



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Análisis del estado trófico mediante teledetección y datos “*in situ*” en la laguna de Paca,
Jauja – Junín 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Gonzales Campos, Piero Paolo (ORCID: 0000-0003-0217-4795)

Solano Soplin, Renato Paolo (ORCID: 0000-0002-8871-7545)

ASESOR:

Mg. Garzon Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

A nuestros padres por su cariño, apoyo y anhelo de que seamos profesionales y por apoyarnos en todo lo que queramos conseguir en la vida.

A nuestros hermanos por su motivación constante y comprensión por horas de trabajo que le hemos puesto a esta investigación.

A nuestro gran amigo Marco por su confianza, apoyo y tiempo dedicado en este proceso tan importante para nosotros.

Agradecimiento

En primer lugar, a nuestro dios por brindarnos esta vida y por todo lo que nos da día a día.

A nuestros padres y hermanos por su apoyo constante y por ser la inspiración que necesitamos para seguir adelante cada día.

A nuestros asesores de proyecto y desarrollo de investigación, por apoyarnos constantemente en el proceso de la investigación, por sus consejos, aportaciones y conocimientos.

A nuestra casa de estudio la universidad César Vallejo por permitirnos alcanzar unos de nuestros objetivos, el ser ingenieros ambientales.

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

Declaratoria de autenticidad

Yo, Piero Paolo Gonzales Campos con DNI N° 77225631, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, escuela de Ingeniería ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar vallejo.



Piero Paolo Gonzales Campos
DNI: 77225631

Lima, 10 de diciembre 2019

Declaratoria de autenticidad

Yo, Renato Paolo Solano Soplin con DNI N° 70466180, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, escuela de Ingeniería ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar vallejo.



Renato Paolo Solano Soplin
DNI: 70466180

Lima, 10 de diciembre 2019

Índice

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	vi
Índice	viii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	10
2.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	10
2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	10
2.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	11
2.3.1 Población	11
2.3.2 Muestra	11
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	12
2.4.1 Técnica de recolección de datos	12
2.4.2 Instrumento de recolección de datos	12
2.4.3 Validez:.....	12
2.4.4. Confiabilidad:	13
2.5 PROCEDIMIENTO.	14
2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	15
2.6.1. Método de análisis de datos en campo	15
2.6.2. Método de análisis de datos del satelitales	15
2.6.2.1. Descarga de imágenes satelitales – imágenes radar	15
2.6.2.2. Método de corrección de imágenes Radar – Sentinel 1.....	15
2.6.2.3. Estimación de los parámetros requeridos en ArcGis.....	18
2.6.2.4. Regresión de los datos en campo y satelitales:.....	19
2.7 ASPECTOS ÉTICOS	19
III. RESULTADOS	20

3.1. RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO	20
3.1.1 DATOS IN SITU DE LA LAGUNA	20
3.1.2 DATOS SATELITALES DE LA LAGUNA	21
3.1.3 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y CLOROFILA-A DE LA LAGUNA	22
3.1.4 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y TRANSPARENCIA DE LA LAGUNA	23
3.1.5 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y FOSFATO DE LA LAGUNA.....	24
3.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO MUESTREO.....	25
3.2.1 DATOS IN SITU DE LA LAGUNA	25
3.2.2 DATOS SATELITALES DE LA LAGUNA	26
3.2.3 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y CLOROFILA-A DE LA LAGUNA	27
3.2.4 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y TRANSPARENCIA DE LA LAGUNA	28
3.2.5 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y FOSFATO DE LA LAGUNA.....	29
3.3 RESULTADOS DEL TERCER MUESTREO	30
3.3.1 DATOS IN SITU DE LA LAGUNA	30
3.3.2 DATOS SATELITALES DE LA LAGUNA	31
3.3.3 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y CLOROFILA-A DE LA LAGUNA	32
3.3.4 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y TRANSPARENCIA DE LA LAGUNA	33
3.3.5 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y FOSFATO DE LA LAGUNA	34
3.4 PRUEBA ESTADÍSTICA	35
IV. DISCUSIÓN.....	36
V. CONCLUSIONES.....	38
VI. RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS.	41
ANEXOS	45
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	68
Reporte de turnitin	70
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV	71
Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	73

