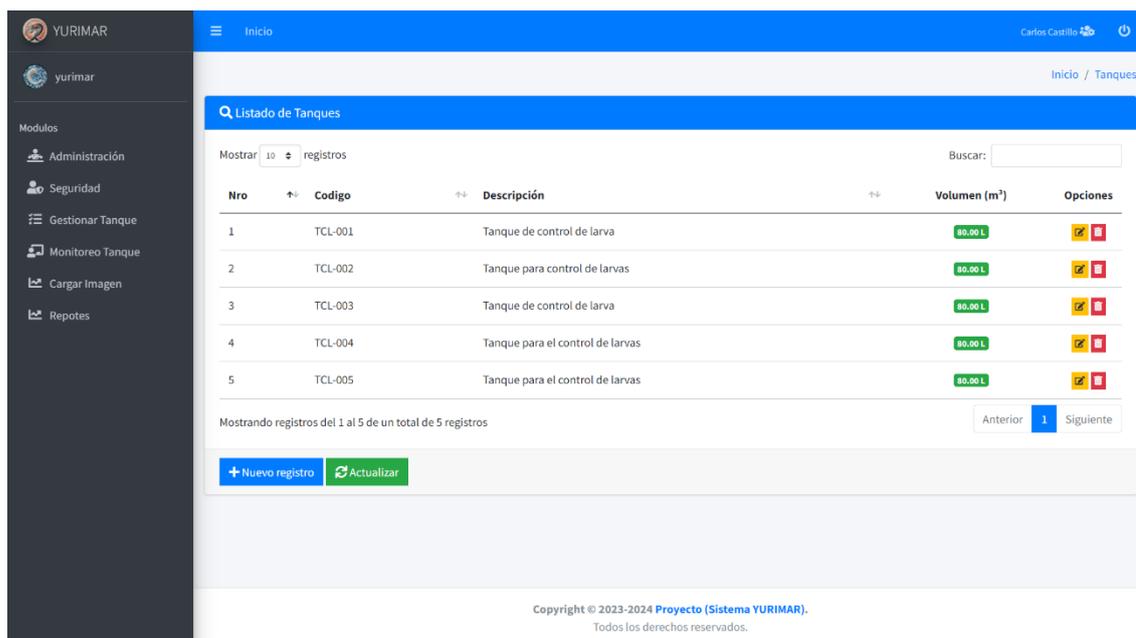
Nro	Nombres	Username	Fecha de Ingreso	Foto	Grupos	Opciones
1	Carlos Castillo	yurimar	2024-03-12		Operador	
3	JOAO ALEX CASTILLO	user1	2024-03-13		Técnico	

**Figura 19. Módulo de Administración Yurimar.**

Fuente: Elaboración propia.

## ➤ Módulo de Gestión del Tanque

El módulo de gestión del tanque administra la información de los tanques, asignando un código a los mismos y su respectiva capacidad de volumen en metros cúbicos (Figura 17).

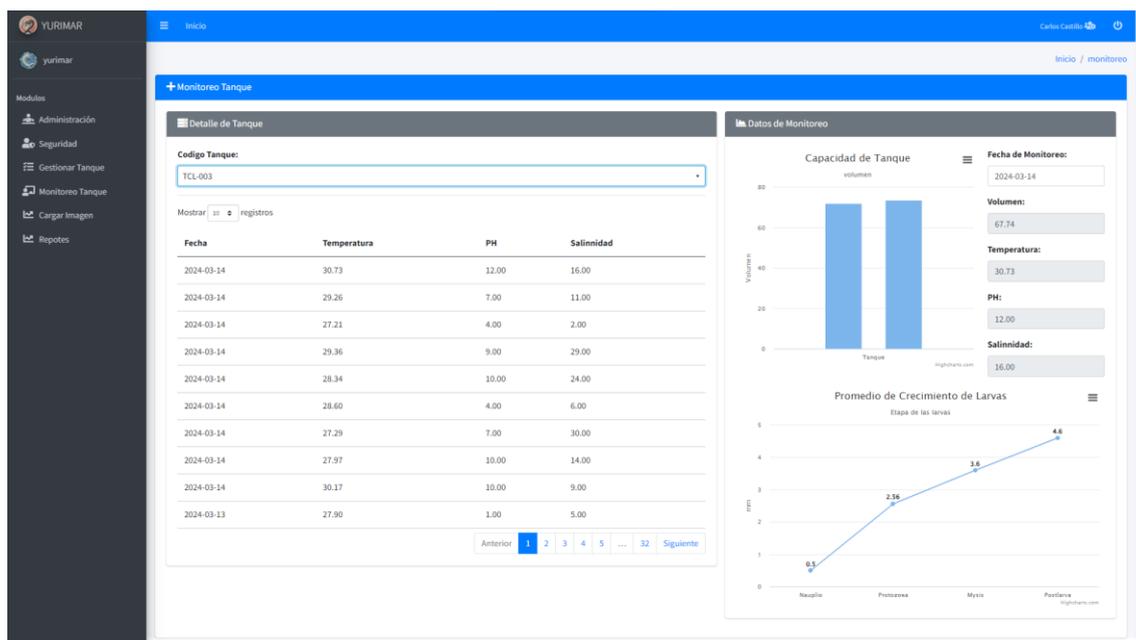


**Figura 20. Módulo de Gestión del Tanque en Yurimar.**

Fuente: Elaboración propia.

