	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 1 de 28

APLICATIVO MÓVIL PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN REMOTA DE SISTEMAS ACUAPÓNICOS, APLICANDO MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Autor(es)

FREDY ALEJANDRO ZARATE ABRIL, Estudiante Pregrado Investigador Auxiliar
CÓD. 461222189

IVONE GISELA LÓPEZ CRUZ, Estudiante Pregrado Investigador Auxiliar
CÓD. 461222159

Predirector

FRANCISCO ALFONSO LANZA RODRIGUEZ


FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DEL GRUPO(S) DE INVESTIGACIÓN

GISTFA

COMITÉ PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACATATIVÁ, 2025/04/28

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 2 de 28

1.INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título: Aplicativo móvil para optimizar la gestión remota de sistemas acuapónicos, aplicando modelos de inteligencia artificial.			
Nombre Investigador principal:		Francisco Alfonso Lanza Rodríguez	
E-mail: flanza@ucundinamarca.edu.co		Teléfono: 3012759059	
Dirección de Correspondencia: flanza@ucundinamarca.edu.co			
Nombre Grupo(s) de Investigación	Cód. GrupLAC	Clasificación	Entidad a la que pertenece el grupo
GISTFA	COL0085019	C	Universidad de Cundinamarca
Información de entidad externa (si aplica)			
Entidad: N/A			
Representante Legal: N/A			
Dirección: N/A		E-mail: N/A	
Teléfonos: N/A		Fax: N/A	
Ciudad: N/A		Departamento: N/A	
Tipo de Entidad: N/A			
Tipo de Contribuyente: N/A			
Se tiene convenio marco con la institución: Si: _____ No: _____			
Lugar de Ejecución del Proyecto: Universidad de Cundinamarca			
Duración de Proyecto (en meses): 10			
Tipo de Proyecto: (marque con una x)			
Investigación Básica	Investigación Aplicada	Desarrollo Experimental	
	X		
Financiación Solicitada:			
Valor Solicitado a la Universidad de Cundinamarca:	\$ 0 (en pesos)		
Línea Translocales:	Aprendizaje, conocimiento, tecnologías, investigación.		
Línea Investigación: Aprendizaje, conocimiento, tecnologías, investigación.			
Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS): Hambre cero (2) Agua limpia y saneamiento (6) Industria, innovación e infraestructura (9) Ciudades y comunidades sostenibles (11) Acción por el clima (13) Vida de ecosistemas terrestres (15)			
Sugiera tres nombres de Investigadores externos con capacidad para evaluar la propuesta, que cumplan con los requisitos establecidos en Resolución de Colciencias No. 685 de 2016 "Por la cual se modifica la resolución 1037 de diciembre de 2014 por la que se unifican y establecen las condiciones para el proceso de evaluación de los programas, proyectos y demás actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación que demanden evaluación por pares evaluadores" Artículo 1. Nota: los pares evaluadores sugeridos no deben tener ningún tipo de vinculación con el grupo de investigación y/o con algún integrante del proyecto:			

Nombre Completo, Institución; e-mail : N/A
Nombre Completo; Institución; e-mail : N/A
Nombre Completo; Institución; e-mail : N/A

DATOS DE LA(S) DEPENDENCIA(S) SOLICITANTE(S)

Información básica			
Dependencia	N/A		
Teléfono	N/A	Fax	N/A
Página Web	N/A		
Dirección electrónica	N/A		
Nombre persona a cargo	N/A		
Tipo de identificación	N/A	Número de identificación	N/A
<div>Vo. Bo. persona a cargo de dependencia</div>			

Nota (Agregue tantas tablas como sea necesario)

GENERALIDADES DEL PROYECTO

Título¹: Aplicativo móvil para optimizar la gestión remota de sistemas acuapónicos, aplicando modelos de inteligencia artificial.

Duración en meses: 10 meses

PALABRAS CLAVES²

Acuaponía, Aplicativo móvil, Gestión remota, Inteligencia Artificial, Optimización

Población beneficiada

Laboratorio de acuaponía Universidad de Cundinamarca, extensión de Facatativá.

DESCRIPCIONES


Descripción 1 de 10

DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO POR PARTICIPANTE EN EL PROYECTO

ID	Nombre del Docente	Documento	Tipo de vinculación al proyecto	Horas semanales dedicadas al proyecto	Facultad y/o Dependencia	Grupo de Investigación	Programa Académico
1	Francisco Alfonso Lanza Rodríguez		Investigador principal	4 horas	Facultad de ingeniería	GISTFA	Ingeniería de sistemas y computación
2	Fredy Alejandro	1015999692	Investigador auxiliar	10 horas	Facultad de ingeniería		Ingeniería de sistemas y

¹Hasta 20 palabras

²Hasta 5palabras

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 4 de 28

	Zarate Abril						computaci ón
3	Ivone Gisela López Cruz	10123212 22	Investigad or auxiliar	10 horas	Facultad de ingeniería		Ingeniería de sistemas y computaci ón

Descripción 2 de 10
IMPACTO DEL PROYECTO

El presente proyecto busca ser un apoyo para la monitorización deL sistema acuapónico en el laboratorio de acuaponía de la Universidad de Cundinamarca extensión Facatativá, a través de la implementación de un aplicativo móvil y modelos de inteligencia artificial para ayudar a combatir los desafíos que según Pérez Arturo, no son solo la producción de alimentos para una población en crecimiento constante, sino también, asegurar suficiente agua limpia, suelo agrícola, energía y mano de obra, de tal manera que se reduzcan los efectos adversos al tratar de satisfacer las necesidades básicas de las generaciones presentes y futuras (adaptado de Pérez et al., 2018).

El desarrollo de sistemas acuapónicos en el contexto local es más sostenible que su implementación de sus subsistemas de manera independiente (acuicultura e hidroponía), debido a que permite utilizar recursos como el agua y nutrientes de manera circular en estos dos sistemas de forma óptima. Cazorla A. (2021) asegura haber demostrado una reducción de hasta el 70% del consumo de agua en sistemas acuapónicos frente a cultivos tradicionales, debido a que la tecnología de la acuaponía aprovecha fertilizantes naturales o compostaje producido por los peces sin necesidad de aportar más agua semanalmente.


La seguridad alimentaria y nutricional se ha convertido en una situación preocupante a nivel mundial, y Colombia no es ajena a este desafío. Aproximadamente 30% de la población colombiana enfrenta inseguridad alimentaria y nutricional (World Food Programee, 2023). La implementación de este proyecto puede tener un impacto significativo en la seguridad alimentaria y en la economía local al proporcionar procesos más eficientes y accesibles a agricultores de pequeña y mediana escala.

Además, al fortalecer las capacidades tecnológicas de los productores y promover el uso de infraestructura digital, el proyecto no solo contribuye a mejorar la seguridad alimentaria y dinamizar la economía local, sino que también impulsa activamente la modernización e innovación inclusiva del sector agrícola. Este enfoque se alinea directamente con las metas del Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), promoviendo el desarrollo de infraestructuras resilientes y fomentando la innovación tecnológica accesible.

Descripción 3 de 10
TRAYECTORIA Y CAPACIDAD EN INVESTIGACION, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACION DEL GRUPO (S)

El grupo de investigación de Sistemas y Tecnología Facatativá (GISTFA) se creó en 2010 para fortalecer la investigación en el programa de Ingeniería de Sistemas de la UdeC, extensión Facatativá. Para 2012, comenzó a desarrollar propuestas con impacto institucional y regional, enfocándose en convertir los resultados de sus semilleros en proyectos efectivos. A través de convenios con empresas locales, implementó iniciativas de desarrollo e innovación en municipios cercanos, así como en la Escuela de Comunicaciones Militares, la Policía Nacional y la Empresa de Agua de Facatativá. Entre sus logros, destacó la creación de soluciones de software para el Instituto Distrital de Recreación y Deporte de Bogotá (IDRD) en el marco del convenio UdeC-IDRD (2012-2015).