Índice de tablas

TABLA 1 Cuadro de rangos del Grado de eutrofización.....	15
TABLA 2 Matriz de operacionalización de variables.....	22
TABLA 3 <i>Datos del muestreo “in situ” en la Laguna de Paca</i>	34
TABLA 4 <i>Datos satelitales en la Laguna de Paca</i>	35
TABLA 5 <i>Datos del muestreo “in situ” en la Laguna de Paca</i>	39
TABLA 6 <i>Datos satelitales en la Laguna de Paca</i>	40
TABLA 7 <i>Datos satelitales en la Laguna de Paca</i>	44
TABLA 8 <i>Datos satelitales en la Laguna de Paca</i>	45
TABLA 9 <i>Tabla de p-valor de los 3 días de monitoreo</i>	49

Índice de figuras

FIGURA 1 Secuencia de procesamiento de datos para obtener la calidad de agua de la Laguna de Paca.....	26
FIGURA 2 Regresión lineal entre VV y Cl-a de la laguna de Paca.	36
FIGURA 3 Regresión lineal entre VV y la transparencia de la laguna de Paca.....	37
FIGURA 4 Regresión lineal entre VV y el fosfato de la laguna de Paca.....	38
FIGURA 5 Regresión lineal entre VV y Cl-a de la laguna de Paca.....	41
FIGURA 6 Regresión lineal entre VV y la transparencia de la laguna de Paca.....	42
FIGURA 7 Regresión lineal entre VV y el fosfato de la laguna de Paca.....	43
FIGURA 8 Regresión lineal entre VV y Cl-a de la laguna de Paca.....	46
FIGURA 9 Regresión lineal entre VV y la transparencia de la laguna de Paca.....	47
FIGURA 10 Regresión lineal entre VV y el fosfato de la laguna de Paca.....	48

Resumen

El objetivo principal de esta investigación es analizar el estado trófico mediante de teledetección y datos in situ en la laguna de Paca; para ello se evaluó el estado trófico o grado de eutrofización actual de la laguna de Paca, mediante 3 indicadores que son la clorofila A, fosfato y transparencia en días diferentes del año 2019 (24/04/2019 – 30/05/2019 y 14/11/2019). Para obtener los datos de campo se recolecto muestras de agua, ½ L para obtener fosfato y 1 L para obtener clorofila A en 7 puntos distribuidos alrededor de la laguna, mismas que fueron enviadas al laboratorio para conocer las concentraciones de cada indicador; la transparencia fue obtenida directamente en campo con el disco de Secchi en diferentes puntos de la laguna. Para la recolección de datos de teledetección se descargaron imágenes del Sentinel 1 en la página Copernicus, imágenes que inicialmente fueron calibradas en el programa SNAP ESA dando como resultado valores en decibelios de las bandas VV y VH, conocidos como valores en crudo del satélite, posteriormente se correlaciono los valores crudos del satélite con los valores de campo generando así una ecuación que permita la obtener una imagen con valores en unidades conocidas de cada indicador. Las formulas generadas permiten tener una línea base de un modelamiento del estado trófico de la Laguna de Paca, también permiten obtener datos sin la necesidad de tener que ir a campo.

Esta investigación permite concluir que el estado trófico de la laguna de Paca Jauja Junín 2019 con los indicadores Cl A y PO₄ va de eutrófico a hipertrófico, la transparencia es el único indicador que señala que la laguna de Paca se encuentra en estado Mesotrófico, teniendo en cuenta que la correlación entre las variables no fue mayor a 0.70, a diferencia de la Cl-A y el PO₄ que tienen una correlaciones mayores o iguales a 0.90.

PALABRAS CLAVES: Clorofila A, transparencia, transparencia, Sentinel 1, Imágenes Radar, regresión lineal.