### ➤ Módulo de Seguimiento del Tanque

Este módulo permite el monitoreo de la capacidad del tanque con sus características predominantes como volumen, temperatura, pH, salinidad y un historial del crecimiento la larva de camaron(Figura 18). En esta figura se puede apreciar en los gráficos, la aplicación de criterios estadísticos mencionados en el capítulo anterior.

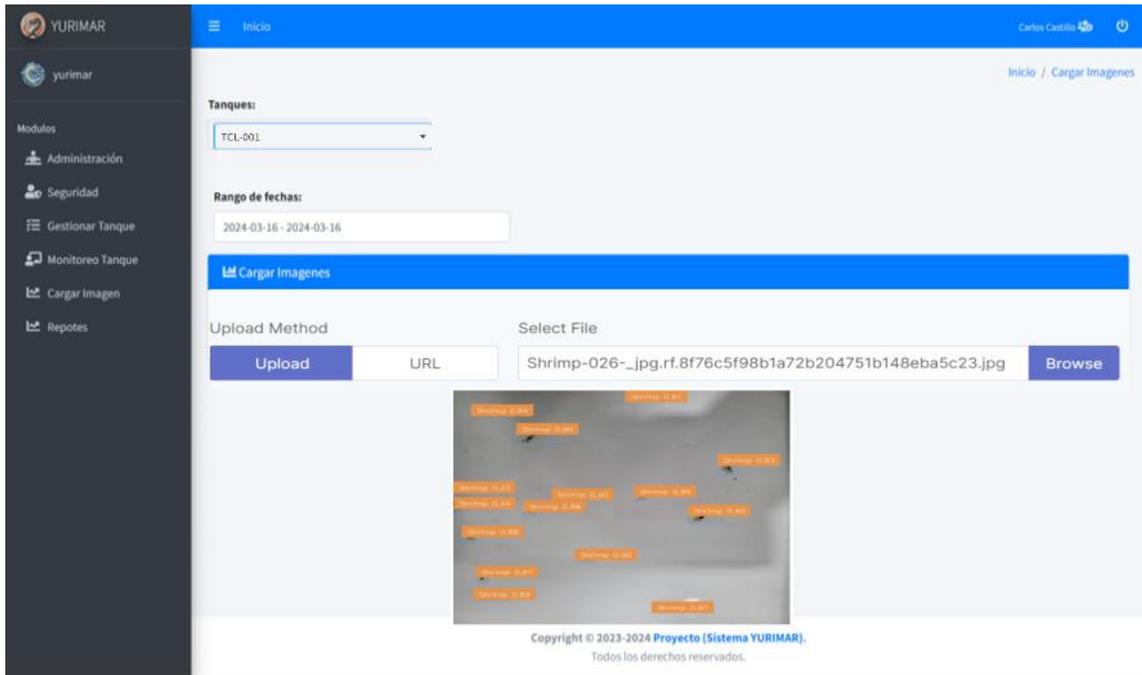


**Figura 21. Seguimiento del Tanque Yurimar.**

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Módulo Carga de Imagen**

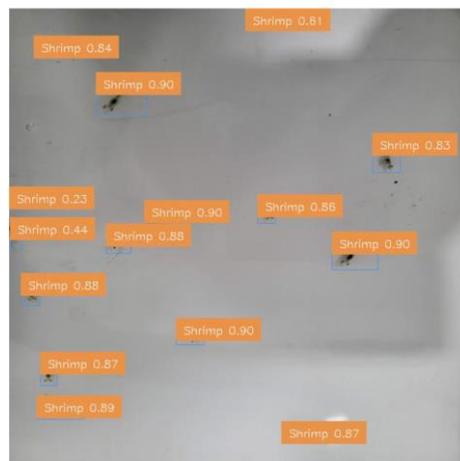
Este módulo permite la carga de las imágenes sujetaa al procesamiento con sus respectivas fechas y tanques de larvas (Figura 19).



**Figura 22. Carga de imagen.**

Fuente: Elaboración propia.

La imagen cargada conserva las características y detecta los tamaños de las larvas (Figura 21). Este subproceso es uno de los más importantes, debido a que mediante técnicas de ML se capturan los datos de las larvas que posteriormente sirven como insumo para analizar el estado de las mismas.



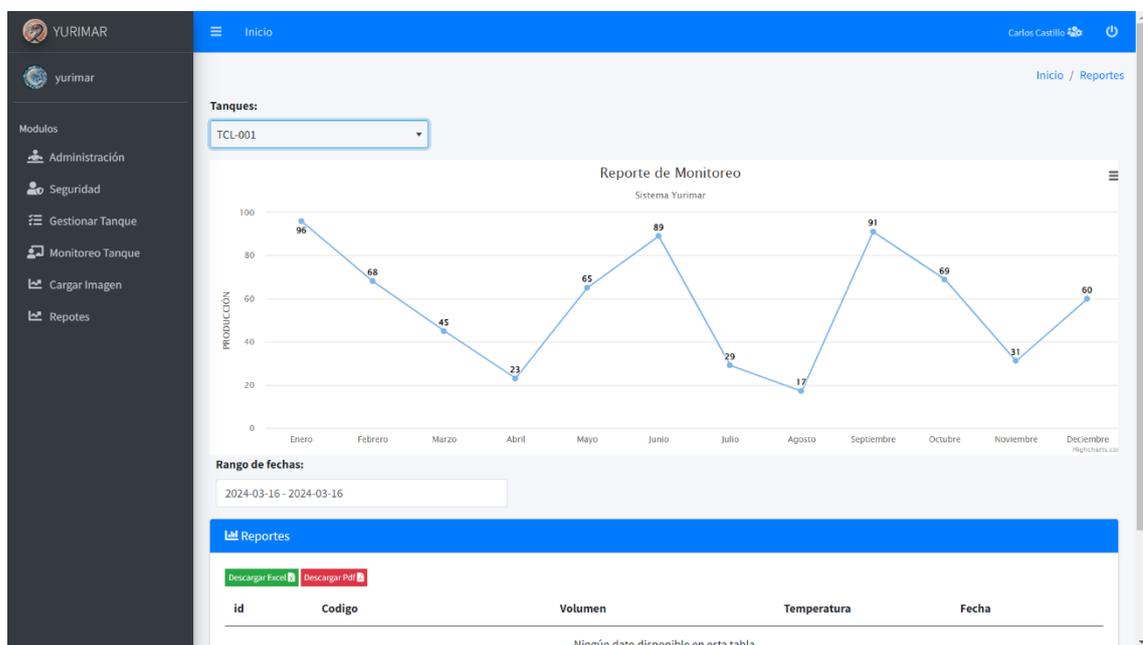
**Figura 23. Imagen con diversos tamaños de larvas.**

