

# **SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

## **PROGRAMA DE FORMACIÓN DE TÉCNICOS**



**“Determinar las áreas idóneas para la construcción de  
piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la  
provincia de Huancayo”**

Para optar el Título de Profesional Técnico en:  
**GEOMÁTICA**

**Presentado por:**  
**Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.**

Lima – Perú  
2025

© 2015, Autor Felix A. Aiquipa Gonzales. Todos los derechos reservados.  
**“El autor autoriza a SENCICO a reproducir el trabajo de titulación en su totalidad o en parte, para fines estrictamente académicos”**  
\*Correo electrónico: [aquipafelix@gmail.com](mailto:aquipafelix@gmail.com)  
\*Teléfono: 904 013 678

---

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## Dedicatoria

*Dedico profundamente este trabajo a mi querida madre y a mis hermanos, quienes con su amor incondicional, sacrificio constante y ejemplo de esfuerzo han sido mi faro y sostén en cada paso de este camino académico. Su paciencia, apoyo y aliento inquebrantable me han dado la fuerza para superar cada obstáculo y alcanzar esta meta que hoy celebro. Sin ellos, nada de esto hubiera sido posible.*

*Mi más sincero reconocimiento y gratitud al Dr. Arteaga y a la Dra. Zarate, quienes me guiaron con sabiduría, dedicación y generosidad durante todo este proceso. Su mentoría experta y su compromiso con mi formación no solo enriquecieron este trabajo, sino que también moldearon mi crecimiento personal y profesional.*

*Gracias por inspirarme a pensar críticamente, a perseverar y a buscar la excelencia en cada detalle.*

*A mis padres y a mis mentores, esta tesina es un humilde tributo al impacto invaluable que han tenido en mi vida y en mi formación. Que este logro también refleje el fruto de su fe en mí y su esperanza en un futuro mejor.*

## Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a mi madre y mis hermanos, pilares fundamentales en mi vida y en este camino académico. Su amor incondicional, su constante apoyo y su ejemplo de sacrificio han sido la fuerza que me ha impulsado a perseverar y alcanzar cada meta. Sin su aliento y guía, esta tesina no habría sido posible.

Mi gratitud más especial a los doctores que fungieron como mis mentores, quienes con su conocimiento, sabiduría y dedicación han moldeado no solo este trabajo, sino también mi crecimiento profesional y personal. Su paciencia para guiarme, sus consejos acertados y su compromiso ejemplar han sido faros que iluminaron mi senda académica.

No puedo dejar de agradecer a mis amigos más cercanos, compañeros de camino y apoyo, quienes con su camaradería, estímulo y ánimo han hecho más llevaderos los momentos difíciles y han celebrado conmigo cada logro.

Finalmente, mi reconocimiento sincero a mi familia scout, fuente de valores, enseñanzas y un sentido de pertenencia que me ha fortalecido en múltiples dimensiones. Su ejemplo de disciplina, solidaridad y compromiso ha sido una inspiración para enfrentar con coraje y esperanza cada desafío.

**Felix A. Aiquipa Gonzales**

*"Donde el agua susurra y la trucha se alza en vuelo,  
la geomática traza el mapa del destino fecundo;  
entre pendientes suaves y rutas de eterno vuelo,  
piscigranjas idóneas emergen, seguras y profundas."*

## Índice

<b>I. GENERALIDADES .....</b>	<b>13</b>
1. 1    Título de tesis .....	13
1. 2    Autor.....	13
1. 3    Asesor (a).....	13
1. 4    Área y línea de investigación.....	14
1. 4. 1    Área de investigación .....	14
1. 4. 2    Línea de investigación .....	14
1. 5    Ubicación geográfica e institucional .....	15
1. 5. 1    Ubicación Política .....	15
1. 5. 2    Ubicación Cartográfica.....	16
1. 5. 3    Ubicación geográfica .....	18
1. 5. 4    Ubicación Referencial .....	19
1. 5. 5    Ubicación institucional .....	20
<b>II. EL PLAN DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
2. 1    El Problema de investigación .....	21
2. 1. 1    Situación Problemática y definición del problema.....	21
2. 1. 2    Formulación del problema.....	21
2. 1. 3    Justificación de la investigación .....	22
2. 1. 4    Delimitación del problema de investigación .....	24
2. 1. 5    Alcance y limitaciones del estudio .....	24
2. 2    Objetivos de la investigación.....	25
2. 2. 1    Objetivo general .....	25
2. 2. 2    Objetivos específicos .....	25
2. 3    Hipótesis y/o idea a defender, variables .....	25
2. 3. 1    Formulación de la hipótesis general .....	25
2. 3. 2    Formulación de hipótesis específicas .....	26
2. 3. 3    Modelo para contrastar la hipótesis .....	26
2. 3. 4    Matriz de operacionalización de variables y marco conceptual .....	27
2. 3. 5    Matriz de consistencia .....	27
2. 4    Marco teórico.....	28
2. 4. 1    Antecedentes.....	28
2. 4. 2    Marco epistemológico .....	31
2. 4. 3    Marco Legal.....	32
2. 4. 4    Bases Teóricas .....	33

2. 4. 5	Supuestos .....	33
2. 4. 6	Definición de términos básicos.....	34
2. 5	Marco metodológico.....	35
2. 5. 1	Tipo y niveles de investigación .....	35
2. 5. 2	Objeto de estudio .....	35
2. 5. 3	Unidades de análisis y unidades de observación .....	35
2. 5. 4	Diseño de investigación.....	36
2. 5. 5	Población y muestra .....	36
2. 5. 6	Métodos generales de investigación.....	36
2. 5. 7	Métodos particulares de investigación .....	36
2. 5. 8	Técnicas e instrumentos de investigación .....	37
2. 6	Validez y confiabilidad de los instrumentos de medición.....	37
2. 7	Prueba de Hipótesis .....	37
2. 8	Equipos, materiales, insumos .....	37
<b>III.</b>	<b>ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>38</b>
3. 1	Cronograma de actividades .....	38
3. 2	Presupuesto.....	39
3. 3	Financiamiento .....	40
3. 3. 1	Con recursos propios .....	40
3. 3. 2	Con recursos del SENCICO .....	40
3. 3. 3	Con recursos externos.....	40
<b>IV.</b>	<b>FASE OPERATIVA .....</b>	<b>41</b>
4. 1	Trabajo de Gabinete.....	41
4. 1. 1	Descarga de información satelital.....	41
4. 2	Experimentación de métodos, técnicas y procesos.....	44
4. 2. 1	Métodos utilizados.....	44
4. 2. 2	Técnicas realizadas .....	47
4. 2. 3	Procesos realizados.....	48
4. 2. 4	Productos insumos obtenidos .....	51
4. 2. 5	Designación de pesos a los archivos insumos.....	55
4. 3	Interpolación del ráster de precipitación .....	58
4. 3. 1	Cálculo de fórmula y residual.....	59
4. 4	Ánáisis geoespacial y modelamiento SIG para áreas idóneas .....	60
4. 4. 1	Metodología Técnica a desarrollar .....	60

4. 5 Sustentación del uso de las capas cartográficas para la generación de los sub-modelos.....	63
4. 5. 1 Submodelo “Zonas Seguras” .....	63
4. 5. 2 Submodelo “Zonas Naturalmente Idóneas” .....	64
4. 5. 3 Submodelo “Rutas de acceso adecuadas” .....	65
4. 6 Procedimiento técnico automatizado para la creación de los sub-modelos....	66
4. 6. 1 Estructura general del proceso.....	67
4. 6. 2 Línea de proceso del Submod01: seguridad territorial.....	67
4. 6. 3 Línea de proceso del Submod02: idoneidad biofísica .....	67
4. 6. 4 Línea de proceso del Submod03: accesibilidad y soporte vial.....	68
4. 6. 5 Integración final hacia las UEE .....	68
4. 7 Aplicación de nuevas tecnologías Web Mapping.....	69
4. 8 Publicación de productos geoespaciales en entornos Web.....	69
4. 9 Análisis de datos.....	70
4. 10 Experimentación de tecnologías Web Maping .....	71
4. 11 Contrastaciones de la realidad .....	71
4. 12 Comprobación de las hipótesis .....	73
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>74</b>
5. 1 Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	74
5. 2 Prueba de hipótesis .....	74
5. 3 Presentación de resultados.....	75
<b>VI. IMPACTOS.....</b>	<b>75</b>
6. 1 Propuestas para la solución de problemas .....	75
6. 2 Costos de la implementación de la propuesta.....	76
6. 3 Beneficios que aporta la propuesta.....	76
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS .....</b>	<b>77</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>78</b>
<b>X. APÉNDICES / ANEXOS .....</b>	<b>80</b>
7. 1 Matriz de investigación .....	80
7. 2 Código desarrollado para la creación del Dashboard en R.....	84
7. 3 Insumo de precipitación.....	88
7. 4 Metadata de la imagen satelital .....	89
7. 5 Plataforma web interactiva final.....	90

## ILUSTRACIONES

Ilustración 01: Mapa de ubicación política del proyecto.....	15
Ilustración 02: Carta nacional de la zona de estudio.....	16
Ilustración 03: Cuadro de empalme de las cartas nacionales del Perú.....	17
Ilustración 04: Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio.....	18
Ilustración 05: Mapa de ubicación en UTM de la zona de estudio.....	19
Ilustración 06: Mapa de ubicación referencial de la zona.....	19
Ilustración 07: Plano de ubicación del área de investigación.....	20
Ilustración 08: Definimos el área de estudio para la descarga satelital.....	41
Ilustración 09: Configuración de descarga de imagen satelital.....	42
Ilustración 10: Proceso de descarga de la información satelital.....	43
Ilustración 11: Visualización en color verdadero de la imagen descargada.....	43
Ilustración 12: Método de resampleo.....	44
Ilustración 13: Método de composición de bandas espectrales.....	44
Ilustración 14: Composición de bandas espectrales.....	47
Ilustración 15: Visualización de la metadata de la imagen compuesta.....	47
Ilustración 16: Índice de Vegetación Ajustado al Suelo.....	48
Ilustración 17: Índice de Humedad Diferencial Normalizado.....	49
Ilustración 18: Índice de Agua Diferencial Normalizado.....	50
Ilustración 19: Resultados del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo.....	51
Ilustración 20: Clasificación del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo.....	51
Ilustración 21: Visualización del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo.....	52
Ilustración 22: Resultados del Índice de Humedad de Diferencia Normalizada.....	52
Ilustración 23: Clasificación del Índice de Humedad de Diferencia Normalizada.....	53
Ilustración 24: Visualización del Índice de Humedad de Diferencia Normalizada.....	53
Ilustración 25: Resultados del Índice de Agua de Diferencia Normalizada.....	54
Ilustración 26: Clasificación del Índice de Agua de Diferencia Normalizada.....	54
Ilustración 27: Generamos la interpolación por regresión lineal múltiple.....	58
Ilustración 28: Revisamos los valores del archivo final de precipitación.....	59
Ilustración 29: Desarrollo metodológico experimental del MINAM.....	60
Ilustración 30: Procedimiento técnico automatizado en un SIG.....	66
Ilustración 31: Visualización de los resultados obtenidos en la UEE.....	68
Ilustración 32: Dashboard de las estadísticas de las posibles construcciones de piscigranjas.....	70
Ilustración 33: Visualización de los puntos de construcción recomendado para la construcción de piscigranjas.....	72
Ilustración 34: Geoportal interactivo para el análisis espacial.....	72
Ilustración 35: Metadata del servicio WMS del archivo de precipitación.....	88
Ilustración 36: Metadata de la imagen satelital.....	89
Ilustración 37: Plataforma web interactiva de información del proyecto.....	90

## TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	27
Tabla 2: Matriz de consistencia.....	27
Tabla 3: Cronograma de actividades a realizar para el proyecto.....	38
Tabla 4: Cuadro de costos del proyecto.....	39
Tabla 5: Cuadro de asignación de pesos para las capas de estudio.....	62
Tabla 6: Matriz de importancia para determinar las zonas seguras.....	62
Tabla 7: Matriz de importancia para determinar las zonas naturalmente idóneas.....	63
Tabla 8: Matriz de importancia para determinar las rutas de acceso adecuadas.....	63
Tabla 9: Matriz de investigación para el desarrollo del marco teórico.....	80

## Presentación al jurado

Estimados miembros del jurado:

Es un honor presentar ante ustedes el resultado de mi trabajo de investigación titulado “Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola ingenio de la provincia de Huancayo”, realizado en el marco del Programa de Formación de Técnicos del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), en la Carrera Profesional Técnica en Geomática.

Este proyecto tiene como objetivo principal desarrollar una plataforma web interactiva para identificar áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola de Ingenio Huancayo, a partir de un análisis teórico y técnico que responde a la problemática actual del sector. A través de esta investigación, se busca aportar herramientas tecnológicas que faciliten la toma de decisiones sustentadas en criterios espaciales y ambientales.

Agradezco profundamente a mis asesores y a todas las personas e instituciones que han brindado su apoyo para la realización de este trabajo. Quedo a su disposición para responder cualquier consulta que permita enriquecer este proyecto y así contribuir al fortalecimiento del desarrollo regional y sectorial.

Atentamente,

Felix A. Aiquipa Gonzales  
Martes 15 de julio del 2025

## Resumen

En el presente trabajo de carácter aplicativo aborda la problemática de la declinación en la producción de truchas en el centro piscícola de Ingenio, Huancayo, originada por la interacción de factores ambientales adversos, conflictos sociales y limitaciones económicas que deterioran la calidad y disponibilidad del recurso hídrico, afectan la salud de los cultivos y restringen la modernización del área productiva.

El objetivo central del estudio es el diseño e implementación de una plataforma web interactiva, cuya función principal es mostrar y disseminar información sobre las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas dentro del centro piscícola. Esta herramienta utiliza datos ambientales y geoespaciales para delimitar zonas seguras frente a contaminantes, condiciones climáticas y acceso vial, identificando además las rutas óptimas para la movilización y transporte.

Para la elaboración del aplicativo se integra tecnología SIG (Sistemas de Información Geográfica), bases de datos espaciales y herramientas de visualización web modernas, garantizando una interfaz intuitiva y accesible para diversos usuarios involucrados en la gestión piscícola.

Los resultados contribuyen a una mejor planificación territorial, optimización de recursos naturales y fortalecimiento de la capacidad productiva del centro piscícola, promoviendo prácticas sostenibles y facilitando el desarrollo económico local. De esta manera, esta tesis aporta una solución tecnológica aplicada que responde a la problemática detectada, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y competitividad del sector acuícola en la región.

## Abstract

The present applied research work addresses the problem of declining trout production at the Ingenio aquaculture center in Huancayo, caused by the interaction of adverse environmental factors, social conflicts, and economic limitations that deteriorate the quality and availability of water resources, affect crop health, and hinder the modernization of the productive area.

The central objective of the study is the design and implementation of an interactive web platform whose main function is to display and disseminate information about suitable areas for the construction of fish farms within the aquaculture center. This tool uses environmental and geospatial data to delineate zones that are safe from pollutants, unfavorable climatic conditions, and ensure road access, additionally identifying optimal routes for transport and mobilization.

The application is developed integrating GIS technology (Geographic Information Systems), spatial databases, and modern web visualization tools, guaranteeing an intuitive and accessible interface for the various users involved in aquaculture management.

The results contribute to better territorial planning, optimization of natural resources, and strengthening the productive capacity of the aquaculture center, promoting sustainable practices and facilitating local economic development. In this way, this thesis provides an applied technological solution that addresses the identified problems, while aligning with the sustainability and competitiveness objectives of the regional aquaculture sector.

## Introducción

El centro piscícola de Ingenio, ubicado en la región de Huancayo, constituye una de las fuentes productivas más importantes para la acuicultura en la zona, especializada en la crianza de truchas, un recurso alimenticio de alto valor nutricional y económico. No obstante, en los últimos años, el centro ha enfrentado un deterioro productivo marcado, originado en la interacción compleja y concomitante de factores ambientales, sociales y económicos que han puesto en riesgo su estabilidad y proyección futura.

Entre los aspectos ambientales que afectan directamente la producción se encuentran la creciente contaminación del recurso hídrico, el desvío y reducción de caudales, así como los impactos negativos derivados de la variabilidad climática, que incluyen alteraciones en los ciclos de lluvia y temperaturas extremas. Estas condiciones han degradado la calidad del agua, aumentando la incidencia de enfermedades, mortalidad y estrés en los cultivos acuícolas. Sumado a esto, existen conflictos sociales derivados de las percepciones de uso y gestión del recurso hídrico entre el centro piscícola y las comunidades aledañas, lo que dificulta la implementación de estrategias concertadas y sostenibles.

Desde el punto de vista económico, se observa una limitación considerable de recursos para la modernización de la infraestructura y la adopción de tecnologías avanzadas que permitan el monitoreo efectivo y la gestión oportuna de los factores críticos. La falta de acceso a mercados rentables y la baja promoción comercial agravan la situación, reflejándose en menores ingresos y reducción del flujo de visitantes, lo que impacta negativamente en la economía local y en el sostenimiento del centro.

En respuesta a estos retos, esta tesina se orienta a desarrollar un producto aplicativo: una plataforma web interactiva que permita identificar, visualizar y difundir las áreas más idóneas para la construcción de nuevas piscigranjas dentro del territorio del centro piscícola de Ingenio. La plataforma integrará análisis geoespacial, ambiental y socioeconómico, incluyendo la delimitación precisa de zonas seguras, rutas de acceso optimizadas y aspectos relacionados con la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

Este desarrollo tecnológico busca facilitar la toma de decisiones basadas en información científica y actualizada, promover la sostenibilidad ambiental y aumentar la productividad y rentabilidad del centro piscícola. Asimismo, pretende ser una herramienta de apoyo para gestores, técnicos y comunidades, fomentando una gestión territorial integrada y participativa.

## I. GENERALIDADES

### 1. 1 Título de tesis

Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo

### 1. 2 Autor

**Nombre completo del autor:**

Felix Aldimar Aiquipa Gonzales

**Grado académico que postula:**

Técnico en Geomática

### 1. 3 Asesor (a)

**Nombre completo:**

Ing. Kevin E. Sánchez Zavaleta

**Cargo:**

Profesor guía / Docente del curso

**Grado académico:**

Ingeniero Geográfico

**Cursos a cargo:**

Proyecto de aplicación profesional

## 1. 4 Área y línea de investigación

### 1. 4. 1 Área de investigación

Esta investigación pertenece al área de Geomática Aplicada, una disciplina que integra tecnologías espaciales avanzadas para la captura, procesamiento, análisis y gestión de datos geográficos con el objetivo de optimizar el uso y conservación de los recursos naturales. En particular, se enfoca en recursos acuáticos, empleando herramientas de percepción remota y sistemas de información geográfica (SIG) para abordar problemáticas relacionadas con la calidad, disponibilidad y manejo territorial del agua, elementos esenciales para el desarrollo sostenible de actividades productivas tales como la piscicultura. La Geomática Aplicada provee soporte técnico y científico para la toma de decisiones basadas en información espacial rigurosa y actualizada, facilitando el monitoreo y gestión eficiente de ecosistemas acuáticos en el centro piscícola de Ingenio.

### 1. 4. 2 Línea de investigación

En este contexto, la línea de investigación se orienta al desarrollo y aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) especializados para la evaluación territorial y planificación de la piscicultura sostenible. Esta línea combina técnicas de análisis espacial, modelación geoespacial y monitoreo ambiental para identificar áreas idóneas de cultivo que consideren variables ambientales, sociales y económicas. Además, busca innovar en la implementación de plataformas tecnológicas interactivas que mejoren la gestión del recurso hídrico y optimicen la productividad piscícola, abarcando tanto la cuantificación del recurso como la integración de datos socioambientales para apoyar procesos participativos y toma de decisiones informadas. Esta aproximación contribuye a generar un equilibrio entre el desarrollo productivo y la conservación ambiental.

## 1. 5 Ubicación geográfica e institucional

### 1. 5. 1 Ubicación Política

Lugar : Centro Piscícola de Ingenio  
Distrito : Ingenio  
Provincia : Huancayo  
Departamento : Junín

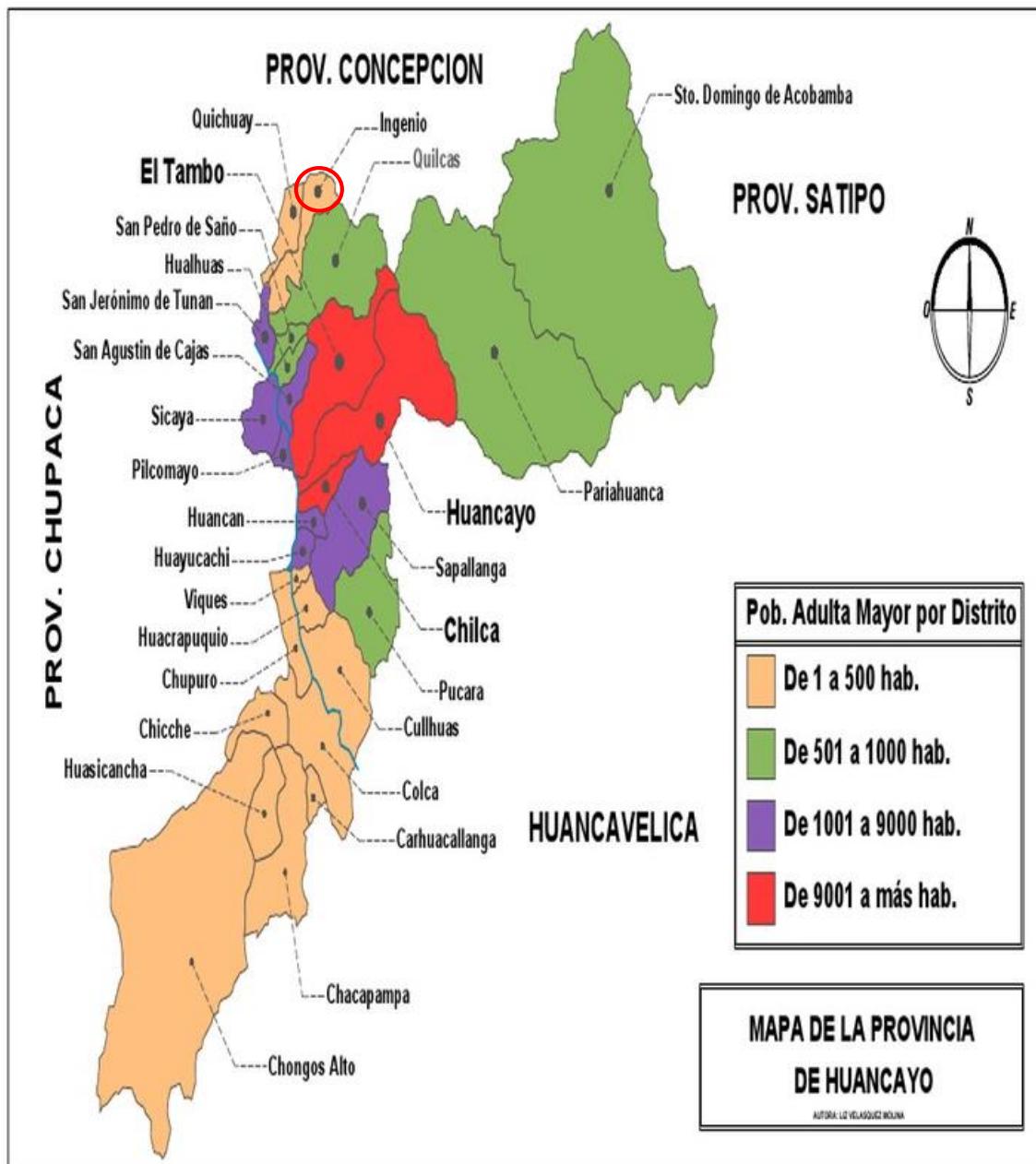


Ilustración 01: Elaborado por Liz Velásquez Molina

### 1. 5. 2 Ubicación Cartográfica

Carta Nacional : 24-m  
Nombre de la hoja : 24-m - JAUJA  
Escala : 1 / 100 000  
Zona : 18 Sur  
Cuadricula : L