El crecimiento de GISTFA le permitió abordar objetivos más ambiciosos, como proyectos interdisciplinarios e interinstitucionales, incluyendo alianzas con el grupo CIAM de UNIMETA. También promovió el emprendimiento y la innovación para fortalecer la transferencia de conocimiento y los lazos con el sector empresarial. Actualmente, su enfoque interdisciplinario le permite apoyar otros programas de la Universidad de Cundinamarca. En la evaluación de MINCIENCIAS en 2025 mantuvo la categoría “C”, gracias a su producción investigativa y sus metodologías de desarrollo en TIC. Además, cuenta con cuatro semilleros de investigación, destacando “SERFAC”, especializado en robótica, sistemas acuapónicos y automatización industrial. Ha trabajado en proyectos como la protección de lepidópteros mediante inteligencia artificial y robótica en convenio con la Universidad del Meta, así como el desarrollo de un simulador de tiro

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 5 de 28

montado para la Escuela de Carabineros “Alfonso López Pumarejo”. También participa en eventos científicos nacionales e internacionales.

RESUMEN EJECUTIVO³

El avance tecnológico ha permitido que la gestión de sistemas acuapónicos evolucione hacia soluciones más eficientes y automatizadas. En este contexto, el proyecto "Aplicativo móvil para optimizar la gestión remota de sistemas acuapónicos, aplicando modelos de inteligencia artificial" busca transformar la manera en que estos sistemas son supervisados y administrados.

Este desarrollo tecnológico permitirá a los productores monitorear y predecir en tiempo real y a distancia el tamaño y peso de los peces y el crecimiento de las plantas desde una plataforma móvil intuitiva. A través de la integración de modelos de inteligencia artificial, la aplicación procesará datos críticos como ph, temperatura, conductividad, oxigenación, área foliar, longitud, entre otras, generando alertas, predicciones y recomendaciones basadas en análisis avanzados. De esta manera, se logrará optimizar el rendimiento de los sistemas acuapónicos, reducir costos y mejorar la eficiencia en la producción.

Además de facilitar la gestión remota, este aplicativo contribuirá a la sostenibilidad de las unidades productivas al optimizar el uso de recursos naturales, promoviendo un modelo accesible y automatizado para pequeños y medianos productores. Con su implementación, se espera fortalecer la producción en el prototipo del laboratorio acuapónico de la Universidad de Cundinamarca de la extensión de Facatativá, proporcionando una herramienta innovadora que impulse el crecimiento del sector y su transición hacia una agricultura inteligente.

Descripción 5 de 10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ⁴

El crecimiento de la población mundial y la creciente demanda de alimentos han impulsado la búsqueda de sistemas de producción sostenibles y eficientes. En este contexto, la acuaponía se ha consolidado como una alternativa innovadora al integrar la acuicultura y la hidroponía en un ciclo cerrado de producción, optimizando el uso de recursos hídricos y minimizando el impacto ambiental (Goddek et al., 2019). Sin embargo, la gestión de estos sistemas sigue enfrentando múltiples desafíos, especialmente en lo que respecta al monitoreo y control de variables críticas como la calidad del agua, el nivel de oxígeno disuelto y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Rakocy, 2012).


Uno de los principales problemas que enfrentan los productores acuapónicos es la falta de herramientas tecnológicas que permitan una supervisión eficiente y remota de estos parámetros. La mayoría de los sistemas actuales dependen de mediciones manuales y monitoreo presencial, lo que limita la capacidad de respuesta ante fluctuaciones inesperadas en el sistema y aumenta el riesgo de pérdidas en la producción (Tyson et al., 2011). Además, los pequeños y medianos productores, quienes representan una parte significativa del sector, a menudo carecen de acceso a tecnologías avanzadas debido a los altos costos y la complejidad de implementación (Knaus et al., 2021).

La inteligencia artificial (IA) ha demostrado ser una herramienta poderosa para mejorar la eficiencia en distintos sectores productivos, incluyendo la agricultura y la acuaponía. Modelos de aprendizaje automático pueden analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, identificar patrones y generar predicciones precisas sobre el comportamiento de los sistemas (van Delden et al., 2021). La aplicación de estas tecnologías en la acuaponía permitiría optimizar la toma de decisiones, reducir costos operativos y mejorar la sostenibilidad de las unidades productivas.

En respuesta a esta problemática, el presente proyecto propone el desarrollo de un aplicativo móvil que integre modelos de inteligencia artificial para optimizar la gestión remota del sistema acuapónico del laboratorio de acuaponía de la Universidad de Cundinamarca extensión Facatativá. Esta herramienta permitirá a los productores monitorear en tiempo real las condiciones del agua, recibir

³Debe elaborarse en máximo 500 palabras y contener la información necesaria para darle al lector una idea precisa de la pertinencia y calidad proyecto. Los objetivos (generales y específicos), resultados esperados y estrategia de comunicación deben ser presentados en forma clara y precisa. Se recomienda además hacer una breve síntesis del problema a investigar, marco teórico y metodología a utilizar

⁴Es fundamental formular claramente la pregunta concreta que se quiere responder, en el contexto del problema a cuya solución o entendimiento se contribuirá con la ejecución del proyecto. Se recomienda, hacer una descripción precisa y completa de la naturaleza y magnitud del problema. Por otro lado, el investigador deberá identificar cuál será el aporte del proyecto a la generación de nuevo conocimiento sobre el tema

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 6 de 28

alertas automatizadas y acceder a predicciones basadas en análisis avanzados de datos. De esta manera, se busca contribuir al fortalecimiento del sector acuapónico, facilitando la adopción de tecnologías inteligentes y promoviendo un modelo de producción más eficiente y sostenible.

Descripción 6 de 10
JUSTIFICACIÓN ⁵

El presente proyecto busca diseñar, construir e implementar un aplicativo móvil para el monitoreo de sistemas acuapónicos integrando módulos de inteligencia artificial, tomando como caso de estudio el laboratorio de Acuaponía de la Universidad de Cundinamarca extensión Facatativá.

A través de este aplicativo móvil, los agricultores podrán llevar un seguimiento del estado del cultivo en tiempo real a través del procesamiento de datos críticos que, según (Renteria Murillo, 2023) “las variables críticas que se encuentran presentes en los cultivos acuapónicos son: Amonio, conductividad eléctrica, dureza, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, pH y temperatura como ph, temperatura, oxígeno, nitrógeno”.

Además, a través de la integración de la Inteligencia Artificial (IA) se podrán procesar datos para realizar predicciones del sistema acuapónico y notificar al administrador del sistema sobre posibles riesgos, siendo identificados de manera prematura, de tal manera que el administrador pueda realizar acciones inmediatas, reduciendo el porcentaje de muerte de peces, disminución de enfermedades, mejorando la absorción de nutrientes en plantas para el subsistema hidropónico y reduciendo tiempos de monitorización. Según Ramirez D., Sabogal D., Jimenez P. y Giraldo H., “La aplicación de este tipo de tecnologías en Colombia, puede tener resultados supremamente positivos, entre ellos se encuentra, la disminución en los costos de los alimentos, la mayor disponibilidad de estos y más aún en las zonas menos asequibles; y a las personas más afectadas por problemas como la desnutrición, ya sea en los campos o ciudades” (Ramírez et al., 2017).

Se ha demostrado que la acuaponía es una alternativa para el mejoramiento de economía en familias en condición de vulnerabilidad y poblaciones comunales, por otra parte, permite de manera sencilla la enseñanza en escuela primarias, secundarias y agrícolas (incluyendo a adultos) relacionadas a la comprensión de producciones sustentables, reciclado de nutrientes y otros temas técnicos y biológicos, de importancia en la formación estudiantil (Candarle P., 2015). La implementación modular de este proyecto, a través de un desarrollo bien documentado y una ejecución guiada, permitirá una expansión a pequeña y mediana escala en el Municipio de Facatativá, adaptándose a pequeñas fincas y a sistemas urbanos de acuaponía, promoviendo una mejora en la seguridad alimenticia, un crecimiento económico local y promoción de sistemas acuapónicos de uso educativo.

