

Análisis etnográfico asistido por Inteligencia Artificial para determinar el catastro y la calidad de vida de la Comunidad Nativa Manacamiri

Artificial Intelligence-Assisted Ethnographic Analysis to identify patterns and trends in the quality of life of Native Communities in Cadastral Surveys

Ciro Rodriguez Rodriguez

<https://orcid.org/0000-0003-2112-1349>
crodriguezro@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Pedro Martin Lezama Gonzales

<https://orcid.org/0000-0001-9693-0138>
plezamag@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Carlos Edmundo Navarro Depaz

<https://orcid.org/0000-0002-6697-8365>
cnavarrod@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Norberto Ulises Roman Concha

<https://orcid.org/0000-0002-3302-7539>
nromanc@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Ivan Carlo Petrlik Azabache

<https://orcid.org/0000-0002-1201-2143>
ipetrlika@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Carlos Ernesto Chavez Herrera

<https://orcid.org/0000-0003-4687-2667>
cchavezh@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

RECIBIDO: 01/11/2024 - ACEPTADO: 14/12/2024 - PUBLICADO: 31/12/2024

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo determinar el catastro y la calidad de vida de la comunidad nativa de Manacamiri a través de un estudio etnográfico apoyado por la inteligencia artificial. La investigación es de tipo no aplicada y mixta, con un enfoque descriptivo. El diseño del estudio es no experimental, y se trabajó con una muestra de 33 pobladores nativos seleccionados aleatoriamente, complementado con información obtenida de imágenes del territorio capturadas por un dron. Los resultados abarcan aspectos económicos, sociales y de salud, así como la identificación de características y anomalías en las imágenes, diagnosticadas mediante modelos de inteligencia artificial para definir las condiciones de vida de la comunidad nativa de Manacamiri.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Etnográfico, Catastro, Calidad de Vida, Visión Computacional.

ABSTRACT

The objective of this article is to determine the cadastre and the quality of life of the native community of Manacamiri through an ethnographic study supported by artificial intelligence. The research is non-applied and mixed, with a descriptive approach. The design of the study is non-experimental, and we worked with a sample of 33 randomly selected native settlers, complemented with information obtained from images of the territory captured by a drone. The results cover economic, social and health aspects, as well as the identification of characteristics and anomalies in the images, diagnosed by means of artificial intelligence models to define the living conditions of the native community of Manacamiri.

Keywords: Artificial Intelligence, Ethnographic, Cadastre, Quality of Life, Computer Vision.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la mayoría de las comunidades campesinas y nativas no cuentan con el respaldo legal necesario para proteger sus tierras y territorios, lo que las deja expuestas a amenazas constantes sobre su propiedad, especialmente debido a actividades extractivas (CEPA, 2018). Asimismo, Surrallés (2009) señala que el concepto de territorialidad de los pueblos indígenas ha sido, indudablemente, uno de los temas centrales en la antropología amazónica y continuará siendo de gran relevancia en las próximas décadas (p.29). La conexión de los pueblos indígenas con sus tierras y territorios ancestrales es un aspecto esencial de su identidad y espiritualidad, profundamente entrelazado con su cultura e historia. Según Landa et al. (2020) indican que el término "tierra" hace referencia al espacio físico que los pueblos ocupan de manera directa, es decir, el área sobre la cual tienen una posesión efectiva y en la que están ubicados físicamente.

El análisis de estos aspectos es crucial para asegurar el acceso a sus recursos naturales, así como para garantizar la conservación de sus territorios, lo que es fundamental para su subsistencia y desarrollo futuro. Según Restrepo (2018), afirman que muchos territorios de los indígenas no están legalmente protegidos u oficializados, además existen una percepción errónea del indígena, catalogándolo como primitivo, aun así, tienen una notable resiliencia, adaptabilidad al entorno, igualdad social, espiritualidad y rechazo al autoritarismo, todos estos valores permitieron alinearse con el concepto de la territorialidad (Saldaña, et al., 2019). Ahora con respecto al nivel de calidad de vida de las poblaciones de la Amazonia, durante la pandemia COVID-19, repercutió negativamente en varios ámbitos, específicamente en el ámbito de salud, y con la llegada de la pandemia, las políticas sanitarias públicas durante los primeros meses no se enfocaron en mejorar las condiciones mínimas de los centros de salud en las comunidades nativas. Además, Orcotorio (2022) las medidas fueron

implementadas de manera tardía, sin la participación de los pueblos indígenas, lo que puso en riesgo sus territorios e integridad. Las comunidades nativas utilizando la medicina tradicional salieron frente a ello. Además, sufrieron el cierre de los comercios como una medida de contención de la pandemia, afectando la economía familiar.