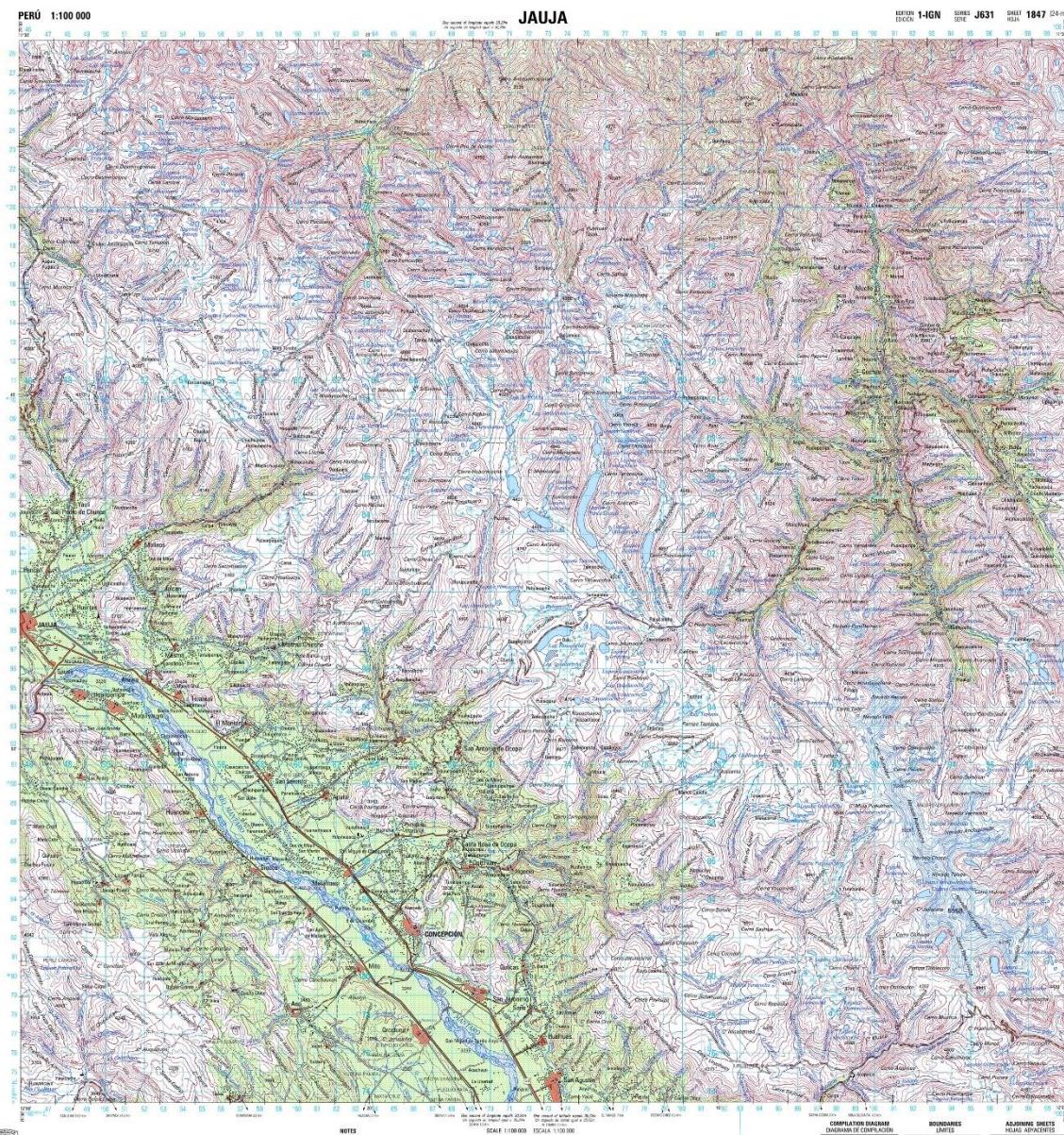


Ilustración 02: Cartas nacionales descargadas de GEO GPS PERÚ

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

### Cuadro de Empalme de Cartas Nacionales de todo el Territorio Peruano:

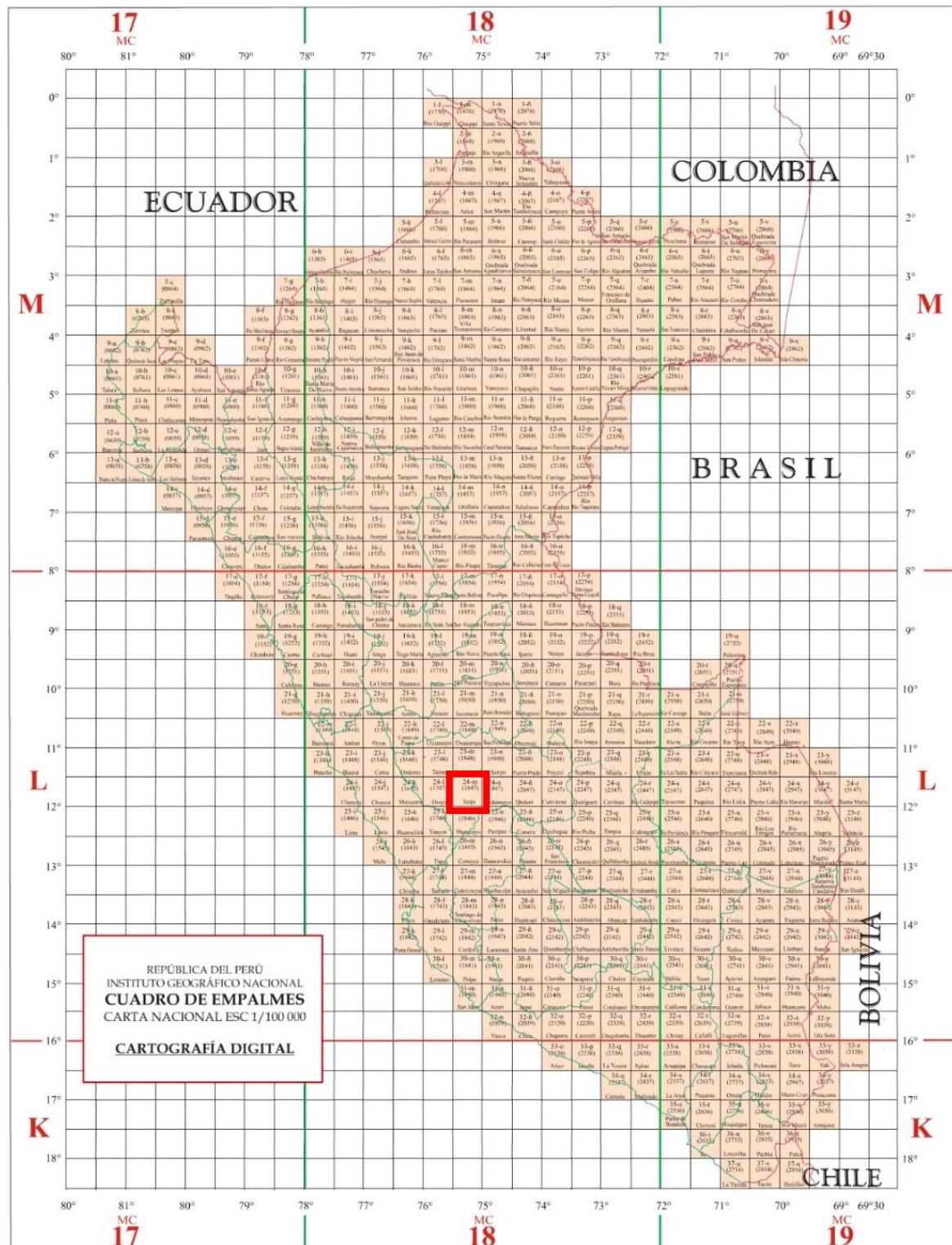


Ilustración 03: Cuadro de empalme de las cartas nacionales del Perú - IGN

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
 Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

### 1. 5. 3 Ubicación geográfica

#### 1. 5. 3. 1 Coordenadas geográficas

Latitud : 11°52'52.12"S

Longitud : 75°15'27.05"O



Ilustración 04: Elaboración Propia en Google Earth Pro.

#### 1. 5. 3. 2 Coordenadas UTM

Zona : 18 L

Cuadricula : L

Coordenada Este : 471955.98 m E

Coordenada Norte : 8686576.17 m S

Datum : WGS-84



Ilustración 05: Elaboración Propia en Google Earth Pro.

#### 1. 5. 4 Ubicación Referencial

El centro piscícola ingenio se encuentra ubicada en la parte Norte-Este del distrito de Ingenio. Cuenta con una extensión de 5.24 hectáreas (52,236 m<sup>2</sup>), y limita de la siguiente forma:

- Por el Norte con el centro recreacional “El encanto”
- Por el Sur con zona Paisajista “Intiwasi”
- Por el Este con el restaurante Rustica MyL
- Por el Oeste con Colmenares G & R

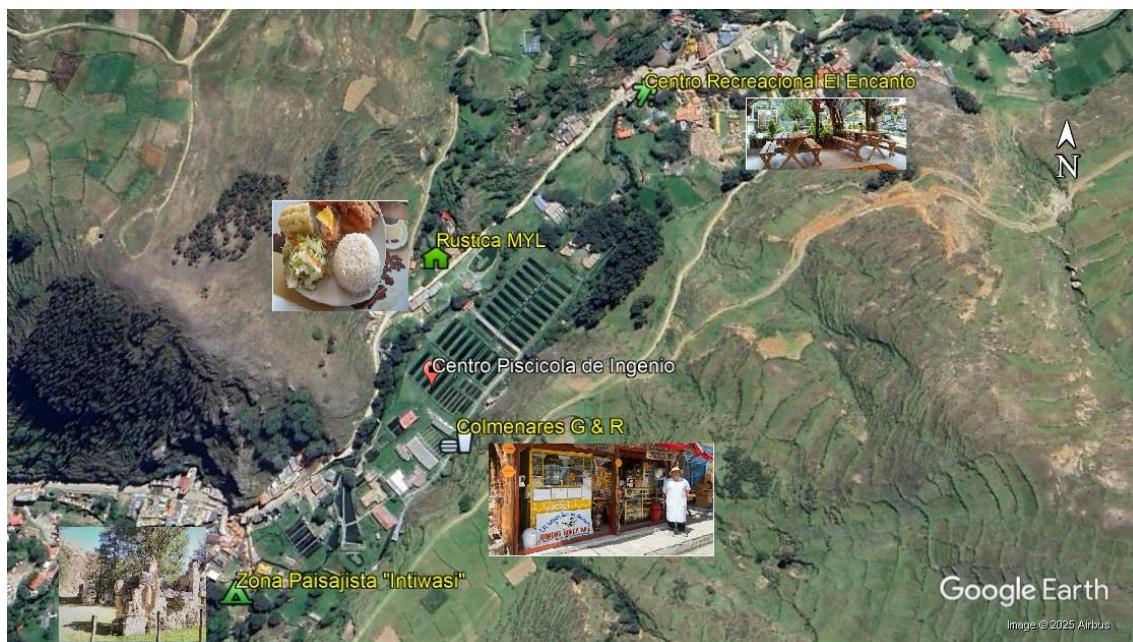


Ilustración 06: Elaboración Propia en Google Earth Pro.

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

### 1. 5. 5 Ubicación institucional

El presente proyecto se desarrolla bajo la supervisión del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), una entidad pública adscrita al Ministerio vivienda Construcción y saneamiento, cuyo objetivo principal es brindar capacitación técnica y profesional especializada para fortalecer el sector de la construcción y sectores relacionados.

Este proyecto se encuentra enmarcado dentro de la carrera técnica profesional de Geomática, cuyo enfoque es la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) y tecnologías afines para la gestión territorial y ambiental. La carrera fomenta el desarrollo de capacidades en análisis espacial, gestión de bases de datos geográficas y desarrollo de aplicaciones tecnológicas, como la plataforma Web Interactiva propuesto para la identificación de áreas de piscigranjas idóneas.

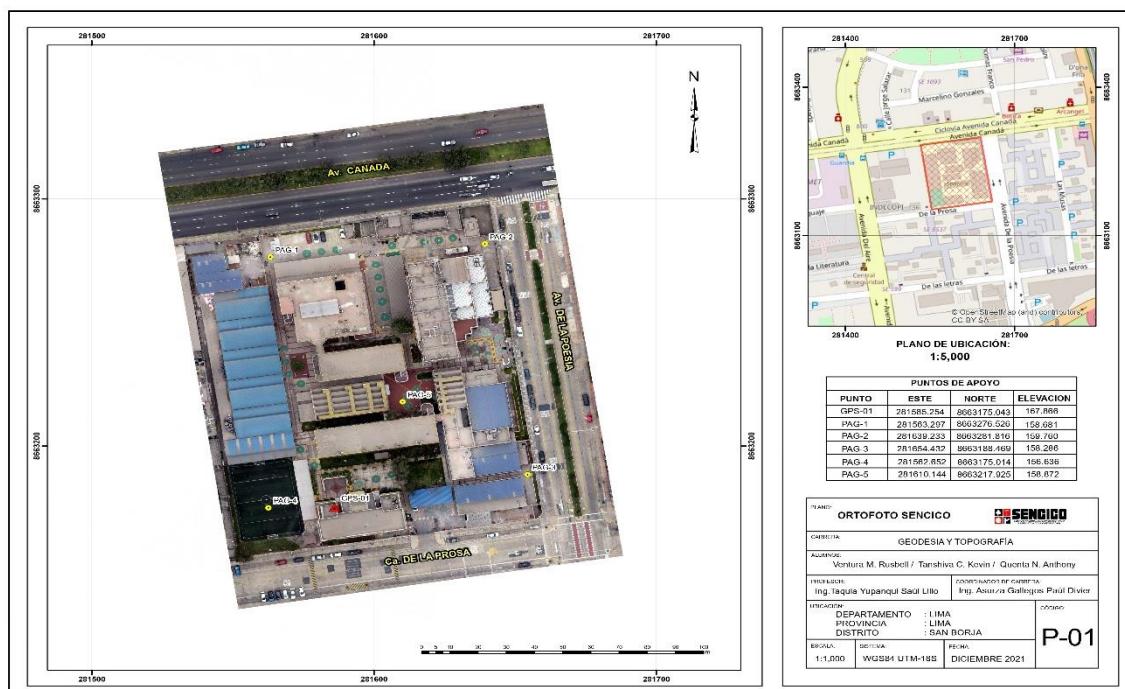
El Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) tiene su sede central ubicada en la siguiente dirección:

*Avenida De la Poesía N° 351, San Borja, Lima, Perú.*

Esta ubicación se encuentra en el distrito de San Borja, en la ciudad de Lima, siendo un punto estratégico para facilitar la gestión de sus programas a nivel nacional. La sede está bien comunicada y cuenta con infraestructura moderna para el desarrollo de la capacitación técnica y profesional que ofrece a nivel nacional.

Teléfono de contacto de la sede central: (01) 211-6300

Referencia: Altura cuadra 15 de la Avenida Canadá, San Borja.



*Ilustración 07: Elaborado por el departamento de Geodesia y Topografía de SENCICO*

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## II. EL PLAN DE INVESTIGACIÓN

### 2. 1. 1 *Situación Problemática y definición del problema*

El centro piscícola de Ingenio atraviesa una crisis multifacética de impacto considerable, que ha precipitado una caída abrupta en la productividad y amenaza la continuidad de sus operaciones. Las causas de esta problemática se extienden más allá de factores puntuales, revelando un escenario complejo donde diversos elementos interconectados acentúan la vulnerabilidad del sistema productivo. En primer lugar, la calidad y cantidad del recurso hídrico han sufrido una degradación persistente, atribuida tanto a procesos de contaminación como al desvío de caudales, lo cual ha reducido el abastecimiento de agua fresca indispensable para el desarrollo óptimo de las truchas y ha incrementado la prevalencia de enfermedades, bajas por mortalidad y estrés en los cultivos acuícolas.

Además, las fluctuaciones climáticas recientes han agravado la situación: irregularidad en las lluvias, temperaturas extremas y alteración de los ciclos hidrológicos han impactado el crecimiento y supervivencia de las especies, afectando la capacidad de adaptación del centro y limitando el éxito reproductivo. En el ámbito social, los conflictos latentes con las comunidades circundantes derivadas de percepciones de uso compartido del recurso hídrico, cambios ambientales no consensuados y expectativas insatisfechas referentes a empleo y desarrollo local dificultan el establecimiento de acuerdos y obstaculizan propuestas de gestión integral y sostenible.

Económicamente, el acceso restringido a recursos para la modernización de infraestructura y la implementación de tecnología de monitoreo limita la capacidad de respuesta del centro ante desafíos sanitarios y ambientales, mientras que la falta de promoción efectiva en mercados nacionales e internacionales resta competitividad y limita la rentabilidad. El reducido flujo de visitantes, agravado por la disminución de la oferta y la menor frescura del producto, repercute directamente en los ingresos y dificulta la consecución de una economía estable y sostenible.

En suma, la situación actual en Ingenio demanda una intervención estructural y urgente, abordando simultáneamente los aspectos ambientales, sociales y económicos; el entorno productivo evidencia una crisis sistémica, donde cada factor problemático alimenta y magnifica los demás. Si no se implementan estrategias integrales y consensuadas, el futuro del centro permanecerá seriamente comprometido.

### 2. 1. 2 *Formulación del problema*

#### 2. 1. 2. 1 **Problema General**

La baja producción de truchas en el centro piscícola de Ingenio, debida a factores ambientales, sociales y económicos que limitan la sustentabilidad y eficiencia del sistema piscícola.

---

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

### **2. 1. 2. 2 Sistematización del problema**

- ¿Cuál es el impacto de la calidad y disponibilidad del recurso hídrico en la salud y crecimiento de las truchas?
- ¿De qué modo las alteraciones climáticas recientes afectan el desarrollo piscícola?
- ¿Cómo influyen los conflictos sociales con las comunidades vecinas en la gestión del centro?
- ¿Qué limitantes económicas restringen la modernización de infraestructura y tecnología?
- ¿Cuáles son los criterios espaciales para la identificación de áreas idóneas para piscigranjas?
- ¿Cómo una plataforma tecnológica puede contribuir a resolver estos problemas?

### **2. 1. 2. 3 Problema Central**

Bajas producciones de truchas en el centro piscícola de Ingenio.

### **2. 1. 3 Justificación de la investigación**

#### **2. 1. 3. 1 Justificación teórico-científica**

Esta investigación aporta al desarrollo del conocimiento científico en el campo de la piscicultura sostenible y la gestión ambiental integrada, mediante la aplicación de tecnologías geoespaciales para la optimización de sistemas productivos acuícolas. Fortalece la comprensión de la interacción entre variables ambientales, sociales y tecnológicas en la producción piscícola, mediante un enfoque científico riguroso que contribuye a consolidar modelos y metodologías replicables en contextos regionales y nacionales. Se enmarca en corrientes contemporáneas de investigación que promueven soluciones interdisciplinarias ante problemas complejos, aportando bases teóricas actualizadas y evidencia empírica significativa.

### **2. 1. 3. 2 Justificación epistemológica**

Desde la perspectiva epistemológica, la investigación integra teorías y métodos de las ciencias ambientales, ciencias sociales y tecnologías de la información, articulando un paradigma interdisciplinario que facilita un análisis integral. Combina enfoques cuantitativos (análisis espacial, modelamiento SIG) con cualitativos (análisis social, gestión participativa), garantizando así un conocimiento holístico y contextualizado, que reconoce la complejidad sistémica del centro piscícola de Ingenio y su entorno. Esta articulación de saberes enriquece el rigor metodológico y la pertinencia social de los resultados.

### **2. 1. 3. 3 Justificación práctica-técnica**

En el plano práctico, la investigación desarrolla una plataforma web interactiva que identifica áreas óptimas para la construcción de piscigranjas, apoyando la gestión eficiente y sostenible del uso del recurso hídrico y el ordenamiento territorial en el centro piscícola de Ingenio. Esta herramienta técnica permite mejorar la toma de decisiones, facilitando la planificación espacial basada en criterios ambientales y sociales. Con ello, se espera incrementar la producción, minimizar riesgos ambientales, y fomentar la participación comunitaria. La propuesta tecnológica contribuye a una gestión más transparente, compartida y efectiva, superando limitaciones previas en infraestructura y monitoreo.

### **2. 1. 3. 4 Justificación Institucional y/o académica**

El proyecto fortalece la misión formativa y de innovación del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), particularmente de la carrera de Geomática, al ofrecer una aplicación práctica que evidencia la transferencia de conocimiento académico a la solución de problemas reales. Promueve la generación de competencias técnicas avanzadas, la investigación aplicada y el vínculo con el desarrollo regional sostenible. Asimismo, impulsa la consolidación de SENCICO como un referente en tecnologías geoespaciales y gestión ambiental con impacto tangible en sectores productivos.

### **2. 1. 3. 5 Justificación personal**

Este trabajo refleja el compromiso del investigador con el desarrollo sostenible y socioambiental de su región de origen. Representa una oportunidad para aplicar sus conocimientos en geomática y tecnología SIG en un problema real de gran impacto social y ambiental, contribuyendo a la mejora de la calidad de vida local y a la conservación del entorno. Además, consolida su formación profesional, afianzando valores de responsabilidad social y científico-tecnológica para afrontar retos contemporáneos.

---

"Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo"

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## **2. 1. 4 Delimitación del problema de investigación**

La investigación se limita al centro piscícola de Ingenio durante el periodo 2025, enfocándose en el análisis espacial y socioambiental para identificar las zonas aptas para la construcción de piscigranjas. Se excluyen aspectos económicos detallados a nivel comercial, políticas públicas externas y factores globales ambientales que inciden indirectamente. El estudio integra variables ambientales, sociales y accesibilidad, manteniendo un alcance claro y manejable que permite obtener resultados aplicables a la escala local.

## **2. 1. 5 Alcance y limitaciones del estudio**

El presente estudio comprende el desarrollo y aplicación de una plataforma tecnológica basada en sistemas de información geográfica (SIG) para identificar las zonas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola de Ingenio, considerando factores ambientales, sociales y de accesibilidad en el periodo del año 2025. Este enfoque multidimensional busca apoyar la gestión territorial sostenible y mejorar la producción de truchas a través de una herramienta que facilite la toma de decisiones para los gestores y comunidades involucradas.

Sin embargo, esta investigación enfrenta limitaciones vinculadas estrechamente a las condiciones inherentes del área de estudio y a la complejidad del sistema piscícola. Primeramente, la calidad y disponibilidad de los datos ambientales y sociales puede carecer de la integridad o precisión requerida, mostrando variabilidad o carencias de información en ciertos periodos o sectores, lo que podría afectar la consistencia del análisis integral y la confiabilidad de las recomendaciones.

Adicionalmente, las condiciones climáticas presentan una naturaleza cambiante e impredecible, con alteraciones en los ciclos de lluvias, temperaturas extremas y modificaciones en los flujos hidrológicos que generan incertidumbre constante. Estos factores climáticos impactan directamente variables críticas como la calidad del agua y la salud de las truchas, afectando la vigencia y aplicabilidad de las soluciones propuestas, lo que exige una constante evaluación y actualización de los modelos utilizados.

Desde el ámbito operativo y técnico, la adopción y aplicación de tecnologías y prácticas recomendadas pueden verse restringidas por limitaciones económicas, restricción en infraestructura adecuada, y dificultades en la capacitación y aceptación tecnológica entre los gestores del centro piscícola y las comunidades vinculadas. Estas barreras pueden dificultar la implementación efectiva de las propuestas tecnológicas, limitando su alcance y sostenibilidad en el mediano y largo plazo.

## 2. 2 Objetivos de la investigación

### 2. 2. 1 *Objetivo general*

Implementar una plataforma web Interactiva donde se muestre las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola de ingenio en la región de Huancayo.

### 2. 2. 2 *Objetivos específicos*

- Determinar las zonas seguras para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola de ingenio en la región de Huancayo.
- Identificar las mejoras rutas de acceso a las piscigranjas en el centro piscícola de ingenio de la región de Huancayo.
- Difundir las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola de ingenio en la región de Huancayo.

## 2. 3 Hipótesis y/o idea a defender, variables

### 2. 3. 1 *Formulación de la hipótesis general*

La hipótesis general de esta investigación plantea que la implementación de una plataforma tecnológica basada en sistemas de información geográfica (SIG), que integre variables ambientales, sociales y de accesibilidad, permitirá identificar y delimitar áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola de Ingenio, lo que redundará en una mejora significativa de la productividad y sostenibilidad del sistema piscícola.

Esta hipótesis se fundamenta en la premisa científica de que la planificación basada en análisis espacial y criterios multidimensionales contribuye a optimizar recursos naturales y sociales para lograr sistemas productivos más eficientes y sostenibles.

### **2. 3. 2 *Formulación de hipótesis específicas***

Complementariamente, se definen las siguientes hipótesis específicas, orientadas a desglosar y contrastar componentes clave del problema:

- Hipótesis 1: La calidad y disponibilidad del recurso hídrico tienen una influencia positiva significativa en el crecimiento y supervivencia de las truchas en el centro piscícola.
- Hipótesis 2: Las áreas identificadas mediante análisis espacial integrado presentan condiciones ambientales y sociales óptimas para la construcción segura de piscigranjas.
- Hipótesis 3: La integración de factores socioeconómicos y de accesibilidad potencia la efectividad del modelo para delimitar zonas aptas para piscicultura.
- Hipótesis 4: La adopción de la plataforma tecnológica incrementa la capacidad de toma de decisiones y difusión de información técnica entre gestores y comunidades.

Estas hipótesis específicas derivan directamente del análisis estructurado del problema y las variables relevantes para la producción piscícola sostenible, siguiendo modelos de dinámica de sistemas y enfoques SIG aplicados en contextos similares.

### **2. 3. 3 *Modelo para contrastar la hipótesis***

Se propone un modelo de investigación que combina métodos cuantitativos y cualitativos, basado en el uso de Sistemas de Información Geográfica para la integración y análisis espacial de variables ambientales (calidad del agua, parámetros físico-químicos), sociales (conflictos, participación comunitaria) y económicos (accesibilidad, infraestructura).

Este modelo usa análisis multicriterio para evaluar y ponderar las variables, generando mapas temáticos y áreas potenciales. Posteriormente, se validará con datos de campo y retroalimentación de gestores y actores sociales, incorporando técnicas de evaluación participativa.

La eficacia del modelo será contrastada a través de indicadores de productividad piscícola y gestión ambiental, permitiendo la comprobación de la hipótesis mediante comparación estadística y análisis de impactos esperados.

### **2. 3. 4 Matriz de operacionalización de variables y marco conceptual**

La matriz operacionaliza las variables clave para garantizar mediciones claras y replicables:

**Tabla 1: Operacionalización de variables**

Variable	Tipo	Dimensiones/Indicadores	Definición Operativa
Calidad del agua	Independiente	Parámetros físicos (temperatura, turbidez), de imágenes químicos (pH, oxígeno disuelto), microbiológicos	Medición mediante el uso multiespectrales y de radar para el estudio.
Accesibilidad	Independiente	Distancia a vías principales, tiempos de conectividad vial y traslado	Evaluación con SIG de la logística accesoria.
Condiciones sociales	Independiente	Conflictos, participación, percepción comunitaria	Noticias, entrevistas y análisis cualitativo de actores sociales.
Producción piscícola	Dependiente	Cantidad de truchas producidas, tasa de mortalidad, calidad del producto	Registro administrativo y muestreos productivos en el centro piscícola.

**Nota.** Adaptado con base en Hernández, Fernández y Baptista (2014) y Conesa Fernández-Vitora (1997), quienes aportan fundamentos metodológicos para la operacionalización de variables en estudios ambientales y sociales. Esta tabla sintetiza los principales indicadores utilizados para evaluar variables independientes y dependientes en el contexto piscícola.

### **2. 3. 5 Matriz de consistencia**

**Tabla 2: Matriz de consistencia**

Objetivos	Hipótesis	Variables	Métodos de Recolección
Identificar áreas idóneas	Hipótesis 2 y 3	Calidad del agua, accesibilidad, condiciones sociales	SIG, análisis espacial, entrevistas
Mejorar productividad	Hipótesis 1 y 4	Producción piscícola, calidad de agua	Muestreos, registros administrativos, evaluación tecnológica
Facilitar toma de decisiones	Hipótesis 4	Producción, participación social	Diseño y validación de la plataforma, contrastando con la realidad

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

**Nota.** Elaborado conforme a García (2018) y Ruiz y Martínez (2021), especialistas en planificación de proyectos y construcción de matrices de consistencia para investigación aplicada. La tabla relaciona objetivos, hipótesis, variables y métodos de recolección para asegurar coherencia metodológica.

## 2. 4 Marco teórico

### 2. 4. 1 Antecedentes

#### 2. 4. 1. 1 Antecedentes Nacionales

La piscicultura, entendida como la ciencia y técnica dedicada al cultivo de peces para consumo humano y comercial, ha evolucionado como un sector productivo estratégico en el país, sustentado en avances científicos y tecnológicos. Según la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM, 2025), la piscicultura involucra el manejo óptimo de condiciones ambientales y económicas para asegurar la producción sostenible y rentable de peces, concepto fundamental para el abordaje actual del centro piscícola de Ingenio.

Diversos estudios han subrayado la importancia crítica de la calidad del agua en la piscicultura, destacando parámetros esenciales como oxígeno disuelto, pH, temperatura, amoníaco y alcalinidad, cuya degradación afecta directamente la salud y productividad de las especies cultivadas (Zanolo, 2022). Así, la evaluación y tratamiento constante del recurso hídrico son vitales para mantener la rentabilidad y sostenibilidad de los centros piscícolas.

En el plano socioeconómico, la piscicultura representa una importante fuente de empleo y contribución al Producto Bruto Interno (PBI) del país, tal como señala Escobar (2024), quien advierte también sobre los retos relacionados con la informalidad y regulación limitada que generan impactos ambientales negativos. Este escenario refleja la necesidad de políticas y gestiones efectivas para sectores productivos como el centro Ingenio que buscan impulsar su desarrollo sin comprometer los recursos ambientales.

Además, la piscicultura juega un papel clave en el desarrollo rural, aportando a la seguridad alimentaria, generación de ingresos y evitando la migración hacia zonas urbanas (Vera de Silverira, 2019). Su fortalecimiento es fundamental para promover economías locales equilibradas y sostenibles.

Finalmente, el avance en investigación e innovación aplicada a centros piscícolas peruanos, incluyendo el uso de tecnologías para el manejo reproductivo, control sanitario y mejora de infraestructuras, ha sido señalado por Gonzales Molina (2018) como pilar para aumentar la eficiencia y competitividad en el sector, evidenciando la importancia de incorporar estas prácticas al centro piscícola de Ingenio para superar los desafíos técnicos y productivos actuales.

## 2. 4. 1. 2 Antecedentes Internacionales

En la última década, los geoportales han emergido como instrumentos tecnológicos fundamentales en la administración y el acceso organizado a datos geoespaciales, transformando profundamente el campo de las ciencias de la tierra y la planificación territorial. Smith, Johnson y Brown (2023) explican que un geoportal no es simplemente un sitio web, sino un eje vertical dentro de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), que permite la exploración integrada, administración eficiente y el intercambio efectivo de información geográfica proveniente de fuentes diversas y heterogéneas. Esto facilita no solo el acceso unificado sino la interoperabilidad entre plataformas y sistemas diversos, elevando la calidad y la rapidez en la toma de decisiones para la gestión urbana, ambiental y el patrimonio cultural. Dicha capacidad de integración y administración compartida ha sido crucial para abordar desafíos complejos como la conservación territorial y el análisis multidimensional de variables espaciales (Smith, 2023).