Fuente: Elaboración propia.

## ➤ Módulo de Reportes

En el sistema se han implementado algunos reportes, que permiten hacer un seguimiento del proceso de crianza del camarón, a continuación explicamos algunos de estos.

El módulo de reporte visualiza el seguimiento de la producción de los tanques individuales de larvas durante todo el año; además, de mostrar las características de los tanques (Figura 22).

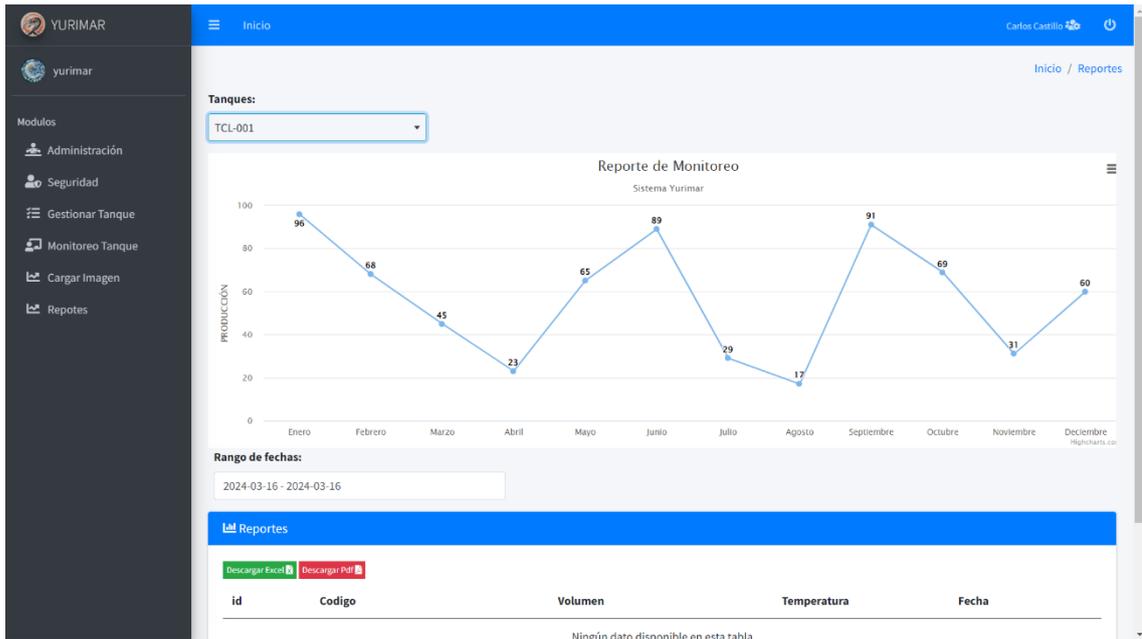


**Figura 24. Reporte de producción de larvas de camarón.**

Fuente: Elaboración propia.

## ➤ Reporte Crecimiento del camarón

El módulo de reporte de cria de camaron visualiza el estado de crecimiento de las larvas de camaron de los tanques de larvas durante todo el año; además, de mostrar las el estado de las etapas de las larvas de camaron. (Figura 23).

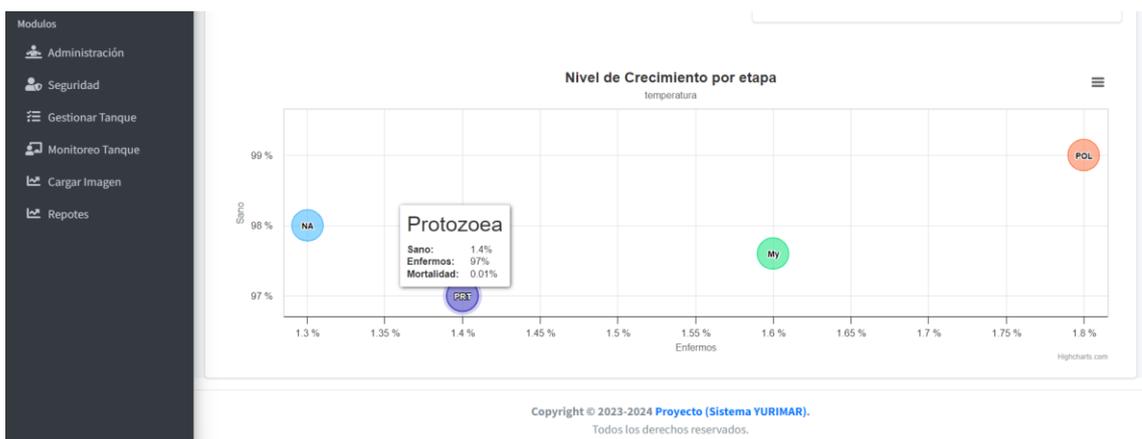


**Figura 25. Reporte del crecimiento del camarón.**

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Reporte Salud del camarón**

El módulo de reporte enfermo, sanos y mortalidad de las larvas de camaron de los tanques muestra el porcentaje de mortalidad, sanos y enfermos de las diferentes etapas de las larvas de camaron. (Figura 24).