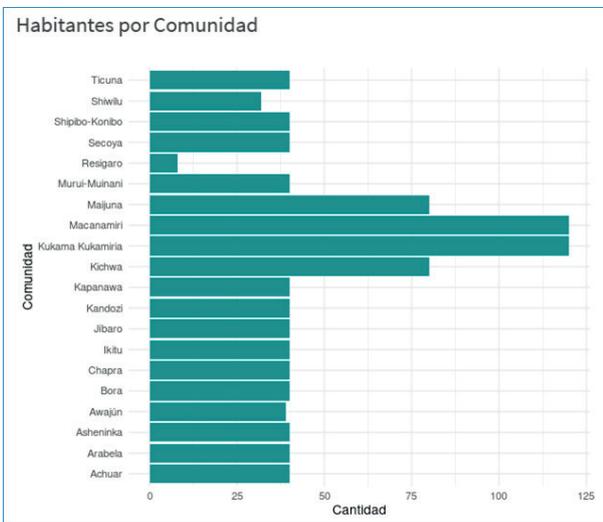
Según Campanario (2020) a través de un estudio de caso con financiamiento de la Unión Europea, informo que la pobreza en las comunidades nativas está mal categorizada porque no tienen claro su identidad cultural, tampoco consideran la autosuficiencia en todos los diversos aspectos de su vida. Asimismo, el estado peruano identifica como pobreza a la falta de dinero, lo que funciona bien para las zonas urbanas, pero no para las comunidades nativas amazónicas, cuya economía ancestral no se basa en el dinero (Sarmiento., 2016). Al no considerar su cultura, el estado las clasifica como pobres e implementa programas de asistencia que, en su mayoría, fracasan o empeoran la situación por usar indicadores incorrectos. Esto provoca una falta de comprensión de sus verdaderas necesidades y un desarrollo ineficaz. Tanto el informe como el Banco Mundial resaltan la necesidad de entender mejor su cultura y crear metodologías más adecuadas, en las que las propias comunidades participen, para diseñar políticas más efectivas.

Según el INEI (2018), el censo nacional del 2017, se muestra los resultados de la calidad de vida de las comunidades nativas cuantitativamente, Considerando varios aspectos, como el limitado acceso a Internet, se observa que solo un promedio de 4,54 % de las comunidades mencionadas tiene acceso a este servicio. Aunque también se reportan datos similares en cuanto a telefonía pública, radio y servicio de celular, esto refleja una infraestructura deficiente en redes de comunicación. Dicha infraestructura es clave para temas como la educación y la salud. Es necesario actualizar estos datos para evaluar cómo el posible aumento de infraestructura durante la pandemia ha afectado a estas comunidades, especialmente en cuanto

a su desarrollo en áreas como la educación, salud y la conexión con el resto del país, así como la atención del estado.

Las comunidades nativas incluidas en este estudio se ubican únicamente en el departamento de Loreto, sumando un total de 20. Entre ellas, las comunidades de Manacamiri y Kukama Kukamiria son las más pobladas, mientras que la comunidad de Resigaró cuenta con el menor número de habitantes. A continuación, se presenta un gráfico de barras que muestra, en el eje x, el número de habitantes y, en el eje y, el número de comunidades nativas.

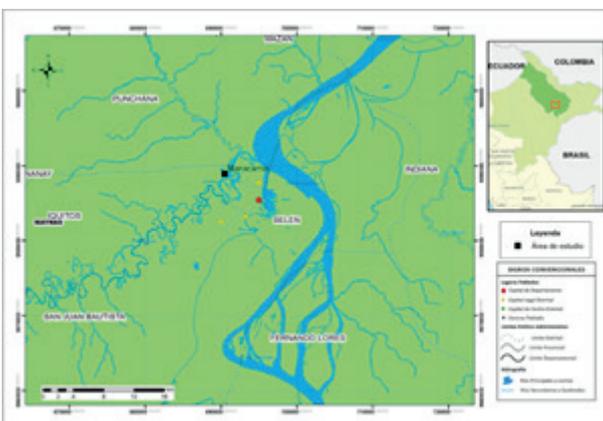
Figura 1
Habitantes por comunidad



Fuente: Elaboración propia.

A continuación vamos a mostrar el mapa de ubicación de la comunidad nativa de Manacamiri.

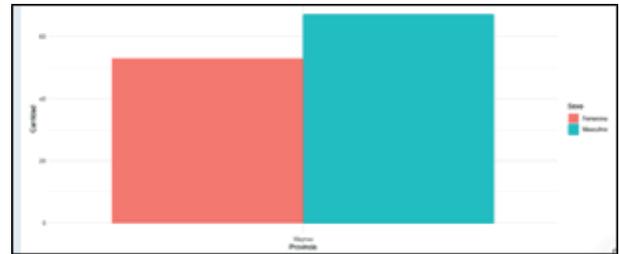
Figura 2
Mapa de la comunidad nativa de Manacamiri



Fuente: Barbarán et al. (2022).

Según el siguiente gráfico, presenta una mayor cantidad de habitantes de sexo masculino, plasmado en la figura 3.

Figura 3
Población por provincia y sexo



Fuente: Elaboración propia.

Esta comunidad tiene muchos desafíos y necesidades con características únicas en los patrones socioculturales intrincados y cuestiones ambientales específicas.

El objetivo del estudio es desarrollar un análisis etnográfico asistido por Inteligencia Artificial para determinar el catastro y la calidad de vida de la comunidad nativa Manacamiri.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo del estudio etnográfico soportado con la IA, se consideraron en dos aspectos importantes para la realización de la respectiva investigación, de las cuales vamos a presentar de la siguiente manera:

2.1.1. Materiales utilizados en el aspecto cualitativo

Tabla 1
Materiales utilizados en el estudio cualitativo

Item	Material	Descripción	Finalidad
1	Grabadora de audio	Dispositivo para grabar conversaciones y entrevistas.	Capturar y registrar entrevistas para análisis posterior.
2	Cuadernos de Campo	Libretas o cuadernos para anotar observaciones y notas.	Registrar observaciones, reflexiones y datos durante el trabajo de campo.
3	Teléfonos inteligentes o tabletas	Dispositivos móviles con capacidad de grabación y acceso a aplicaciones.	Facilitar la captura de datos, entrevistas y observaciones de manera digital.
4	Cuestionarios y encuestas	Instrumentos diseñados para recopilar información específica.	Recopilar respuestas estructuradas para complementar el análisis cualitativo.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Materiales utilizados en el aspecto cuantitativo

Según la tabla 2 y 3, se muestran los dispositivos de hardware y software para la obtención de las imágenes a través del dron.