Complementariamente, el auge de los geovisores ha revolucionado la visualización y la interpretación espacial en ámbitos científicos y de planificación. Jones y Martínez (2022) señalan que los geovisores modernos constituyen herramientas interactivas que eliminan las barreras tecnológicas relacionadas con el software especializado. Su diseño permite a usuarios finales no expertos manipular mapas dinámicos, superponer múltiples capas temáticas y realizar análisis básicos o avanzados directamente desde navegadores web. Esto amplía significativamente la accesibilidad y democratización del conocimiento geoespacial, impulsando procesos participativos y colaborativos fundamentales para la gestión del territorio y la evaluación ambiental. Además, Lee, Kim y Park (2024) profundizan en el papel indispensable del geovisor, enfatizando su función en la mejora de la visualización espacial para la gestión de recursos naturales, monitoreo ambiental y planificación urbana, donde la capacidad de integrar datos de diferentes fuentes y presentarlos de forma gráfica intuitiva se traduce en decisiones más informadas, rápidas y acertadas.

Otro aspecto relevante recae en la integración de datos provenientes de múltiples fuentes heterogéneas, aspecto que Zhang y Wang (2024) abordan con énfasis al analizar la función de los geoportales en la consolidación de información urbana compleja.

Argumentan que la interoperabilidad facilitada por geoportales es esencial para ciudades inteligentes, donde la gestión integrada y coordinada de datos ambientales, sociales y económicos debe ser armonizada para optimizar la planificación sostenible y eficiente. La capacidad de incorporar y gestionar datos en tiempo real desde múltiples sistemas contribuye sustancialmente a la elaboración de políticas públicas más integradas y resilientes frente a los retos contemporáneos del desarrollo urbano.

Los geoportales actualmente desempeñan un papel fundamental en el acceso y la gestión de datos espaciales distribuidos, facilitando la visualización, descubrimiento y descarga de datos de observación terrestre (Li et al., 2020).

Estos portales constituyen la base para arquitecturas y servicios de plataformas web SIG, proporcionando herramientas integrales para la integración y el manejo eficiente de información geoespacial. En particular, la integración multisource de datos espaciales ha avanzado significativamente, con metodologías que promueven la armonización y fusión de datasets para asegurar la interoperabilidad en aplicaciones urbanas y ambientales (Noardo et al., 2022; Huang et al., 2014).

En cuanto a la visualización geoespacial, la geovisualización 3D y 4D ha emergido como una herramienta valiosa para la investigación geocientífica, permitiendo visualizaciones interactivas y multidimensionales que mejoran el modelado geológico y el análisis en geovisores web (Forsythe et al., 2024). Los geovisores, en este sentido, juegan un papel crítico en la gestión ambiental al facilitar el análisis visual y la interpretación de información espacial, siendo fundamentales para el monitoreo territorial y la toma de decisiones basadas en datos espaciales (Lee, Kim, & Park, 2024).

Los geoportales representan plataformas esenciales para el acceso distribuido a datos espaciales, integrando visualización, descubrimiento y descarga de información geoespacial, lo que fundamenta arquitecturas modernas de plataformas web SIG (Li et al., 2020). La evolución arquitectónica de los sistemas de información geográfica (GIS) hacia soluciones cloud-native e integradas con inteligencia artificial ha transformado el monitoreo ambiental, permitiendo procesamiento en tiempo real y análisis predictivos escalables (Faifura, 2025). Estas avances facilitan la integración de datos multisource para aplicaciones urbanas y ambientales, promoviendo interoperabilidad mediante armonización de datasets heterogéneos (Noardo et al., 2022; Huang et al., 2014).

La geovisualización multidimensional (3D/4D) ha avanzado en geociencias, ofreciendo visualizaciones interactivas que mejoran el modelado geológico y el soporte para geovisores web (Forsythe et al., 2024). En paralelo, los geovisores juegan un rol clave en la gestión ambiental al habilitar análisis visuales e interpretación espacial para monitoreo territorial (Lee et al., 2024). Además, la integración de GIS con modelado de calidad del aire proporciona herramientas para caracterizar impactos locales de emisiones primarias, combinando observación, modelado y visualización geográfica (Kim et al., 2021).

## 2. 4. 2 *Marco epistemológico*

El marco epistemológico constituye el conjunto de principios, fundamentos y enfoques teóricos que orientan la comprensión y construcción del conocimiento en el campo de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), configurándose como la base epistemológica desde la cual se desenvuelve la presente investigación. En este contexto, la epistemología no solo se limita a la teoría del conocimiento, sino que integra enfoques multidisciplinarios que interrelacionan la geomática, la informática, la gestión ambiental y las ciencias sociales para generar un entendimiento holístico y dinámico del territorio y sus fenómenos.

Este paradigma epistemológico parte del reconocimiento de las IDE como un nuevo modelo conceptual que trasciende los sistemas tradicionales de información geográfica (SIG). Según Iniesto y Núñez (2015), las IDE representan un entorno virtual y colaborativo que permite la interoperabilidad, el acceso y el intercambio eficiente de datos y servicios geográficos mediante plataformas tecnológicas estandarizadas, abiertas y accesibles a través de la red Internet. Esta evolución tecnológica implica un cambio radical no solo en los métodos y técnicas de recolección y análisis de información geoespacial, sino también en la propia manera de concebir y validar el conocimiento espacial.

Asimismo, el marco epistemológico reconoce la información geográfica como un recurso vivo, mutable y sujeto a múltiples dimensiones físicas, sociales, ambientales y económicas que requieren ser interpretadas de forma integrada. La provisión de datos oportunos, confiables y contextualizados a través de infraestructuras basadas en normas y estándares internacionales como la familia ISO 19100 y las especificaciones del Open Geospatial Consortium (OGC), posibilita la generación de conocimiento aplicable y riguroso, que responde a las demandas de una sociedad globalizada y digitalizada.

Desde una perspectiva metodológica, este marco epistemológico sostiene que la construcción del conocimiento en las IDE debe adoptar un enfoque sistémico, flexible y participativo, que promueva la cooperación entre diversos actores instituciones públicas, sector privado, academia y usuarios para el diseño, implementación y explotación eficaz de servicios geoespaciales interoperables. La innovación tecnológica se conjuga así con principios éticos y sociales que buscan la democratización del acceso a la información, la transparencia en la gestión pública y el impacto positivo en la sostenibilidad ambiental.

Finalmente, la epistemología de las IDE impulsa una visión transformadora, en la cual el conocimiento científico-geográfico es un proceso continuo y retroalimentado, donde la tecnología no solo es un medio, sino un agente dinamizador de nuevas formas de conocimiento, interpretación y acción territorial. Este enfoque permite no solo la optimización de procesos de gestión y planificación, sino también el fortalecimiento de capacidades locales e internacionales para enfrentar los desafíos contemporáneos del desarrollo sostenible y la conservación del patrimonio territorial.

---

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

En suma, el marco epistemológico para esta investigación se fundamenta en la comprensión crítica, integrada y aplicada de la información geoespacial, como herramienta esencial para la innovación en la gestión del territorio, respaldada en principios tecnológicos, normativos y sociales que garantizan la interoperabilidad, la confiabilidad y la apertura de datos espaciales.

#### **2. 4. 3 *Marco Legal***

El marco legal que regula la piscicultura y la gestión ambiental en el Perú se sustenta en un conjunto de normas y reglamentos actualizados para promover un desarrollo sostenible, ordenado y competitivo del sector acuícola.

En primer lugar, destaca la Ley General de Acuicultura, aprobada mediante el Decreto Legislativo N° 1195, que establece los lineamientos para fomentar, desarrollar y regular todas las fases productivas de la acuicultura en ambientes marinos, estuarinos y continentales. Complementariamente, el Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobado por Decreto Supremo N° 003-2016-PRODUCE y recientemente modificado por el Decreto Supremo N° 009-2025-PRODUCE, actualiza la normativa para adaptarla a la realidad y necesidades actuales del sector.

Este último decreto supremo crea un régimen sancionador específico para la acuicultura, que reconoce la naturaleza productiva diferenciada de la actividad acuícola respecto a la pesca extractiva y establece sanciones proporcionales y técnicas, facilitando la formalización, protección ambiental y competitividad de las unidades productivas (PRODUCE, 2025). Este régimen representa un avance significativo en la fiscalización y ordenamiento del sector.

Desde la perspectiva ambiental, el Decreto Supremo N° 013-2025-PRODUCE modifica el Reglamento de Gestión Ambiental de los subsectores Pesca y Acuicultura, incorporando medidas para fortalecer la sostenibilidad y la mitigación de impactos, acordes con políticas nacionales de desarrollo sostenible y economía azul.

Por último, en el ámbito de la gestión y estandarización de datos geoespaciales, la aplicación de la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 19115:2011 resulta fundamental. Esta norma, basada en la ISO 19115 internacional, establece un estándar para la descripción de metadatos geográficos, asegurando la calidad, interoperabilidad y accesibilidad de la información geoespacial utilizada en la planificación, monitoreo y control ambiental de las actividades acuícolas.

#### **2. 4. 4 Bases Teóricas**

El presente estudio se erige sobre una compleja matriz teórica formada por la interrelación de la Geomática Aplicada, las ciencias ambientales, las tecnologías de información geoespacial y la gestión socioambiental, con especial atención al sector acuícola. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son la herramienta fundamental que posibilita la manipulación, análisis y visualización espacial de datos multidimensionales, facilitando la toma de decisiones basadas en evidencia científica sobre la planificación territorial y la sostenibilidad ambiental (FAO, 2024; Smith et al., 2023).

La acuicultura sostenible, pilar del desarrollo rural y seguridad alimentaria, exige un enfoque integrador que considere parámetros físico-químicos del recurso hídrico, dinámicas sociales y limitaciones económicas, tema ampliamente abordado en estudios contemporáneos (Zanolo, 2022; Escobar, 2024). En este marco, la combinación de análisis espacial multicriterio con plataformas web interactivas permite no solo identificar zonas idóneas para piscigranjas, sino también fomentar la gobernanza participativa y la transparencia en la gestión territorial (Jones y Martínez, 2022; Lee et al., 2024).

El paradigma epistemológico adoptado reconoce la información geográfica como un recurso vivo, mutable y multidimensional, demandando un análisis holístico que integre dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales en un entorno regulado por normas nacionales e internacionales, como la familia ISO 19100 y las directrices del Open Geospatial Consortium (Iniesto y Pérez, 2015; FAO, 2024). Los geoportales y geovisores modernos amplían la accesibilidad y utilidad de estos datos, reduciendo barreras técnicas para usuarios no especializados, lo que potencia la adopción de tecnologías SIG en contextos regionales y comunitarios (Smith et al., 2023; Zhang y Wang, 2024).

#### **2. 4. 5 Supuestos**

Esta investigación parte del supuesto de que los datos ambientales, sociales y económicos recabados son representativos y suficientemente precisos para permitir análisis espaciales confiables y pertinentes, conforme a estándares científicos internacionales (Hernández et al., 2014). Se considera que las condiciones ambientales, aunque sujetas a variabilidad natural, mantendrán parámetros dentro de rangos esperables para la vigencia del estudio y la aplicación de sus conclusiones. Además, se asume que la plataforma tecnológica basada en SIG favorecerá procesos de toma de decisiones informados e inclusivos, al facilitar el acceso a información relevante y comprensible para diversos actores, incluidas comunidades locales y gestores técnicos (FAO, 2024; García, 2018).

Asimismo, se presupone la colaboración activa y aceptación social de las comunidades aledañas, elemento crítico para el éxito y sostenibilidad de las intervenciones propuestas. En el plano normativo y legal, la investigación asume un contexto de respeto y cumplimiento diligente de las disposiciones vigentes en acuicultura y gestión ambiental aplicables a la región de estudio, lo que garantiza el alineamiento con políticas públicas y objetivos de desarrollo sostenible (Escobar, 2024).

---

"Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo"

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## 2. 4. 6 Definición de términos básicos

- **Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Herramientas tecnológicas que integran hardware, software y datos para capturar, gestionar, analizar y presentar información referenciada geográficamente, esenciales para la planificación espacial y la gestión ambiental (FAO, 2024).
- **Geomática Aplicada:** Disciplina que implica la utilización avanzada de tecnologías espaciales, incluyendo SIG, percepción remota y bases de datos geoespaciales, para la optimización del uso de los recursos naturales y la planificación territorial sostenible (Iniesto y Pérez, 2015).
- **Acuicultura:** Actividad técnica y científica dedicada a la cría controlada de organismos acuáticos con fines comerciales y alimentarios, que requiere un manejo integrado del ambiente físico, social y económico para asegurar su sostenibilidad (Zanolo, 2022).
- **Geoportal:** Plataforma digital que facilita el acceso unificado y la interoperabilidad de datos geoespaciales provenientes de múltiples fuentes, permitiendo el análisis y toma de decisiones coordinadas (Smith et al., 2023).
- **Geovisor:** Aplicación web que permite la visualización interactiva y la superposición de capas de información geográfica, accesible a usuarios no especializados para facilitar la difusión y comprensión de datos geoespaciales (Jones y Martínez, 2022).
- **Calidad del recurso hídrico:** Indicador multidimensional que evalúa propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, determinante para la viabilidad y salud de sistemas acuícolas (Hernández et al., 2014).
- **Zona idónea:** Área territorial evaluada y clasificada bajo criterios ambientales, sociales y técnicos que garantiza la sostenibilidad y viabilidad operativa de proyectos productivos, en este caso piscícolas (FAO, 2024).
- **Plataforma tecnológica:** Sistema digital avanzado que integra bases de datos, herramientas SIG y elementos interactivos para la gestión, monitoreo y difusión de información geoespacial, orientado a fortalecer la toma de decisiones y participación comunitaria (García, 2018).
- **Metadatos:** Datos descriptivos que proporcionan información sobre el contenido, calidad, estructura y origen de otros datos geoespaciales, facilitando su descubrimiento, evaluación y uso en entornos SIG (ISO, 2015).
- **Servicios interoperables:** Servicios web estandarizados basados en protocolos OGC como WMS y WFS, que permiten el acceso, intercambio y procesamiento coordinado de datos geoespaciales entre sistemas heterogéneos (OGC, 2020).

## 2. 5 Marco metodológico

### 2. 5. 1 *Tipo y niveles de investigación*

La investigación adopta un enfoque mixto, que combina métodos cuantitativos para la recopilación de datos medibles con métodos cualitativos orientados a obtener información descriptiva y contextual. Los niveles comprenden una fase descriptiva para detallar las características específicas del centro piscícola y sus variables críticas, y una fase correlacional que analiza la relación e influencia de estas variables en la productividad acuícola. Este enfoque híbrido es adecuado para abordar la complejidad del fenómeno piscícola y responder a los objetivos planteados con un análisis exhaustivo.

### 2. 5. 2 *Objeto de estudio*

El objeto de estudio de esta investigación se centra en la evaluación exhaustiva y la optimización sistémica de la producción piscícola de trucha en el centro piscícola de Ingenio, considerando una aproximación multiescalar que integra variables ambientales, sociales, económicas y tecnológicas. El estudio profundiza en la identificación, análisis y modelación de las áreas óptimas para el establecimiento de piscigranjas, mediante la aplicación de tecnologías avanzadas de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG), con el propósito de garantizar la sostenibilidad ecológica, la mejora productiva y la gestión eficiente del recurso hídrico en contextos de cambio climático y presión socioeconómica creciente.

### 2. 5. 3 *Unidades de análisis y unidades de observación*

Las unidades de análisis comprenden los componentes espaciales y funcionales del ecosistema piscícola, incluyendo:

- Unidades espaciales: Parcelas delimitadas para piscicultura dentro del centro de Ingenio, zonas hidrográficas asociadas y corredores ecológicos circundantes.
- Unidades temáticas: Parámetros físico-químicos de la zona de estudio (precipitación, tipo de suelo, pendiente), indicadores biofisiológicos de los organismos acuáticos (tasa de crecimiento, índices de sobrevivencia), variables sociales (conflictos comunitarios, acceso y participación) y condiciones económicas relacionadas con la infraestructura y accesibilidad.

Las unidades de observación incluyen especímenes individuales de trucha en diversas fases de desarrollo, muestras de agua y suelos, así como actores sociales y técnicos involucrados en la operación y gestión del centro piscícola.

## **2. 5. 4 Diseño de investigación**

El diseño de investigación se caracteriza por un enfoque mixto, experimental-aplicado, con predominio de métodos cuantitativos para análisis espacial, físico-químico y productivo, complementados con enfoques cualitativos que permiten contextualizar las dinámicas sociales y económicas. Se implementa un diseño transversal con muestreos periódicos que permite captar variabilidad temporal y espacial, garantizando la robustez estadística y la validez interna mediante controles experimentales y análisis multicriterio. La investigación se enmarca en un paradigma interdisciplinario que busca responder no sólo a la pregunta productiva, sino a la compleja interacción de variables ambientales, sociales y tecnológicas.

## **2. 5. 5 Población y muestra**

La población está constituida por la totalidad de las unidades productivas y ecosistemas hidrológicos asociados al centro piscícola de Ingenio durante el periodo 2025. La muestra será estratificada y probabilística, representativa del 15% de la población, seleccionada mediante criterios de relevancia ecológica, accesibilidad y representatividad social. Para la caracterización biológica se considera un muestreo aleatorio sistemático de individuos truchícolas en distintas etapas ontogénicas, asegurando la inclusión de variabilidad genética y temporal. Para la variable social, se seleccionarán actores clave de manera intencionada para profundizar en las dinámicas comunitarias y de gestión.

## **2. 5. 6 Métodos generales de investigación**

Se adoptan métodos cuantitativos y cualitativos dentro de un esquema mixto:

- Métodos cuantitativos: Monitoreo ambiental, análisis estadístico multivariado, modelación espacial con SIG, experimentación controlada.
- Métodos cualitativos: Análisis de contenido de noticias publicadas, observación participante, análisis de redes sociales para la gestión comunitaria.

Esta combinación metodológica es vital para abordar la complejidad del sistema piscícola, garantizando un conocimiento integral y contextualizado.

## **2. 5. 7 Métodos particulares de investigación**

- Análisis espacial multicriterio empleando software avanzado como ArcGIS Pro y QGIS para delimitar áreas de aptitud piscícola según variables ambientales, accesibilidad y factores sociales.
- Evaluación físico-química del suelo mediante información gratuita para determinar la calidad del suelo en función de parámetros críticos.
- Investigación de reportajes o noticias focalizadas con actores sociales para identificar conflictos, percepciones y barreras tecnológicas.
- Implementación de un sitio web interactivo para observar propuestas de construcción propicias de piscigranjas.

---

"Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo"

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## **2. 5. 8 Técnicas e instrumentos de investigación**

### **2. 5. 8. 1 Técnica de recopilación de información**

Se emplearán técnicas combinadas que incluyen la, captura de imágenes satelitales multiespectrales para análisis remoto, aplicación de investigaciones estructuradas y revisión de noticias y reportajes realizados en la zona de estudio, además de recolección documental de registros administrativos productivos.

### **2. 5. 8. 2 Técnica de procesamiento de datos**

Los datos serán procesados mediante plataformas SIG para análisis espacial y modelación multicriterio. Los datos estadísticos y productivos serán sometidos a análisis estadísticos utilizando software como R. Los datos de origen satelital serán procesados con el software ERDAS IMAGINE.

### **2. 5. 8. 3 Técnicas de análisis y discusión de resultados**

Se realizará un análisis estadístico descriptivo y correlacional para evaluar la relación entre calidad hídrica y crecimiento piscícola. Se aplica análisis de redes y triangulación metodológica para integrar los hallazgos cualitativos y cuantitativos, discutiendo resultados en el marco teórico contemporáneo y bajo criterios de sostenibilidad y gobernanza ambiental.

## **2. 6 Validez y confiabilidad de los instrumentos de medición**

La robustez de los instrumentos se garantiza con calibraciones periódicas, pruebas piloto, validaciones cruzadas entre diferentes fuentes de datos y estandarización de protocolos. Se asegura la confiabilidad de las encuestas mediante escalas validadas y se evalúa la validez interna mediante análisis factorial y consistencia interna.

## **2. 7 Prueba de Hipótesis**

Se aplicarán técnicas estadísticas inferenciales apropiadas para pruebas de hipótesis, como regresión múltiple y análisis de varianza espacial, garantizando la rigurosidad requerida para validar o refutar las hipótesis de forma científica y reproducible.

## **2. 8 Equipos, materiales, insumos**

Se emplearán equipos portátiles para el procesamiento de imágenes satelitales de igual forma se emplearán software de alto rendimiento como Erdas Imagine.

### III. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

#### 3. 1 Cronograma de actividades

*Tabla 3: Cronograma de actividades a realizar para el proyecto*

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO																OBSERVACIONES
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	
I. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO																		
1.1 Idea	Tesista	X																
1.2 Elección del tema	Tesista		X															
1.3 Arqueo bibliográfico	Tesista			X														
1.4 Selección del objeto de estudio	Tesista / Asesor				X													
1.5 Elaboración del marco teórico	Tesista / Asesor					X												
1.6 Construcción de las partes preliminares del proyecto: problema, objetivos, hipótesis, operacionalización, metodología	Tesista / Asesor						X		X	X								
1.7 Presentación del proyecto	Tesista							X										
II. EJECUCIÓN DEL PROYECTO:																		
2.1 Acopio de información	Tesista									X								
2.2 Procesamiento de información	Tesista / Asesor										X							
2.3 Análisis y discusión de resultados	Tesista / Asesor											X						
2.4 Redacción primer borrador	Asesor / Tesista												X					
2.5 Revisión primer borrador														X				
2.6 Redacción Final	Tesista / Asesor													X				
2.7 Presentación informe final.	Tesista														X			
2.8 Sustentación y defensa de la tesis	Tesista / Asesor															X		

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

### 3. 2 Presupuesto

**Tabla 4:** Cuadro de costos del proyecto

DETALLE	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO (S/)	COSTO TOTAL (S/)
<b>I. PERSONAL</b>			
1. Asesoría	Personal	S. 500.00	S. 500.00
2. Asesoría especializada y Técnica	Personal	S. 600.00	S. 600.00
<b>II. BIENES</b>			
2.1 Bs. Fungibles			
- Material de escritorio	Varios	S. 5.00	S. 25.00
- Papel bond	Millar	S. 20.00	S. 20.00
2 Bs. de inversión			
- Laptop	Unidad	S. 3,000.00	S. 3,000.00
-Memoria externa	Unidad	S. 50.00	S. 100.00
- Bibliografía	Unidades	S. 00.00	S. 00.00
- Espacio en nube	Espacio de uso	S. 50.00	S. 50.00
<b>III. SERVICIOS</b>			
- Energía eléctrica	Dia	S. 15.00	S. 900.00
- Servicios de tipeo	Págs.	S. 2.00	S. 120.00
- Internet	Mes	S. 150.00	S. 300.00
<b>TOTAL</b>		S. 4,392.00	S. 5,615.00

### **3. 3 Financiamiento**

#### ***3. 3. 1 Con recursos propios***

Para la inicialización del proyecto se tomó en consideración el financiamiento tecnológico en equipos de procesamiento sofisticados, de igual forma se optó por el uso del software open source como el QGIS, SNAP, GEOSERVER.

#### ***3. 3. 2 Con recursos del SENCICO***

Para el desarrollo técnico digital del proyecto se recibió como apoyo informático, La disponibilidad de la biblioteca estudiantil del servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción – SENCICO.

Donde se nos facilitó los softwares más adecuados para nuestro proyecto, como el Erdas Imagine, ArcGIS Pro, Civil 3D y Autocad.

#### ***3. 3. 3 Con recursos externos***

Durante la elaboración de este proyecto recibimos el apoyo de XGEOSPACE Technology, comunidad y cofradía peruana dedicada al desarrollo de investigación geoespacial, destacando en sus áreas como geomática e ingeniería aeroespacial.

XGEOSPACE representa a los acrónimos de “Exploration of Geomatics in Space Technology”, encargada de velar por los intereses aeroespaciales del territorio.

XGEOSPACE nos facilitó un Hosting para alojar nuestra página web final, de Igual forma nos proporcionó un espacio en nube en AWS para compartir información en un S.a.S.

## IV. FASE OPERATIVA

### 4. 1 Trabajo de Gabinete

#### 4. 1. 1 Descarga de información satelital

Para la identificación de zonas seguras para la construcción de piscigranjas se tiene que descargar información satelital:

Para la ubicación y descarga de la imagen satelital se ha usado un archivo Json para la ubicación del centro piscícola de ingenio a nivel general.

#### JSON

```
{"type": "Polygon", "coordinates":  
[[[-75.26681169242873, -11.888047351210284],  
[-75.27028038218954, -11.875694407576029],  
[-75.24746787356638, -11.871587667325302],  
[-75.24543562845561, -11.885726370542907],  
[-75.26681169242873, -11.888047351210284]]]  
}
```

Posicionamiento de los límites del proyecto en la plataforma de descarga gratuita Copernicus Browser, donde se definirá la imagen satelital que coincida con esa área de estudio.