Abstract

The main objective of this research is to analyze the trophic state by remote sensing and on-site data in the Paca lagoon; For this, the trophic state or degree of current eutrophication of the Paca lagoon is evaluated, using 3 indicators that are chlorophyll A, phosphate and transparency on different days of the year 2019 (04/24/2019 - 05/30/2019 and 14 / 11/2019). To obtain the field data, water samples are collected, ½ L to obtain phosphate and 1 L to obtain chlorophyll A at 7 points distributed around the lagoon, which were sent to the laboratory to know the dimensions of each indicator; the transparency was obtained directly in the field with the Secchi disk in different points of the lagoon. For the collection of remote sensing data, images of Sentinel 1 are downloaded on the Copernicus page, images that turned out to be calibrated in the SNAP ESA program resulting in decibel values of the VV and VH bands, known as satellite raw values, subsequently the raw values of the satellite were correlated with the field values thus generating an equation that allows obtaining an image with values in specific units of each indicator. The generated formulas allow to have a baseline of a modeling of the trophic state of the Paca Lagoon, we can also obtain data without the need to go to a field.

This investigation allows us to conclude that the trophic state of the Paca Jauja Junín lagoon 2019 with the Cl A and PO₄ indicators goes from eutrophic to hypertrophic, transparency is the only indicator that indicates that the Paca lagoon is in the Mesotrophic state, having Note that the correlation between the variables was not greater than 0.70, a difference of Cl-A and PO₄ that have a correlation greater than or equal to 0.90.

Keywords: Chlorophyll A, transparency, transparency, Sentinel 1, Radar images, linear regression.

I. INTRODUCCIÓN

La presente tesis se desarrolló en la laguna de paca, un gran cuerpo de agua inmóvil que se encuentra en el distrito de Jauja, provincia de Paca, departamento de Junín, que viene siendo contaminada por factores antropogénicos que están acelerando el crecimiento masivo de la vegetación, como lo son el vertimiento de residuos orgánicos directamente y los fertilizantes que son arrastrados por las lluvias de los campos de cultivo colindantes.

Existen solo notas periodísticas y pequeños artículos en los periódicos nacionales, pero no hay trabajos de investigación realizados en la laguna de Paca que se hayan orientado principalmente a estudiar el estado trófico de la laguna. Por lo que la presente tesis pretende brindar información primordial al respecto.

Para comprender el tema se toma como base a distintos autores con conocimientos similares en la materia, como Díaz y Sotomayor (2013) quienes determinaron el grado trófico de la laguna Conococha utilizando una metodología de cuadrantes, se tomaron 6 muestras las cuales cubrían toda la laguna, los indicadores que se evaluaron para cada punto fueron fósforo total, nitratos, transparencia y la clorofila A, todas las variables se analizaron individualmente mediante análisis en laboratorio siendo en promedio una laguna Mesotrófica (p. 9); de similar manera Liu, Feng y Wang Y. (2018) evaluaron las fluctuaciones del fitoplancton y la importancia relativa de 5 indicadores (que son el P, N, NH₃, temperatura del agua, velocidad del viento y clorofila- A) que actúan como indicadores de la concentración de la biomasa de fitoplancton (p. 2); además Ayeni y Adesalu (2018) evaluó las concentraciones de clorofila A en el lago Lagoon en Nigeria, en 2 fechas en el año 2010 y 2015, para lo cual uso un fluorómetro en laboratorio para obtener la clorofila A extraídos de 7 puntos alrededor de toda la laguna, dichos datos fueron utilizados para la calibración de los satélites Landsat 7 (ETM+) y Landsat 8 (OLI) (p. 10).

Por otro lado, Soriano M. (2013) Evaluó los parámetros hidroquímicos de calidad de agua y su evolución del tiempo. En cuanto a metodología se recolectó datos del lugar como el PH, temperatura, Materia en suspensión, DBO 5, DQO, PO₄ entre otros (p. 4); con similares indicadores Domínguez J. (2002) analizó la calidad de agua aprovechando el potencial espacial, espectral temporal y radiométrico de la teledetección (p. 54), de forma más conjunta Coutiño L. (2012) Aplicó una metodología de análisis multiespectral digital de imágenes,

con los indicadores ya mencionados, dentro de la presa Valle de Bravo que permita conocer cuantitativamente la calidad del agua, ya que es un cuerpo de agua destacado, por el sistema Cutzamala que abastece de agua potabilizada a una parte del distrito federal y estado de México (p.10).