Tabla 2

Dispositivos de hardware para la obtención de las imágenes a través del dron

Item	Material	Descripción	Finalidad
1	Estación móvil GNSS de alta precisión DJI D-RTK 2.	Dispositivo GNSS para obtener datos de posicionamiento preciso.	Asegurar la precisión y estabilidad de las coordenadas durante el vuelo del dron.
2	Phantom 4 Multiespectral con sensor multiespectral integrado.	Dron con cámara multiespectral para capturar diferentes longitudes de onda.	Obtener imágenes detalladas del terreno con diferentes espectros de luz.
3	GPSMAP 65 Dispositivo portátil multi-banda / multignss.	Dispositivo GPS portátil que admite múltiples bandas y sistemas GNSS.	Aumentar la precisión en la navegación y localización geoespacial.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

Software para obtener las imágenes obtenidos por el dron

Item	Material	Descripción	Finalidad
1	Agisoft Metashape	Software para fotografía 3D y procesamiento de imágenes.	Crear modelos tridimensionales a partir de imágenes capturadas por el dron.
2	Google Earth	Aplicación de visualización geográfica.	Visualizar e interpretar datos geoespaciales en mapas.
3	QGIS (Quantum GIS)	Software de sistemas de información geográfica (SIG).	Procesar y analizar datos geoespaciales para mapeo y análisis de terrenos.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en la tabla 4, tenemos los softwares para el desarrollo y el procesamiento de imágenes.

Tabla 4

Software para el desarrollo del procesamiento de imágenes

Item	Material	Descripción	Finalidad
4	Jupyter – Lab (Python)	Entorno de desarrollo interactivo para programación en Python.	Desarrollar y ejecutar scripts para el procesamiento de datos.
5	TensorFlow y Keras	Librerías para la creación y entrenamiento de modelos de IA.	Aplicar algoritmos de aprendizaje profundo para análisis de imágenes.
6	Kmeans	Algoritmo de clustering para segmentar datos.	Identificar y agrupar patrones similares en las imágenes.
7	Librerías adicionales (Open CV, Matplotlib, Scipy, Rasterio y Math)	Conjunto de librerías para procesamiento de imágenes y análisis matemático.	Proporcionar herramientas adicionales para el procesamiento y análisis de imágenes.

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Métodos

A continuación, vamos a presentar la descripción del método que se utilizó en la presente investigación.

2.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es no aplicada y mixta porque integran los enfoques cuantitativo y cualitativo, considerando la predominancia de uno sobre el otro (Escobar et al., 2020). Asimismo, el enfoque cuantitativo está plasmado con la asistencia de la IA en el análisis de datos y extracción de características de las imágenes obtenidas.

2.1.2. Nivel de Investigación

La investigación, además, es de tipo descriptivo, ya que busca ofrecer una representación exacta de las características de un individuo, situación o grupo en particular. Este enfoque también se conoce como investigación estadística. (Rodríguez, 2020). Asimismo, busca definir y medir variables, como caracterizar el fenómeno o situación en estudio. También cuantifica y describe con precisión las diferentes dimensiones o aspectos de un fenómeno, problema, evento, comunidad, contexto o situación (Hernández et al., 2018).

2.1.3. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es no experimental, porque son estrategias no experimentales, de las cuales consisten en realizar observaciones de manera sistemática, sin alterar ni manipular las variables involucradas (Cravino, A., 2021). Además, al utilizar inteligencia artificial para detectar anomalías y características en las imágenes obtenidas incorporando herramientas analíticas sin intervenir directamente en el entorno o las condiciones que se está estudiando.

2.1.4. Población y muestra

Los autores Hadi et al. (2023) definen a la población como el total de personas o elementos que el investigador pretende estudiar. En la presente investigación la población objetivo está representado por la comunidad nativa Manacamiri. Asimismo, se determinó una muestra de 33 pobladores nativos y la totalidad de las imágenes captado por un Dron que representa la totalidad del territorio de la comunidad nativa.

2.1.5. Instrumentos de recolección de datos

A. Cuestionario de recolección de datos de la comunidad nativa

El cuestionario es el instrumento de recolección de datos utilizado en el estudio Etnográfico de la presente investigación que contiene las siguientes características a través de la siguiente (tabla 5).

Tabla 5
Características del cuestionario aplicado en el estudio Etnográfico

Nro.	Dimensiones	Numero de preguntas
1	Ubicación geográfica del lugar de la población / comunidad	4
2	Referencias de ubicación de la comunidad	6
3	Características del APU, presidente o jefe de la comunidad	6
4	Principales características de la comunidad	9
5	Organización de la comunidad	13
6	Situación de las tierras de la comunidad	9
7	Equipamiento, servicios, infraestructura y medios de transporte	6
8	Organización de base y programas sociales	2
9	Educación	7
10	Salud y medicina tradicional	14
11	Características económicas de la comunidad	4
12	Prácticas tradicionales y ancestrales de la comunidad	4
13	Migración de la comunidad	4

Fuente: Elaboración propia.