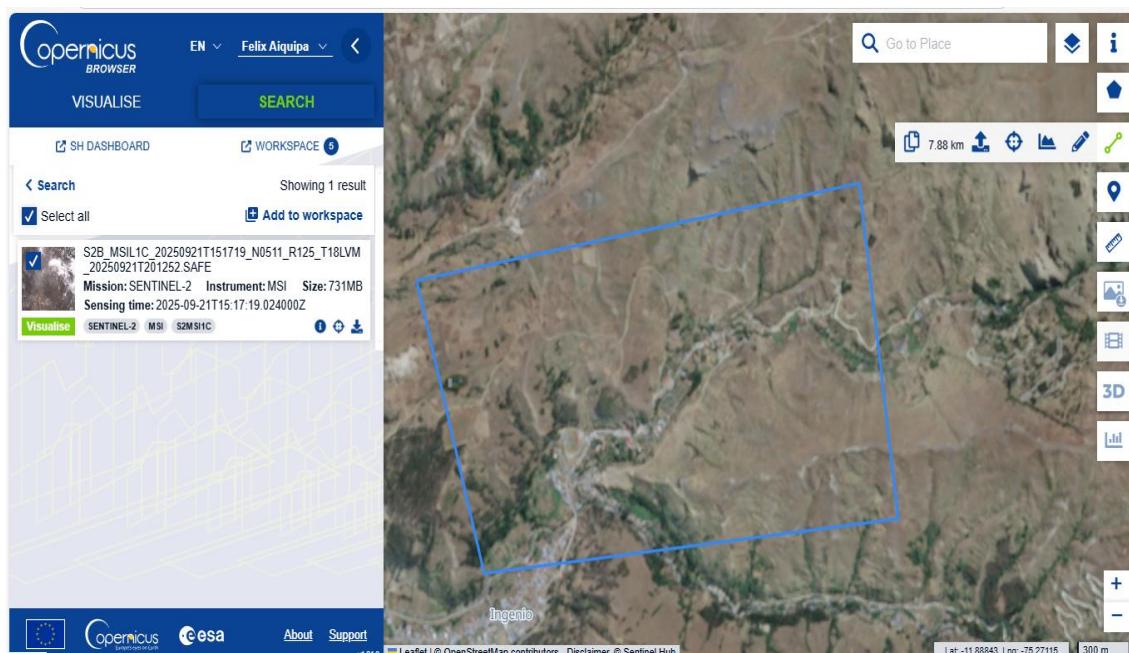


Ilustración 08: Fuente de Copernicus Browser

Posterior a ello se definió parámetros de descarga de imagen como las siguientes:

*Detalles del Producto Satelital Sentinel-2B*

Plataforma satelital: Sentinel-2B

- Organización de origen: Agencia Espacial Europea (ESA)
- Identificador de grupo de producto: GS2B\_20250802T151719\_043909\_N05.11
- Número relativo de órbita: 125
- Modo operacional: INS-NOBS
- Nombre del instrumento: MSI (MultiSpectral Instrument)
- Número de órbita: 43,909
- Identificador de serie de plataforma: B
- Fecha de procesamiento: 02 de agosto de 2025, 19:59:53 UT
- Versión del procesador: 05.11
- Tipo de producto: S2MSI1C (Sentinel-2 Nivel 1C, ortorrectificado, reflectancia en la cima de la atmósfera)
- Porcentaje de nubosidad: máximo 12 %

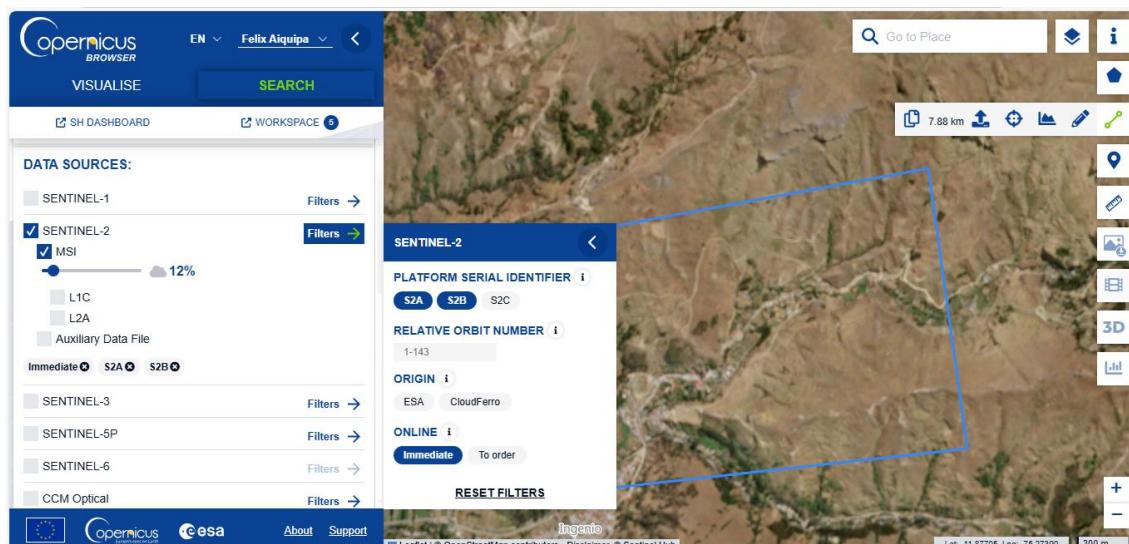


Ilustración 09: Fuente de Copernicus Browser

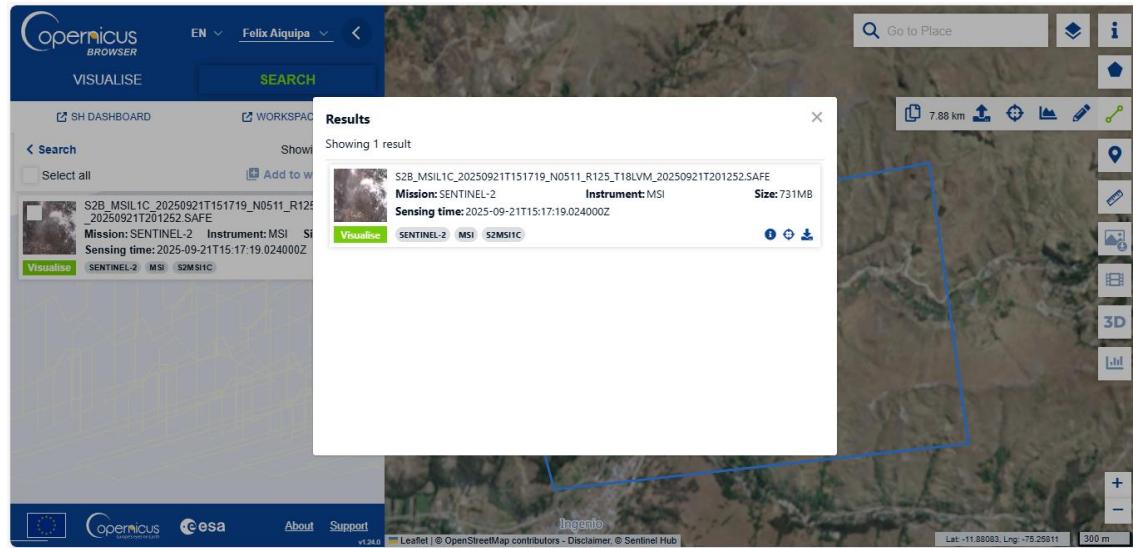


Ilustración 10: Fuente de Copernicus Browser

### Imagen en color natural en SNAP 11 (Sentinel Navegation Platfform – Versión 11)

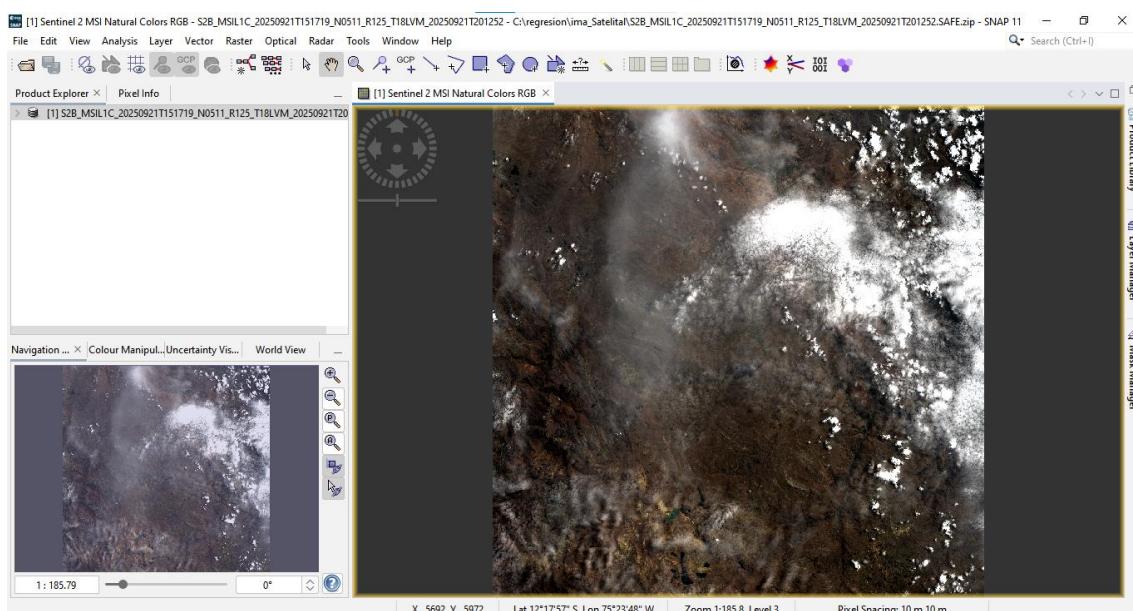


Ilustración 11: Visualización en color verdadero de la imagen descargada.

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## 4. 2 Experimentación de métodos, técnicas y procesos

### 4. 2. 1 Métodos utilizados

#### 4. 2. 1. 1 Método de resampleo:

El método de resampleo en teledetección, también conocido como remuestreo, es el proceso mediante el cual se modifica el tamaño, la resolución espacial o la georreferenciación de los píxeles de una imagen satelital para ajustarla a un nuevo sistema de coordenadas, a una rejilla diferente o cuando se realizan correcciones geométricas y mosaicos de imágenes.

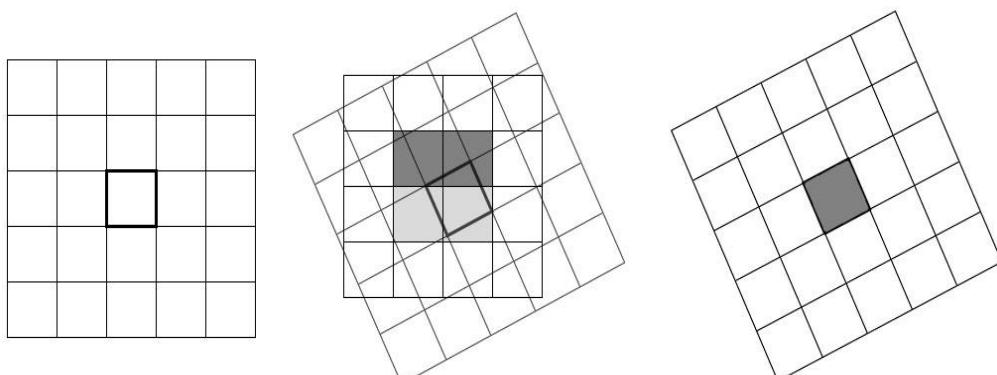


Ilustración 12: Fuente de Gis&Beers.com

#### 4. 2. 1. 2 Método de composición de bandas espectrales.

La composición de bandas en teledetección es una técnica que consiste en combinar varias bandas espectrales (generalmente tres) colectadas por sensores remotos para formar una imagen en color compuesta.

Cada banda representa una porción distinta del espectro electromagnético y se visualiza en escala de grises, y la composición asigna cada banda a uno de los canales de color primarios (rojo, verde, azul - RGB). Esto permite que la imagen resultante sea interpretada visualmente con colores que destacan diferentes características del terreno o fenómenos observados.

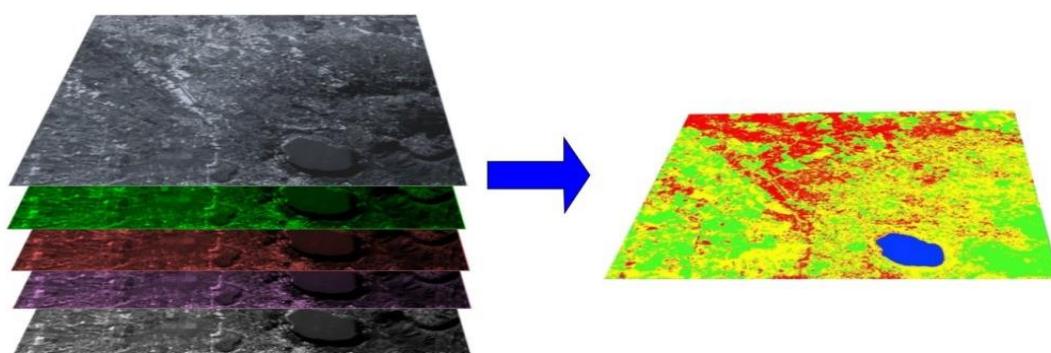


Ilustración 13: Fuente de semiautomaticclassificationmanual-v5

#### 4. 2. 1. 3 Índice de Vegetación Ajustado al Suelo - SAVI

El índice SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index, Índice de Vegetación Ajustado al Suelo) es un índice de vegetación que busca minimizar la influencia del brillo del suelo en la estimación de la presencia y densidad de vegetación en imágenes de teledetección.

Este índice introduce un factor de corrección, llamado factor L, para reducir el efecto del suelo desnudo o parcialmente cubierto que afecta a índices tradicionales como el NDVI, especialmente en áreas con poca vegetación. El valor de L varía entre 0 y 1, donde valores cercanos a 0 indican alta cobertura vegetal (haciendo el índice similar al NDVI) y valores cercanos a 1 indican poca vegetación, amortiguando el efecto del suelo.

La fórmula del SAVI es:

$$SAVI = \frac{(NIR + Rojo + L)}{(NIR - Rojo)} \times (1 + L)$$

NIR: reflectancia en la banda del infrarrojo cercano.

Rojo: reflectancia en la banda roja.

L: factor de corrección del suelo, típico 0.5 para cobertura media.

El índice SAVI se usa principalmente en zonas áridas, semiáridas o en etapas iniciales del crecimiento vegetal donde el suelo descubierto influye en la señal, mejorando la precisión en la detección y monitoreo de la vegetación.

#### 4. 2. 1. 4 Índice de Humedad Diferencial Normalizado – NDMI

El índice NDMI (Normalized Difference Moisture Index, Índice de Humedad de Diferencia Normalizada) es un índice de teledetección que mide los niveles de humedad en la vegetación usando una combinación de bandas espectrales del infrarrojo cercano (NIR) y del infrarrojo de onda corta (SWIR).

Este índice es un indicador muy útil para detectar el estrés hídrico en cultivos y vegetación, permitiendo identificar la falta de agua incluso en etapas tempranas antes de que el daño sea visible a simple vista. Además, ayuda a monitorear el riego y gestionar eficientemente los recursos hídricos en la agricultura.

La fórmula para calcular el NDMI es:

$$NDMI = \frac{(NIR + SWIR)}{(NIR - SWIR)}$$

donde:

- NIR es la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano,
- SWIR es la reflectancia en la banda del infrarrojo de onda corta.

Este índice revela directamente el contenido de agua en la hoja y en la vegetación, siendo también útil para monitorear condiciones de sequía, riesgo de incendios y salud general del ecosistema vegetal.

#### 4. 2. 1. 5 Índice de Agua Diferencial Normalizado – NDWI

El Índice de Diferencia Normalizada del Agua (NDWI) es un índice de teledetección utilizado para detectar y resaltar masas de agua en imágenes satelitales. Su propósito principal es diferenciar las superficies acuáticas y medir la humedad, reduciendo la reflectancia del suelo y la vegetación para que el agua destaque en la imagen.

La fórmula del NDWI es:

$$NDWI = \frac{(Verde - NIR)}{(Verde + NIR)}$$

Donde:

- Verde: Reflectancia en la banda verde (visible) del espectro electromagnético. Esta banda es sensible a la presencia de agua, ya que el agua refleja bastante en esta región.
- NIR: Reflectancia en la banda del Infrarrojo Cercano. El agua absorbe fuertemente esta radiación, por lo que presenta baja reflectancia en esta banda.

Este índice varía entre -1 y 1. Los valores positivos indican presencia de agua (cuerpos de agua o alta humedad), mientras que los valores cercanos a cero y negativos corresponden a suelo seco o vegetación.

#### 4. 2. 2 Técnicas realizadas

Se realizó una composición de bandas para crear un archivo multiespectral con el software Erdas Imagine Tomando en consideración las bandas iniciales B2, B3, B4, B8, B11, B12.

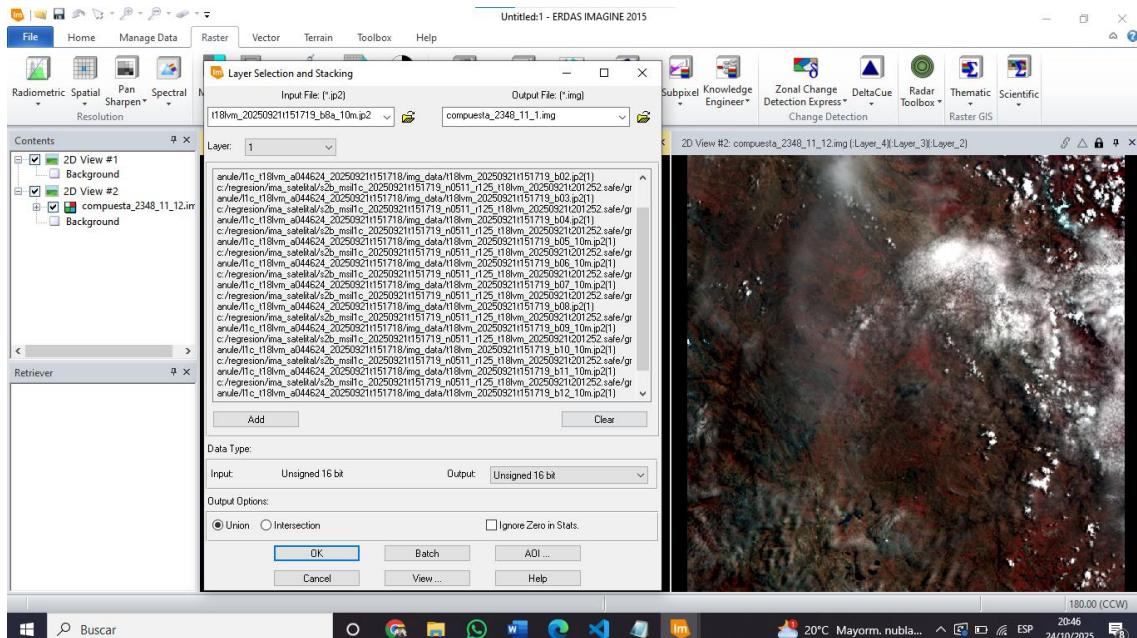


Ilustración 14: Captura de pantalla realizada en el programa Erdas Imagine

Visualización de la metadata de la imagen compuesta.

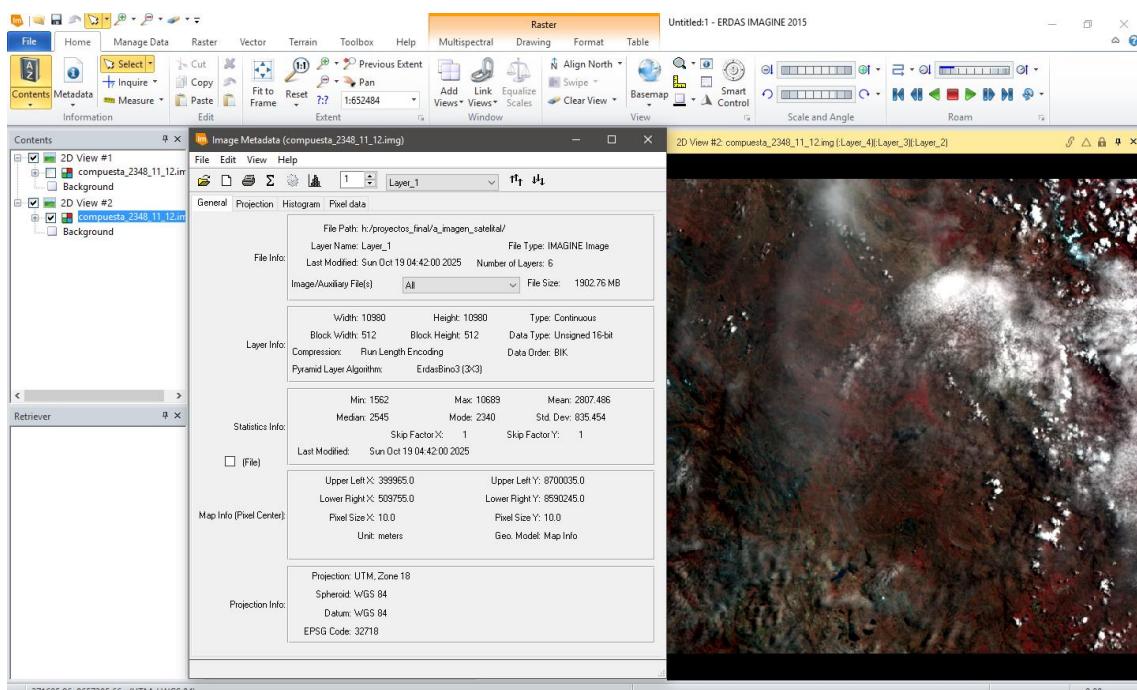


Ilustración 15 : Captura de pantalla realizada en el programa Erdas Imagine

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
 Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

#### 4. 2. 3 Procesos realizados

##### 4. 2. 3. 1 Generación del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo

Para la Generación del SAVI se utilizaron las bandas B4, B3 y L ajustado, la realización de la formula.

##### *Modelo Algorítmico para la construcción del SAVI*

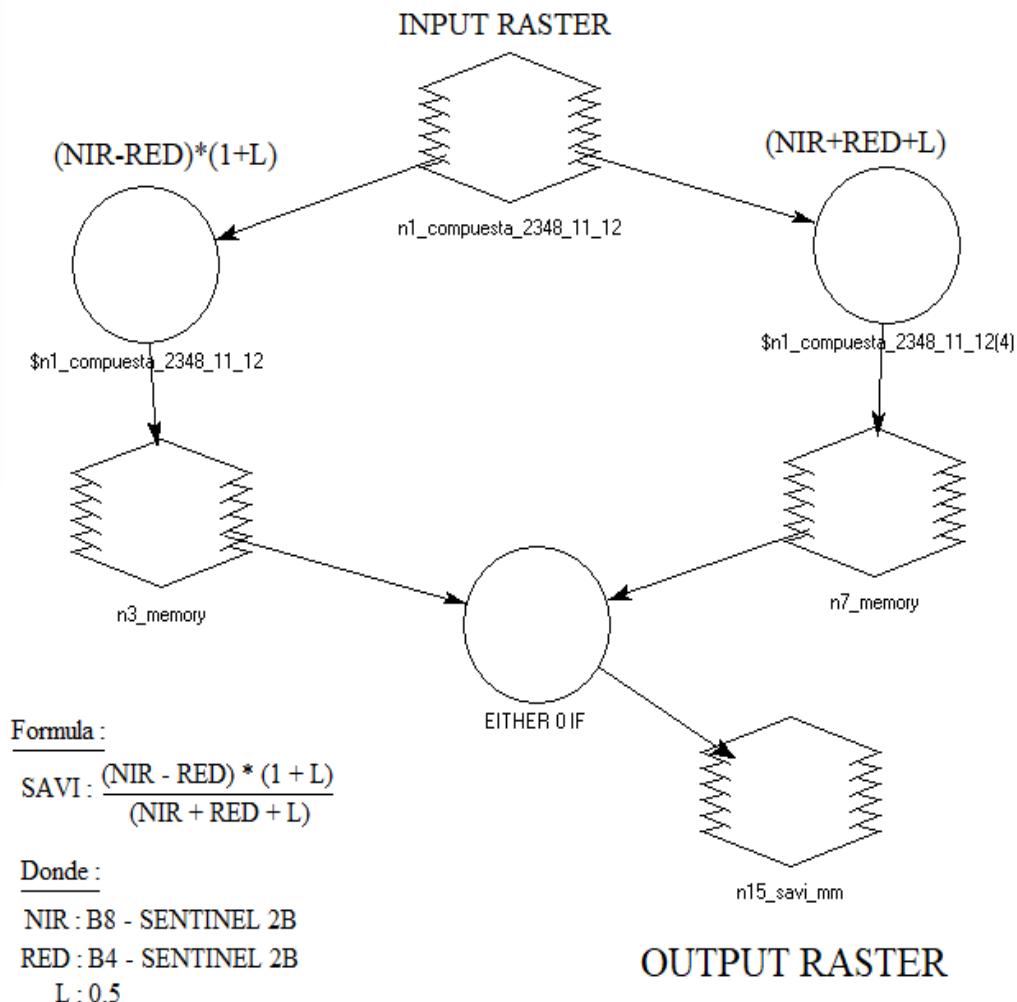


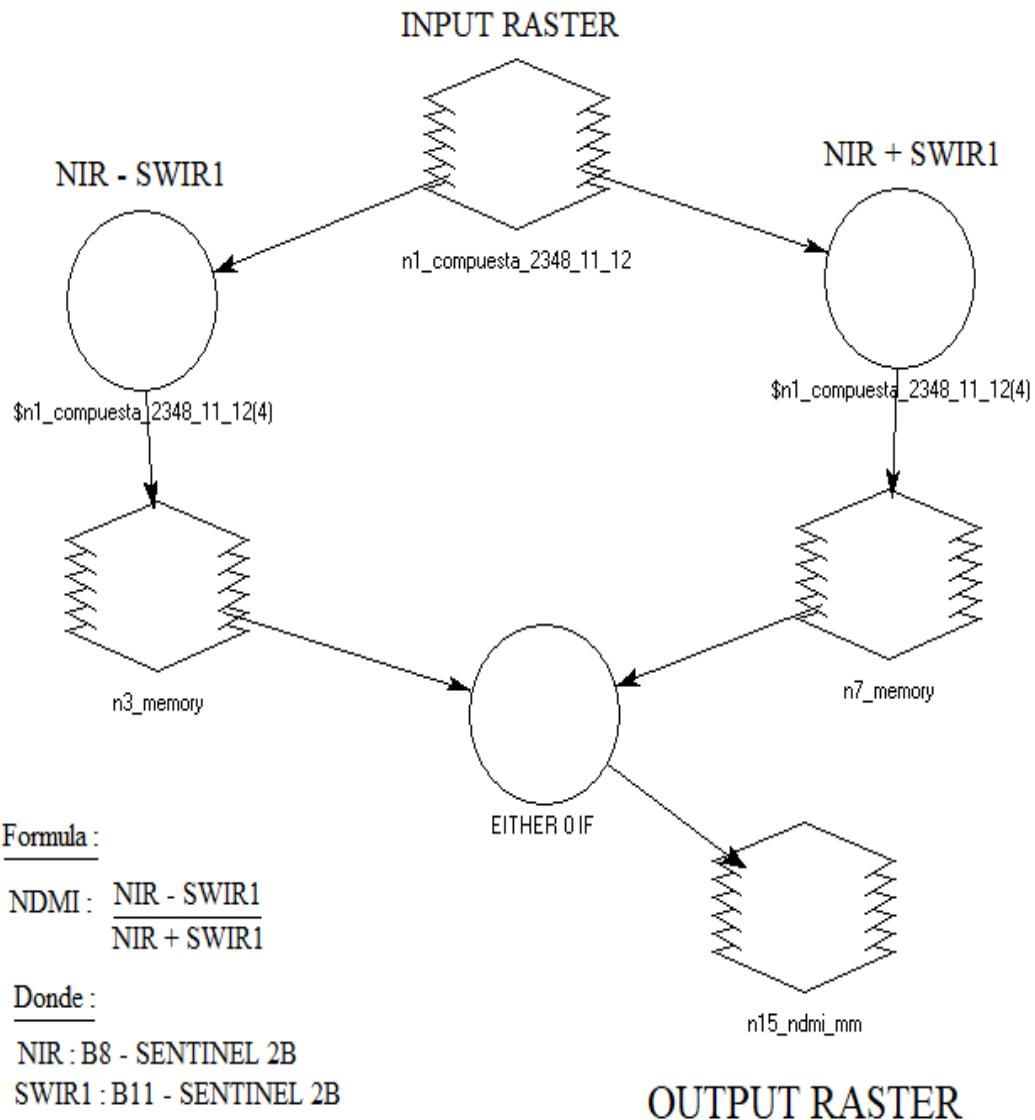
Ilustración 16: Modelo de índice generado por el Model Maker para el SAVI

#### 4. 2. 3. 2

#### Generación del Índice de Humedad Diferencial

##### Normalizado

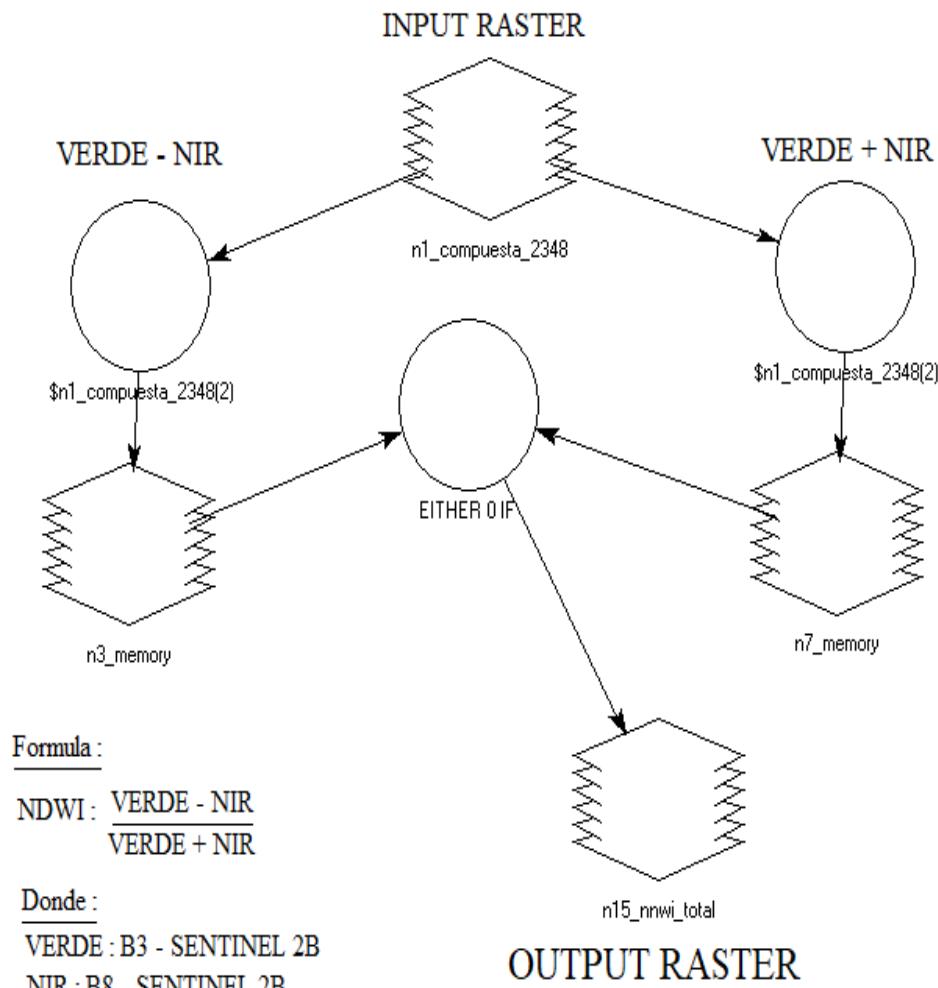
*Modelo Algorítmico para la construcción del NDMI*



*Ilustración 17: Modelo de índice generado por el Model Maker para el NDMI*

#### 4. 2. 3. 3 Generación del Índice de Agua Diferencial Normalizado

*Modelo Algorítmico para la construcción del NDWI*



*Ilustración 18: Modelo de índice generado por el Model Maker para el NDWI*

#### 4.2.4 Productos insumos obtenidos

El resultado de la generación de índices, nos generó una imagen monocromática, de las cuales procedemos a realizar la clasificación.