El indicador principal para la determinación del estado trófico es la clorofila A, así lo afirma Estornell J. (2010) para lo cual en su estudio relaciono la clorofila A del agua en la costa de Gandía y la contenida en los valores de reflectividad de los pixeles de una imagen de satélite Quickbird (p. 5). Existen más indicadores que ayudan a determinar de forma más efectiva el estado trófico así lo demuestra Fontúrbel F. (2005) que investigo sobre el avance del grado de eutrofización del lago Titicaca por medio de la evaluación de las Macrófitas, que son los Pleustón y Limnófitas que son derivados del fitoplancton. En el caso de parámetros fisicoquímicos están el PH, turbidez, DBO5, nitrógeno total y fósforo soluble, y para parámetros microbiológicos se determinó los Coliformes fecales termotolerantes (p.1).

En tanto, Gómez F. (2015) desarrolló una metodología analítica que permitió la evaluación de la eutrofización aplicable a múltiples regiones y sub regiones marinas utilizando el satélite MODIS AQUA, dentro de su metodología se trabajó con 50 estaciones de muestreo para la zona norte del mar Alborán, lo que a su vez permitiría analizar las largas series temporales de datos oceanográficos y biológicos disponibles para la zona, de manera que se contribuya al conocimiento de los mecanismos que regulan la producción primaria en esta área (p. 10). De similar forma que el investigador Gómez, Johansen et al. (2018) evaluaron 29 datos obtenidos netamente de imágenes espectrales de satélites para derivar estimaciones de clorofila A, que a su vez son utilizados como indicadores de la situación general de densidades celulares de algas y el potencial de una floración de algas nocivas (p. 3).

Por otro lado, Binding et al. (2018) analizaron la variabilidad espacial y temporal de la proliferación de algas en el lago Winnipeg utilizando la clorofila A y otros indicadores diferentes como los índices de intensidad de flotación de algas y extensión espacial, se usó la misión de la ESA MERIS para obtener datos de los años 2002 – 2011 que provén imágenes que documentan las extensas floraciones de algas que cubren el 93% de la superficie del lago; además Zhenhong et al. (2018) desarrollaron una proyección para predecir la variabilidad de la clorofila A en varios años futuros. los estudios existentes solo se centran principalmente en el hoy en día o la predicción de un solo año de ventaja, ya que normalmente la previsión de múltiples años presenta dificultades (p. 2); además Velázquez

A. (2012) comparo las imágenes satelitales con los datos en campo, permite estimar las concentraciones de los indicadores de la calidad de agua, en todo un cuerpo de agua y no solo de los puntos recolectados de las campañas de muestreo (p. 2), y por último Faisal et. al (2019) estudiaron la diferencia de la clorofila A y B mediante espectroscopia, que, a pesar de sus similitudes en las estructuras químicas, la dinámica de relajación observada en los métodos ultrarrápidos, como la sonda de bomba y la espectroscopía multidimensional, demuestran una cinética distinta. Aquí, empleamos el método de espectroscopía electrónica bidimensional ultrarrápida (2DES) para caracterizar la función de correlación de fluctuación de frecuencia (FFCF) para Chl a y Chl b en varios entornos solventes, a través del método Center Line Slope (CLS). Observó que la descomposición del FFCF tanto para Chl a como para Chl b en el ambiente solvente de metanol tiene un componente de ~ 40 ps que está ausente en solventes apróticos, tetrahidrofurano y éter dietílico. Se observó también que Chl b exhibe valores más altos de ampliación no homogénea que Chl a (p. 1).

Las teorías principales que se debe conocer para comprender el estado trófico y las técnicas de teledetección son las siguientes:

Según López y Madroñero (2015) El Estado Trófico permite evaluar la calidad de un cuerpo de agua a través de indicadores matemáticos. Gómez F. (2015) el estado trófico se clasifica según por la productividad biológica en el agua, que son los siguientes: Ultraoligotrófico cuando hay muy bajo nivel de productividad biológica; Oligotrófico cuando hay baja productividad biológica, el agua es clara, hay poca flora y fauna y fondo arenoso; Mesotrófico cuando hay moderado nivel de productividad, claridad de agua y plantas acuáticas; Eutrófico alto nivel de productividad, claridad de aguas y pocas plantas acuáticas; Hipertrófico cuando existe altísimo nivel de productividad biológica, muy pobre claridad de agua y abundancia de plantas acuáticas. Para identificar el estado trófico se toma como base la tabla OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), en el cual señala que los indicadores principales para la identificación del estado trófico son la transparencia, la clorofila A y el fósforo.