Si observamos la tabla 5, esta las 13 dimensiones con su respectivo número de preguntas, las cuales está estructurado el cuestionario que permitió obtener la información de la comunidad nativa en el estudio Etnográfico.

B. Dron con cámara en la captura de imágenes del territorio de la comunidad nativa

La técnica de obtención de imágenes del territorio de la comunidad nativa de Manacamiri se llevó a cabo mediante un instrumento de recolección de datos, que en este caso consistió en una cámara integrada en un Dron. El proceso de captura de imágenes se desarrolló siguiendo los siguientes pasos:

- Análisis del plan de vuelo

Se diseñó un KML segmentado en cuatro zonas usando el Software QGIS, cada una de aproximadamente 50 hectáreas, para la ejecución de vuelos precisos con el dron. La configuración de los vuelos incluyó los parámetros técnicos como la altitud de

vuelo que permitió un establecimiento de una altura constante de 120 metros sobre el nivel del suelo para todos los vuelos. Esta altitud fue seleccionada para equilibrar la cobertura aérea y la resolución espacial, permitiendo una captura de datos eficaz.

- Solapamiento de imágenes

En el solapamiento Frontal fue configurado entre un 70% y 80% para garantizar la continuidad y superposición suficiente entre las imágenes en la dirección del vuelo, facilitando un procesamiento fotogramétrico preciso. Asimismo, se realizó un solapamiento lateral que se ajustó entre un 60% y 70% para asegurar la coherencia en las imágenes adyacentes, mejorando la reconstrucción tridimensional del terreno. Seguidamente una resolución del sensor de la cámara de alta resolución (20 MP o superior), de las cuales se logró una resolución del suelo (GSD) de entre 6 y 5 cm/píxel a la altitud de 120 metros. Esta configuración garantizó un alto nivel de detalle en los datos capturados. Finalmente se tomó en cuenta las condiciones climáticas, de las cuales se logró programar vuelos ejecutados con condiciones de luz solar moderada, minimizando la aparición de sombras duras que podrían distorsionar la interpretación de las imágenes. Se evitó volar en días con viento fuerte para mantener la estabilidad del Dron y la precisión del levantamiento.

- Configuración de los parámetros de vuelo

En el programa DJI GS Pro en su panel de configuración se ajustaron los siguientes detalles:

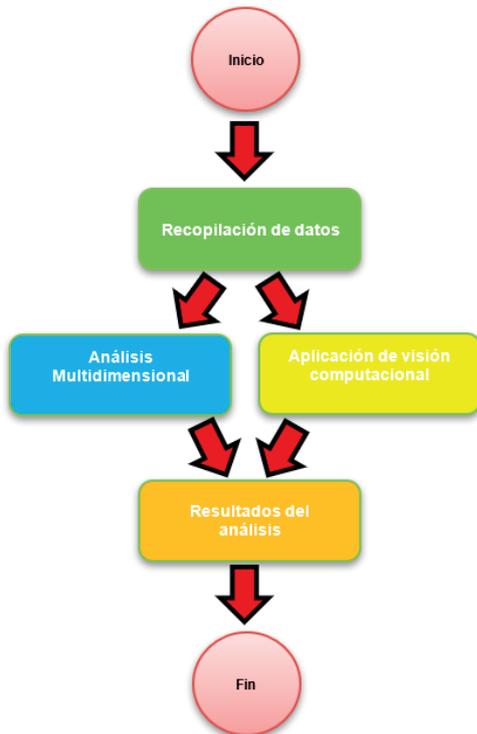
- **Líneas de Vuelo:** Se mostraron las trayectorias programadas, indicando el recorrido del dron a través de las áreas delimitadas en el KML.
- **Área de Cobertura:** El software calculó y visualizó el área total a cubrir en cada vuelo, asegurando que se mantuviera dentro de los límites establecidos.
- **Longitud del Vuelo (Flight Length):** Se determinó la distancia total que el dron recorrería durante el vuelo, basándose en la planificación del trayecto.
- **Tiempo de Vuelo:** Se estimó la duración total del vuelo, teniendo en cuenta la distancia, velocidad y otros factores operacionales.
- **Requisitos de Batería:** El software calculó el número total de baterías necesarias para completar el vuelo, considerando la duración estimada y el consumo de energía.

- **Número Total de Fotos:** Se proyectó el total de imágenes que el dron capturaría durante el vuelo, de acuerdo con el solapamiento configurado y el área a cubrir.

2.3. Metodología

La metodología aplicada permitió desarrollar el presente estudio plasmado a través de las fases propuestas en la figura 4.

Figura 4
Metodología aplicada en la presente investigación



Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 4 vamos a desarrollar cada una de las fases:

2.3.1. Recopilación de datos

La recolección de datos para el estudio Etnográfico se realizó en el aspecto cualitativo y cuantitativo que a continuación vamos a especificar:

A. Recolección de datos cualitativos

La recolección de los datos cualitativos se realizó aplicando el instrumento de recolección de datos llamado cuestionario, de las cuales se realizó interacciones con la comunidad nativa durante el tiempo de estadía de la respectiva investigación. Asimismo, las entrevistas en profundidad a modo de

historias de vida se realizaron de una manera aleatoria, considerándose la oportunidad de congeniar y ganarse la confianza del entrevistado mediante aspectos sobre la economía, salud y educación.