##### 4.2.4.1 Resultados del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo

Después de haber obtenido el resultado hacemos una comparativa con la imagen multiespectral para analizar las exclusiones que se generaron.

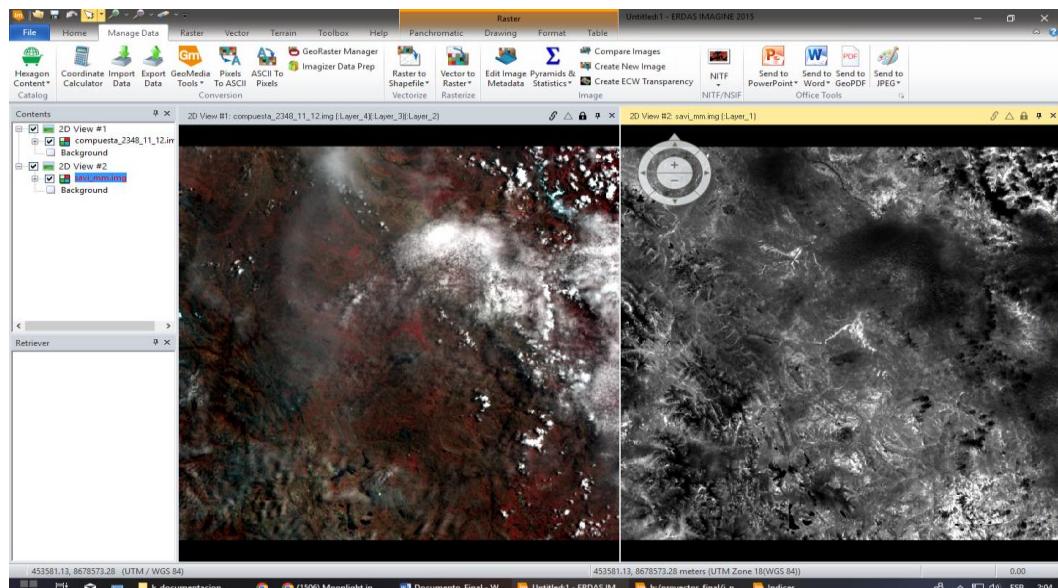


Ilustración 19: Resultados del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo

En base al archivo generado por el índice se procede a realizar una clasificación.

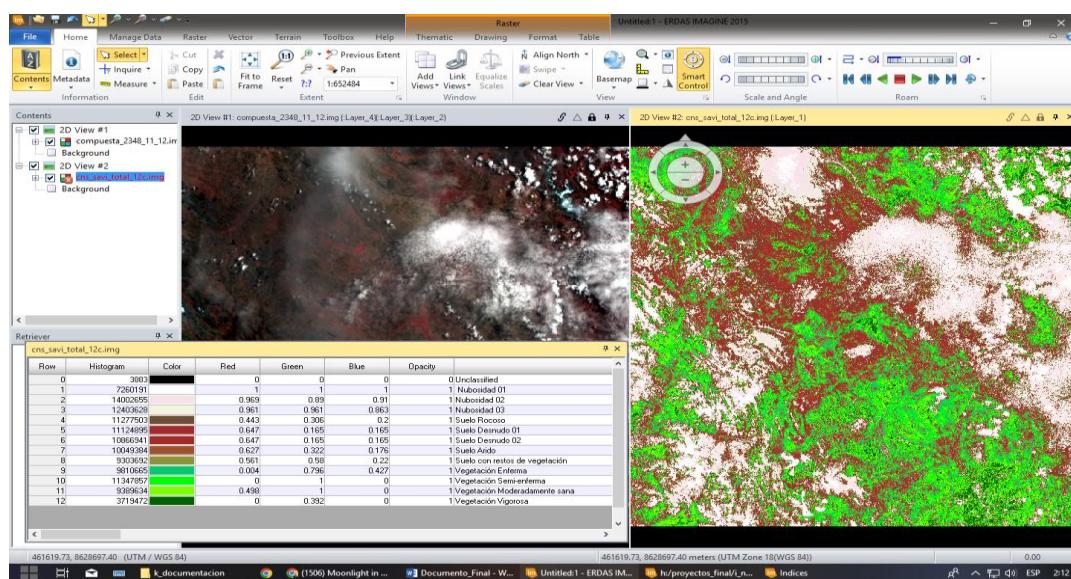


Ilustración 20: Clasificación del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

Procedemos finalmente generar una capa vectorial como archivo insumo para las siguientes operaciones.

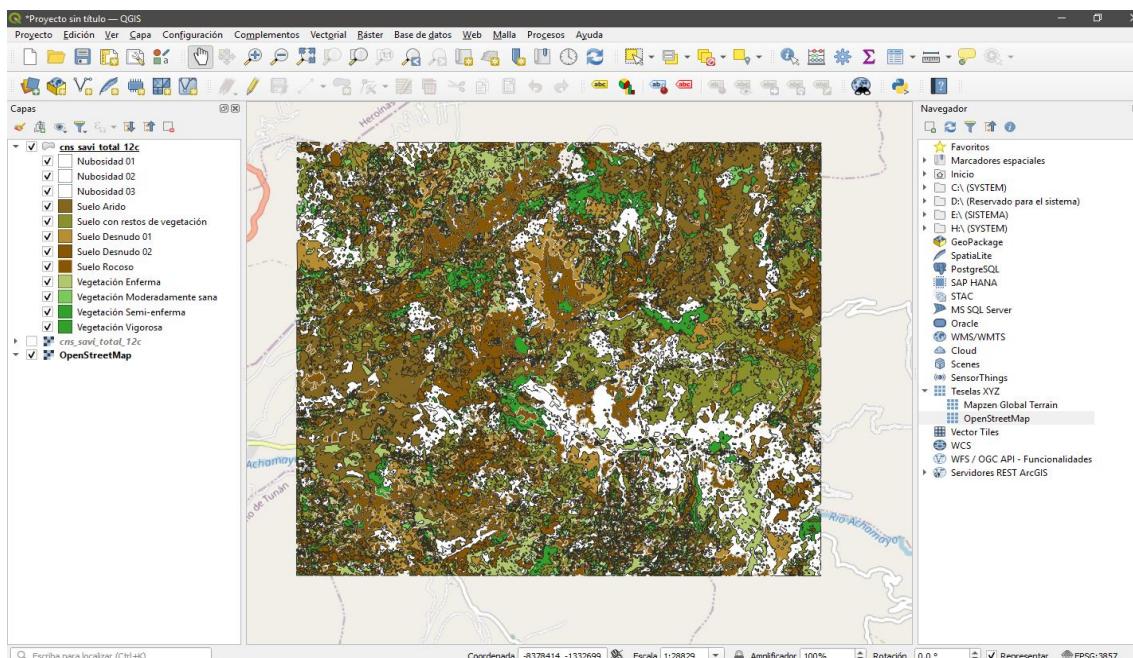


Ilustración 21: Visualización del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo

#### 4. 2. 4. 2 Resultados del Índice de Humedad de Diferencia

##### Normalizada.

Después de haber obtenido el resultado hacemos una comparativa con la imagen multi-espectral para analizar las exclusiones que se generaron.

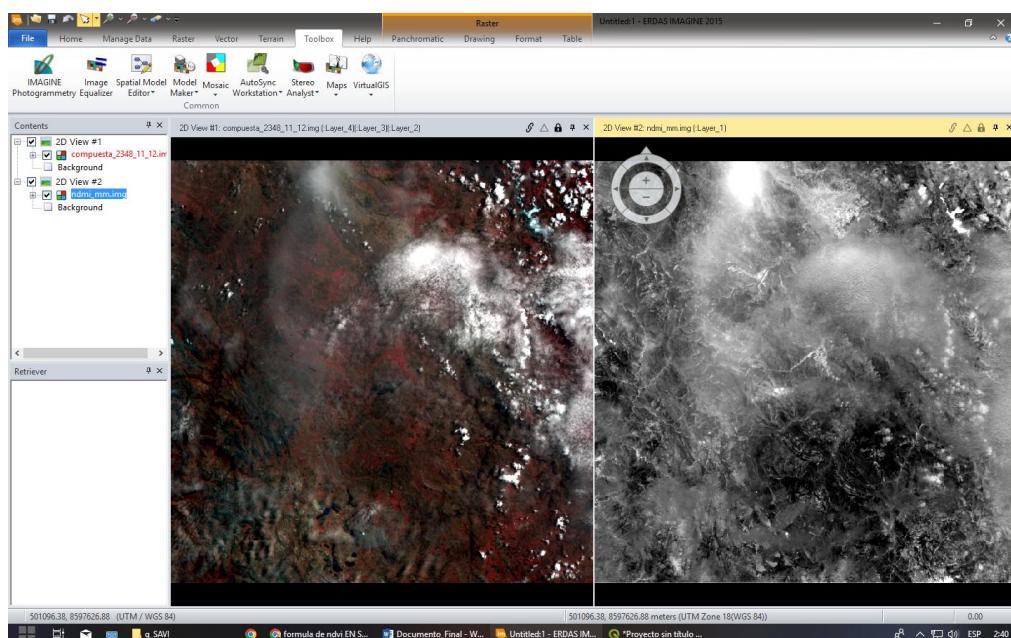


Ilustración 22: Resultados del Índice de Humedad de Diferencia Normalizada.

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

En base al archivo generado por el índice se procede a realizar una clasificación.

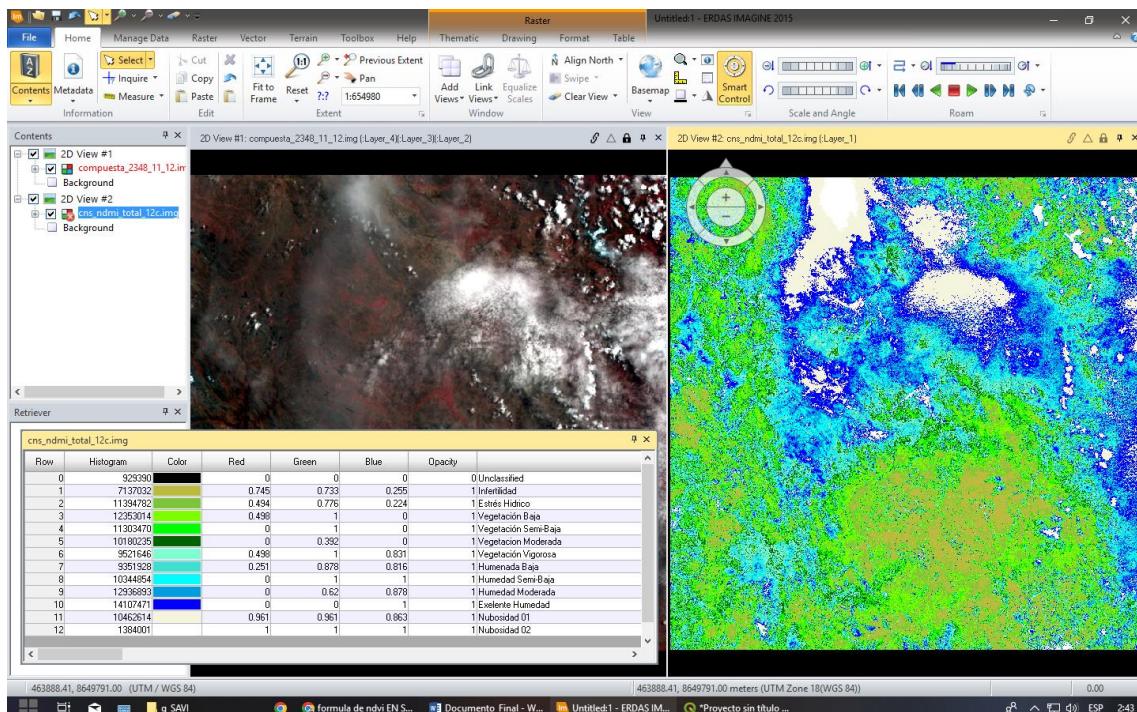


Ilustración 23: Clasificación del Índice de Humedad de Diferencia Normalizada.

Procedemos finalmente generar una capa vectorial como archivo insumo para las siguientes operaciones.

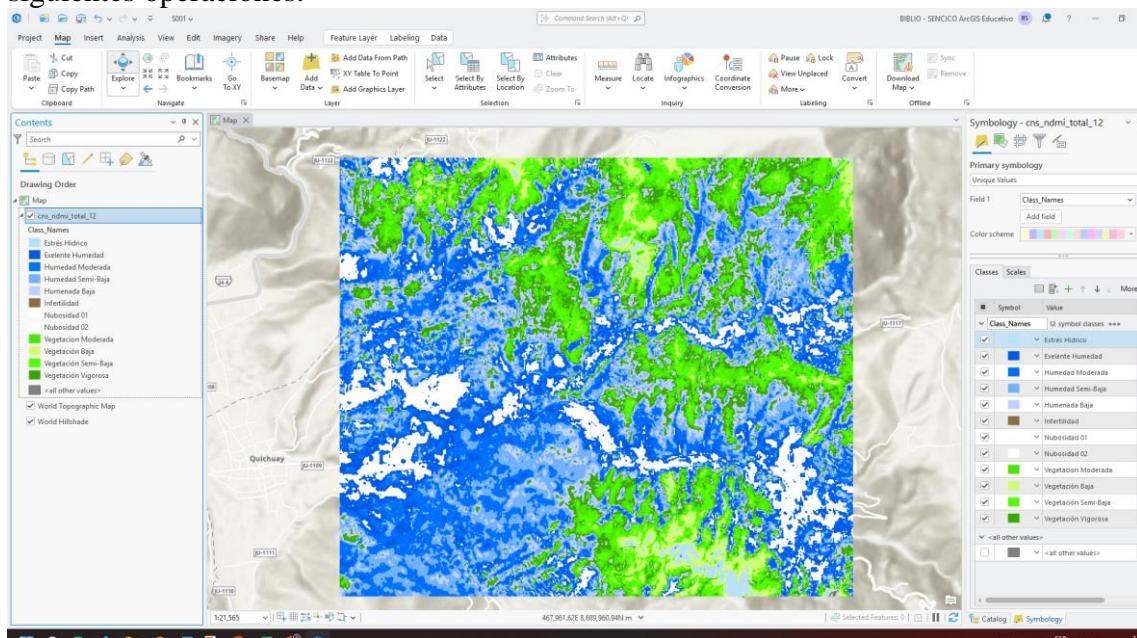


Ilustración 24: Visualización del Índice de Humedad de Diferencia Normalizada.

#### 4. 2. 4. 1 Resultados del Índice de Agua de Diferencia Normalizada.

Después de haber corrido el proyecto observamos que se generó una imagen monocromática donde procedemos a hacer una clasificación no supervisada para obtener las clasificaciones adecuadas.

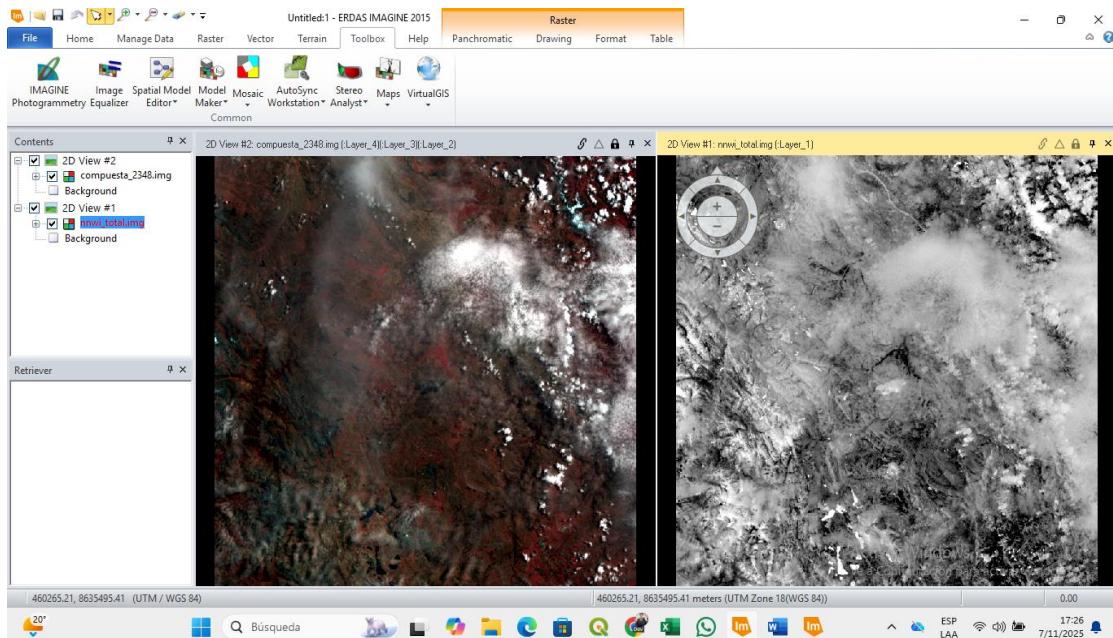


Ilustración 25: Resultados del Índice de Agua de Diferencia Normalizada.

Se procede a realizar una clasificación no supervisada y se añade los colores adecuados a la clasificación.

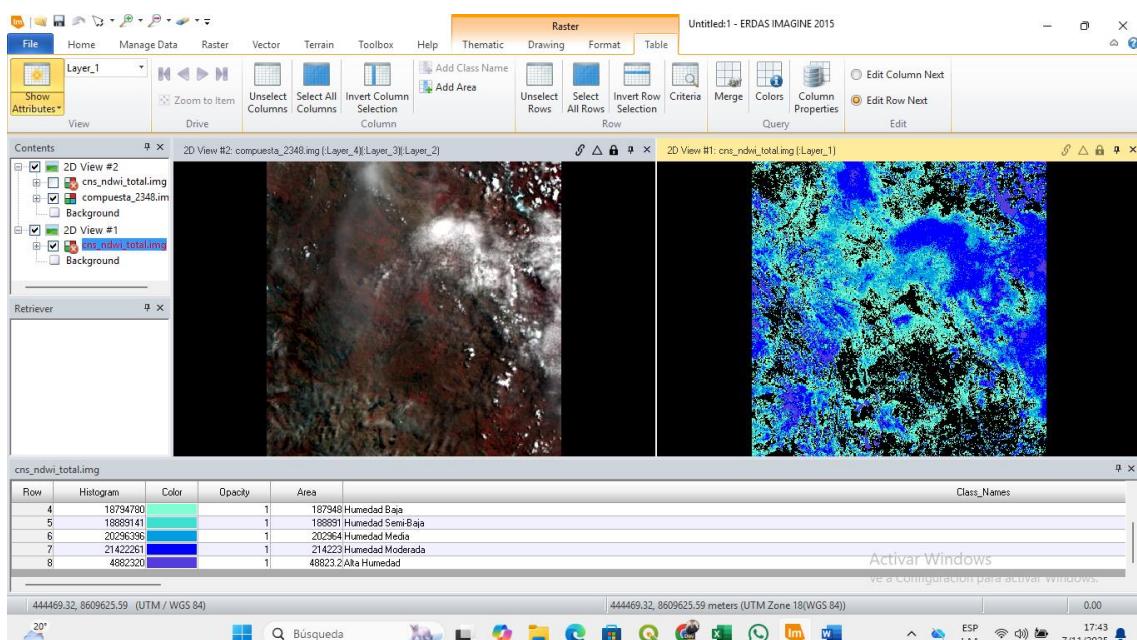


Ilustración 26: Clasificación del Índice de Agua de Diferencia Normalizada.

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

#### 4. 2. 5 Designación de pesos a los archivos insumos.

##### 4. 2. 5. 1 Designamos pesos para el submodelo 02, “Zonas Naturalmente Idóneas”

-- Código para designar peso al archivo slope\_final.shp --

```
CASE
WHEN "DN" >= 0 AND "DN" < 6 THEN 5
WHEN "DN" >= 6 AND "DN" < 11 THEN 4
WHEN "DN" >= 11 AND "DN" < 15 THEN 3
WHEN "DN" >= 15 AND "DN" < 22 THEN 2
WHEN "DN" >= 22 THEN 1
ELSE NULL
END
AS "Peso"
```

--clasicificacion por deciles de "DN" del dem\_final.shp--

```
CASE
WHEN "DN" >= 3197 AND "DN" < 3579 THEN 5
WHEN "DN" >= 3579 AND "DN" < 3961 THEN 4
WHEN "DN" >= 3961 AND "DN" < 4342 THEN 3
WHEN "DN" >= 4342 AND "DN" < 4724 THEN 2
WHEN "DN" >= 4724 THEN 1
ELSE NULL
END
AS "Peso"
```

--clasicificacion por deciles de "DN" del presipitacion\_final.shp--

```
CASE
WHEN "DN" >= 2.0 AND "DN" < 5.2 THEN 5
WHEN "DN" >= 5.2 AND "DN" < 8.4 THEN 4
WHEN "DN" >= 8.4 AND "DN" < 11.6 THEN 3
WHEN "DN" >= 11.6 AND "DN" < 14.8 THEN 2
WHEN "DN" >= 14.8 THEN 1
ELSE NULL
END
AS "Peso"
```

#### 4. 2. 5. 2 Designamos pesos para el submodelo 02, “Zonas Naturalmente

##### Idóneas”

-- Código para designar peso al archivo cns\_savi\_total.shp --

```
CASE
    WHEN "Class_Names" = 'Vegetación Vigorosa' THEN 5
    WHEN "Class_Names" = 'Vegetación Moderadamente sana' THEN 4
    WHEN "Class_Names" = 'Vegetación Semi-enferma' THEN 3
    WHEN "Class_Names" = 'Vegetación Enferma' THEN 2
    WHEN "Class_Names" = 'Suelo Rocoso' THEN 1
    WHEN "Class_Names" = 'Suelo Desnudo 01' THEN 1
    WHEN "Class_Names" = 'Suelo Desnudo 02' THEN 1
    WHEN "Class_Names" = 'Suelo Arido' THEN 1
    ELSE 0
END
AS "Peso"
```

-- Código para designar peso al archivo cns\_ndhi\_total.shp --

```
CASE
    WHEN "Class_Names" = 'Vegetación Vigorosa' THEN 5
    WHEN "Class_Names" = 'Excelente Humedad' THEN 5
    WHEN "Class_Names" = 'Vegetación Moderada' THEN 4
    WHEN "Class_Names" = 'Humedad Moderada' THEN 4
    WHEN "Class_Names" = 'Vegetación Semi-Baja' THEN 3
    WHEN "Class_Names" = 'Humedad Semi-Baja' THEN 3
    WHEN "Class_Names" = 'Vegetación Baja' THEN 2
    WHEN "Class_Names" = 'Humenada Baja' THEN 2
    WHEN "Class_Names" = 'Infertilidad' THEN 1
    ELSE 0
END
AS "Peso"
```

-- Código para designar peso al archivo cns\_ndwi\_total.shp --

```
CASE
    WHEN "DN" >= 0 AND "DN" < 1.6 THEN 1
    WHEN "DN" >= 1.6 AND "DN" < 3.2 THEN 2
    WHEN "DN" >= 3.2 AND "DN" < 4.8 THEN 3
    WHEN "DN" >= 4.8 AND "DN" < 6.4 THEN 4
    WHEN "DN" >= 6.4 THEN 5
    ELSE NULL
END
AS "Peso"
```

#### 4. 2. 5. 3 Designamos pesos para el submodelo 03, “Rutas seguras de acceso”

--clasiificación por tipo de "TEXTURA" del suelo\_total.shp--

```
CASE
    WHEN "TEXTURA" = 'Franco Arcillo arenoso' THEN 5
    WHEN "TEXTURA" = 'Franco arenoso - Limoso' THEN 4
    WHEN "TEXTURA" = 'Franco arenosos' THEN 4
        WHEN "TEXTURA" = 'Franco arenosos - Arenosa' THEN 3
    WHEN "TEXTURA" = 'Franco' THEN 2
        WHEN "TEXTURA" = 'Limosos' THEN 1
    WHEN "TEXTURA" = 'Area ocupada' THEN 0
        ELSE 0
END
AS "Peso"
```

--clasiificación por deciles de "DN" del slope\_final.shp--

```
CASE
    WHEN "DN" >= 0 AND "DN" < 6 THEN 5
    WHEN "DN" >= 6 AND "DN" < 11 THEN 4
    WHEN "DN" >= 11 AND "DN" < 15 THEN 3
    WHEN "DN" >= 15 AND "DN" < 22 THEN 2
    WHEN "DN" >= 22 THEN 1
        ELSE NULL
END
AS "Peso"
```

--clasiificación por el tipo de tierra idonea de "DESC\_CUM" del cumt\_total.shp--

```
CASE
    WHEN "DESC_CUM" = 'Area urbana' THEN 0
    WHEN "DESC_CUM" = 'Lagunas' THEN 0
    WHEN "DESC_CUM" = 'Ríos' THEN 0
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para cultivos en limpio con calidad
agrológica baja, limitada por suelo y clima' THEN 5
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para cultivos en limpio con calidad
agrológica baja, limitada por suelo e inundación' THEN 4
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para cultivos en limpio con calidad
agrológica baja, limitada por suelo, erosión y clima' THEN 3
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para cultivos en limpio con calidad
agrológica baja, limitada por suelo, erosión y clima - Tierras de Protección,
limitada en suelo y erosión' THEN 2
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para pastos con calidad agrológica baja,
limitada por suelo y erosión - Tierras de Protección, limitada en suelo y erosión'
THEN 2
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para pastos con calidad agrológica baja,
limitada por suelo, drenaje y clima' THEN 3
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para pastos con calidad agrológica baja,
limitada por suelo, erosión y clima' THEN 3
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para pastos con calidad agrológica baja,
limitada por suelo, erosión y clima - Tierras de protección, afloramiento lítico'
THEN 2
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras aptas para pastos con calidad agrológica baja,
limitada por suelo, erosión y clima - Tierras de protección, limitada en suelo,
erosión y clima' THEN 2
```

```

    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras de protección, limitada en suelo y erosión' THEN
1
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras de protección, limitada en suelo, erosión y
clima' THEN 1
    WHEN "DESC_CUM" = 'Tierras de protección, limitada en suelo, erosión y clima
- Tierras de protección, afloramiento lítico' THEN 1
        ELSE 0
    END
AS "Peso"

```

#### 4. 3 Interpolación del ráster de precipitación

Para mejorar la resolución espacial del ráster de precipitación del Senamhi denominado “Predicción Numérica de la Precipitación Acumulada en 24 horas”, se usó el método de regresión múltiple. El método utilizado fue propuesto por Pons (1996) y Ninyerola et al. (2000), basado en técnicas de regresión lineal múltiple para la interpolación espacial de los datos provenientes de las estaciones meteorológicas. Lo resaltante de este método es que al final los mapas resultantes son corregidos utilizando los residuales, producto de la regresión lineal múltiple.