**Figura 26. Reporte de salud del camarón.**

Fuente: Elaboración propia.

## ➤ Modelos de ML empelado

A continuación, se indica parte de código de programación empleado en el aplicativo web, donde se puede apreciar el uso de los modelos de ML para el tratamiento de las imágenes.

Data response:

```
{
  "time": 0.028960259000086808,
  "image": {
    "width": 640,
    "height": 640
  },
  "predictions": [
    {
      "x": 206,
      "y": 286.5,
      "width": 38,
      "height": 37,
      "confidence": 0.9042821526527405,
      "class": "Shrimp",
      "class_id": 0,
      "detection_id": "d9d923b3-1eaf-4c06-8779-723bc9589615"
    },
    {
      "x": 250,
      "y": 451.5,
      "width": 38,
      "height": 37,
      "confidence": 0.9042639136314392,
      "class": "Shrimp",
      "class_id": 0,
      "detection_id": "c2bbc4eb-843e-46b9-bea7-8889b7018d3c"
    },
    {
      "x": 478.5,
      "y": 338.5,
      "width": 63,
```

```
"height": 53,
"confidence": 0.9039250016212463,
"class": "Shrimp",
"class_id": 0,
"detection_id": "9b3365af-7f3b-442d-944c-4ce4d617e08b"
},
{
  "x": 155.5,
  "y": 119,
  "width": 71,
  "height": 60,
  "confidence": 0.8960539698600769,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "353676d4-2844-4b58-afa1-09e389126381"
},
{
  "x": 70.5,
  "y": 557.5,
  "width": 65,
  "height": 33,
  "confidence": 0.8907307386398315,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "f111be28-728f-42cc-8186-4822ba2cb705"
},
{
  "x": 29,
  "y": 392.5,
  "width": 26,
  "height": 45,
  "confidence": 0.8845861554145813,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "840278ce-2e3e-4b68-9e5d-574ab82f52a6"
},
{
  "x": 151,
  "y": 321.5,
  "width": 34,
  "height": 41,
  "confidence": 0.8753740787506104,
  "class": "Shrimp",
```

```
"class_id": 0,
"detection_id": "d28a80dc-567d-497b-98e1-eed7cd268efe"
},
{
  "x": 407,
  "y": 587.5,
  "width": 60,
  "height": 21,
  "confidence": 0.8737908601760864,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "8d8c4290-5d9f-4c15-862c-125faa8fad38"
},
{
  "x": 54.5,
  "y": 503.5,
  "width": 23,
  "height": 47,
  "confidence": 0.8725801706314087,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "ce15caa6-c3d5-4bab-b755-ef430c3a40f9"
},
{
  "x": 356,
  "y": 280,
  "width": 24,
  "height": 40,
  "confidence": 0.8606476783752441,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "e0d06fd5-e232-407e-90ee-1863ab112eca"
},
{
  "x": 64.5,
  "y": 51,
  "width": 61,
  "height": 26,
  "confidence": 0.8438674211502075,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "c52b0a85-1f14-4c80-86c2-6d555894d9e8"
},
```

```
{
  "x": 522,
  "y": 201.5,
  "width": 38,
  "height": 55,
  "confidence": 0.8300901055335999,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "965fb598-8cc7-4a5c-a621-b38cdc15f69d"
},
{
  "x": 352,
  "y": 10.5,
  "width": 50,
  "height": 21,
  "confidence": 0.6137579679489136,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "ed093cb9-6f0a-423b-b465-8af95c8991be"
},
{
  "x": 9,
  "y": 314.5,
  "width": 16,
  "height": 45,
  "confidence": 0.43807268142700195,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "23b79cc3-afa7-497d-9249-4752c980aff9"
},
{
  "x": 5,
  "y": 262,
  "width": 10,
  "height": 26,
  "confidence": 0.2329006791114807,
  "class": "Shrimp",
  "class_id": 0,
  "detection_id": "34d6ebe9-c44e-46f3-8649-116e0dc487b3"
}
]
```

### **3.3 Discusión de resultados**

Este estudio contribuye con una herramienta web que administra el ingreso de imágenes de larvas de camarón para su posterior procesamiento y mejora de la toma de decisiones en el campo de conocimiento de acuicultura. Esta aplicación mejora la accesibilidad de grandes cantidades de información específicamente en el ingreso y procesamiento de imágenes. Evita la duplicidad de datos y mejora la seguridad de la información. De igual manera, otras aplicaciones web proporcionan interfaz de servicios web para almacenar cualquier cantidad de datos en cualquier momento y desde cualquier lugar (Yeh & Chen, 2022). Por ejemplo, la aplicación web de Kajornkasirat et al. (2021) que gestiona los factores de calidad del agua y datos del camarón para un cultivo eficaz. También, las tecnologías de Rozario & Devarajan (2021) que monitorean los tanques de larvas de camarón utilizando redes neuronales artificiales.