De igual manera, el presente proyecto pretende contribuir a los siguientes Objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la Organización de Naciones Unidas (2018), Hambre cero (2), agua limpia y saneamiento (6), industria, innovación e infraestructura (9), ciudades y comunidades sostenibles (11), acción por el clima (13) y vida de ecosistemas terrestres (15).


Descripción 7 de 10
OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS⁶
Objetivo General

Desarrollar un aplicativo móvil basado en modelos de inteligencia artificial para la optimización de la gestión remota del prototipo del laboratorio acuapónico de la Universidad de Cundinamarca, extensión Facatativá.

Objetivos Específicos

⁵ Apartado en el que se presentan las vías alternas que existen para abordar el problema y, por consiguiente, las consideraciones que justifican la elección de una alternativa pertinente en correspondencia con la propuesta. Es de suma importancia argumentar la viabilidad y pertinencia de la propuesta en un corto, mediano y largo plazo. En este apartado se clarifica su contribución a la sociedad en conformidad con el objetivo general y el enfoque de esta convocatoria, por lo que se explicitan además los aportes frente al MEDIT, las líneas translocales y los ODS.

⁶Los objetivos deben mostrar una relación clara y consistente con la descripción del problema y, específicamente, con las preguntas o hipótesis que se quieren resolver. La formulación de objetivos claros y viables constituye una base importante para juzgar el resto de la propuesta y, además, facilita la estructuración de la metodología

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 7 de 28

1. Analizar y definir los requerimientos del aplicativo móvil basados en el modelo actual de negocio del sistema de información del laboratorio acuapónico de la Universidad de Cundinamarca extensión Facatativá.
2. Diseñar la arquitectura del aplicativo móvil mediante diagramas UML para cada una de las dimensiones del Software.
3. Codificar el aplicativo móvil integrando modelos de inteligencia artificial (redes neuronales y machine learning), incluyendo su entrenamiento y ajustes para la optimización de la gestión remota del laboratorio acuapónico.
4. Realizar pruebas de diseño y funcionales del aplicativo móvil e integrarlo al sistema de información del laboratorio acuapónico de la Universidad de Cundinamarca.
5. Realizar capacitación a usuarios finales y evaluación de usabilidad del aplicativo móvil, utilizando la metodología mixta de investigación y la utilización de la herramienta MaxQDA.

Descripción 8 de 10
METODOLOGIA PROPUESTA⁷

Para el desarrollo de esta investigación, se optará por una metodología mixta, la cual permitirá abordar el análisis de la usabilidad del aplicativo desde una perspectiva integral que combine enfoques cuantitativos y cualitativos. Según Creswell y Plano Clark (2017), la metodología mixta permite aprovechar la complementariedad de ambos enfoques, integrando el análisis numérico con la interpretación de aspectos subjetivos, lo que facilita una mejor comprensión de problemas complejos.

En el componente cuantitativo, se utilizarán encuestas con preguntas cerradas dirigidas a estudiantes del programa de ingeniería de sistemas y computación de la UdeC-Facatativá. Estos participantes recibirán una capacitación previa sobre el uso del aplicativo y posteriormente, realizarán tareas específicas dentro de la herramienta. Se registrarán métricas como tiempos de ejecución y al finalizar, completarán el cuestionario estructurado para medir eficiencia, efectividad y satisfacción.

El componente cualitativo se desarrollará mediante la aplicación de cinco preguntas abiertas a profesores y graduados del programa, para profundizar en la experiencia de uso. Estas permitirán explorar percepciones sobre la facilidad de uso, identificar barreras o mejoras no detectadas en las encuestas y comprender las razones detrás de las valoraciones obtenidas. Así, se logrará una visión integral y contextualizada de la experiencia del usuario.

En cuanto a la metodología de desarrollo, se utilizarán elementos del marco de trabajo Scrum, ya que es un enfoque iterativo e incremental diseñado para gestionar el desarrollo de productos complejos en entornos de incertidumbre y cambio constante (Schwaber & Sutherland, 2020). Su adopción se fundamenta en la necesidad de adaptabilidad, crucial al trabajar con modelos de inteligencia artificial cuyo comportamiento puede requerir ajustes frecuentes y en su capacidad para entregar valor funcional de forma temprana y continua a través de ciclos cortos (Sprints), permitiendo obtener retroalimentación constante.


Descripción 9 de 10
ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO O INNOVACIÓN⁸

La acuaponía es la integración del método de cultivar productos agrícolas sin la necesidad de un terreno de siembra “hidroponía” y la recirculación de la crianza y producción en cautiverio de peces u otros animales y plantas acuáticas bajo condiciones controladas “acuicultura” (Somerville et al., 2022).

Específicamente, en la acuaponía existen muchas aplicaciones potenciales para inteligencia artificial (IA), algoritmos de minería de datos y aprendizaje automático en todas las etapas de producción, desde el criadero hasta la cosecha de peces, como el procesamiento de imágenes e inspección

⁷Se deberá mostrar, en forma organizada y precisa, cómo será alcanzado cada uno de los objetivos específicos propuestos. La metodología debe reflejar la estructura lógica y el rigor científico del proceso de investigación, empezando por la elección de un enfoque metodológico específico (preguntas con hipótesis fundamentadas correspondientes, diseños muestrales o experimentales de corte cualitativo), y finalizando con la forma como se van a analizar, interpretar y presentar los resultados. Deben detallarse los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas requeridas para la investigación

⁸Síntesis del contexto general (nacional y mundial) en el cual se ubica el tema de la propuesta, estado actual del conocimiento del problema, brechas que existen y vacío que se quiere llenar con el proyecto. Porqué y cómo la investigación propuesta, a diferencia de investigaciones previas, contribuirá, con probabilidades de éxito, a la solución o comprensión del problema planteado

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 8 de 28

basada en el reconocimiento de patrones de la calidad del huevo, el número de peces, tamaño, biomasa, género, especies, bienestar, incidencia de enfermedades y calidad del producto final (Soto, et al., 2024). En este contexto, realizar un estado del arte de los diferentes modelos de inteligencia artificial es crucial para adoptar un contexto a cerca de los alcances obtenidos por cada aplicación y a su vez, definir oportunidades de innovación.

Precisamente, el aprendizaje automático (Machine Learning) y el aprendizaje profundo (Deep Learning) son alternativas que se están aplicando dentro del marco de la inteligencia artificial, para optimizar y resolver nuevos problemas que la actividad acuícola presenta (Vásquez-Quispesivana et al., 2022). Estas ramas de IA no solo resuelven problemas tradicionales, sino que pretenden resolver problemáticas emergentes como la ineficiencia en el uso del agua y la mala optimización de procesos.

Según Montalván et al., (2024), la inteligencia artificial tiene el potencial de transformar radicalmente los métodos tradicionales en varios campos, ofreciendo soluciones innovadoras a problemas complejos y mejorando la eficiencia y personalización de los servicios. Por lo tanto, la aplicación de la IA en el desarrollo de la acuaponía ayudaría a optimizar y a gestionar mejor las condiciones del sistema.

A continuación, se presentan algunos de los modelos de inteligencia artificial aplicados en sistemas acuapónicos, los cuales han sido explorados en diversas investigaciones con el objetivo de mejorar la eficiencia del monitoreo y la gestión de variables críticas en sistemas acuapónicos.

En primera instancia, en India, la revista International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication (IJRITCC) publicó un artículo titulado “Smart Aquaponics with Integration of AI and IoT for Yield Enhancement through Real-Time Monitoring and Decision Support” (Gayam, et al., 2023), este artículo se centra en la integración de inteligencia artificial y el Internet de las cosas (IoT) en los sistemas de acuaponía para mejorar la producción mediante monitoreo en tiempo real y soporte para la toma de decisiones.