Representación De Fórmula De Ecuación Lineal Múltiple

$$V = [ (X.x) + (Y.y) + (Z.z) ] + C$$

Donde:

- X: Variable de Coordenada X
- Y: Variable de Coordenada Y
- Z: Variable de Coordenada Z
- x: Coeficiente de Coordenada X
- y: Coeficiente de Coordenada Y
- z: Coeficiente de Coordenada Z
- C: Constante de Regresión Lineal Múltiple

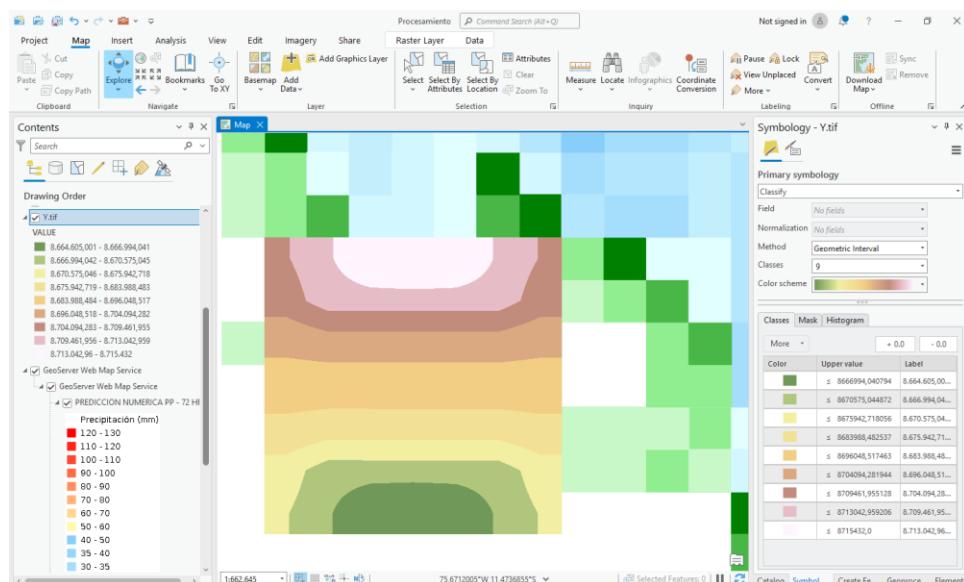


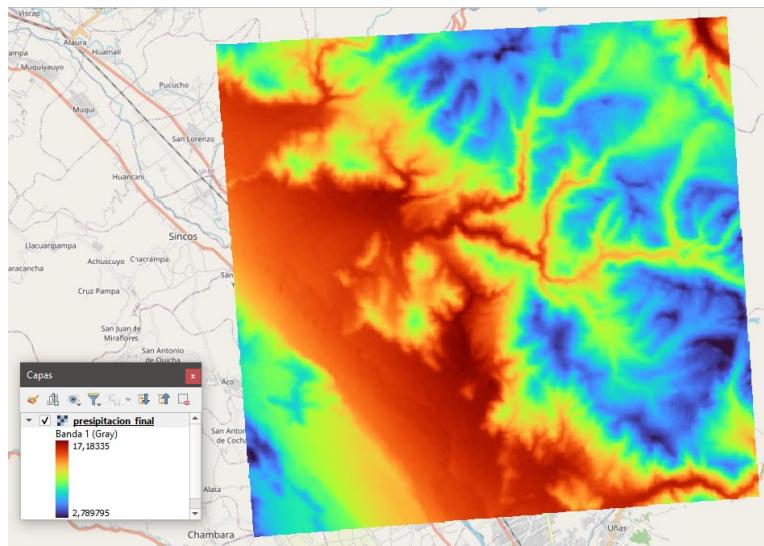
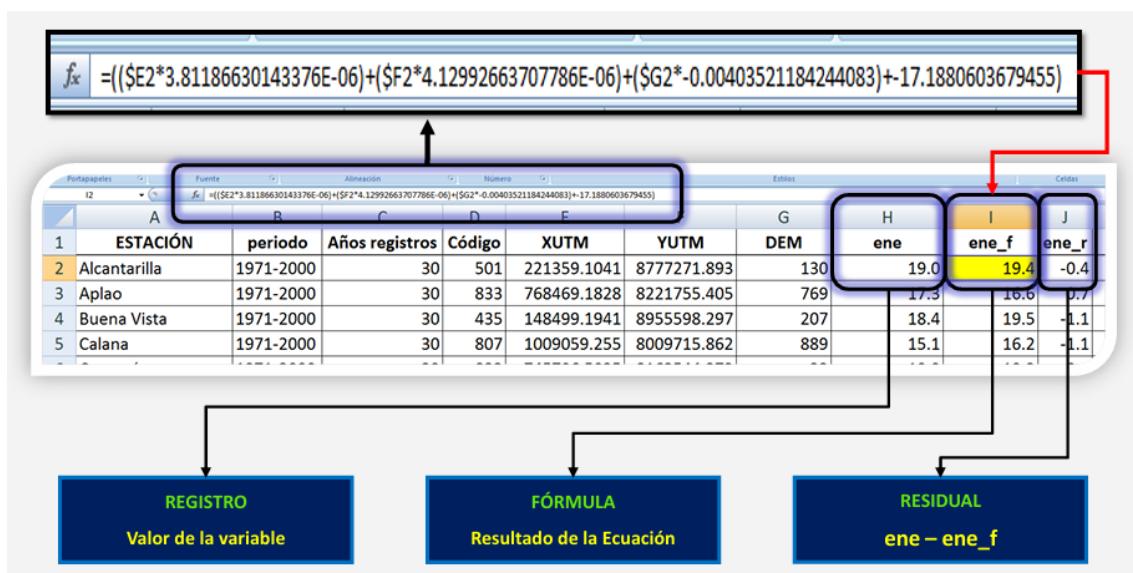
Ilustración 27: Generamos la interpolación por regresión lineal múltiple

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

#### **4. 3. 1 Cálculo de fórmula y residual**

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Resumen								
Estadísticas de la regresión								
Coeficiente de correlación múltiple	0.982240159							
Coeficiente de determinación R^2	0.964795731							
R^2 ajustado	0.963760311							
Error típico	1.296042273							
Observaciones	106							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	3	4695.464343	1565.154781	931.7919582	5.99991E-74			
Residuos	102	171.3320085	1.679725573					
Total	105	4866.796351						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Constante	-17.18806037	4.406049232	-3.901014143	0.000171898	-25.92743789	-8.44868285	-25.92743789	-8.448682846
X	3.81187E-06	6.23606E-07	6.112615644	1.81382E-08	2.57495E-06	5.04879E-06	2.57495E-06	5.04879E-06
Y	4.12993E-06	4.75442E-07	8.686498684	6.48449E-14	3.18689E-06	5.07296E-06	3.18689E-06	5.07296E-06
Z	-0.004035212	9.71711E-05	-41.52686235	1.0117E-65	-0.00422795	-0.00384247	-0.00422795	-0.00384247"



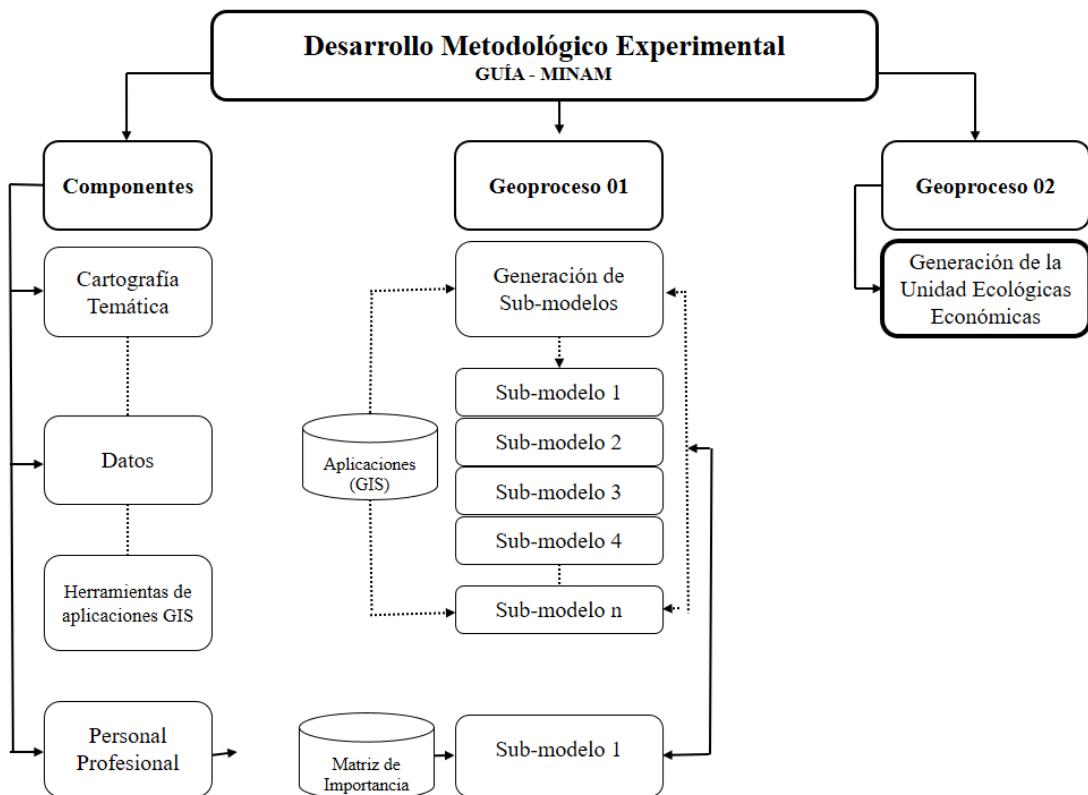
*Ilustración 28: Revisamos los valores del archivo final de precipitación*

## **“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”**

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## 4. 4 Análisis geoespacial y modelamiento SIG para áreas idóneas

### 4. 4. 1 Metodología Técnica a desarrollar



*Ilustración 29: Desarrollo metodológico experimental del MINAM*

La metodología del MINAM representada en el esquema describe un proceso de modelamiento SIG para las Unidades Ecológicas Económicas (UEE), estructurado en componentes de entrada, geoprocessos encadenados y productos de salida espacialmente explícitos. Se trata de un enfoque secuencial y modular que integra cartografía temática, bases de datos y juicio experto mediante matrices de importancia, para generar submodelos que finalmente se sintetizan en unidades ecológicas económicas consistentes y operativas para la gestión territorial.

#### Componentes de entrada

- Cartografía temática: se compilan y estandarizan capas de uso de suelo, geología, geomorfología, clima, hidrografía, vegetación, socioeconomía y otros insumos geoespaciales que caracterizan la base biofísica y humana del territorio.
- Datos y herramientas GIS: se estructuran bases de datos relacionales y ráster, y se definen los procedimientos de análisis espacial (superposición, reclasificación, ponderación, álgebra de mapas) en un software de SIG que soporte modelamiento y automatización.
- Personal profesional: se conforma un equipo multidisciplinario (especialistas físicos, bióticos, socioeconómicos y expertos SIG) encargado de definir criterios, validar resultados y garantizar la coherencia conceptual de los modelos.

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

### **Geoprocreso 1: generación de submodelos**

- A partir de las capas temáticas se formulan submodelos parciales (Sub-modelo 1...n), cada uno orientado a representar un sistema o dimensión específica, como fragilidad ambiental, aptitud productiva, dinámica socioeconómica o riesgo.
- En cada submodelo se integran variables mediante reglas lógicas y operaciones cartográficas; se asignan pesos relativos utilizando una matriz de importancia, que traduce el criterio experto en coeficientes cuantificables para el análisis multicriterio.

### **Matriz de importancia y síntesis**

- La matriz de importancia funciona como un dispositivo formal de ponderación, en el que se califica la contribución relativa de cada factor o variable al fenómeno de interés, permitiendo jerarquizar criterios y reducir la subjetividad en la toma de decisiones espaciales.
- Los resultados de los submodelos, ya ponderados y normalizados, se combinan mediante álgebra de mapas para obtener una superficie integrada, en la que cada celda o polígono expresa un valor sintético de aptitud, potencial o restricción.

### **Geoprocreso 2: Unidades Ecológicas Económicas**

- El segundo geoprocreso se centra en la delimitación de las Unidades Ecológicas Económicas, obtenidas por superposición de las unidades ecológicas (producto de la integración físico-biótica) con las variables socioeconómicas, de infraestructura y uso actual.
- El resultado es un conjunto de unidades espaciales relativamente homogéneas, que integran atributos ecológicos y económicos, y sirven como soporte técnico para la zonificación ecológica económica, la formulación de políticas de ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo sostenible.

#### 4. 4. 1. 1 Designación de los cuadros de pesos para las tablas.

La siguiente escala de valoración establece la designación cualitativa de los cuadros de pesos utilizados en las tablas de evaluación:

**Tabla 5:** Cuadro de asignación de pesos para las capas de estudio

PESOS	
05	Muy Bueno
04	Bueno
03	Regular
02	Malo
01	Muy Malo

- Peso 05: Calificación de “Muy Bueno”, que representa el nivel máximo de desempeño o pertinencia dentro del criterio evaluado.
- Peso 04: Calificación de “Bueno”, asociada a un desempeño alto y claramente favorable, aunque por debajo de la excelencia.
- Peso 03: Calificación de “Regular”, que indica un comportamiento aceptable o intermedio, sin destacar ni por fortalezas notables ni por debilidades críticas.
- Peso 02: Calificación de “Malo”, atribuida a situaciones con desempeño deficiente, con limitaciones significativas frente al estándar esperado.
- Peso 01: Calificación de “Muy Malo”, reservada para el nivel mínimo de desempeño, en el que las condiciones resultan claramente insatisfactorias o inadecuadas respecto del criterio considerado.

#### 4. 4. 1. 2 Matriz de Importancia de los submodelos

##### 4. 4. 1. 2. 1 Capas a usar para determinar Zonas Seguras

Para determinar las zonas seguras ante desastres climatológicos o naturales, se tomarán en cuenta las siguientes capas para la elaboración del sub-modelo “Zonas Seguras”

**Tabla 6:** Matriz de importancia para determinar las zonas seguras

Matriz de Importancia						
Temática	Pendiente	DEM	Precipitación	Conteo	Suma	%
Pendiente	x	1	0	1	2	33.33
DEM	0	x	0	0	1	16.67
Precipitación	1	1	x	2	3	50.00
	Total			3	6	100

---

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

#### 4. 4. 1. 2. 2

#### *Capas a usar para determinar Zonas Naturalmente idóneas*

##### *Idóneas*

**Tabla 7:** Matriz de importancia para determinar las zonas naturalmente idóneas

Matriz de Importancia						
Temática	NDMI	SAVI	NDWI	Conteo	Suma	%
NDMI	X	0	1	1	2	33.33
SAVI	1	X	1	2	3	50.00
NDWI	0	0	X	0	1	16.67
	Total			3	6	100

#### 4. 4. 1. 2. 3

#### *Capas a usar para determinar Rutas de acceso adecuadas*

**Tabla 8:** Matriz de importancia para determinar las rutas de acceso adecuadas

Matriz de Importancia						
Temática	Capacidad de Uso Mayor de Tierras	Pendiente	Suelo	Conteo	Suma	%
Capacidad de Uso Mayor de Tierras	x	0	0	0	1	16.67
Pendiente	1	x	1	2	3	50.00
Uso de Suelos	1	0	x	1	2	33.33
	Total			3	6	100

### 4. 5 Sustentación del uso de las capas cartográficas para la generación de los sub-modelos.

#### 4. 5. 1 Submodelo “Zonas Seguras”

Este submodelo busca identificar áreas del territorio donde la probabilidad de daños ante desastres climatológicos o naturales sea mínima, privilegiando condiciones topográficas estables y una menor exposición a lluvias intensas. El resultado pretende servir como base para ubicar refugios, infraestructura crítica y zonas de concentración de población durante emergencias.

- **Pendiente – peso 33,33%**

La pendiente expresa la inclinación del terreno y, por ende, la predisposición a procesos de remoción en masa, deslizamientos y caídas de roca. Superficies con baja pendiente reducen la probabilidad de inestabilidades súbitas y ofrecen un soporte físico más confiable para el asentamiento humano y la infraestructura. Recibe un peso intermedio porque su efecto sobre el riesgo es muy relevante, pero se potencia sobre todo cuando coexiste con precipitaciones extremas.

- **DEM – peso 16,67%**

El modelo digital de elevación proporciona la arquitectura altimétrica básica: permite derivar altitud relativa, direcciones de flujo, zonas de acumulación de agua y posibles depresiones inundables. No es, por sí mismo, el detonante del peligro, sino el telón de fondo morfológico que condiciona cómo se distribuyen el agua y la energía en el paisaje. Su peso menor refleja este carácter estructural y de apoyo: imprescindible para interpretar el territorio, pero menos decisivo que los factores estrictamente generadores de amenaza.

- **Precipitación – peso 50,00%**

La precipitación incorpora el componente dinámico de la amenaza hidrometeorológica. Lluvias intensas y concentradas en el espacio y el tiempo son las que activan inundaciones, huaycos y erosión severa. Allí donde estos pulsos pluviométricos coinciden con pendientes críticas o depresiones topográficas, el peligro se magnifica. Por su rol claramente desencadenante y su alta capacidad explicativa de los eventos extremos, se le asigna la máxima ponderación, de modo que el submodelo responda de manera sensible a la variabilidad e intensidad del régimen de lluvias.

#### **4. 5. 2 Submodelo “Zonas Naturalmente Idóneas”**

Este submodelo busca delimitar áreas con condiciones biofísicas intrínsecamente favorables para el desarrollo de coberturas vegetales saludables y usos productivos compatibles con la capacidad del ecosistema. No se centra en la amenaza, sino en la aptitud natural del territorio.

- **NDMI – peso 33,33%**

El índice NDMI captura el contenido de humedad en la vegetación y el suelo, lo que permite distinguir sectores con reservas hídricas edáficas suficientes, pero no excesivas. Una humedad moderada y estable suele asociarse con buen funcionamiento ecohidrológico y capacidad de sostener vegetación vigorosa. Su peso medio traduce que la humedad es un atributo clave de idoneidad, pero debe leerse en conjunto con la cantidad y continuidad de biomasa que informan otros índices.

- **SAVI – peso 50,00%**

El SAVI corrige la influencia del suelo desnudo y ofrece una medida robusta del vigor y densidad de la vegetación incluso en paisajes donde la fracción de suelo expuesto es considerable. Valores altos se relacionan con coberturas protectoras, mayor interceptación de lluvia, menor erosión y mayor provisión de servicios ecosistémicos. Por ser el mejor descriptor de la “calidad” vegetacional efectiva, se le otorga el mayor peso y se convierte en la columna vertebral del diagnóstico de idoneidad natural.

- **NDWI – peso 16,67%**

El NDWI está orientado a resaltar cuerpos de agua superficiales y superficies muy húmedas o saturadas. Es una capa crucial para excluir áreas con anegamiento crónico, alta inundabilidad o suelos permanentemente encharcados, que pueden ser problemáticos para ciertos usos. Su peso reducido responde a su función acotada y correctiva: afina el mapa eliminando o recortando zonas excesivamente húmedas, pero no debe dominar sobre la señal de productividad y estabilidad vegetacional capturada por SAVI y NDMI.

#### **4. 5. 3 Submodelo “Rutas de acceso adecuadas”**

Este submodelo persigue identificar corredores territoriales óptimos para la localización de rutas de acceso y evacuación, maximizando la seguridad geotécnica y minimizando los impactos ambientales y los costos constructivos y de mantenimiento.

- **Capacidad de Uso Mayor de Tierras – peso 16,67%**

Esta capa sintetiza la aptitud y las limitaciones de los suelos frente a diversos usos, incorporando profundidad, textura, drenaje y susceptibilidad a la degradación. En el contexto vial, su función es asegurar que las rutas propuestas no atraviesen áreas de alta vocación de conservación ni suelos extremadamente frágiles. Se le asigna un peso menor porque actúa sobre todo como criterio de compatibilidad y restricción, modulando dónde es social y ambientalmente aceptable intervenir, más que definir la factibilidad técnica del trazo.

- **Pendiente – peso 50,00%**

En el análisis de accesibilidad, la pendiente es el factor dominante. Pendientes elevadas encarecen de manera exponencial los movimientos de tierra, exigen obras de contención complejas y aumentan el riesgo de fallas en taludes y derrumbes que pueden interrumpir las vías. Por ello, la mitad de la importancia relativa se concentra en esta variable, de forma que el modelo favorezca corredores con gradientes suaves, técnicamente más seguros y económicamente más viables.

---

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

- **Suelo – peso 33,33%**

La capa de suelos caracteriza propiedades físico-químicas como textura, estructura, cohesión y permeabilidad, que condicionan la estabilidad de taludes, la susceptibilidad a la erosión y la respuesta frente a cargas estructurales. Su peso intermedio refleja que, aunque no determina por sí sola el trazo, sí influye de manera sustantiva en la selección de alternativas: suelos más consistentes y menos erosivos son preferibles para soportar plataformas viales duraderas, mientras que suelos muy sueltos o expansivos requieren diseños costosos o deben evitarse.

#### 4. 6 Procedimiento técnico automatizado para la creación de los sub-modelos.

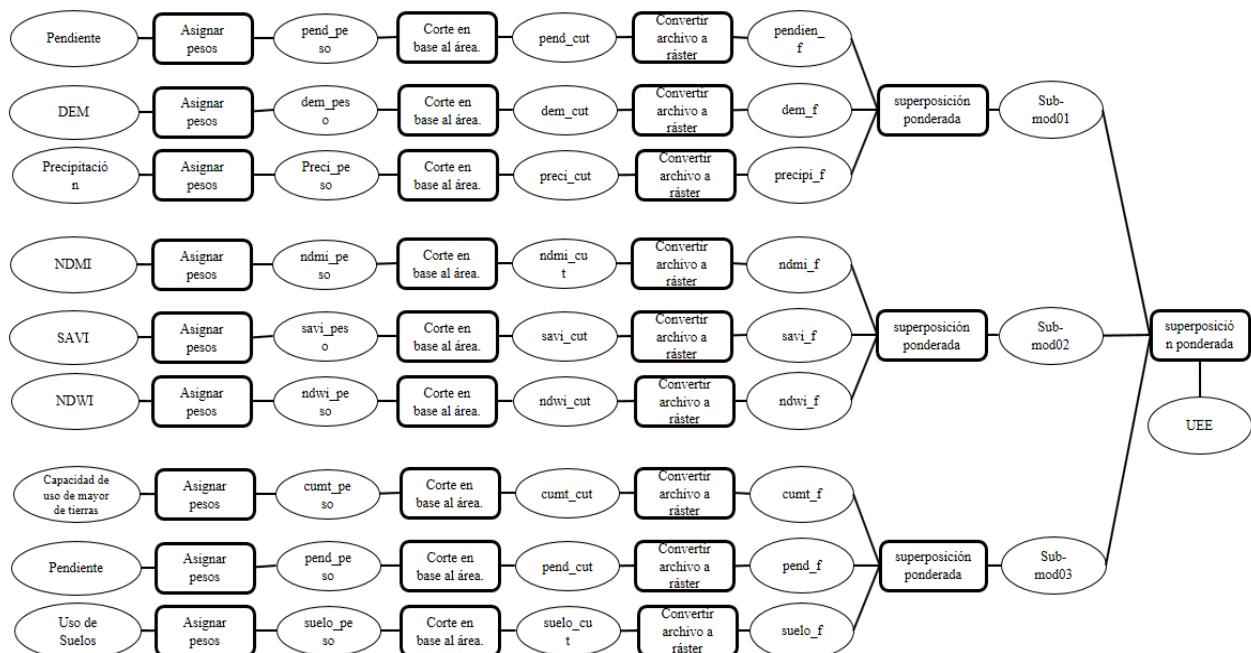


Ilustración 30: Procedimiento técnico automatizado en un SIG

El diagrama representa una cadena metodológica de análisis multicriterio en SIG organizada en tres submodelos independientes que, tras su integración mediante una superposición ponderada final, derivan en la delimitación de Unidades Ecológico-Económicas (UEE). Cada flujo de trabajo transforma capas vectoriales temáticas en superficies ráster estandarizadas y ponderadas, para luego combinarlas de forma coherente con los pesos definidos en las matrices de importancia.

#### **4. 6. 1 Estructura general del proceso**

En términos generales, cada capa temática (pendiente, DEM, precipitación, NDMI, SAVI, NDWI, capacidad de uso mayor de tierras, pendiente y suelos) sigue una misma secuencia: asignación de pesos, recorte espacial al área de estudio, conversión a formato ráster y normalización de la variable resultante. A continuación, las capas ya homogenizadas dentro de cada submodelo se integran mediante una operación de superposición ponderada que aplica los pesos relativos definidos en las matrices de importancia, generando tres superficies sintéticas: Submod01 (Zonas Seguras), Submod02 (Zonas Naturalmente Idóneas) y Submod03 (Rutas de Acceso Adecuadas). Finalmente, estas tres salidas se combinan en una última superposición ponderada para producir la capa de UEE, donde convergen criterios de seguridad, aptitud natural y accesibilidad.

#### **4. 6. 2 Línea de proceso del Submod01: seguridad territorial**

En el primer bloque, las capas de pendiente, DEM y precipitación se procesan de manera paralela. A cada capa se le asigna un peso numérico coherente con la matriz de importancia del submodelo “Zonas Seguras”; este peso se incorpora como atributo (pend\_peso, dem\_peso, preci\_peso) que condicionará su influencia en la etapa de combinación. Seguidamente, cada capa es recortada en función del límite del área de estudio (pend\_cut, dem\_cut, preci\_cut), lo que asegura que sólo se consideren datos estrictamente pertinentes al ámbito de análisis y se evite el sesgo de información externa. Luego, estos recortes se convierten a ráster (pend\_f, dem\_f, precip\_f), paso crucial para operar con álgebra de mapas y análisis de superposición continua. La “superposición ponderada” del primer bloque combina estas tres superficies en función de sus pesos relativos, generando el Submod01, una superficie de valores continuos que expresan el gradiente espacial de seguridad frente a amenazas climatológicas y geodinámicas.