B. Recolección de datos cuantitativos

La recolección de los datos cuantitativos plasmados en la captación de las imágenes territoriales a través de un dron que sobrevoló las extensiones de la comunidad nativa, se logró procesar estas imágenes considerándose un apoyo del área de visión computacional dentro de la inteligencia artificial hacia el estudio etnográfico. A continuación, en la figura 5, se observa los trabajos de campos realizados por el equipo de proyecto en la cual lograron recolectar las imágenes territoriales.

Figura 5
Trabajos de campo en la recolección de imágenes del territorio de la comunidad nativa a través del dron

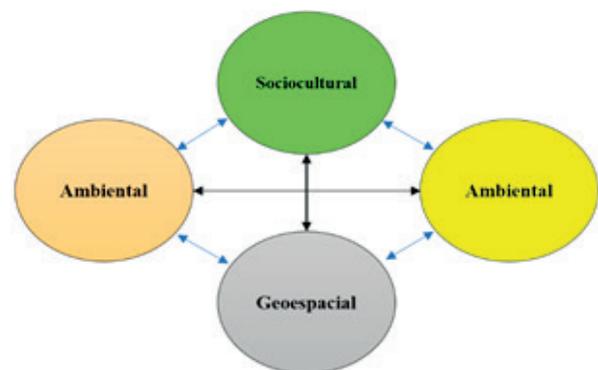


Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Análisis Multidimensional

El análisis multidimensional se traduce a través de la siguiente figura:

Figura 6
Elementos del análisis multidimensional



Fuente: Elaboración propia.

La figura 6, especifica los elementos importantes del análisis multidimensional que interactúan cada uno de ellos generando una retroinformación respectiva. A continuación, se va a detallar los aspectos del análisis multidimensional:

- **Geoespacial**

Las imágenes captadas a través del dron y el soporte de las herramientas GIS, se logro realizar un mapeo y a la vez un monitoreo del territorio, logrando la detección de anomalías y aspectos cambiantes de la tierra.

- **Sociocultural**

A través del levantamiento de información se ha logrado la recopilación de datos sobre las prácticas tradicionales, organización social y la dinámica cultural mediante entrevistas y cuestionarios etnográficos que se lograron.

- **Ambiental**

La deforestación es un aspecto impactante como también la presencia de recursos naturales en el estudio del suelo como también la salud de los pobladores y la calidad medioambiental que se logró evaluar.

- **Calidad de Vida**

Uso de indicadores cuantitativos (acceso a servicios, infraestructura) y cualitativos (percepciones de bienestar) para evaluar el nivel de vida.

Se analizó los indicadores cuantitativos como el acceso a los servicios, infraestructura como también

cualitativos como las percepciones de bienestar como herramientas que determinaron el nivel de vida.

2.3.3. Aplicación de Visión Computacional:

La aplicación de la visión computacional desarrollada en este proyecto, se ha demostrado ser una herramienta eficaz para la detección y análisis de anomalías de color en imágenes geoespaciales. Utilizando algoritmos avanzados de segmentación y ajustando los resultados en función del tamaño real del píxel, el sistema fue capaz de identificar subestratos anómalos que invaden el estrato dominante en una imagen. Este enfoque fue especialmente relevante en sectores como la agricultura, donde la detección temprana de plagas, problemas en cultivos o desastres naturales como inundaciones resultaron ser fundamental. En estudios ambientales, la capacidad de monitorear variaciones en la cobertura vegetal o el suelo permite alertar sobre fenómenos indeseados, como la erosión o la degradación del terreno (ver Figura 7).

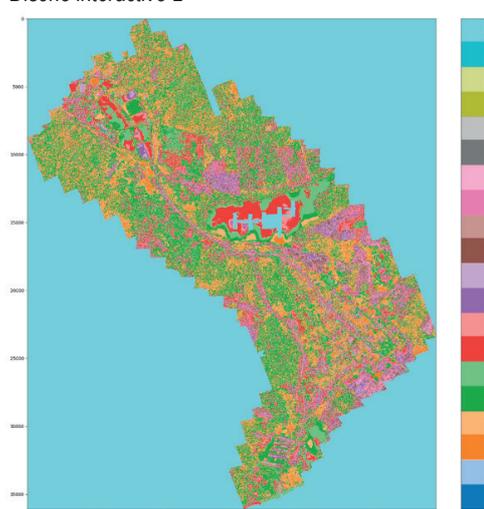
El diseño interactivo de la herramienta es otro de sus puntos fuertes, ya que permitió al usuario seleccionar colores específicos en la imagen y obtener información detallada sobre las áreas afectadas. Esta funcionalidad ofrece un valor práctico significativo, ya que los usuarios pueden identificar áreas de interés o zonas problemáticas en tiempo real y con gran precisión. El sistema no solo es capaz de detectar estas anomalías, sino que también proporciona un desglose detallado del área afectada, lo que facilita su interpretación y acción (ver Figura 8).

Figura 7
Diseño interactivo 1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8
Diseño interactivo 2



Fuente: Elaboración propia.

Además de la herramienta de visión computacional para la detección y análisis de anomalías de color en imágenes geoespaciales, se desarrolló otro componente enfocado en la detección de anomalías basado en el espectro de colores HSV (Hue, Saturation, Value). Este segundo desarrollo consistió en un algoritmo que permite analizar en tiempo real el color capturado a través de una cámara, y su implementación está orientada a su uso en drones para la detección de anomalías en grandes superficies.