Adicionalmente, la aplicación web propuesta se puede utilizar para el monitoreo de cualquier tanque o granja de cultivos de camarón que conserve la misma configuración de variables de este trabajo de investigación. Sin embargo, existen aplicaciones informáticas acuícolas que carecen de gestión de almacenamiento de datos y son de uso específico (Akhtaruzzaman Khan et al., 2022).

## CONCLUSIONES

En el presente estudio, se investigó y desarrolló un sistema innovador para mejorar la eficiencia en la cría de larvas de camarón en la industria acuícola. Esta aplicación servirá como soporte para la toma de decisiones en el proceso de crianza de larvas de camarón. A continuación, se presentan las conclusiones:

A través de la indagación exploratoria, bibliográfica se conocieron las bases teóricas y trabajos relacionados que hayan utilizado proceso de la crianza de camarón. Pudiéndose evidenciar que en nuestro medio no ha aplicaciones informáticas dedicadas que utilicen tecnologías emergentes en procesos de producción de larvas de camarón.

Se diseñó el aplicativo informático con la selección de tecnologías innovadoras basadas en aprendizaje de máquina machine para el análisis de imágenes, como parte del aplicativo a desarrollarse. La integración de tecnologías de análisis de datos en este prototipo proporcionó herramientas poderosas para ajustar los parámetros de cultivo y optimizar los procesos de cría de larvas de camarón de manera más eficiente y efectiva.

Durante el desarrollo de este estudio, se lograron varios avances significativos en la mejora de la eficiencia en la cría de larvas de camarón en la industria acuícola. A través de la implementación de tecnologías avanzadas de análisis de datos en el Laboratorio Yurimar, se pudo observar una notable reducción en las tasas de mortalidad y un incremento constante en la producción, lo que respalda la efectividad de este enfoque innovador.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de estas tecnologías de análisis de datos fueron comparados con los resultados de los métodos tradicionales utilizados en el Laboratorio Yurimar. Se observó una mejora significativa en la producción y eficiencia, lo que demuestra el impacto positivo de la implementación de tecnologías avanzadas en la industria acuícola.

Este estudio contribuye al campo de la acuicultura al proporcionar una herramienta práctica y eficaz para la gestión y el monitoreo de la cría de larvas de camarón. La aplicación de tecnologías avanzadas de análisis de datos ofrece nuevas oportunidades para mejorar la productividad y la sostenibilidad en la industria acuícola, así como para

avanzar en el conocimiento y la comprensión de los procesos de cría de larvas de camarón.

Como conclusión general, se logró el diseño funcional y efectivo de una aplicación informática basada en tecnologías emergentes para la evaluación del proceso de crianza de larvas de camarón.

## **RECOMENDACIONES**

Dado el éxito de la implementación de IA en la cría de larvas de camarón, se recomienda continuar investigando y desarrollando nuevas aplicaciones de IA que puedan mejorar aún más la eficiencia y la precisión en la gestión de la cría de larvas de camarón. Esto podría incluir el desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático más avanzados y específicos para optimizar los procesos de cría y mejorar la toma de decisiones.

Es importante fomentar la colaboración entre investigadores, académicos, empresas y profesionales del sector acuícola para compartir conocimientos, experiencias y mejores prácticas en el uso de tecnologías avanzadas en la cría de larvas de camarón. Esto podría incluir la organización de talleres, seminarios o conferencias para facilitar el intercambio de información y promover la adopción de tecnologías innovadoras en la industria.

Se recomienda proporcionar capacitación especializada en IA al personal involucrado en la cría de larvas de camarón para garantizar un uso efectivo de estas tecnologías avanzadas. Esto podría incluir cursos de formación en programación, análisis de datos, algoritmos de IA y ética en la inteligencia artificial, adaptados a las necesidades específicas del sector acuícola.

## REFERENCIAS

- Abumalloh, R. A., Nilashi, M., Yousoof Ismail, M., Alhargan, A., Alghamdi, A., Alzahrani, A. O., Saraireh, L., Osman, R., & Asadi, S. (2022). Medical image processing and COVID-19: A literature review and bibliometric analysis. *Journal of Infection and Public Health*, 15(1), 75–93. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.11.013>
- Adams, W. C. (2015). Conducting Semi-Structured Interviews. In *Handbook of Practical Program Evaluation* (pp. 492–505). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119171386.ch19>
- Akhtaruzzaman Khan, Md., Emran Hossain, Md., Shahaab, A., & Khan, I. (2022). ShrimpChain: A blockchain-based transparent and traceable framework to enhance the export potentiality of Bangladeshi shrimp. *Smart Agricultural Technology*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100041>
- Awalludin, E. A., Mat Yaziz, M. Y., Abdul Rahman, N. R., Yussof, W. N. J. H. W., Hitam, M. S., & T Arsad, T. N. (2019). Combination of Canny Edge Detection and Blob Processing Techniques for Shrimp Larvae Counting. *2019 IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA)*, 308–313. <https://doi.org/10.1109/ICSIPA45851.2019.8977746>
- Castillo-Ochoa. (2021). Manejo estacional de los sistemas de producción de camarón en el Ecuador. *Revista Del Instituto Tecnológico Superior Jubones*, 4(3), 447–461. <https://orcid.org/0000-0002-3044-920X>
- Chaluisa, M., & Domínguez, J. (2020). *Análisis de la demanda gastronómica y su impacto socioeconómico y cultural en la comuna San Pablo, provincia de Santa Elena*. <https://secure.arkund.com/view/16964445-251036-988649#DccxDglxDADBv6>
- Chung, S., Moon, S., Kim, J., Kim, J., Lim, S., & Chi, S. (2023). Comparing natural language processing (NLP) applications in construction and computer science using preferred reporting items for systematic reviews (PRISMA). *Automation in Construction*, 154, 105020. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105020>