Esta propuesta concluye que la combinación de sensores IoT con algoritmos de IA permite monitorear en tiempo real las condiciones del agua y el ambiente, lo que optimiza el crecimiento de peces y plantas. Gracias a este monitoreo constante, los agricultores pueden tomar decisiones informadas que contribuyen a mejorar el rendimiento y la eficiencia del sistema acuapónico.

Se puede evidenciar el uso de redes neuronales profundas (DNN) implementadas con Python con la ayuda de la biblioteca Keras. Según el equipo de Keras (2015), “Keras es la API de alto nivel de TensorFlow para construir y entrenar modelos de aprendizaje profundo. Se utiliza para la creación rápida de prototipos, la investigación de vanguardia (estado-del-arte) y en producción”. Según Gayam Kiran, Jain Anuj, Singh Rajesh, Gehlot Anita y Akram Vaseem, las razones por las cuales se eligió la biblioteca Keras es porque había una relación no lineal entre el conjunto de datos y es conocido que las redes neuronales son excelentes en relaciones no lineales entre variables. Además, Las redes neuronales de Keras pueden aprender automáticamente interacciones características, permitiendo al modelo identificar dependencias entre las variables ambientales para predicciones precisas. Por último, los regresores estándar dificultan la optimización para una generalización eficaz en escenarios como sistemas de monitorización de acuaponia. (Gayam, et al., 2023).

Por lo tanto, es evidente que la integración de la IA y el IoT en sistemas de acuaponía tiene un gran potencial para mejorar la producción agrícola de manera sostenible, permite un mejor control del sistema, incrementa la rentabilidad y minimiza el impacto ecológico.

Continuando con el uso de Redes Neuronales, se halló un artículo titulado “Design and Implementation of Smart Hydroponics Farming for Growing Lettuce Plantation under Nutrient Film Technology” en el cual, segun Venkatram y Surendran (2023), se describe el diseño de un cultivo hidropónico en india (NFT) enfocado al uso del internet de las cosas y algoritmos de aprendizaje automatico (Machine Learning). Con esta implementación, se pretende monitorizar y optimizar el proceso de cultivo a través de la toma de variables ambientales y nutricionales.

Se utilizó el algoritmo de predicción basado en RNN-LSTM (Recurrent Neural Network – Long Short-Term Memory) que segun Venkatram y Surendran (2023), es un tipo de algoritmo basado en red neuronal profunda adecuada para datos secuenciales. Este modelo se entrena con datos históricos de los sensores (pH, temperatura, humedad, flujo de agua e intensidad de luz, con el objetivo de reconocer patrones normales en los datos recopilados del sistema IoT. Este modelo fue entrenado

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 9 de 28

con datos en tiempo real, usando 5000 entradas durante 10000 épocas para generar acciones de control apropiadas, demostrando que la capacidad que tiene RNN-LSTM para detectar fallos en el sistema hidropónico a lo largo del tiempo.

La implementación de este sistema y su algoritmo de RNN-LSTM predice condiciones futuras, detecta anomalías y genera control para la optimización del cultivo hidropónico NFT para lechugas, a través del control de soluciones nutritivas, aumentando la productividad y facilitando la agricultura en áreas con recursos limitados.

Por otro lado, se encontró un artículo por Ghandar et al. (2021) titulado “A Decision Support System for Urban Agriculture Using Digital Twin: A Case Study With Aquaponics”. En este artículo se describe un sistema para el apoyo de la toma de decisiones para la agricultura urbana, tomando el caso de estudio de la acuaponía. Para esto, se utiliza una implementación ciberfísica de la acuaponía con capacidades adaptativas mediante un sistema de gemelo digital y aprendizaje automático. El objetivo de esta implementación responde a minimizar el desperdicio de recursos en estos sistemas y escalar la producción urbana para competir con la industria tradicional.

Se propone un sistema basado en modelos de inteligencia artificial para coordinar sistemas agrícolas. Para ello se propuso la implementación de un gemelo digital, simulando el sistema acuapónico real, e integración de Machine Learning. Para ello, se probaron varios modelos de Machine Learning como Regresión Lineal (LR), Regresión de Vectores de Soporte (SVR), Árboles de Decisión (DT) y XGBoost.

Los modelos se entrenaron y evaluaron con datos recopilados durante un período de prueba de 3 meses de la instalación de acuaponía. Se usaron características como la temperatura del agua, pH, cantidad de alimento y sales disueltas, las cuales fueron tomadas por los modelos de Machine Learning para predecir el crecimiento diario de los peces en gramos por día y la tasa de crecimiento semanal en pulgadas por semana. Para esto, los entrenamientos de los modelos tuvieron que hacerse en un PC externo debido a que no podían ser corridos en el microprocesador Raspberry Pi en la unidad de acuaponía.

Finalmente, para la predicción del crecimiento de peces se obtuvo que los algoritmos de inteligencia artificial SVR y DT obtuvieron un error absoluto medio de 0.29, siendo los menores valores de errores absolutos comparados con LR y XGBoost obteniendo 0.31 y 0.36 respectivamente.

En Bangladesh se publicó en 2021 una investigación científica titulada “IoT based Smart Water Quality Prediction for Biofloc Aquaculture” Rashid et al. (2021). La investigación presenta un sistema inteligente basado en Internet de las Cosas diseñado para la acuicultura con tecnología biofloc. A través de sensores implementados en el sistema se toman datos críticos de la calidad del agua como pH, temperatura y sólidos resueltos, posteriormente a través de un modelo de inteligencia artificial (ANN) para mostrar al administrador del sistema y mostrar notificaciones.

La ANN consta de una capa de entrada, cinco capas ocultas y una capa de salida, utilizando un número de nodos 32, 32, 64, 64, 128 respectivamente, para finalmente mostrar en la capa de salida diferentes niveles de oxígeno disuelto. Para el entrenamiento se recopilaron datos de variables críticas durante más de 3 meses de dos granjas de acuicultura, guardando estos en archivos csv. Para el desarrollo de esta ANN se usó Python 3.8 y librerías como TensorFlow, Keras, Pandas, Patplotlib y Numpy.

El conjunto de datos fue separado con fines de entrenamiento y pruebas posteriores, tomando un 80% y 20% respectivamente, asegurando que los datos usados para pruebas sean diferentes a los usados en el entrenamiento.

Se implementó el sistema con éxito, obteniendo resultados satisfactorios. La Red Neuronal Artificial alcanzó una precisión del 77.3% siendo capaz de monitorizar parámetros críticos que determinan la calidad del agua.

Por otra parte, en indonesia se publicó un artículo por Herman et al. (2019) titulado “Hydroponic Nutrient Control System Based on Internet of Things” en el cual se describe un sistema para controlar los nutrientes en un cultivo hidropónico a través de vez de un algoritmo de Machine Learning llamado K-NN (K Vecinos más cercanos). El sistema mide en tiempo real variables críticas del sistema hidropónico como pH, sólidos disueltos totales y temperatura recopilada a través de sensores IoT. Según Herman (2019) el algoritmo compara las lecturas actuales con un conjunto de datos

previamente etiquetado. A esta técnica se le conoce como aprendizaje supervisado. Posteriormente, calcula la distancia (diferencia) entre los datos actuales y los datos utilizados para el entrenamiento para identificar los k más cercanos en el conjunto del entrenamiento. La salida final (etiqueta) se determina por la etiqueta más frecuente que se encuentre entre los k más cercanos. Una vez obtenida la salida, se enviarán comandos específicos al microcontrolador dependiendo del estado de las variables, efectuando los actuadores del sistema.