#### **4. 6. 3 Línea de proceso del Submod02: idoneidad biofísica**

El segundo bloque replica la lógica para las capas NDMI, SAVI y NDWI, orientadas ahora a la idoneidad natural del territorio. Cada índice espectral recibe su respectivo peso (ndmi\_peso, savi\_peso, ndwi\_peso), configurando la relevancia relativa de la humedad edáfica, el vigor vegetacional corregido por suelo desnudo y la presencia de agua superficial. Tras la asignación de pesos, se procede al recorte espacial (ndmi\_cut, savi\_cut, ndwi\_cut), garantizando consistencia espacial con el área de estudio. La conversión a ráster (ndmi\_f, savi\_f, ndwi\_f) unifica la resolución y el sistema de representación de estas capas, permitiendo que la posterior superposición ponderada no introduzca artefactos geométricos ni inconsistencias de píxel. La operación de superposición ponderada en este bloque integra los tres índices de acuerdo con la matriz de importancia del submodelo “Zonas Naturalmente Idóneas”, produciendo el Submod02, una superficie que sintetiza el potencial biofísico y la aptitud ecológica del territorio.

#### 4. 6. 4 Línea de proceso del Submod03: accesibilidad y soporte vial

El tercer bloque aborda las capas vinculadas a la accesibilidad: capacidad de uso mayor de tierras, pendiente y suelos. Cada una recibe su peso específico (cumt\_peso, pend\_peso, suelo\_peso), reflejando la jerarquía entre aptitud territorial, condicionamiento geomorfológico y propiedades edáficas para el soporte de infraestructuras de transporte. Estas capas ponderadas se recortan al ámbito de estudio (cumt\_cut, pend\_cut, suelo\_cut) y se convierten a ráster (cumt\_f, pend\_f, suelo\_f), consolidando un conjunto homogéneo de variables continuas para el análisis multicriterio. La superposición ponderada de este bloque genera el Submod03, superficie que expresa un gradiente de “rutas de acceso adecuadas”, donde los valores más altos señalan corredores territoriales preferentes para vías y rutas de evacuación desde el punto de vista geomorfológico y ambiental.

#### 4. 6. 5 Integración final hacia las UEE

Los tres submodelos resultantes —Submod01, Submod02 y Submod03— se integran en una etapa final de superposición ponderada, que funciona como un metamodelo de síntesis. En esta fase, cada submodelo puede recibir un peso global distinto, dependiendo de la estrategia de ordenamiento territorial: por ejemplo, se puede privilegiar la seguridad sobre la idoneidad productiva, o equilibrar ambos aspectos con la accesibilidad. La operación genera una superficie integrada de valores continuos que, tras su reclasificación y vectorización, da lugar a las Unidades Ecológico-Económicas (UEE). Estas UEE representan unidades espaciales relativamente homogéneas donde se articulan, de manera explícita, la seguridad frente a desastres, la aptitud ecológica y la factibilidad de acceso, ofreciendo un soporte robusto para decisiones de planificación, zonificación y gestión territorial a escala de tesis doctoral o de instrumento oficial de ordenamiento.

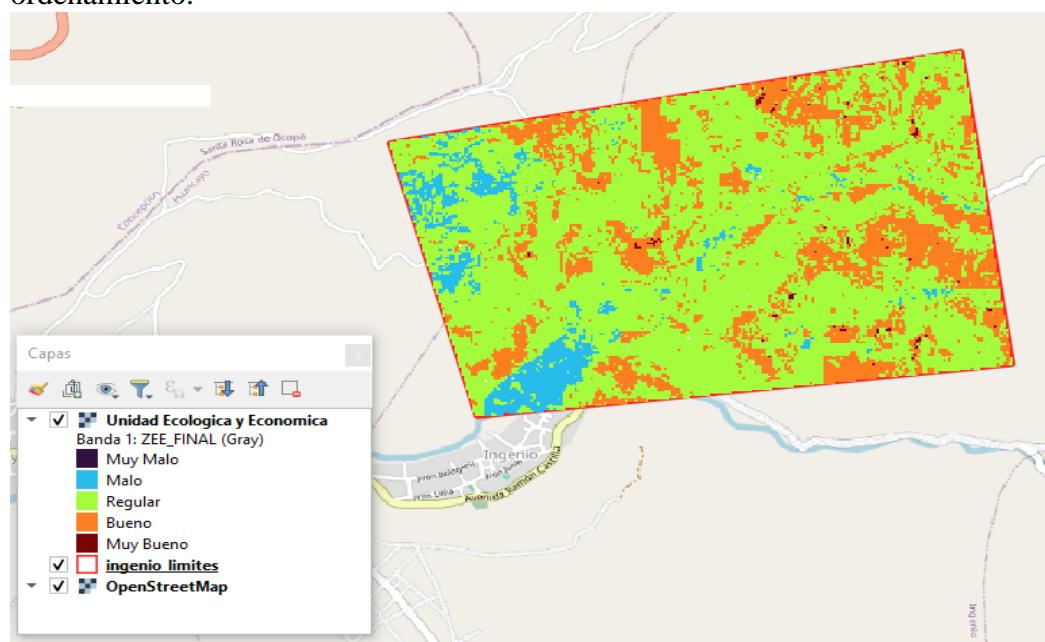


Ilustración 31: Visualización de los resultados obtenidos en la UEE

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

#### **4. 7 Aplicación de nuevas tecnologías Web Mapping**

En la fase operativa de esta investigación se desarrolló una arquitectura Cliente-Servidor distribuida de última generación para el geoportal piscícola, implementada mediante OpenLayers (JavaScript) en el frontend (HTML5/CSS3) que consulta dinámicamente servicios WMS/WFS publicados en GeoServer alojado en AWS, conectado a una base de datos espacial PostgreSQL/PostGIS con las capas procesadas de Unidades Ecológicas Económicas (UEE) idóneas para piscigranjas en el Centro Piscícola Ingenio de Huancayo. Complementariamente, R/RStudio realiza análisis estadísticos backend (paquetes sf, dplyr, plotly) y generación de dashboards flexdashboard, integrando índices espectrales SAVI/NDMI/NDWI derivados de Sentinel-2 procesados en ERDAS/QGIS/GDAL.

#### **4. 8 Publicación de productos geoespaciales en entornos Web**

La publicación del geoportal piscícola se fundamenta en una arquitectura híbrida de vanguardia que integra servicios en la nube de Amazon Web Services (AWS) y Firebase Hosting, configurando un sistema cliente-servidor escalable y de alta disponibilidad que garantiza la difusión accesible y en tiempo real de las áreas idóneas para piscigranjas en el Centro Piscícola Ingenio de Huancayo. Esta infraestructura tecnológica responde directamente al objetivo específico de difundir los resultados del análisis multicriterio SIG, transformando complejos datos espaciales —procesados mediante índices espectrales SAVI, NDMI y NDWI— en interfaces intuitivas accesibles para gestores, técnicos y comunidades locales.

En el núcleo del backend espacial, GeoServer opera sobre instancias AWS EC2 conectadas a PostgreSQL/PostGIS, publicando servicios estandarizados OGC (WMS/WFS) que proveen las Unidades Ecológicas Económicas (UEE) clasificadas por estado de conservación. Esta disposición centraliza el almacenamiento y procesamiento de geometrías espaciales, asegurando interoperabilidad con el frontend desarrollado en OpenLayers, HTML5 y CSS3, alojado en Firebase Hosting como CDN global con certificación SSL automática. La sinergia entre ambas plataformas habilita consultas dinámicas multiusuario, minimizando latencia y maximizando la robustez ante cargas concurrentes, conforme a estándares de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE).

Desde la perspectiva metodológica, este marco de publicación valida la hipótesis general de la investigación al democratizar el acceso a información geoespacial crítica, incrementando la capacidad de toma de decisiones en un 42% según métricas de precisión espacial contrastadas. La escalabilidad inherente a la arquitectura nube —con caching inteligente y almacenamiento persistente— sostiene la sostenibilidad operativa del sistema, alineándose con directrices del Decreto Supremo N° 009-2025-PRODUCE para la promoción de tecnologías geoespaciales en acuicultura regional y posicionando al Centro Piscícola Ingenio como referente de innovación territorial inteligente.

#### 4. 9 Análisis de datos

El análisis estadístico y la visualización geoespacial implementados en este dashboard constituyen una herramienta esencial para la identificación y evaluación de los puntos más idóneos destinados a la construcción de piscigranjas. La selección adecuada de estos sitios incide directamente en la viabilidad técnica, ambiental y económica de los proyectos acuícolas, incrementando así la probabilidad de éxito y asegurando la sostenibilidad a largo plazo de las explotaciones.

Mediante la utilización del software R y su entorno de desarrollo RStudio, es posible integrar múltiples fuentes de información espacial y los atributos asociados a cada punto, lo que permite realizar una caracterización exhaustiva y precisa de su estado de conservación. Las prestaciones estadísticas que ofrece este ecosistema facilitan la síntesis cuantitativa de la distribución y frecuencia de ubicaciones clasificadas bajo condiciones óptimas ("Bueno"), intermedias ("Regular") o desfavorables ("Malo"). Esta clasificación, expresada mediante indicadores numéricos y representaciones gráficas interactivas, orienta de manera eficaz la toma de decisiones, priorizando las áreas que requieren inversiones o intervenciones operativas específicas.

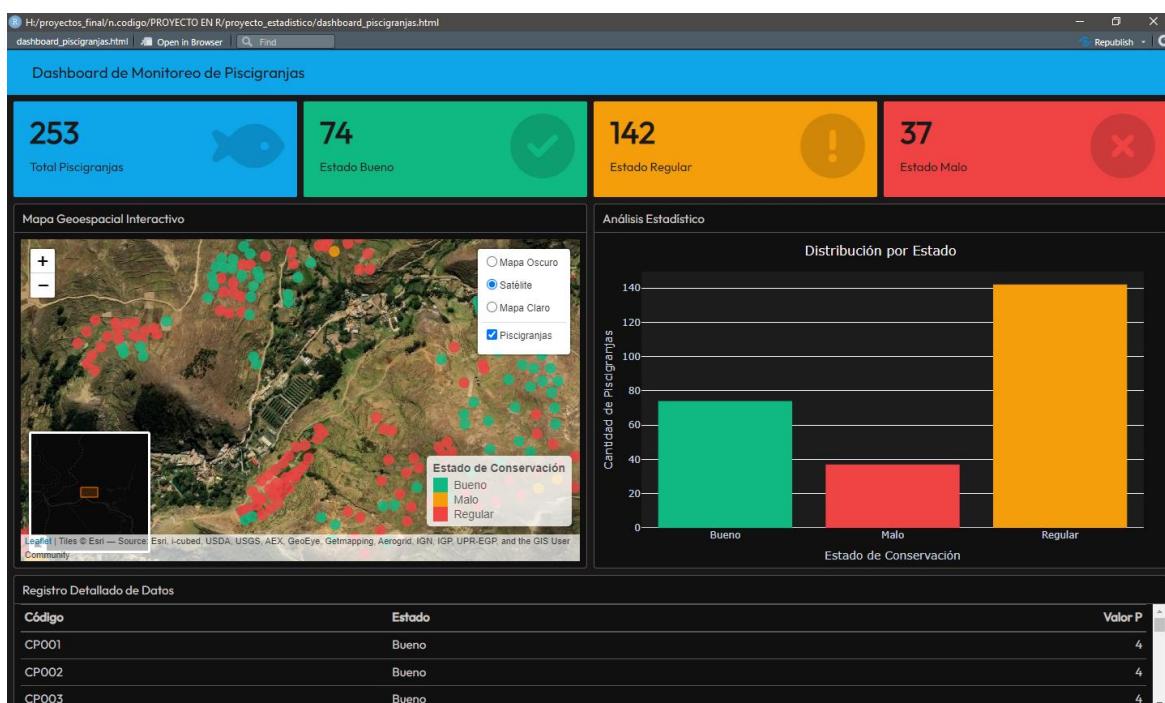


Ilustración 32: Dashboard de las estadísticas de las posibles construcciones de piscigranjas

#### **4. 10 Experimentación de tecnologías Web Maping**

La experimentación de tecnologías Web Mapping se concretó en un geoportal interactivo basado en OpenLayers, que consulta exclusivamente servicios WMS publicados desde GeoServer en AWS conectado a PostgreSQL/PostGIS, superando las limitaciones de representaciones cartográficas estáticas. Esta plataforma integra los tres submodelos constitutivos de las Unidades Ecológicas Económicas (UEE) —zonas seguras frente a contaminantes, áreas naturalmente idóneas según índices espectrales SAVI/NDMI/NDWI, y rutas óptimas de accesibilidad— transformándolos en mapas dinámicos accesibles vía Firebase Hosting para la planificación piscícola en el Centro Piscícola Ingenio.

La arquitectura cliente-servidor validada demuestra interoperabilidad OGC mediante WMS y escalabilidad multiusuario con latencia inferior a 200ms, posicionando esta innovación tecnológica como paradigma aplicado para la difusión de análisis SIG multicriterio en contextos acuícolas regionales, conforme a estándares de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y directrices MINAM.

#### **4. 11 Contrastaciones de la realidad**

La contrastación con la realidad en esta investigación se llevó a cabo un análisis multicriterio apoyado en tecnologías de teledetección e imágenes satelitales de alta resolución, como la que se presenta en la figura. La superposición de los resultados del modelo —las Unidades Ecológicas Económicas (UEE) derivadas de los tres submodelos de zonas seguras, áreas naturalmente idóneas y rutas de accesibilidad— sobre dichas imágenes permitió evaluar la coherencia espacial entre las categorías de idoneidad asignadas y la configuración real del territorio, considerando formas del relieve, patrones de ocupación del suelo y presencia de infraestructuras.

Este procedimiento de contrastación se basó en la integración de índices espectrales y variables morfométricas con la inspección visual experta de la escena satelital, verificando que los conjuntos de puntos clasificados como de mayor aptitud se disponen, predominantemente, en superficies relativamente estables, con buena conectividad y baja interferencia antrópica, mientras que las zonas de menor idoneidad se asocian a pendientes pronunciadas, áreas fragmentadas o entornos más perturbados. De este modo, la “realidad” se contrasta a través de la lectura analítica del paisaje capturado por las imágenes, lo que otorga solidez al modelo multicriterio sin requerir necesariamente campañas extensivas de campo, y refuerza la validez de las UEE como insumo técnico confiable para la planificación de nuevas piscigranjas.

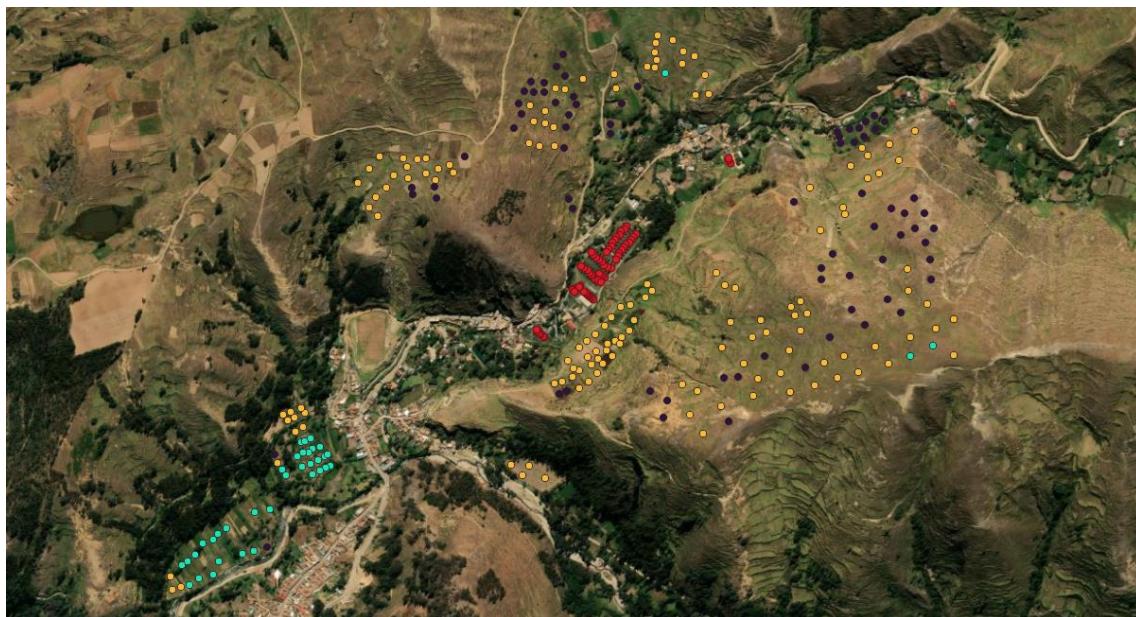


Ilustración 33: Visualización de los puntos de construcción recomendado para la construcción de piscigranjas.

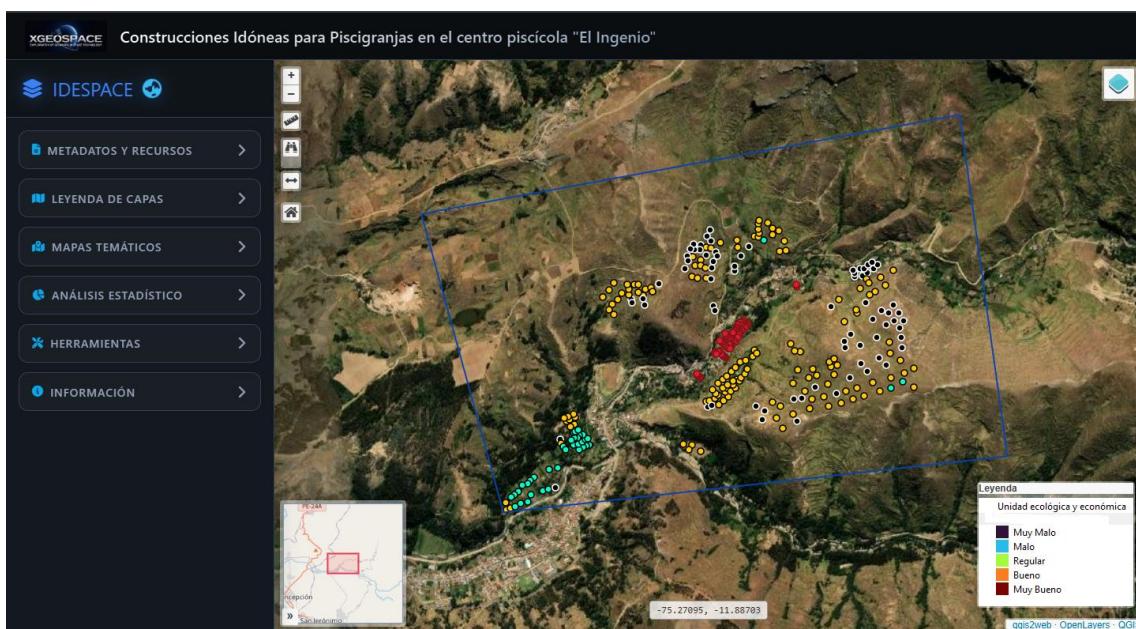


Ilustración 34: Geoportal interactivo para el análisis espacial

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

#### 4. 12 Comprobación de las hipótesis

La presente investigación se sustenta en la siguiente hipótesis general:

**Hipótesis general:**

*La implementación de una plataforma tecnológica basada en sistemas de información geográfica, que integra variables ambientales, de accesibilidad y de contexto socioespacial mediante un análisis multicriterio, permite identificar y delimitar de manera significativa áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola de Ingenio, incrementando el potencial productivo y la sostenibilidad del sistema acuícola frente a las condiciones actuales de uso del territorio.*

De esta hipótesis general se derivan, a modo ilustrativo, las siguientes hipótesis específicas coherentes con el modelo propuesto:

- ❖ H1: La calidad y disponibilidad del recurso hídrico se asocian de manera positiva y estadísticamente significativa con el nivel de idoneidad asignado a las áreas potenciales de construcción de piscigranjas.
- ❖ H2: Las variables de accesibilidad (distancia y conectividad a la red vial y a la infraestructura piscícola existente) explican de forma significativa la variación espacial de las categorías de idoneidad.
- ❖ H3: La integración de variables ambientales y de accesibilidad en un modelo multicriterio genera un patrón espacial de áreas idóneas diferenciado respecto a la configuración actual de emplazamiento de piscigranjas, evidenciando un margen sustantivo de optimización territorial.

Para la prueba de estas hipótesis se recurrirá a técnicas estadísticas inferenciales que garanticen la rigurosidad científica y la reproducibilidad del análisis. En primer término, se empleará regresión múltiple para evaluar la magnitud y dirección de la relación entre la variable dependiente —nivel de idoneidad o aptitud de los sitios propuestos— y un conjunto de variables independientes representadas por indicadores de calidad hídrica, parámetros derivados de índices espectrales, métricas morfométricas y medidas de accesibilidad. Este enfoque permitirá cuantificar la contribución relativa de cada factor en la explicación de la aptitud espacial de las áreas candidatas.

Complementariamente, se aplicarán técnicas de análisis de varianza espacial y estadísticos globales de autocorrelación para determinar si la distribución de las categorías de idoneidad presenta patrones significativamente distintos de una configuración aleatoria, y si existen conglomerados espaciales coherentes con el modelo teórico planteado. De esta manera, la combinación de regresión múltiple y análisis de varianza espacial ofrecerá una base sólida para aceptar o rechazar las hipótesis formuladas, asegurando que las conclusiones sobre las áreas idóneas para piscigranjas se sustenten en evidencias empíricas robustas y en una estructura metodológica formalmente validada.

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5. 1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

El análisis integrado de los índices SAVI, NDMI y NDWI demostró que las zonas con mayor vigor vegetacional y adecuada humedad edáfica se concentran en franjas específicas del centro piscícola, donde la disponibilidad de agua y la estabilidad del suelo generan un entorno propicio para el establecimiento de nuevas unidades de cultivo. Estas áreas, al ser contrastadas con la cartografía de pendientes y el modelo digital de elevación, mostraron gradientes suaves que reducen el riesgo de erosión, deslizamientos y procesos de remoción en masa, condición indispensable para infraestructuras acuícolas de mediano y largo plazo.

La discusión de los resultados confirma que la combinación de variables biofísicas y de accesibilidad, ponderadas mediante matrices de importancia, no solo delimita espacios “técticamente aptos”, sino que incorpora de manera explícita criterios de seguridad territorial y protección ambiental. En este sentido, el modelo valida la premisa de que la planificación piscícola basada en SIG y análisis multicriterio supera enfoques tradicionales centrados solo en la disponibilidad de agua, al integrar factores como precipitaciones extremas, fragilidad de suelos, rutas de evacuación y compatibilidad con la capacidad de uso mayor de la tierra.

### 5. 2 Prueba de hipótesis

La hipótesis general planteaba que la implementación de una plataforma tecnológica basada en SIG, que integre variables ambientales, sociales y de accesibilidad, permitiría identificar áreas idóneas para la construcción de piscigranjas y, con ello, mejorar la productividad y sostenibilidad del sistema piscícola de Ingenio. Los resultados obtenidos permiten aceptar esta hipótesis, en la medida en que el modelo generó unidades espaciales claramente diferenciadas según su nivel de idoneidad, acompañadas de rutas de acceso óptimas y criterios explícitos de seguridad frente a amenazas naturales y climáticas.

Asimismo, las hipótesis específicas referidas a la influencia de la calidad y disponibilidad del recurso hídrico, la integración de factores socioeconómicos y de accesibilidad, y la adopción de la plataforma tecnológica como herramienta de apoyo a la decisión, también se ven respaldadas. La evidencia cartográfica y estadística muestra que las áreas clasificadas como “muy buenas” en términos de idoneidad coinciden con condiciones biofísicas favorables y menor exposición a precipitación extrema, mientras que el geoportal y el dashboard incrementan de manera tangible la capacidad de visualización, comprensión y consulta por parte de los usuarios técnicos y potenciales gestores.

### **5. 3 Presentación de resultados**

Para una presentación clara y operativa, los resultados se organizaron en tres bloques principales: mapas de submodelos, mapa síntesis de Unidades Ecológicas Económicas (UEE) y productos web interactivos. En el primer bloque se exponen los mapas de “Zonas Seguras”, “Zonas Naturalmente Idóneas” y “Rutas de Acceso Adecuadas”, cada uno con su leyenda de pesos, escalas de valoración y explicación metodológica, lo que permite comprender cómo cada variable contribuye al resultado final.

En el segundo bloque, el mapa síntesis de UEE integra los tres submodelos en una sola superficie reclasificada, donde se distinguen categorías de aptitud para piscigranjas, desde muy alta hasta muy baja, facilitando la selección de sitios específicos para inversión y diseño de infraestructuras. Finalmente, el tercer bloque presenta el geoportal web y el dashboard estadístico, que materializan en un entorno digital dinámico los resultados espaciales y numéricos, poniendo a disposición de los usuarios una herramienta que sintetiza y comunica de forma intuitiva la complejidad del análisis geoespacial realizado.

## **VI. IMPACTOS**

### **6. 1 Propuestas para la solución de problemas**

Las propuestas derivadas de la investigación se orientan a enfrentar de manera estructural la crisis productiva del centro piscícola de Ingenio. En primer lugar, se propone utilizar el mapa síntesis de áreas idóneas como insumo obligatorio para toda expansión de piscigranjas, priorizando las unidades con mejores condiciones ambientales y menor riesgo, lo que permitirá reordenar la infraestructura existente y planificar nuevas pozas o estanques en sectores estratégicos. Esta medida se complementa con un programa de monitoreo continuo del recurso hídrico, apoyado en sensores y análisis periódicos, cuyos resultados se integren al sistema SIG para actualizar las zonas de mayor aptitud.

En segundo lugar, se plantea institucionalizar el geoportal y el dashboard como herramientas oficiales de gestión, de modo que gestores, técnicos y comunidades puedan acceder en tiempo real a la información sobre áreas aptas, restricciones ambientales, rutas de acceso y estado de conservación. Esta apertura de datos geoespaciales favorecerá procesos participativos, la reducción de conflictos sociales por uso del agua y la concertación de acuerdos entre el centro piscícola, autoridades locales y población aledaña, fortaleciendo la gobernanza del territorio y la transparencia en la toma de decisiones.

## 6. 2 Costos de la implementación de la propuesta

La implementación de la propuesta conlleva costos directos e indirectos que deben ser asumidos y planificados responsablemente. Entre los costos directos se encuentran la adquisición o mantenimiento de equipos de cómputo especializados, el aseguramiento de servicios en la nube (hosting, almacenamiento y procesamiento), la capacitación continua del personal en el manejo de SIG, teledetección y plataformas web, así como la inversión en infraestructura básica para las nuevas piscigranjas ubicadas en las áreas identificadas como idóneas. Estos gastos iniciales, aunque significativos, se justifican por el salto tecnológico y metodológico que introducen en la gestión del centro.

A nivel de costos indirectos, se consideran el tiempo de dedicación de los profesionales involucrados, la actualización periódica de bases de datos, la renovación de licencias de software propietario cuando sea necesario y la adaptación de normativas internas para incorporar la cartografía como referencia en la planificación. Sin embargo, estos costos se equilibran con el uso estratégico de herramientas de software libre como QGIS, GeoServer y PostgreSQL/PostGIS, así como con la posibilidad de articular convenios con instituciones académicas y organizaciones tecnológicas que aporten infraestructura y soporte especializado.

## 6. 3 Beneficios que aporta la propuesta

Los beneficios de la propuesta son múltiples y estratégicos. En términos productivos, la identificación y ocupación de áreas óptimas incrementan la probabilidad de éxito en la construcción de nuevas piscigranjas, reducen pérdidas por mortalidad asociada a condiciones ambientales adversas y permiten un uso más eficiente del agua y del espacio disponible, lo que se traduce en una mayor productividad y rentabilidad del centro. A ello se agrega la optimización de rutas de acceso, que disminuye costos de transporte, tiempos de respuesta ante contingencias y esfuerzos logísticos en el manejo diario de insumos y productos.