- Deeb, A., & de Chaisemartin, C. (2019). *Clustering and External Validity in Randomized Controlled Trials*. <http://arxiv.org/abs/1912.01052>
- Dong, X., & Raghavan, V. (2022). Recent advances of selected novel processing techniques on shrimp allergenicity: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *124*, 334–344. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.024>
- Einar Kruis, F., van Denderen, J., Buurman, H., & Scarlett, B. (1994). Characterization of Agglomerated and Aggregated Aerosol Particles Using Image Analysis. *Particle & Particle Systems Characterization*, *11*(6), 426–435. <https://doi.org/10.1002/ppsc.19940110605>
- Espinoza, J. (2014). *Estudio microbiológico del agua en diferentes puntos de recorrido en un laboratorio de larvicultura*.
- FAO. (2015). *Características, estructura y recursos del sector Acuícola*.
- FAO. (2024). *MANUAL PARA LA CRIA DE CAMARONES PENEIDOS*. <https://www.fao.org/3/AB466S/AB466S00.htm>.
- Farrens, S., Grigis, A., El Gueddari, L., Ramzi, Z., G.R., C., Starck, S., Sarthou, B., Cherkaoui, H., Ciuciu, P., & Starck, J.-L. (2020). PySAP: Python Sparse Data Analysis Package for multidisciplinary image processing. *Astronomy and Computing*, *32*, 100402. <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2020.100402>
- Flores Mollo, S., & Aracena Pizarro, D. (2018). Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, *26*, 55–64. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052018000500055>
- François-Lavet, V., Henderson, P., Islam, R., Bellemare, M. G., & Pineau, J. (2018). An Introduction to Deep Reinforcement Learning. *Foundations and Trends® in Machine Learning*, *11*(3–4), 219–354. <https://doi.org/10.1561/22000000071>
- Frei, M., & Kruis, F. E. (2020). Image-based size analysis of agglomerated and partially sintered particles via convolutional neural networks. *Powder Technology*, *360*, 324–336. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.10.020>

- Gálvez, K. (2019). *Comunicación visual y su incidencia en el diseño de identidad corporativa de la cabaña restaurant Narbine 2 del balneario San Pablo de la provincia de Santa Elena año 2018.*
- García, Carreño, A., & Doumet, N. (2020). Validación del modelo de gestión sostenible para el desarrollo turístico en vinculación Universidad-Comunidades Manabitas. Ecuador. *Revista Digital de Investigación & Negocios*, 13(21), 37–51. <https://doi.org/10.38147/inv&neg.v13i21.82>
- Gorgan, D., Bacu, V., Stefanut, T., Rodila, D., & Mihon, D. (2012). Earth Observation application development based on the Grid oriented ESIP satellite image processing platform. *Computer Standards & Interfaces*, 34(6), 541–548. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.02.002>
- Guo, C., Liang, Z., Han, Y., Xu, P., Gao, M., & Wang, Y. (2023). Application of proper orthogonal decomposition in particle image velocimetry in ocean engineering. *Applied Ocean Research*, 132, 103465. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103465>
- Hantak, M. M., Guralnick, R. P., Zare, A., & Stucky, B. J. (2022). Computer vision for assessing species color pattern variation from web-based community science images. *IScience*, 25(8), 104784. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104784>
- Herawati, V. E., Pinandoyo, Darmanto, Y. S., Rismaningsih, N., Hutabarat, J., Prayitno, S. B., & Radjasa, O. K. (2020). Effect of feeding with *Phronima* sp. on growth, survival rate and nutrient value content of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Post-larvae. *Aquaculture*, 529, 735674. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735674>
- Kaewchote, J., Janyong, S., & Limprasert, W. (2018). "Image recognition method using Local Binary Pattern and the Random forest classifier to count post larvae shrimp." ("Image recognition method using Local Binary Pattern and the Random ...") *Agriculture and Natural Resources*, 52(4), 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.10.007>
- Kailkhura, B., Gallagher, B., Kim, S., Hiszpanski, A., & Han, T. Y.-J. (2019). Reliable and explainable machine-learning methods for accelerated material discovery. *Npj Computational Materials*, 5(1), 108. <https://doi.org/10.1038/s41524-019-0248-2>

- Kajornkasirat, S., Ruangsri, J., Sumat, C., & Intaramontri, P. (2021). Online Analytics for Shrimp Farm Management to Control Water Quality Parameters and Growth Performance. *Sustainability*, *13*(11), 5839. <https://doi.org/10.3390/su13115839>
- Kaur, C., & Garg, U. (2023). Artificial intelligence techniques for cancer detection in medical image processing: A review. *Materials Today: Proceedings*, *81*, 806–809. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.241>
- Kesvarakul, R., Chianrabutra, C., & Chianrabutra, S. (2017). Baby Shrimp Counting via Automated Image Processing. *Proceedings of the 9th International Conference on Machine Learning and Computing*, 352–356. <https://doi.org/10.1145/3055635.3056652>
- Lavrova, E., Primakov, S., Salahuddin, Z., Beuque, M., Verstappen, D., Woodruff, H. C., & Lambin, P. (2023). Precision-medicine-toolbox: An open-source python package for the quantitative medical image analysis. *Software Impacts*, *16*, 100508. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2023.100508>
- Lee, G. S., Kwon, H., An, T. K., & Kim, Y.-H. (2023). Current developments of eco-friendly organic field-effect transistors: from molecular engineering of organic semiconductors to greener device processing. *Chemical Communications*, *59*(34), 4995–5015. <https://doi.org/10.1039/D3CC00191A>
- Ley Orgánica Para El Desarrollo de La Acuicultura y Pesca, 1 (2020).
- Lin, T.-S., Chu, T.-J., Shih, Y.-J., Yang, J.-K., Wan, J., & Lin, X.-Y. (2021). Application and Development of Shrimp Farming Intelligent Monitoring System on Edge Computing. *2021 IEEE 3rd International Conference on Architecture, Construction, Environment and Hydraulics (ICACEH)*, 66–69. <https://doi.org/10.1109/ICACEH54312.2021.9768844>
- Luong, T.-B. (2023). Eco-destination image, environment beliefs, ecotourism attitudes, and ecotourism intention: The moderating role of biospheric values. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, *57*, 315–326. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2023.11.002>
- Medidas de Ordenamiento (2020).