El algoritmo implementado alcanzó una efectividad de 93.3% declarando a k (vecinos) como 5. A través de este resultado se determinó que el algoritmo K-NN tiene mejor resultados que el uso de DNN. Sin embargo, la implementación de lógica difusa obtuvo un mayor rendimiento que K-NN aunque este no podía interactuar con los actuadores del sistema simultáneamente.

Por otro lado, en la Universidad Autónoma Chapingo de México entre una revisión de literatura se menciona el sistema adaptativo neuro difuso (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, ANFIS), el cual, según Soto et al. (2024), es la fusión entre el desarrollo de Redes Neuronales Artificiales ANN (Artificial Neuronal Network) y de Lógica Difusa (FIS). Según Soto (2024), el uso de ANFIS y ANN son herramientas poderosas para analizar, predecir, simular y optimizar una amplia gama de procesos en la producción agrícola. Este sistema híbrido se utiliza para la predicción de calidad de agua como oxígeno disuelto, temperatura, amonio, además de tener la capacidad de predicción de biomasa de peces y plantas en sistemas acuapónicos. Según Soto (2024), también es utilizado para la regulación del ph y mantener niveles de nutrición en su nivel óptimo.


Además, en esta revisión mencionan como Wuyan et al. (2021) comparó modelos ANFIS y BPNN (Red Neuronal de Retropropagación) para la predicción de oxígeno disuelto (OD) en un sistema de acuicultura en China, y encontraron que existe una relación entre pH y amonio en la concentración de OD. Se demostró que el modelo ANFIS es mejor que el BPNN y pudo predecir un día adelante la concentración de oxígeno y eso permitió que los productores pudieran tomar acciones.

Igualmente, en Asia (Indonesia y Japón) se publicó un artículo científico por Vincentdo & Surantha (2023) sobre el desarrollo de un sistema hidropónico basado en el sistema adaptativo neuro difuso ANFIS para monitorear y controlar de manera automática los niveles de pH y nutrientes. Este modelo se utilizó para crear controladores difusos que regulan el pH y los niveles de nutrientes en el sistema hidropónico, para ello, se crearon 4 modelos de ANFIS distintos, variando en la estructura de múltiples entradas y única salida (Modelo pH Up, Modelo pH Down, Modelo TDS Up, Modelo TDS Down), el modelo determina si debe aumentar el pH, bajar el pH, abrir la bomba de nutrientes y abrir la bomba de agua respectivamente. La salida de la ANFIS se envía a los microcontroladores Arduino que determinan el estado de los actuadores del sistema, permitiendo realizar ajustes necesarios en el depósito de agua.

Se demostró que el método difuso implementado con redes neuronales obtuvo un 67% más de precisión que un método difuso Sugeno, además, se demostró que después de una alteración en las variables del sistema hidropónico, la ANFIS detectaba estos cambios y al ejecutar las respectivas acciones en los actuadores, los niveles de pH y nutrientes volvían a la normalidad. Finalmente, se desarrolló un aplicativo web con una vista tabulada mostrando los datos del sistema en tiempo real.

De igual manera, en México, Illescas et al. (2022), desarrollaron, entrenaron y evaluaron una Red Neuronal Artificial retro-propagada (ANN) para predecir la concentración de oxígeno disuelto en un sistema acuapónico con 15 minutos de antelación. El método de entrenamiento con mayor desempeño fue Levenberg-Marquadt combinando la función de aprendizaje de gradiente descendente para pesos y sesgo. Se utilizó una base de 1044 series de datos para el desarrollo de la red neuronal, de los cuales el 90% se utilizó para el entrenamiento, validación y prueba de la red, y el 10% restante para la evaluación de la misma Illescas et al. (2022). Antes de proporcionar los datos a la red, se realizó una regresión lineal para llenar los datos faltantes y la aplicación del filtro Savitzky-Golay para suavizar los datos y eliminar el ruido anómalo. La red neuronal artificial es capaz de predecir la concentración de oxígeno disuelto con una eficiencia del 93.8%. En el artículo Illescas et al. (2022) indican que la predicción de oxígeno disuelto en sistemas acuapónicos es posible con una red neuronal. entrenada, incluso sin tener un sensor de oxígeno, siempre que se tengan los datos: Temperatura del agua, temperatura del ambiente, radiación solar, pH, conductividad eléctrica y humedad relativa. De esta manera se utilizan estas 6 variables críticas produciendo una única salida: predicción de concentración de oxígeno disuelto.

A nivel latinoamericano, en Brasil se publicó un artículo titulado “Artificial intelligence for small hydroponics farms employing fuzzy logic systems and economic analysis” (Amalia et al., 2023), se

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 11 de 28

menciona la falta de tecnología accesible y eficiente para la automatización del proceso de mezcla de nutrientes en granjas hidropónicas pequeñas y medianas, especialmente en países en desarrollo. Por tal motivo el objetivo del artículo es desarrollar y evaluar una máquina automatizada de mezcla de nutrientes para granjas hidropónicas pequeñas y medianas, utilizando inteligencia artificial basada en lógica difusa, con el fin de mejorar la eficiencia del proceso, optimizar el uso de recursos y reducir costos operativos en comparación con la mezcla manual.

Esta máquina automatiza el proceso de alimentación en sistemas hidropónicos, utiliza lógica difusa para calcular y ajustar la cantidad exacta de nutrientes y agua, asegurando una distribución equilibrada y eficiente. Gracias a su sistema de control, regula variables como el nivel de agua, la concentración de nutrientes y el flujo de mezcla, evitando errores humanos y garantizando condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas.

Según D’Negri et. Al. (2006) “La lógica difusa es una técnica computacional que permite trabajar con información de alto grado de imprecisión. Es una lógica multivaluada que permite valores intermedios para poder definir evaluaciones entre sí /no, verdadero/falso, blanco/negro”. En este contexto, es aplicada al desarrollo de reglas difusas para una máquina mezcladora de nutrientes. Se utiliza un enfoque multivariable con dos entradas (nivel de agua y nutrientes) dos salidas (descarga de agua y descarga de nutrientes). Posteriormente, se definieron términos lingüísticos que el monitor va a tomar dependiendo del valor de estas variables de lógica difusa, dando información al usuario sobre nivel de agua (bajo, medio, alto) y concentración de nutrientes (bajo, medio, alto).

Este modelo de lógica difusa recibe 2 entradas (nivel de agua y contenido de nutrientes), y como resultado genera dos salidas (tasa de descarga de agua y tasa de descarga de nutrientes). Esto se logra a través de reglas heurísticas simulando la interacción que podría tener una persona con los actuadores. Como resultado, redujo el tiempo de trabajo necesario para la mezcla de nutrientes en un 78%, por lo que se tradujo en un ahorro de costos en la mano de obra (tomado y adaptado de Amalia et al., 2023).

Se puede apreciar que este enfoque basado en IA permite que la máquina funcione de manera eficiente sin necesidad de intervención constante del agricultor. Además, reduce el desperdicio de insumos, lo que contribuye a una mayor sostenibilidad y rentabilidad en la producción hidropónica.

A nivel nacional, en un trabajo de investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana en Colombia titulado “Diseño de un sistema acuapónico monitoreado mediante internet de las cosas e inteligencia artificial” (Oviedo-Lopera et al., 2020), se centran en la necesidad que encontraron de optimizar la producción acuapónica para mejorar la seguridad alimentaria en Colombia, un país que enfrenta problemas de desnutrición y sobrepeso (Oviedo-Lopera et al., 2020). La propuesta busca integrar tecnologías avanzadas como el IoT y la IA para abordar la ineficiencia en el monitoreo de variables críticas relacionadas con el ambiente de cultivo, permitiendo una toma de decisiones más informada y en tiempo real (Oviedo-Lopera et al., 2020).