El uso del modelo de color HSV resulta especialmente útil en la visión computacional para la identificación de colores específicos en un entorno dinámico, ya que este modelo se alinea mejor con la percepción humana del color en comparación con el espacio RGB. El algoritmo implementado permite al usuario ajustar los valores mínimos y máximos de HSV a través de deslizadores, lo que facilita la definición precisa del rango de color de interés. Esto es particularmente relevante para la detección de anomalías cromáticas, ya que permite seleccionar y aislar colores específicos en un rango determinado, como la identificación de áreas afectadas por plagas o erosión en un campo de cultivo.

A continuación, vamos a mostrar los pasos que se utilizaron en la aplicación de la visión computacional a través del uso del lenguaje de programación Python.

A. Test_carga_TIF

Este paso carga y valida archivos TIF, asegurando que la imagen esté correctamente formateada y accesible. Se utilizan librerías como rasterio o GDAL para gestionar imágenes geoespaciales, verificando su formato y calidad.

Figura 9

Código Python para el cargado del Test

```
# Librerías
import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.colors as mcolors

from scipy.ndimage import label, binary_dilation
import math
import heapq
import rasterio as rio

# Variables generales
image_path = 'orthomosaico.tif'

with rio.open(image_path) as img :
    imgnp= img.read()
    imgmeta=img.meta

plt.imshow(np.stack(imgnp,axis=-1))
plt.axis("off")
```

Fuente: Elaboración propia.

B. Generación de datos Topográfico

Aquí se generan datos topográficos, esenciales para comprender las características del terreno. Procesos como la normalización y el cálculo de elevación permiten visualizar la estructura geográfica en 2D o 3D.

Figura 10

Código Python para generar datos topográficos

```
from PIL import Image
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.colors as mcolors
import numpy as np
import pandas as pd
import cv2

from scipy.ndimage import label, find_objects
import rasterio as rio

# Setup Model
image_path = 'orthomosaico.tif'

def print_img(labels_img, cmap = 'tab20', output_img = 'labeled_image.png'):
    """
    Muestra la imagen clasificada con un mapa de colores personalizado o predeterminado.

    Parámetros:
    - labels_img: Imagen clasificada con etiquetas.
    - cmap: Mapa de colores para aplicar a las etiquetas. Por defecto 'tab20'.
    """
    # Crear un mapa de colores (cmap) adecuado para las etiquetas
    unique_labels = np.unique(labels_img)
    num_labels = len(unique_labels)

    # Generar una lista de colores para cada clase/etiqueta única
    cmap = plt.get_cmap(cmap, num_labels)

    # Crear una imagen a color basada en las etiquetas
    norm = mcolors.BoundaryNorm(unique_labels, cmap.N)
```

Fuente: Elaboración propia.

C. Segmentación por clústeres de píxeles

Segmentación por clústeres de píxeles utilizando algoritmos de agrupamiento como K-Means. Este paso clasifica píxeles en grupos con características similares (color, intensidad, etc.), esencial para aislar regiones de interés.

Figura 11

Código Python para segmentar por clústeres de píxeles

```
pixel_metros = round(calcular_tamano_pixel(120, 65, imgnp[i]),4)
pixel_metros

0.0051

estratos = obtener_estratos(imgnp[i])

%%time
resultados = analizar_estratos(imgnp[i])

# Mostrar los resultados por estrato
for estrato, datos in resultados.items():
    print(f"Estrato {estrato}: {datos['num_subestratos']} subestratos encontrados")
    for sub in datos['subestratos']:
        print(f"Subestrato {sub['subestrato']}: {sub['pixeles']} pixeles")
        print(f" - Porcentaje frente al estrato: {sub['porcentaje_estrato']:.2f}%")
        print(f" - Porcentaje frente a la imagen: {sub['porcentaje_total']:.2f}%")
```

Fuente: Elaboración propia.

D. Detección anómala del color

Detecta anomalías generales de color en la imagen, ayudando a identificar patrones inusuales que podrían indicar problemas ambientales o estructurales en el terreno.