- Ministerio de Agricultura, G. A. y P. (2013). *INSTRUCTIVO DE LA NORMATIVA GENERAL PARA PROMOVER Y REGULAR LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA-ECOLÓGICA-BIOLÓGICA*.
- Müggenburg, M., & Pérez, I. (2007). Los maestros escriben Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. In *Revista Enfermería Universitaria ENEO-UNAM* (Vol. 4, Issue 1).
- Nair, R. S., Agrawal, R., Domnic, S., & Kumar, A. (2021). Image mining applications for underwater environment management - A review and research agenda. *International Journal of Information Management Data Insights*, 1(2), 100023. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2021.100023>
- Normas Técnicas Del Artículo 69 Del Reglamento de Ley de Pesca, 1 (2016).
- Oladepo, O., & Rahman, H. A. (2019). Allocation of distributed generation and capacitor banks in distribution system. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 13(2), 437. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v13.i2.pp437-446>
- Ordoñez, D. (2015). *MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL CAMARÓN PARA LA EMPRESA CAMARONERA "CAVEYFA" DEL CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO*.
- Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62–66. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076>
- Pilania, G. (2021). Machine learning in materials science: From explainable predictions to autonomous design. *Computational Materials Science*, 193, 110360. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2021.110360>
- Pratap, A., & Sardana, N. (2022). Machine learning-based image processing in materials science and engineering: A review. *Materials Today: Proceedings*, 62, 7341–7347. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.200>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

- Ran, X., Li, B., Li, D., Wang, J., & Duan, Q. (2023). Detection of surfacing white shrimp under hypoxia based on improved lightweight YOLOv5 model. *Aquaculture International*, 31(6), 3601–3618. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01149-w>
- Reglamento de La Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero, 1 (2016).
- Reglamento General a La Ley Orgánica Para El Desarrollo de La Acuicultura y Pesca., 1 (2022).
- Reyes, A. (2021). *Principales agentes infecciosos asociados al cultivo del camarón blanco Penaeus Vannamei reportados en Ecuador durante el periodo 2010-2021*.
- Rozario, A. P. R., & Devarajan, N. (2021). RETRACTED ARTICLE: Monitoring the quality of water in shrimp ponds and forecasting of dissolved oxygen using Fuzzy C means clustering based radial basis function neural networks. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12(5), 4855–4862. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-01900-8>
- Shariati, L., Esmaeili, Y., Rahimmanesh, I., Babolmorad, S., Ziaei, G., Hasan, A., Boshtam, M., & Makvandi, P. (2023). Advances in nanobased platforms for cardiovascular diseases: Early diagnosis, imaging, treatment, and tissue engineering. *Environmental Research*, 238, 116933. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116933>
- Siponen, M., & Klaavuniemi, T. (2020). Why is the hypothetico-deductive (H-D) method in information systems not an H-D method? *Information and Organization*, 30(1), 100287. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2020.100287>
- Startz, R., & Steigerwald, D. G. (2024). The variance of regression coefficients when the population is finite. *Journal of Econometrics*, 240(1), 105681. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2024.105681>
- Stumpf, A., Malet, J.-P., Puissant, A., & Travelletti, J. (2016). Monitoring of Earth Surface Motion and Geomorphologic Processes by Optical Image Correlation. In *Land Surface Remote Sensing* (pp. 147–190). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-105-5.50005-0>
- Théodon, L., Debayle, J., & Coufort-Saudejaud, C. (2023). Morphological characterization of aggregates and agglomerates by image analysis: A systematic

- literature review. *Powder Technology*, 430, 119033. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.119033>
- Torres, H. R., Morais, P., Oliveira, B., Birdir, C., Rüdiger, M., Fonseca, J. C., & Vilaça, J. L. (2022). A review of image processing methods for fetal head and brain analysis in ultrasound images. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 215, 106629. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2022.106629>
- Triviño, H., & Zhinin, E. (2018). *Diseño de prototipo de un sistema de control de alimentación y monitoreo de temperatura en el proceso de crianza de larvas de camarón en estanques empleando tecnología GSM-GPRS*.
- Ulman, V., & Wiesner, D. (2022). Review of cell image synthesis for image processing. In *Biomedical Image Synthesis and Simulation* (pp. 447–489). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824349-7.00028-1>
- van Engelen, J. E., & Hoos, H. H. (2020). A survey on semi-supervised learning. *Machine Learning*, 109(2), 373–440. <https://doi.org/10.1007/s10994-019-05855-6>
- Wang, Y. (2024). Application of computer images in virtual simulation technology-apparel as an example. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 17(1), 100773. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2023.100773>
- Yeh, C.-T., & Chen, M.-C. (2022). A combination of IoT and cloud application for automatic shrimp counting. *Microsystem Technologies*, 28(1), 187–194. <https://doi.org/10.1007/s00542-019-04570-5>
- Zhang, L., Zhou, X., Li, B., Zhang, H., & Duan, Q. (2022). Automatic shrimp counting method using local images and lightweight YOLOv4. *Biosystems Engineering*, 220, 39–54. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.05.011>
- Zhao, D., Huang, J., Li, Z., Yu, G., & Shen, H. (2024). Dynamic monitoring and analysis of chlorophyll-a concentrations in global lakes using Sentinel-2 images in Google Earth Engine. *Science of The Total Environment*, 912, 169152. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169152>
- Zhao, Z., & Liu, H. (2007). Spectral feature selection for supervised and unsupervised learning. *Proceedings of the 24th International Conference on Machine Learning*, 1151–1157. <https://doi.org/10.1145/1273496.1273641>