Oviedo et al., diseñaron un sistema acuapónico basado en una arquitectura de cuatro capas: censado, comunicaciones, servicios y aplicaciones. Esta estructura permitió monitorear en tiempo real variables como el aire, el suelo, el agua, las plantas y los animales. Además, se implementó un prototipo de servicio de inteligencia artificial para el análisis y predicción del comportamiento del sistema, utilizando técnicas de aprendizaje supervisado y no supervisado para identificar patrones y mejorar la toma de decisiones.

Para este desarrollo, en la capa de servicios se implementaron tres estrategias de Machine Learning y Deep Learning: aprendizaje supervisado, con lo que se puede realizar la predicción de variables ambientales e identificar las fuentes de contaminación a través del tiempo y el espacio, implementando técnicas como: árboles de decisión, redes neuronales, máquinas de soporte vectorial, métodos bayesianos, métodos de regresión y métodos perezosos; aprendizaje no supervisado, que con técnicas como el uso del algoritmo K-means se puede hacer análisis de clustering para la creación de reglas asociadas y correlaciones para el análisis de factores; imágenes capturadas, tomando imágenes de peces para pronosticar el peso de los mismos y el estado de las plantas utilizando histogramas de color, textura y características lógicas detectando figuras y áreas (adaptado de Oviedo-Lopera et al., 2020).

Con lo anterior, se puede observar que el uso de IoT y la IA en acuaponía facilita la automatización y optimización del proceso, permitiendo mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción acuapónica en diferentes escalas.

A nivel local en la Universidad de Cundinamarca sedé Facatativá se diseñó una “SOLUCIÓN INFORMÁTICA, EN AMBIENTE WEB, COMO APOYO A LA GESTIÓN Y CONTROL DE UN LABORATORIO DE ACUAPONÍA DE UNA UNIVERSIDAD COLOMBIANA” (Riveros et al., 2022), con el objetivo de desarrollar un aplicativo web que apoye la gestión y control del laboratorio de acuaponía, mejorando la comunicación entre hardware y software debido a la necesidad de supervisar diversas variables técnicas en tiempo real de los sistemas acuapónicos, como la calidad del agua, temperatura y niveles de nutrientes. Estas condiciones son fundamentales para el éxito del sistema, que integra acuicultura e hidroponía. La falta de herramientas que faciliten la trazabilidad de los datos recolectados limita el desarrollo de investigaciones y la implementación de mejoras, lo que puede llevar a una gestión ineficiente de los recursos en el laboratorio "LESTOMA" de la Universidad de Cundinamarca.

En este proyecto no se utiliza algún tipo de inteligencia artificial, ya que se basa en soluciones de software más tradicionales utilizando .Net Framework, Angular, microcontroladores, Arduino y protocolos de comunicación (CRC). Sin embargo, es importante mencionar este proyecto, ya que es un antecedente a nivel local (Universidad de Cundinamarca - extensión Facatativá) que nos proporciona un contexto inicial para desarrollos futuros.

Como resultado, se obtuvo que la creación del aplicativo web mejoró la administración de los sistemas acuagénicos al permitir un monitoreo y control en tiempo real, optimizando la eficiencia operativa y facilitando las decisiones informadas.

A continuación, se presenta una síntesis de la información recopilada durante la revisión del estado del arte sobre la aplicación de técnicas de inteligencia artificial en sistemas de cultivo sin suelo. La Tabla 1 consolida los principales modelos de IA identificados en la literatura y los asocia con los sistemas específicos (hidroponía, acuaponía, acuicultura) donde han sido implementados, ofreciendo una visión general de las tendencias tecnológicas en este campo.

Tabla 1. Modelos de Inteligencia Artificial Aplicados en Sistemas de Acuaponía, Hidroponía y Acuicultura


Modelo de Inteligencia artificial	Sistema aplicado	Referencia
DNN	Acuaponía	Gayam, et al. (2023)
ANN	Acuicultura	Rashid et al. (2021) Illescas et al. (2022)
KNN	Hidroponía	Herman et al. (2019)
RNN	Hidroponía	Venkatram y Surendran (2023)
SVR	Acuaponía	Ghandar et al. (2021)
ANFIS, FIS	Hidroponía	Pérez et al. (2024) Amalia et al. (2023)
K-MEANS	Acuaponía	Oviedo-Lopera et al. (2020)

Nota. Elaboración propia basada en la revisión del estado del arte realizada. Esta tabla presenta una síntesis de los modelos y sistemas identificados. DNN = Red Neuronal Profunda; ANN = Red Neuronal Artificial; KNN = K-Vecinos Más Cercanos; RNN = Red Neuronal Recurrente; SVR = Máquina de Vectores de Soporte para Regresión; ANFIS = Sistema de Inferencia Difuso Adaptativo Basado en Redes; FIS = Sistema de Inferencia Difuso; K-MEANS = K-Medias.

Descripción 10 de 10
BIBLIOGRAFÍA

Amalia, A. F., Rahayu, H. S. P., Rahardjo, Y. P., Hutahaeen, L., Rohaeni, E. S., Indrawanto, C., Saptati, R. A., Siagian, V., & Waris, A. (2023). Artificial intelligence for small hydroponics farms employing fuzzy logic systems and economic analysis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental*, 27(9), 690-697. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n9p690-697>

Candarle, P. (2015). Técnicas de acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo agrícola,(CENADAC), Dirección de acuicultura.

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 13 de 28

Cazorla Santana, A. (2021). La reurbanización sostenible de las áreas de actividad económica. De los polígonos industriales a los polígonos de agricultura tecnificada. [UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA]. <https://riunet.upv.es/entities/publication/816a6a3d-6bc6-459e-88f5-78d8a68cb5cd>

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). SAGE Publications.

D’Negri, C. E., & De Vito, E. L. (2006). Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa. Revista Americana de Medicina Respiratoria, 6(3), 126-136.

Gayam, E. A. K. K. (2023). Smart Aquaponics with Integration of AI and IoT for Yield Enhancement through Real-Time Monitoring and Decision Support. International Journal On Recent And Innovation Trends In Computing And Communication, 11(10), 2039-2049. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i10.8887>

Goddek, S., Joyce, A., Wuertz, S., Körner, O., Bläser, I., Reuter, M., & Kloas, W. (2019). Aquaponics and hydroponics: Synergies, differences, and future opportunities. Aquaponics Food Production Systems, 1-20.

Ghandar, A., Ahmed, A., Zulfiqar, S., Hua, Z., Hanai, M., & Theodoropoulos, G. (2021). A Decision Support System for Urban Agriculture Using Digital Twin: A Case Study With Aquaponics. IEEE Access, 9, 35691-35708. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3061722>

Herman, H., Adidrana, D., Surantha, N., & Suharjito, S. (2019). Hydroponic Nutrient Control System Based on Internet of Things. CommIT (Communication and Information Technology) Journal, 13(2), 105—111. <https://doi.org/10.21512/commit.v13i2.6016>

Illescas, J. S., Moreno, R. S., Pineda, J. P., & Rodríguez, E. F. Predicción de oxígeno disuelto en un sistema acuapónico utilizando métodos de aprendizaje automático. In 11 Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas (2022, p. 25).

Keras-team/keras. (2025). [Python]. Keras. <https://github.com/keras-team/keras> (Obra original publicada en 2015)

Knaus, U., Palm, H. W., & Schmidt, T. (2021). Current status of aquaponics: Practical and economic considerations. Aquaculture Reports, 19, 100568.

La inseguridad alimentaria moderada y severa en Colombia alcanza el 30% | World Food Programme. (2023, febrero 16). <https://es.wfp.org/noticias/la-inseguridad-alimentaria-moderada-y-severa-en-colombia-alcanza-el-30>


Montalván-Vélez, C. L., Mogrovejo-Zambrano, J. N., Romero-Vitte, I. J., & Del Carmen Pinargote-Carrera, M. L. (2024). Introducción a la Inteligencia Artificial: Conceptos Básicos y Aplicaciones Cotidianas. Journal Of Economic And Social Science Research, 4(1), 173-183. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n1/93>

Oviedo-Lopera, J. C., Oviedo-Carrascal, A. I., Carmona-Rodriguez, C. S., Velez-Saldarriaga, G. L., & Reina-Alzate, J. (2020). Diseño de un sistema acuapónico monitoreado mediante internet de las cosas e inteligencia artificial. ESPACIOS, 41(47), 56-73. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n47p05>

Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics—Integrating fish and plant culture. Agricultural and Biological Engineering, 123-142.