TABLA 1. ESTADO TRÓFICO

Categoría trófica	Chl A (ug/L)	Fosforo (ug/L)	Transparencia Ds (m)
Ultraoligotrófico	>1	<4	>6
Oligotrófico	1 – 2.5	4 a 10	6 – 3
Mesotrófico	2.5 – 8	10 a 35	3 – 1.5
Eutrófico	8 - 25	35 a 100	1.5 – 0.7
Hipereutrófico	> 25	>100	>0.7

Fuente: *Organic for Economic Cooperation and Development.(OECD). 2015*

Cada indicador mostrado en la tabla del estado trófico (tabla 1), es de suma importancia para la determinación del estado trófico dentro de la Laguna de Paca.

Calvo M. (2014) define La clorofila A como el pigmento foto receptor responsable de la primera etapa en la transformación de la energía de la luz solar en energía química, y consecuentemente la molécula responsable de la existencia de vida superior en la Tierra. (p.27)

Según, Ayeni y Adesalu (2018) la clorofila-A es un indicador de la abundancia del fitoplancton, que hacen una importante contribución a la productividad primaria global de las masas de agua costeras. Clorofila-a es útil para proporcionar información para la evaluación detallada de la biomasa de algas y su variabilidad espacial y temporal. (p.11)

El fosfato es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, porque participa en los procesos metabólicos de las plantas como lo es la fotosíntesis, la transferencia de energía y la degradación de los carbohidratos. El fosfato en cantidades altas acidifica el medio ya sea agua o suelo, (Putz, P. 2015, 16. p) por lo mismo que el fosfato contiene fósforo, Podemos decir entonces que la contaminación de cuerpos de agua por fosfato se considera una consecuencia lineal de la utilización masiva de fertilizantes, muchos estudios que hablan de este tema concuerdan que el mayor causante de esto es la agricultura intensiva, que no hace más que contaminar el medio ambiente. (Lavie et al., 2010). La tabla 1 muestra como indicador al fósforo (P), pero se trabajó con el fosfato PO₄ debido a que también es un buen indicador del estado trófico y es más económico obtenerlo, Pérez M. (2011. p. 25) menciona que los límites normales para aguas son 100 ug/L por lo que si pasan el valor mencionado se considera al cuerpo de agua como eutrófico y si es muy inferior pues son valores mesotróficos u oligotróficos.

Según Martínez I. (2017) menciona que la transparencia tiene unas excelentes propiedades en cuanto a transmisión de la radiación electromagnética en el espectro visible y de adsorción

en el infrarrojo. El coeficiente de atenuación difusa es un parámetro que estima la transparencia del agua midiendo la capacidad de penetración de la radiación solar incidente en ella, profundidad que está determinada por la cantidad de materia, tanto suspendida como disuelta, presente en el agua. La medida de la transparencia de la columna de agua es importante para identificar las zonas óptimas para el desarrollo de la actividad fotosintética y por lo tanto de la vida acuática. (p. 10)

A la vez Martínez I. (2017) define El disco de Secchi como un instrumento que mide la transparencia y turbidez del agua, el disco de Secchi que es un círculo de 20 cm de diámetro, dividido en cuadrantes pintados alternadamente de negro y blanco, atado a una cuerda graduada. El disco se sumerge del lado sombreado de la embarcación hasta que deja de verse y se registra la profundidad para obtener una medida dependiente de la transparencia del agua. (p. 20)

En consideración de los indicadores señalados, se definirán los instrumentos y técnicas a utilizar para la obtención del estado trófico en la laguna de paca.

El padre de la teledetección Chuvieco E. (1990) define la teledetección como una técnica que permite la adquisición de información o la medida de ciertas propiedades de un objeto o fenómeno sin contacto físico con el objeto o fenómeno. Además, la teledetección capta una perturbación (radiación electromagnética, ondas sísmicas, magnetismo, electricidad, etc.) en el objeto o fenómeno a estudiar; la cual es registrada por medio de diferentes procedimientos para poder ser medida e interpretada. Existen 3 tipos de adquirir información a través de sensores remotos los cuales son la: Reflexión, que es la energía que reflejan los objetos provenientes de la luz solar; Emisión, es la energía emitida por los propios objetos; Reflexión – emisión, el sensor emite y luego capta la reflexión como en el caso de sensores activos. En cualquiera de estos casos lo que le llega al sensor es una forma de energía electromagnética, la cual se mide por dos parámetros frecuencia y longitud de onda. (p. 129). Estas características hacen que la teledetección sea un instrumento muy efectivo de monitoreo y de predicciones, en especial con el estudio de suelos, vegetación y cuerpos de agua.