Figura 12

Código Python para la detección anómala del color

```
import cv2
import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt
import rasterio as rio

image_path = 'orthomosaico.tif'

[ ] def load_image(image_path):
    with rio.open(image_path) as img:
        image = img.read()
        # Reorganizar las bandas para formar una imagen en formato (alto, ancho, canales)
        image = np.stack(image, axis=-1)
    return image

[ ] image = load_image(image_path)

[ ] #image = image[:, :, 3]

[ ] # Convertir a escala de grises
gray_image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

# Aplicar un desenfoque gaussiano
blurred_image = cv2.GaussianBlur(gray_image, (5, 5), 0)

[ ] # Detección de bordes
edges = cv2.Canny(blurred_image, 50, 150)

# Encontrar contornos
contours, _ = cv2.findContours(edges, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

Fuente: Elaboración propia.

E. Detección anómala del color RGBY

Amplía la detección de anomalías al analizar específicamente colores clave (rojo, verde, azul, amarillo), utilizando el espacio de color RGB o HSV. Esto permite resaltar características como vegetación, cuerpos de agua y zonas afectadas.

F. Detección de bordes

La detección de bordes mediante algoritmos como Sobel o Canny, útil para delimitar contornos y estructuras importantes. Los bordes identificados ayudan a refinar las áreas previamente segmentadas y enfocarse en detalles críticos.

3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Con respecto a los resultados del análisis del estudio etnográfico se determinó lo siguiente:

3.1. Análisis cualitativo

El estudio etnográfico proporcionó información detallada sobre aspectos sociales, educativos, y económicos que afectan la calidad de vida de la comunidad nativa de Manacamiri:

- **En la salud:** La comunidad cuenta con un puesto de salud que cubre necesidades primarias, pero enfrenta limitaciones, como la falta de un médico cirujano y de servicios especializados. Las prácticas de medicina tradicional son fundamentales para la población, que recurre a estas técnicas en ausencia de alternativas

modernas. Los hallazgos sugieren que una intervención que combine la medicina tradicional con servicios médicos mejorados podría beneficiar la salud general de la comunidad.

- **En la educación:** La infraestructura educativa, aunque presente, es insuficiente. Solo existen dos aulas construidas de manera improvisada con materiales básicos como madera y calamina, lo que limita el desarrollo de habilidades educativas avanzadas. A falta de opciones educativas competitivas, los jóvenes tienden a migrar en busca de oportunidades, lo cual representa un desafío para la cohesión comunitaria y el desarrollo local. La necesidad de nuevas instalaciones educativas adecuadas y programas de capacitación en habilidades prácticas se destacó como una prioridad.
- **En la economía:** La actividad económica principal de la comunidad incluye la agricultura y la pesca, con productos como arroz, plátano, yuca, pescado y pollo. Sin embargo, la escasez de oportunidades laborales diversificadas impulsa la migración de algunos miembros de la comunidad en busca de empleos mejor remunerados, debilitando la estructura familiar y económica local. El estudio sugiere la creación de iniciativas económicas sustentables, como la formación en técnicas agrícolas avanzadas y proyectos cooperativos, para reducir la dependencia de empleos externos.

3.2. Análisis cuantitativo

En el análisis cuantitativo, se ha enfocado al análisis de los resultados de las imágenes obtenidas a través del dron aplicando visión computacional de las cuales se van a detallar completamente en la sección de resultados de la presente investigación.

4. RESULTADOS

Los resultados cualitativos obtenidos del estudio etnográfico fueron presentados en la sección anterior; sin embargo, en esta sección se abordarán los resultados cuantitativos de la investigación que se basaron de imágenes obtenidas a través del dron, aplicando visión computacional logrando obtener los siguientes resultados.

4.1. Resultados del Análisis de Colores

- Zonas críticas

Primera área crítica con un porcentaje del **1.44%**, abarcando un total de **79,286.22** metros cuadrados.

Segunda área crítica con un porcentaje del **2.10%**, cubriendo un área de **115,625.74** metros cuadrados.

Tercera área crítica con un porcentaje del **0.45%**, con un área de **24,776.94** metros cuadrados.

Cuarta área crítica con un porcentaje del **0.35%**, ocupando un área de **19,270.96** metros cuadrados.

- Zonas menores

Primera zona menor con un porcentaje del **3.91%**, que cubre **215,284.11** metros cuadrados.

Segunda zona menor con un porcentaje del **2.99%**, abarcando **164,629.03** metros cuadrados.

Tercera zona menor con un porcentaje del **4.73%**, ocupando **260,433.21** metros cuadrados.

En total, el modelo ha detectado un área del **15.97%**, lo que equivale a **879,306.21** metros cuadrados. Este nivel de segmentación permite obtener una visión clara de las regiones afectadas, tanto críticas como menores, facilitando la planificación de acciones correctivas. A continuación, vamos a presentar la tabla 06 con respecto a los resultados del código RGB en el análisis de colores.

Tabla 6

Tabla de resultados del código RGB en el análisis de colores

Zonas	R	G	B	Porcentaje (%)	Área (metros cuadrados)
Zona crítica 1	197	176	213	1.44	79286.2202
Zona crítica 2	148	103	189	2.1	115625.738
Zona crítica 3	227	119	194	0.45	24776.9438
Zona crítica 4	247	182	210	0.35	19270.9563
Zona menor 1	255	127	14	3.91	215284.112
Zona menor 2	255	152	150	2.99	164629.027
Zona menor 3	255	187	120	4.73	260433.209
				15.97	Total
				879,306.21	Área

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se utilizó el algoritmo Flood Fill (Relleno por Inundación), de las cuales fue fundamental en la detección de áreas homogéneas en imágenes. Este método explora los píxeles conectados a un punto inicial y clasifica aquellos que pertenecen a la misma categoría, lo que es útil para identificar áreas con características similares, como colores o texturas homogéneas. Su aplicación en imágenes geoespaciales ha permitido segmentar substratos

de manera eficiente, destacando su utilidad en el análisis de datos geoespaciales.

4.2. Resultados en la detección de Anomalías de Color Basado en HSV