Ramirez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Giraldo, H. H. (2017). La acuaponía: Una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 4(1-2), Article 1-2. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2230>

Rashid, M. M., Nayan, A.-A., Rahman, M. O., Simi, S. A., Saha, J., & Kibria, M. G. (2021). IoT based Smart Water Quality Prediction for Biofloc Aquaculture. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(6). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120653>

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 14 de 28

Rentería Murillo, L. E. (2023). SIMDA - Sistema integrado de monitoreo y diagnóstico para acuapónicos. <http://hdl.handle.net/1992/67149>

Riveros, A. S. L., Castillo, F. S. N., & Rodriguez, F. A. L. (2022). XXXVIII. SOLUCIÓN INFORMÁTICA, EN AMBIENTE WEB, COMO APOYO a LA GESTIÓN y CONTROL DE UN LABORATORIO DE ACUAPONÍA DE UNA UNIVERSIDAD COLOMBIANA. *revistaseidec.com*. <https://doi.org/10.34893/itees.v9i1.393>

Soto, F., Salazar moreno, R., Figueroa Hernández, E., & Sepúlveda Jiménez, D. (2024). 3 MODELACIÓN MATEMÁTICA EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. *Universidad Autónoma Chapingo*. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/141356>

Pérez Vázquez, A., Leyva Trinidad, D. A., Gómez Merino, F. C., Pérez Vázquez, A., Leyva Trinidad, D. A., & Gómez Merino, F. C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 175-189. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.857>

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. y Lovatelli, A. (2022). Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas. *FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura*. No. 589. FAO, Roma. DOI: <https://doi.org/10.4060/i4021es>

Schwaber, K., Sutherland, J., Ken Schwaber, & Jeff Sutherland. (2020). *La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego*.

Tyson, R. V., Simonne, E. H., White, J. M., & Lamb, E. M. (2011). Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics. *Journal of Aquaponics Research*, 24(3), 12-19.

van Delden, S. H., Sharif, B., & Stockebrand, D. (2021). Artificial intelligence in precision agriculture: Advances, challenges, and perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 189, 106417.

Vásquez-Quispesivana, W., Inga, M., & Betalleluz-Pallardel, I. (2022). Artificial intelligence in aquaculture: basis, applications, and future perspectives. *Scientia Agropecuaria*, 13(1), 79-96. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.008>

Venkatram, M., & Surendran, R., (2023). Design and Implementation of Smart Hydroponics Farming for Growing Lettuce Plantation under Nutrient Film Technology. 2023 2nd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC), 1514-1521. <https://doi.org/10.1109/ICAAIC56838.2023.10141186>

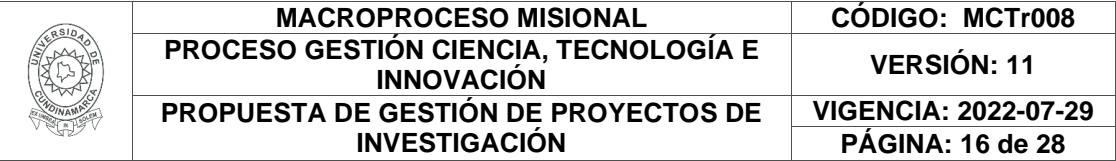
Vincentdo, V., & Surantha, N. (2023). Nutrient Film Technique-Based Hydroponic Monitoring and Controlling System Using ANFIS. *Electronics*, 12(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/electronics12061446>

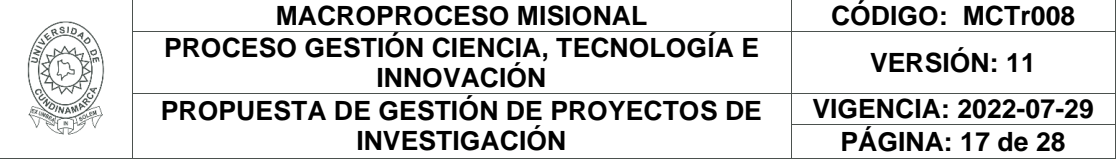
Wuyan, Li, Wu, H., Zhu, N., Jiang, Y., Tan, J., & Guo, Y. (2021). Prediction of dissolved oxygen in a fishery pond based on gated recurrent unit (GRU). *Information Processing in Agriculture*, 8(1), 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.02.002>

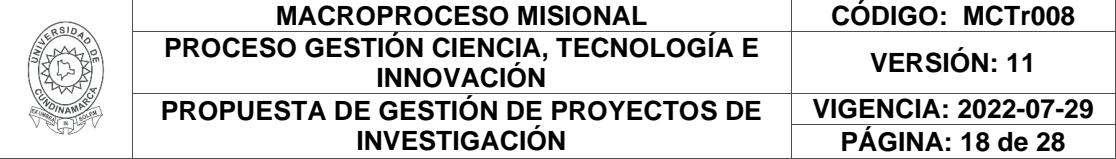
CRONOGRAMA

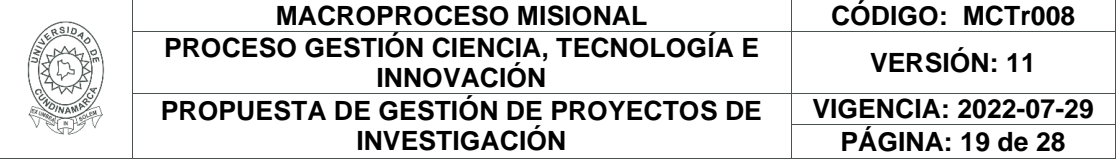
Detalles de Cronograma y descripción de Actividades

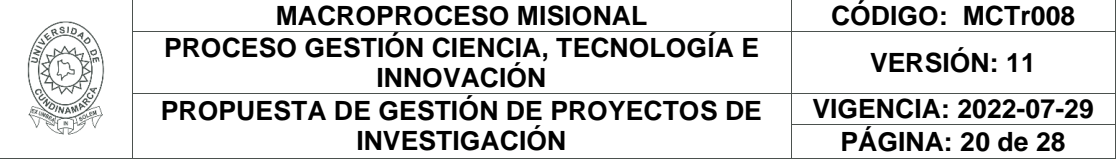
No.	Actividad	Objetivo Especifico	SEMANAS																																								Responsabl e de la Actividad																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	Historias de usuario	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



25	Refinamiento de documentación del proyecto	1 - 5																														Fredy Zarate, Ivone López
26	Recibir retroalimentación de resultados parciales (artículo, libro de grado)	1 - 5																														Fredy Zarate, Ivone López
27	Registrar el aplicativo móvil ante la DNA	1 - 5																														Fredy Zarate, Ivone López

TIPO DE PERSONAL VINCULADO AL PROYECTO

Tipo	Número
INVESTIGADOR PRINCIPAL	1
INVESTIGADOR PRINCIPAL EXTERNO	N/A
COINVESTIGADOR	N/A
COINVESTIGADOR EXTERNO	N/A
ASESOR EXTERNO	N/A
APOYO	N/A
ESTUDIANTE PREGRADO INVESTIGADOR AUXILIAR	2
ESTUDIANTE POSTGRADO INVESTIGADOR AUXILIAR	N/A
Total	3

DETALLES DE PERSONAL

Detalles Integrante Uno

Persona 1 de	
Entidad	Universidad de Cundinamarca
Primer apellido	Lanza
Segundo apellido	Rodríguez
Nombres	Francisco Alfonso
Género	Masculino
Fecha de nacimiento	
País	Colombia
Correo electrónico	flanza@ucundinamarca.edu.co
Tipo de identificación	Cedula de Ciudadanía
Número	
Función en el proyecto	Investigador Principal
Dedicación horas semanales	
Número de meses	10
Tipo de vinculación en el proyecto	Investigador Principal