Zhou, C., Yang, G., Sun, L., Wang, S., Song, W., & Guo, J. (2023). Counting, locating, and sizing of shrimp larvae based on density map regression. *Aquaculture International*. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01316-z>

Zhou, X., Zhao, C., Sun, J., Cheng, J., & Xu, M. (2024). Determination of lead content in oilseed rape leaves in silicon-free and silicon environments based on deep transfer learning and fluorescence hyperspectral imaging. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *311*, 123991. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.123991>

# ANEXOS

## **Encuesta sobre el Uso de Tecnologías de Análisis de Datos en la Cría de Larvas de Camarón**

Laboratorio Yurimar

Fecha: 15/01/2024

### **Instrucciones:**

Agradecemos su participación en esta encuesta. El objetivo de este estudio es recopilar información sobre el uso de tecnologías de análisis de datos en la cría de larvas de camarón en la industria acuícola. Sus respuestas serán confidenciales y se utilizarán con fines de investigación.

Por favor, complete la siguiente encuesta de acuerdo a su experiencia y conocimientos en el campo. Si alguna pregunta no es aplicable a su experiencia, puede dejarla en blanco. Sus opiniones son muy valiosas para nosotros.

### **Información del Entrevistado:**

- Cargo/Profesión:

### **Preguntas:**

1. ¿Cuáles son las tecnologías de análisis de datos que ha utilizado o conoce en la cría de larvas de camarón?

2. ¿Podría mencionar algunas tecnologías específicas, sensores o dispositivos que se utilizan comúnmente en la monitorización de larvas de camarón?

3. ¿Cómo ha observado que estas tecnologías afectan la eficiencia y la supervivencia de las larvas?
4. ¿Qué sistemas de visión por computadora o cámaras se utilizan para el seguimiento de larvas en los laboratorios de cría?
5. ¿Existen herramientas de software que son populares para el análisis de datos en la cría de larvas de camarón?
6. ¿Cómo se registran y almacenan los datos en los laboratorios de cría de larvas de camarón?
7. ¿Se utilizan sistemas de control automático para ajustar las condiciones de cría?  
¿Cuáles son algunos ejemplos?
8. ¿Han implementado soluciones de inteligencia artificial o aprendizaje automático en la cría de larvas de camarón?
9. ¿Cómo se comparan las tecnologías de análisis de datos con los métodos tradicionales en la cría de larvas de camarón?
10. ¿Cuáles son los desafíos o consideraciones importantes al implementar tecnologías de análisis de datos en la cría de larvas?
11. ¿Tiene ejemplos de casos de éxito o mejoras significativas en la producción a través de la implementación de estas tecnologías?

12. ¿Puede proporcionar información sobre las tendencias emergentes en el uso de tecnologías de análisis de datos en la industria acuícola?

Nota: Sus respuestas serán tratadas de manera confidencial y se utilizarán únicamente para fines de investigación en el Laboratorio Yurimar. Si tiene alguna pregunta adicional o comentarios que desee compartir, por favor, hágalo en el espacio proporcionado a continuación.

Comentarios Adicionales:

YURIMAR

San Pablo – Santa Elena

Ecuador

San Pablo, 6 de noviembre del 2023.

Ing. Washington Torres Guin, Mgtr.  
Decano de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones  
Universidad Estatal Península de Santa Elena

Estimado Ing. Washington Torres Guin,

Me complace informarle que hemos revisado y aceptado la solicitud del estudiante Ing. Joao Alex Rodríguez Castillo para llevar a cabo su trabajo de titulación en nuestra empresa, YURIMAR, en el marco de su Maestría en Tecnologías de la Información en la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

El trabajo de titulación que el Ing. Joao Alex Rodríguez Castillo tiene previsto realizar se titula "Desarrollo de un Prototipo de Evaluación de Larvas de Camarón". Creemos que esta colaboración puede ser valiosa tanto para el estudiante como para nuestra empresa, y estamos dispuestos a proporcionarle acceso a nuestras instalaciones y la información necesaria para llevar a cabo su investigación.

Dentro de nuestra empresa, el Ing. Joao Alex Rodríguez Castillo deberá cumplir estrictamente con todas nuestras políticas internas y regulaciones de confidencialidad. Le garantizamos que se respetarán las normas y regulaciones de nuestra empresa en todo momento.

Agradecemos su consideración y su apoyo en esta colaboración y quedamos a su disposición para cualquier aclaración o consulta que pueda surgir durante este proceso.

Atentamente,



Marjorie Suarez Severino

Gerente

YURIMAR

Telf: 0990420125