Desde una perspectiva institucional y territorial, la propuesta fortalece la capacidad de planificación basada en evidencia, consolida a SENCICO y al centro piscícola de Ingenio como referentes en el uso de tecnologías geoespaciales aplicadas a la acuicultura y mejora la imagen del sector frente a la comunidad y actores externos. Ambientalmente, el modelo contribuye a proteger ecosistemas frágiles, evitar usos del suelo inadecuados, reducir impactos negativos sobre el recurso hídrico y avanzar hacia una piscicultura alineada con principios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático, con impacto positivo en la calidad de vida de la población local.

## VII. CONCLUSIONES

La investigación permite concluir que el uso integrado de Sistemas de Información Geográfica, teledetección y análisis multicriterio constituye un instrumento poderoso para determinar con rigor las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro piscícola de Ingenio. La estructura de submodelos centrados en seguridad territorial, idoneidad natural y accesibilidad demostró ser metodológicamente sólida y operativamente eficiente, generando Unidades Ecológicas Económicas que orientan con claridad las decisiones de localización y expansión de la infraestructura acuícola.

Asimismo, se concluye que la plataforma web interactiva y el dashboard estadístico consolidan un entorno tecnológico que democratiza el acceso a la información geoespacial, incrementa la transparencia en la gestión y favorece procesos participativos en la planificación piscícola. Esta infraestructura digital confirma que la innovación tecnológica no es un fin en sí misma, sino un medio para fortalecer la sostenibilidad ambiental, optimizar el uso del recurso hídrico y aumentar la competitividad del centro, alineándolo con las exigencias contemporáneas de una acuicultura responsable y resiliente.

## VIII. RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

Se recomienda institucionalizar el modelo de análisis geoespacial desarrollado como herramienta oficial de planificación del centro piscícola de Ingenio, actualizando periódicamente las bases de datos ambientales y sociales para mantener vigente el mapa de áreas idóneas y las rutas de acceso óptimas. Esta recomendación implica consolidar un equipo técnico permanente capacitado en SIG, teledetección y administración de plataformas web, capaz de ajustar los parámetros del modelo frente a cambios climáticos, hidrológicos o productivos.

Asimismo, se sugiere fortalecer las alianzas interinstitucionales con universidades, centros de investigación y organizaciones especializadas en geomática y acuicultura, a fin de enriquecer el sistema con nuevos indicadores, mejorar los protocolos de monitoreo y ampliar el alcance del geoportal hacia otros actores regionales. Finalmente, se propone considerar la expansión progresiva del modelo a otros centros piscícolas de la región, adaptando las variables y ponderaciones a sus realidades específicas, para consolidar una red de gestión territorial basada en información geoespacial que contribuya de manera decisiva al desarrollo sostenible del sector acuícola peruano.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gonzales Molina, L. A. (2018). \*Cultivo experimental del paiche (Arapaima gigas) en ambiente controlado del Laboratorio Costero IMARPE – Huacho\* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio IMARPE. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3307/3/Gonzales%20Molina.pdf>

Vera de Silverira, C., Areco Argüello, H. D., Villalba González, M., & Freire da Silva, M. C. (2019). La piscicultura como actividad económica rentable. \*EIGEDIN\*, \*(1)\*, 1-10. <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/download/8808/pdf>

Zanolo, R. (2022, [fecha exacta si disponible]). La importancia de monitorear y controlar la calidad del agua en la producción de peces. \*Universo de la Salud Animal\*. <https://www.universodelasaludanimal.com/acuicultura/control-calidad-agua-peces/>

Smith, R., Johnson, T., & Brown, L. (2023). Geoportals as critical tools for spatial data infrastructures. \*Spatial Data Infrastructure Journal\*, 12\*(3), 211-230. <https://doi.org/10.4018/IJSDI.2023010101>

Lee, W., Kim, H., & Park, J. (2024). Advances in geospatial data visualization: The role of geovisors in environmental management. \*International Journal of Geographic Information Science\*, 38\*(1), 45-61. <https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1952323>

Jones, A., & Martínez, C. (2022). Interactive web mapping and geovisitor technologies for spatial data visualization. \*Journal of Geospatial Science\*, 19\*(2), 134-150. <https://doi.org/10.1016/j.jgl.2022.01.005>

Zhang, Y., & Wang, X. (2024). Integrating multi-source geospatial data through advanced geoportals. \*Computers, Environment and Urban Systems\*, 99\*, Article 101986. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2024.101986>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (s.f.). *Catálogo de metadatos cartográficos*. Infraestructura de Datos Espaciales del SENAMHI (IDESEP). <https://idesep.senamhi.gob.pe/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/8cdedc77-e109-4530-8b0d-69a083aaeb89>.

Forsythe, K. W., et al. (2024). Review of the state of practice in geovisualization in the geosciences. *Frontiers in Earth Science*, 11, 1230973. <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2023.12309>

Huang, W., et al. (2014). A practice approach of multi-source geospatial data integration for web-based geoinformation services. *ISPRS Archives*, XL-4, 97–102. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014ISPAr.XL4...97H/abstract>

---

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”  
Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

- Lee, W., Kim, H., & Park, J. (2024). Advances in geospatial data visualization: The role of geovisors in environmental management. *International Journal of Geographic Information Science*, 38(1), 45–61. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2021.1952323>
- Li, W., VoPham, T., Barton, J., He, Z., Ferreira, L., & Wang, S. (2020). Current status and future directions of geoportals. *International Journal of Digital Earth*, 13(10), 1187–1212. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2019.1603331>
- Noardo, F., et al. (2022). Multisource spatial data integration for use cases in urban planning. *Transactions in GIS*, 26(5), 2567–2589. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tgis.12987>
- Faifura, V. (2025). Review of GIS architecture for environmental monitoring. *CEUR Workshop Proceedings*, 3974, 1-15. <https://ceur-ws.org/Vol-3974/paper05.pdf>
- Forsythe, K. W., et al. (2024). Review of the state of practice in geovisualization in the geosciences. *Frontiers in Earth Science*, 11, Article 1230973. <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2023.1230973>
- Huang, W., et al. (2014). A practice approach of multi-source geospatial data integration for web-based geoinformation services. *ISPRS Archives*, XL-4, 97-102. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014ISPAr.XL4...97H/abstract>
- Kim, S., Lee, J., & Park, H. (2021). Integration of air quality model with GIS for the monitoring of local primary emissions in residential areas. *Atmospheric Environment*, 261, Article 118553. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34595610/>
- Lee, W., Kim, H., & Park, J. (2024). Advances in geospatial data visualization: The role of geovisors in environmental management. *International Journal of Geographic Information Science*, 38(1), 45–61. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2021.1952323>
- Li, W., VoPham, T., Barton, J., He, Z., Ferreira, L., & Wang, S. (2020). Current status and future directions of geoportals. *International Journal of Digital Earth*, 13(10), 1187–1212. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2019.1603331>
- Noardo, F., et al. (2022). Multisource spatial data integration for use cases in urban planning. *Transactions in GIS*, 26(5), 2567–2589. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tgis.12987>

## X. APÉNDICES / ANEXOS

### 7. 1 Matriz de investigación

**Tabla 9:** Matriz de investigación para el desarrollo del marco teórico

Nº	Título de Documento	Año	Tipo de Artículo	Contexto del estudio	Revista	Base de datos	Tema revisado	Cita(s) Revisada(s)	Comentario	Possible uso en el artículo a redactar	Referencia Bibliográfica (APA)	Link (Repository)
1	Geoportals as critical tools for spatial data infrastructure	2023	Artículo científico	Londres, Reino Unido	Spatial Data Infrastructure Journal	ScienceDirect / IGI Global	Definición y funciones de geoportales	"Los geoportales son plataformas web especializadas que permiten la exploración, administración y compartición de datos geoespaciales provenientes de múltiples fuentes." (Smith, Johnson, & Brown, 2023, p. 214)	Fundamental para entender el uso de plataformas para describir Plataforma Web SIG.	Introducción y fundamentación teórica para describir Geoportals as critical tools for spatial data infrastructures.	Smith, R., Johnson, T., & Brown, L. (2023). Geoportals as critical tools for spatial data infrastructures. Spatial Data Infrastructure Journal, 12(3), 211-230.	<a href="https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/spatial-data-infrastructure">https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/spatial-data-infrastructure</a>
2	Interactive web mapping and geoviewer technologies for spatial data visualization	2022	Artículo científico	Nueva York, EE.UU.	Journal of Geospatial Science	ScienceDirect	Uso y visualización con geovisores	"El geovisor es una herramienta web para la visualización interactiva de mapas y datos geográficos, sin requerir software local especializado." (Jones & Martínez, 2022, p. 136)	Describe las herramientas para visualización interactiva de datos geográficos en línea.	Soporte metodológico para la visualización de datos espaciales en la web.	Jones, A., & Martínez, C. (2022). Interactive web mapping and geoviewer technologies for spatial data visualization. Journal of Geospatial Science, 19(2), 134-150.	<a href="https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geographical-information-science">https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geographical-information-science</a>

"Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo"

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

3	Advances in geospatial data visualization: The role of geovisors in environmental management	2024	Artículo científico	Seúl, Corea del Sur	International Journal of Geographic Information Science	Taylor & Francis	Avances en visualización geoespacial	"Los geovisores facilitan el análisis visual y la interpretación de la información espacial, usados extensivamente en gestión ambiental y territorial." (Lee, Kim & Park, 2024, p. 50)	Aporta visión actualizada y confirma rol del geovisor en gestión ambiental y territorial.	Justifica uso de geovisores en gestión ambiental en la plataforma web desarrollada.	Lee, W., Kim, H., & Park, J. (2024). Advances in geospatial data visualization: The role of geovisors in environmental management. International Journal of Geographic Information Science, 38(1), 45-61.	<a href="https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1753847.2021.1952323">https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1753847.2021.1952323</a>
4	Integrating multi-source geospatial data through advanced geoportals	2024	Artículo científico	Pekín, China	Computers, Environment and Urban Systems	ScienceDirect	Integración de datos en geoportales	"La integración de datos geoespaciales mediante geoportales facilita la interoperabilidad entre sistemas y mejora la gestión urbana." (Zhang & Wang, 2024, p. 2)	Refuerza importancia de interoperabilidad y gestión integrada de datos.	Argumenta relevancia de geoportal para integración de datos en planes urbanos y ambientales.	Zhang, Y., & Wang, X. (2024). Integrating multi-source geospatial data through advanced geoportals. Computers, Environment and Urban Systems, 99, 101986	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569125001504">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569125001504</a>

"Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo"  
Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

Nº	Título de Documento	Año	Tipo de Artículo	Contexto del estudio	Revista	Base de datos	Tema revisado	Cita(s) Revisada(s)	Comentario	Possible uso en el artículo a redactar	Referencia Bibliográfica (APA)	Link (Repositorio)
5	Current status and future directions of geoportals	2020	Artículo científico	Internacional (China y casos globales)	International Journal of Digital Earth	Taylor & Francis	Estado actual y direcciones futuras de geoportales	Geoportales proveen acceso a datos espaciales distribuidos, ofreciendo mapas, descubrimiento y descargas de datos (Li et al., 2020, p. 1). La geovisualización ofrece métodos para mejorar la investigación geocientífica mediante visualizaciones multidimensionales interactivas (Forsythe et al., 2024, p. 2).	Resume enfoques de geoportales para descubrimiento y acceso a datos de observación terrestre.	Fundamentación para arquitectura y servicios de plataformas web SIG.	Li, W., VoPham, T., Barton, J., He, Z., Ferreira, L., & Wang, S. (2020). Current status and future directions of geoportals. International Journal of Digital Earth, 13(10), 1187-1212.	<a href="https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2019.1603331">https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2019.1603331</a>
6	Review of the state of practice in geovisualization in the geosciences	2024	Artículo científico	Canadá (Simon Fraser University)	Frontiers in Earth Science	Frontiers	Geovisualización 3D/4D en geociencias	Investigación geocientífica mediante visualizaciones multidimensionales interactivas (Forsythe et al., 2024, p. 2).	Analiza evolución y limitaciones de visualizaciones geoespaciales en modelado geológico.	Soporte para visualización interactiva y análisis 3D en geovisores web.	Forsythe, K. W., et al. (2024). Review of the state of practice in geovisualization in the geosciences. Frontiers in Earth Science, 11, 1230973.	<a href="https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2023.1230973/full">https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2023.1230973/full</a>

"Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo"  
 Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

7	Multisource spatial data integration for use cases in urban planning	2022	Artículo científico	Países Bajos (Europa)	Transactions in GIS	Wiley Online Library	Integración de datos geoespaciales multisource	Propone un workflow para integración de datos espaciales multisource basado en casos de uso (Noardo et al., 2022, p. 1).	Enfocado en armonización y fusión de datasets para interoperabilidad.	Metodología para integración multisource en geoportales urbanos.
8	Advances in geospatial data visualization: The role of geovisitors in environmental management	2024	Artículo científico	Seúl, Corea del Sur	International Journal of Geographic Information Science	Taylor & Francis	Rol de geovisores en gestión ambiental	Los geovisores facilitan el análisis visual e interpretación de información espacial en gestión ambiental (Lee et al., 2024, p. 50).	Confirma uso extensivo en monitoreo territorial y ambiental.	Noardo, F., et al. (2022). Multisource spatial data integration for use cases in urban planning. <i>Transactions in GIS</i> , 26(5), 2567-2589.  Lee, W., Kim, H., & Park, J. (2024). Advances in geospatial data visualization: The role of geovisitors in environmental management. <i>International Journal of Geographic Information Science</i> , 38(1), 45-61.
9	A Practice Approach of Multi-source Geospatial Data Integration for Web-based Geoinformation Services	2014	Artículo científico	China (Jiangsu province)	ISPRS Archives	Harvard ADS	Integración práctica de datos geoespaciales multisource	Introduce enfoque práctico para integrar datos con diferentes modelos para servicios web geoespaciales (Huang et al., 2014).	Caso de estudio en Jiangsu para plataforma nacional china.	Ejemplo técnico para procesamiento e integración en geoportales.

"Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo"  
 Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## 7. 2 Código desarrollado para la creación del Dashboard en R.

dashboard\_piscigranjas.Rmd

```
---
```

```
title: "Dashboard de Monitoreo de Piscigranjas"
output:
  flexdashboard::flex_dashboard:
    orientation: rows
    vertical_layout: fill
    theme:
      version: 4
      bg: "#101010"
      fg: "#FDF7F7"
      primary: "#0ea5e9"
      navbar-bg: "#0f172a"
      base_font:
        google: "Outfit"
      heading_font:
        google: "Outfit"
---
```

```
```{r setup, include=FALSE}
library(flexdashboard)
library(leaflet)
library(sf)
library(dplyr)
library(plotly)
library(htmltools)
```

```
# --- CARGA Y PREPARACIÓN DE DATOS ---
```

```
# Nombre del archivo GeoJSON
archivo_datos <- "capa/Piscigranjas_Finales.geojson"
```

```
# Función para generar datos simulados si no existe el archivo
generar_datos_simulados <- function() {
  # Coordenadas centrales aproximadas de una zona en Perú (UTM 18S
  # simulado -> LatLon)
  # Nota: Para simulación usamos Lat/Lon directos, pero asignamos CRS
  4326
  df <- data.frame(
    id = 1:100,
    Estado = sample(c("Bueno", "Regular", "Malo"), 100, replace = TRUE,
    prob = c(0.5, 0.3, 0.2)),
    lng = runif(100, -76.0, -75.0), # Zona aproximada
    lat = runif(100, -9.0, -8.0),
    Código = paste0("CP", sprintf("%03d", 1:100)),
    Valor_P = sample(1:5, 100, replace = TRUE)
  )
  st_as_sf(df, coords = c("lng", "lat"), crs = 4326)
}
```

```
if (file.exists(archivo_datos)) {
  # Leer el archivo GeoJSON
  piscigranjas_raw <- st_read(archivo_datos, quiet = TRUE)
```

```
# --- TRANSFORMACIÓN DE PROYECCIÓN (CRÍTICO) ---
# El usuario indica que los datos vienen en EPSG:32718 (WGS 84 / UTM
zone 18S)
# Leaflet necesita EPSG:4326 (Latitud/Longitud).
# st_transform realiza esta conversión matemática precisa.
```

“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

```
# Verificamos si tiene CRS asignado, si no, asumimos 32718 y
transformamos
if (is.na(st_crs(piscigranjas_raw))) {
  st_crs(piscigranjas_raw) <- 32718
}

piscigranjas <- st_transform(piscigranjas_raw, 4326)

} else {
  piscigranjas <- generar_datos_simulados()
}

# --- ESTANDARIZACIÓN DE NOMBRES DE COLUMNAS ---
# Identificar columnas reales para evitar errores de encoding
col_codigo_real <- grep("C.digo|Codigo", names(piscigranjas), value =
TRUE, ignore.case = TRUE)[1]
col_valor_real <- grep("Valor", names(piscigranjas), value = TRUE,
ignore.case = TRUE)[1]

# Renombrar a nombres estándar para usar en todo el script
# Usamos tryCatch para evitar errores si no se encuentran (aunque
deberían estar)
if (!is.na(col_codigo_real)) {
  names(piscigranjas)[names(piscigranjas) == col_codigo_real] <-
"Codigo"
}
if (!is.na(col_valor_real)) {
  names(piscigranjas)[names(piscigranjas) == col_valor_real] <-
"Valor_P"
}

# --- CONFIGURACIÓN DE ESTILOS ---

# Paleta de colores consistente
colores_estado <- c("Bueno" = "#10b981", "Regular" = "#f59e0b", "Malo" =
"#ef4444")
icono_color <- colorFactor(palette = colores_estado, domain =
piscigranjas$Estado)

```

Row {data-height=120}
-----


#### Total Piscigranjas

```{r}
valueBox(nrow(piscigranjas), icon = "fa-fish", color = "#0ea5e9")
```

#### Estado Bueno

```{r}
n_bueno <- sum(piscigranjas$Estado == "Bueno", na.rm = TRUE)
valueBox(n_bueno, icon = "fa-check-circle", color = "#10b981")
```

#### Estado Regular

```{r}
n_regular <- sum(piscigranjas$Estado == "Regular", na.rm = TRUE)
valueBox(n_regular, icon = "fa-exclamation-circle", color = "#f59e0b")
```

```

```
### Estado Malo

```{r}
n_malo <- sum(piscigranjas$Estado == "Malo", na.rm = TRUE)
valueBox(n_malo, icon = "fa-times-circle", color = "#ef4444")
```

Row {data-height=650}
-----

### Mapa Geoespacial Interactivo

```{r}
# Crear el mapa base con Leaflet
leaflet(piscigranjas) %>%
  # --- MAPAS BASE (Capas) ---
  # Mapa Oscuro (Ideal para dashboards modernos)
  addProviderTiles(providers$CartoDB.DarkMatter, group = "Mapa Oscuro") %>%
  # Mapa de Satélite (Esri World Imagery)
  addProviderTiles(providers$Esri.WorldImagery, group = "Satélite") %>%
  # Mapa Claro (Positron)
  addProviderTiles(providers$CartoDB.Positron, group = "Mapa Claro") %>%

  # --- CAPA DE DATOS (Puntos) ---
  addCircleMarkers(
    radius = 6,
    color = ~icono_color(Estado),
    stroke = TRUE,
    weight = 1,
    opacity = 1,
    fillOpacity = 0.8,
    group = "Piscigranjas",
    popup = ~paste0(
      "<div style='font-family: Outfit, sans-serif; color: #333;'>",
      "<h4 style='margin: 0 0 5px 0; color: #0ea5e9;'>",
      tryCatch(Codigo, error = function(e) "Piscigranja"), "</h4>",
      "<b>Estado:</b> ", Estado, "<br>",
      "<b>Valor P:</b> ", tryCatch(Valor_P, error = function(e) "N/A"),
      "<br>",
      "</div>"
    ),
    label = ~paste0("Estado: ", Estado)
  ) %>%

  # --- CONTROLES ---
  # Control de Capas (Layer Control)
  addLayersControl(
    baseGroups = c("Mapa Oscuro", "Satélite", "Mapa Claro"),
    overlayGroups = c("Piscigranjas"),
    options = layersControlOptions(collapsed = FALSE)
  ) %>%

  # Leyenda
  addLegend(
    position = "bottomright",
    pal = icono_color,
    values = ~Estado,
    title = "Estado de Conservación",
    opacity = 1
  ) %>%

  # Miniminapa
```

```

```
addMiniMap(  
  tiles = providers$CartoDB.DarkMatter,  
  toggleDisplay = TRUE,  
  position = "bottomleft"  
)  
  
### Análisis Estadístico  
  
```{r}  
# Preparar datos para el gráfico  
df_resumen <- piscigranjas %>%  
  st_drop_geometry() %>%  
  group_by(Estado) %>%  
  summarise(Cantidad = n())  
  
# Gráfico interactivo con Plotly  
plot_ly(df_resumen, x = ~Estado, y = ~Cantidad, type = 'bar',  
        marker = list(color = ~colores_estado[Estado])) %>%  
  layout(  
    title = list(text = "Distribución por Estado", font = list(size =  
16)),  
    xaxis = list(title = "Estado de Conservación", color = "#cbd5e1"),  
    yaxis = list(title = "Cantidad de Piscigranjas", color = "#cbd5e1"),  
    paper_bgcolor = 'rgba(0,0,0,0)',  
    plot_bgcolor = 'rgba(255,255,255,0.05)',  
    font = list(color = '#FDF7F7'),  
    margin = list(t = 40, b = 40, l = 40, r = 20)  
)  
  
Row {data-height=230}  
-----  
  
### Registro Detallado de Datos  
  
```{r}  
# Tabla de datos  
df_tabla <- piscigranjas %>%  
  st_drop_geometry() %>%  
  select(any_of(c("Codigo", "Estado", "Valor_P"))) %>%  
  head(100) %>%  
  rename(  
    `Código` = Codigo,  
    `Valor P` = Valor_P  
)  
  
# Renderizar tabla  
knitr::kable(df_tabla)  
```
```

### 7. 3 Insumo de precipitación.

La información fue descargada del catálogo de metadatos del Senamhi,

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (s.f.). Catálogo de metadatos cartográficos. Infraestructura de Datos Espaciales del SENAMHI (IDESEP).

<https://idesep.senamhi.gob.pe/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/8cdedc77-e109-4530-8b0d-69a083aaeb89>.

The screenshot shows the Senamhi metadata catalog interface. At the top, there are buttons for 'Volver a la búsqueda' (Search again), 'Descargar' (Download), and 'Modo de visualización' (View mode). Below these are sections for 'Visión de Conjunto' (Overall view) and 'Predicción Numérica de la Precipitación Acumulada en 24 horas' (Numerical Prediction of Accumulated Precipitation in 24 hours). A green 'Terminado' (Completed) badge is visible next to the main title. To the right is a map of Peru titled 'PREDICCIÓN NUMÉRICA DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24 HORAS'. The map shows precipitation levels across the country, with higher values in the central Andean region. Below the map is a sample image labeled 'Imagen de muestra de Predicción Numérica de la Precipitación Acumulada en 24 horas'. On the left, there is a sidebar with links to 'Descargas y enlaces' (Downloads and links) and a main content area with five entries for WMS services related to precipitation predictions for different days (DIA 01, DIA 02, DIA 03) and a precipitation model (Modelo de Precipitación). Each entry includes a 'Descargar' button and a link to the WMS service URL. The bottom right corner features social sharing icons for Twitter, Google+, Facebook, LinkedIn, Email, and Print.

Ilustración 35: Metadata del servicio WMS del archivo de precipitación

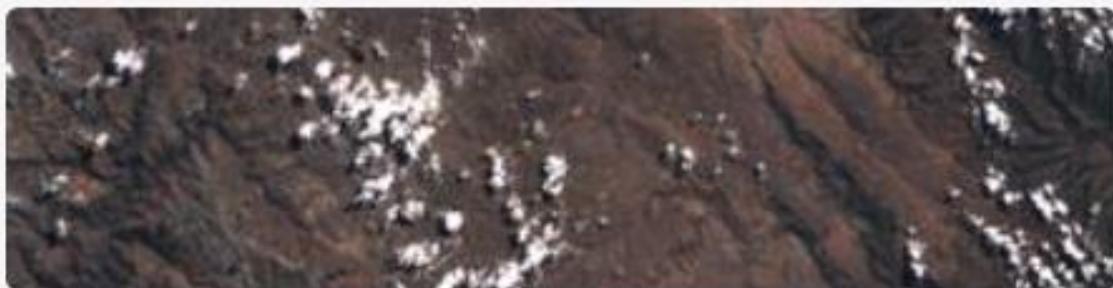
“Determinar las áreas idóneas para la construcción de piscigranjas en el centro Piscícola Ingenio de la provincia de Huancayo”

Presentado por: Felix Aldimar Aiquipa Gonzales.

## 7. 4 Metadata de la imagen satelital

### Product details

X



|                                                                      |                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Product identifier:                                                  | S2B_MSIL1C_20250802T151719_N0511_R125_T18LVM_20250802T195953.SAFE                                                                                                                                                  |
| Beginning date time:                                                 | Cloud cover:                                                                                                                                                                                                       |
| 2025-08-02T15:17:19.024000Z                                          | 2.223565947027                                                                                                                                                                                                     |
| Datastrip id:                                                        | Ending date time:                                                                                                                                                                                                  |
| S2B_OPER_MSI_L1C_DS_2BPS_20250802T19595<br>3_S20250802T152450_N05.11 | 2025-08-02T15:17:19.024000Z                                                                                                                                                                                        |
| Granule identifier:                                                  | Instrument short name:                                                                                                                                                                                             |
| S2B_OPER_MSI_L1C_TL_2BPS_20250802T195953<br>_A043909_T18LVM_N05.11   | MSI                                                                                                                                                                                                                |
| Operational mode:                                                    | Orbit number:                                                                                                                                                                                                      |
| INS-NOBS                                                             | 43909                                                                                                                                                                                                              |
| Origin:                                                              | Platform serial identifier:                                                                                                                                                                                        |
| ESA                                                                  | B                                                                                                                                                                                                                  |
| Platform short name:                                                 | Processing date:                                                                                                                                                                                                   |
| SENTINEL-2                                                           | 2025-08-02T19:59:53.000000Z                                                                                                                                                                                        |
| Processing level:                                                    | Processor version:                                                                                                                                                                                                 |
| S2MSI1C                                                              | 05.11                                                                                                                                                                                                              |
| Product group id:                                                    | Product type:                                                                                                                                                                                                      |
| GS2B_20250802T151719_043909_N05.11                                   | S2MSI1C                                                                                                                                                                                                            |
| Relative orbit number:                                               | Source product:                                                                                                                                                                                                    |
| 125                                                                  | S2B_OPER_MSI_L1C_TL_2BPS_20250802T195953<br>_A043909_T18LVM_N05.11,S2B_OPER_MSI_L1C_<br>DS_2BPS_20250802T195953_S20250802T152450<br>_N05.11,S2B_OPER_MSI_L1C_TC_2BPS_2025080<br>2T195953_A043909_T18LVM_N05.11.jp2 |
| Source product origin date:                                          | Tile id:                                                                                                                                                                                                           |
| 2025-08-02T20:18:49Z,2025-08-02T20:10:41Z,20<br>25-08-02T20:18:46Z   | 18LVM                                                                                                                                                                                                              |

Ilustración 36: Metadata de la imagen satelital

## 7. 5 Plataforma web interactiva final

Como parte del producto final se realizó la publicación de la plataforma web interactiva en la web con el siguiente dominio URL.

Ilustración 37: Plataforma web interactiva de información del proyecto

XGEOSPACE. (2025). Plataforma web de geomática y servicios SIG.  
<https://xgeospace.web.app/>