Nota (Agregue tantas tablas como sea necesario según personal vinculado al proyecto)

Detalles Integrante Dos

Persona 1 de	
Entidad	Universidad de Cundinamarca
Primer apellido	Zarate
Segundo apellido	Abril
Nombres	Fredy Alejandro
Género	Masculino
Fecha de nacimiento	27 de diciembre de 2004
País	Colombia
Correo electrónico	fazarate@ucundinamarca.edu.co
Tipo de identificación	Cedula de Ciudadanía
Número	1015999692
Función en el proyecto	Estudiante Pregrado Investigador Auxiliar
Dedicación horas semanales	10 horas
Número de meses	10 meses
Tipo de vinculación en el proyecto	Estudiante Pregrado Investigador Auxiliar

Nota (Agregue tantas tablas como sea necesario según personal vinculado al proyecto)

Detalles Integrante Tres

Persona 1 de	
Entidad	Universidad de Cundinamarca
Primer apellido	López
Segundo apellido	Cruz
Nombres	Ivone Gisela
Género	Femenino
Fecha de nacimiento	24 de mayo de 2004
País	Colombia
Correo electrónico	iglopez@ucundinamarca.edu.co
Tipo de identificación	Cedula de Ciudadanía
Número	1012321222
Función en el proyecto	Estudiante Pregrado Investigador Auxiliar
Dedicación horas semanales	10 horas
Número de meses	10 meses
Tipo de vinculación en el proyecto	Estudiante Pregrado Investigador Auxiliar


Nota (Agregue tantas tablas como sea necesario según personal vinculado al proyecto)

FINANCIACIÓN (FUENTES)

TIPO DE FUENTE (*)	FUENTE (+)	VALOR APORTADO (en efectivo y/o especie)
N/A	N/A	N/A
N/A	N/A	N/A

(*) Tipo de Fuente: Interna o Externa


(+) Fuente: Descripción de la fuente o nombre de la entidad financiadora

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 11
	PROPUESTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2022-07-29 PÁGINA: 23 de 28

RESUMEN POR RUBROS⁹

Rubros	UDEC		Otras Entidades		TOTAL
	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	
PERSONAL	N/A	N/A	N/A	N/A	\$0
EQUIPOS	N/A	N/A	N/A	N/A	\$0
MATERIALES E INSUMOS	N/A	N/A	N/A	N/A	\$0
SERVICIOS TECNOLOGICOS	N/A	N/A	N/A	N/A	\$0
VIAJES	N/A	N/A	N/A	N/A	\$0
OTROS	N/A	N/A	N/A	N/A	\$0
TOTALES	N/A	N/A	N/A	N/A	\$0

⁹Total, Tener en cuenta rubros a financiar en la convocatoria

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 9
	PROPUESTA GESTION DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2019-08-13
		PAGINA: 26 de 28

RESULTADOS¹⁰

Los resultados/productos pueden clasificarse en tres categorías:

1. Generación de conocimiento y/o nuevos desarrollos tecnológicos¹¹

RESULTADO	PRODUCTO ESPERADO	INDICADOR (Valor Numérico)	BENEFICIARIO	OBJETIVO ESPECIFICO	AUTORES Y/O RESPONSABLES DEL PROYECTO
Trabajo de grado “Aplicativo móvil para optimizar la gestión remota de sistemas acuapónicos, aplicando modelos de inteligencia artificial”	Aplicativo móvil	Uno (1)	Universidad de Cundinamarca	Desarrollar el aplicativo móvil integrando modelos de inteligencia artificial para la gestión y optimización de variables del laboratorio acuapónico.	Ivone Gisela López Cruz, Fredy Alejandro Zarate Abril


2 Conducentes al fortalecimiento de la capacidad científica nacional¹²

RESULTADO	PRODUCTO ESPERADO	INDICADOR (Valor Numérico)	BENEFICIARIO	OBJETIVO ESPECIFICO	AUTORES Y/O RESPONSABLES DEL PROYECTO
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

¹⁰Estos deben ser coherentes con los objetivos específicos y con la metodología planteada. Para cada uno de los resultados/productos esperados identifique (en los cuadros a continuación) indicadores de verificación (ej: publicaciones, patentes, registros, videos, certificaciones, etc.) así como las instituciones, gremios y comunidades beneficiarias, nacionales o internacionales, que podrán utilizar los resultados de la investigación para el desarrollo de sus objetivos, políticas, planes o programas.

¹¹Incluye resultados/productos que corresponden a nuevo conocimiento científico o tecnológico o a nuevos desarrollos o adaptaciones de tecnología que puedan verificarse a través de publicaciones científicas, productos o procesos tecnológicos, patentes, normas, mapas, bases de datos,


¹²Incluye resultados/productos tales como formación de recurso humano a nivel profesional o de posgrado (trabajos de grado o tesis de especialización), realización de cursos relacionados con las temáticas de los proyectos, formación y consolidación de redes de investigación.

	MACROPROCESO MISIONAL		CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN		VERSIÓN: 9
	PROPUESTA GESTION DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		VIGENCIA: 2019-08-13
			PAGINA: 27 de 28

3 Dirigidos a la apropiación social del conocimiento¹³

RESULTADO	PRODUCTO ESPERADO	INDICADOR (Valor Numérico)	BENEFICIARIO	OBJETIVO ESPECIFICO	AUTORES Y/O RESPONSABLES DEL PROYECTO
Trabajo de grado “Aplicativo móvil para optimizar la gestión remota de sistemas acuapónicos, aplicando modelos de inteligencia artificial”	Trabajo de grado	Un (1) trabajo de grado	Universidad de Cundinamarca	Desarrollar el aplicativo móvil integrando modelos de inteligencia artificial para la gestión y optimización de variables del laboratorio acuapónico.	Estudiantes pregrado investigadores auxiliares e investigador principal
Registro de software	Registro en dirección nacional de derechos de autor (DNDA)	Un (1) registro de software	Universidad de Cundinamarca	Consolidar la titularidad de los derechos morales de autor	Estudiantes pregrado investigadores auxiliares e investigador principal
Ponencia	Ponencia	Postulación de una (1) ponencias en eventos académicos o científicos nacionales o internacionales.	Universidad de Cundinamarca	Realizar una ponencia	Estudiantes pregrado investigadores auxiliares e investigador principal
Articulo	Articulo	Un (1 articulo)	Universidad de Cundinamarca	Divulgar resultados de la investigación	Estudiantes pregrado investigadores auxiliares e investigador principal

¹³Incluye aquellos resultados/productos que son estrategias o medios para divulgar o transferir el conocimiento o tecnologías generadas en el proyecto a los beneficiarios potenciales y a la sociedad en general. Incluye tanto las acciones conjuntas entre investigadores y beneficiarios como artículos o libros divulgativos, cartillas, videos, programas de radio, presentación de ponencias en eventos, entre otros.

	MACROPROCESO MISIONAL	CÓDIGO: MCTr008
	PROCESO GESTIÓN CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN	VERSIÓN: 9
	PROPUESTA GESTION DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	VIGENCIA: 2019-08-13
		PAGINA: 28 de 28

DESCRIPCIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO

El proyecto puede someterse a diversos tipos de riesgos que pueden afectar el proceso de desarrollo. El principal riesgo que puede presentarse es la variación repentina de los requerimientos del aplicativo móvil durante el desarrollo, también se pueden presentar otro tipo de riesgos como lo son el cambio de políticas de privacidad de manejo de datos, ataques cibernéticos, pueden ocurrir retrasos en la planificación y ejecución del proyecto, puede que se necesite modificar la arquitectura del aplicativo móvil.