El resultado en la detección de anomalías de color basada en el espectro HSV (Hue, Saturation, Value). A diferencia del modelo de color RGB, el espacio HSV permite un análisis más preciso de las tonalidades y saturaciones presentes en la imagen. Esto es especialmente útil para detectar cambios sutiles que podrían no ser evidentes en otros modelos de color. Al separar el tono, la saturación y el valor de la intensidad de luz, el modelo de visión computacional puede detectar anomalías en la distribución de colores de una manera mucho más eficaz.

5. CONCLUSIONES

La integración de imágenes satelitales y técnicas de visión computacional en un análisis etnográfico ha permitido obtener una perspectiva integral del territorio y la interacción de la comunidad nativa de Manacamiri con su entorno. Al combinar estos datos con la etnografía tradicional, se han descubierto patrones culturales y ambientales que no serían fácilmente identificables mediante métodos convencionales. Este enfoque holístico ha enriquecido la comprensión de las dinámicas territoriales, proporcionando información valiosa para la protección y conservación de las culturas indígenas.

Por otro lado, la implementación de algoritmos de segmentación, como Flood Fill, y el análisis en el espectro HSV demuestran que el uso de inteligencia artificial en la gestión territorial es eficaz y preciso. Esta metodología tiene aplicaciones directas en diversos campos, tales como la agricultura de precisión, la gestión ambiental y el monitoreo de infraestructuras, contribuyendo a mejorar la toma de decisiones en tiempo real y a responder con agilidad ante fenómenos ambientales adversos.

Además, el análisis cualitativo realizado en los ámbitos de salud, educación y desarrollo económico de la comunidad reveló desafíos significativos. La falta de acceso a servicios básicos como agua potable y la limitada infraestructura educativa y de salud representan barreras para mejorar la calidad de vida de la comunidad. Los hallazgos enfatizan la necesidad de estrategias de intervención adaptadas culturalmente, que consideren las características específicas de las comunidades nativas y promuevan su desarrollo integral, respetando sus valores y prácticas ancestrales.

Finalmente, el uso combinado de técnicas de visión computacional y métodos etnográficos tradicionales constituye un modelo innovador para la investigación en contextos rurales y nativos. Esto no solo permite un análisis más detallado de la calidad de vida y el estado territorial, sino que también sienta las bases para el desarrollo de políticas públicas más efectivas y alineadas con las verdaderas necesidades de estas comunidades.

REFERENCIAS

- [1] Barbarán, C., Ríos, J., Bendayán, M., Heredia, G., & Tresierra-Ayala, A. (2022). Antagonismo in vitro de extractos etanólicos de *Tabernaemontana* frente a cepas de *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 9(2), 9–20. <https://doi.org/10.22386/ca.v9i2.337>
- [2] Campanario, Y. (2020). Medición de pobreza, programas sociales y pueblos indígenas amazónicos: Un estudio de caso en Perú con el pueblo wampis. Navegador Indígena, IWGIA. <https://www.iwgia.org/es/recursos/publicaciones/4108-medici%C3%B3n-de-la-pobreza,-programas-sociales-y-pueblos-ind%C3%ADgenas-amaz%C3%B3nicos-un-estudio-de-caso-en-per%C3%BA-con-el-pueblo-wampis.html>
- [3] CEPA (2018). Agroecología en los Andes: Vol. 34, No. 4 [Archivo PDF]. LEISA revista de agroecología. <https://leisa-al.org/web/wp-content/uploads/vol34n4.pdf>
- [4] Cravino, A. (2021). Investigación y tesis en disciplinas proyectuales: Una orientación metodológica. CP67.
- [5] Escobar, P., & Bilbao, J. (2020). Investigación y educación superior. Lulu.com.
- [6] Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, C., & Gonzáles, J. (2023). Metodología de la investigación. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- [7] Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill Educación. <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- [8] Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). III Censo de Comunidades Nativas 2017. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1598/TOMO_01.pdf
- [9] Landa, C. (2020). Derecho a la tierra y al territorio de los pueblos indígenas u originarios: Apuntes desde una perspectiva constitucional. Ministerio de Cultura.
- [10] Montero, J., & Hidalgo, M. (2021). La investigación científica en el contexto académico. Infinite Study.
- [11] Orcotorio, R. (2022). Pueblos indígenas y COVID-19 en el Perú: La crisis sanitaria y las deficiencias estructurales. *Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 9, 1–25. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/Kawsaypacha/article/view/24332/23868>
- [12] Restrepo, E. (2018). Etnografía: alcances, técnicas y éticas. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- [13] Rodríguez, Y. (2020). Metodología de la investigación. Klik. https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n/x9s6EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=metodologia+de+la++investigacion&printsec=frontcover
- [14] Saldaña, J., Valencia, M., Cronkleton, P., & Larson, A. (2019). *Comunidad Nativa Chirikyacu: Estudio Titulación de Comunidades Nativas - Avances y Desafíos*. Center for International Forestry Research (CIFOR).
- [15] Sarmiento, J. (2016). La comunidad en los tiempos de la Comunidad: bienestar en las Comunidades Nativas asháninkas. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 45 (1), 157–172. <https://doi.org/10.4000/bifea.7904>
- [16] Surrallés, A. (2009). Entre derecho y realidad: Antropología y territorios indígenas amazónicos en un futuro próximo. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 38(1), 29–45. <https://doi.org/10.4000/bifea.2789>

Financiamiento:

La investigación y publicación de este artículo cuentan con financiamiento de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) a través del Grupo de Investigación ITDATA, bajo el código de proyecto C24202791.

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribuciones de autoría:

Ciro Rodriguez Rodriguez (autor principal): Trabajo de campo, redacción, desarrollo y entrenamiento de los modelos.

Norberto Ulises Román Concha (coautor): Trabajo de campo, redacción y formateado.

Pedro Lezama Gonzales (coautor): Redacción, desarrollo, entrenamiento de los modelos y elaboración de resultados.

Ivan Carlo Petrlík Azabache (coautor): Redacción, desarrollo y entrenamiento de los modelos.

Carlos Edmundo Navarro Depaz (coautor): Redacción, formateado y trabajo de campo.

Carlos Ernesto Chávez Herrera (coautor): Redacción, trabajo de campo y revisión.