Las imágenes satelitales son información de radiación reflejada por las cubiertas de la superficie terrestre que contienen información detallada de los elementos del terreno al instante de la toma, así mismo permiten tener una nueva perspectiva, para ver el planeta multitemporalmente, además permite obtener datos evolutivos e históricos de todos los

recursos terrestres. (p.18).

Dentro de las clases de imágenes satelitales se encuentran las imágenes Radar que son producidas por un sensor activo que emite un haz energético de microondas y registra la energía reflejada después de interactuar con un objeto o superficie. Las imágenes radar tiene mayor tamaño de longitud de onda que las partículas de la atmosfera, lo que permite que estas imágenes pueden obtener los datos sin importar la condición atmosférica (Sun et al. 2018, p. 3). Esto permite trabajar en zonas donde abundan las nubes, ya que estas son un gran problema para la gran mayoría de sensores.

Enciclopedia Sopena (2009) los sensores que producen imágenes radar tienen información diferente a las imágenes ópticas y algunas veces son más difíciles de interpretar y que se distorsionan en áreas donde hay topografía, pero que no deja de ser ventajoso ya que funciona en casi cualquier condición ya sea de día, de noche, con nubosidad y sin nubosidad.

El Sentinel 1 es un satélite artificial que trabaja con imágenes radar, tiene una órbita polar de la Agencia Espacial Europea que forma parte del programa Copérnico, el Sentinel 1 está destinado a la monitorización terrestre y de océanos. El ciclo de orbita repetida es de 12 días. Wang y Atkinson (2017) El Sentinel-1 tiene bandas radar, las C-Band, tiene resoluciones de modo de operación, estos modos son Stripmap: franja de 80 km con resolución de 5m x 5m; modo interferón ancho de barrido de 240 km con resolución de 5m x 20 m; modo de barrido extra ancho de barrido de 400 km; modo interferón ancho de barrido de 240 km resolución de 25 m x 80 m y modo onda de resolución de 20km x 20 km, 20m x 5m. Todos los modos son polarizados con VV + HH +VH + HV. Las observaciones del Sentinel 1 son a blanco y negro, lo que permite obtener datos de zonas que tengan nubes en el momento de barrido. (p. 2).

La ESA (European Space Agency – Agencia Espacial Europea) un portal de acceso al espacio del continente europeo, su labor principal es configurar el desarrollo de la capacidad espacial europea y garantizar que la inversión en actividades espaciales siga dando beneficios a los europeos, como todo aquel que requiera de las mismas. La ESA se encarga de proporcionar imágenes satelitales de todo tipo y no solo de Europa sino también de los otros continentes, entre ellos américa del sur. (ESA, 2019).

El SNAP ESA es un programa de información de sistemas geográficos ofrecido por la Agencia Espacial Europea. Es un programa gratuito por lo que es sencillo de adquirir. Se

usa específicamente para trabajar con imágenes que proporcionan los sensores Sentinel, viene incorporado las herramientas Sentinel toolboxes desde su web de descarga. Pero también puede ser utilizada para procesar las imágenes de otros sensores. (ESA, 2019).

Dentro del procesamiento de las imágenes radar en los softwares, obtenidas por el satélite Sentinel 1 para la obtención del estado trófico, es importante tener en cuenta el coeficiente de retrodispersión. Hyndman y Koehler (2006) El coeficiente de Retrodispersión es la reflexión de partículas, ondas o señales en dirección del lugar de donde provienen. Debido a la dispersión se le denomina reflexión difusa. La Retrodispersión es sumamente importante en el tema de astronomía y uso de sensores espaciales. Baron C. (2005) la retrodispersión depende de una combinación de factores, como lo son la intensidad de lluvias, el granizo y hielo.

Los radares meteorológicos de polarización dual miden la dispersión inversa (Retrodispersión) en polarizaciones horizontales y verticales para inferir información de forma a partir de la relación de las señales verticales y horizontales. Chuvieco, E (1990).

Para medir la confiabilidad de los valores obtenidos se tiene que obtener la correlación de Pearson, que es una medida de asociación lineal entre dos variables de intervalo o nivel de relación. Las correlaciones a menudo se calculan durante la etapa exploratoria de un proyecto de investigación para ver qué tipo de relaciones tienen las diferentes variables continuas entre sí y, a menudo, diagramas de dispersión se crean para examinar estas relaciones gráficamente. (Bouslaugh. 2012, p.53)

Ante expuesto en la presente investigación, se planteó como problema general lo siguiente: ¿Cómo el uso de técnicas de teledetección y datos in situ permite obtener el estado trófico en la laguna de Paca, Jauja - Junín 2019?; por otro lado, como problemas específicos se consideraron los siguientes: ¿Cuánto será la concentración de clorofila-A obtenida mediante el procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ para la generación de imágenes con información detalladas?; ¿Cuánto será la concentración de fósforo obtenida mediante el procesamiento de imágenes satélites y análisis de muestras in situ para la generación de imágenes con información detalladas?.

La justificación del presente estudio es el siguiente: La Laguna de Paca es un ecosistema frágil, que carece de información técnica y de estudios científicos acerca de su situación

actual, que es motivo de la grave contaminación que se está produciendo en la Laguna de Paca, por lo que es necesario hacer estudios sobre dicho lago para mostrar a la población la gran problemática que se está dando.

Según López D. (14 p. 1997) la Laguna de Paca posee un total de 169 especies de las cuales 134 son aves, 30 mamíferos, 2 anfibios y 3 réptiles, siendo este lugar uno de los departamentos con mayor biodiversidad del país; además de ser un gran atractivo turístico por parte de los propios peruanos y mucha gente del extranjero que no solo vienen a conocer los paisajes sino a disfrutar de las bondades alimenticias que lleva este departamento.

El uso de los sistemas de información geográfica, permiten cuantificar las zonas más contaminadas del lago debido al mal cuidado del mismo, lo cual se manifiesta con el incremento exagerado de la cobertura vegetal, lo que hace que poco a poco el lago pierda su estabilidad y muera lentamente.

Esto nos impulsó a desarrollar la presente tesis desarrollando monitoreos en el área de trabajo tanto in situ como con ayuda de la tecnología satelital.

La posible respuesta o hipótesis general de la presente investigación es la siguiente: El uso adecuado de las técnicas de teledetección conjuntamente con los datos in situ permiten conocer el estado trófico de la laguna de Paca, Jauja Junín 2019; y las hipótesis específicas son: El procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ determinan que la concentración de clorofila-A, que dentro del cuadro trófico tiene valores elevados, mostrando que el lago es Mesotrófico llegando casi a Eutrófico; El procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ determinan que la concentración de fosfato, que dentro del cuadro trófico tiene valores elevados, mostrando que el lago es Mesotrófico llegando casi a Eutrófico; El procesamiento de imágenes satelitales y el uso del disco de Secchi determinan el nivel de transparencia de la laguna de Paca, que dentro del cuadro trófico tiene valores elevados, mostrando que el lago es Mesotrófico llegando casi a Eutrófico.

Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo principal lo siguiente: Analizar el estado trófico mediante técnicas de teledetección y datos in situ en la laguna de Paca, Jauja - Junín 2019; y los objetivos específicos son los siguientes: Determinar la concentración de clorofila-A mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ para la generación de imágenes con información detallada; Determinar la concentración de

fosfato mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ para la generación de imágenes con información detallada; Obtener el nivel de transparencia de la laguna de paca por medio del disco de Secchi y procesamiento de imágenes satelitales para la generación de imágenes con información detallada.

II. MÉTODO

2.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Nuestro trabajo es de tipo Explicativo correlacional, el diseño de investigación es no experimental dado a que no se manipulan las variables a nuestra conveniencia, además de ser de corte transversal debido a que se toman las muestras en días puntuales, basándose solamente en la observación y análisis en un periodo determinado de tiempo, el tipo de muestreo es aleatorio simple por lo que tomaremos 7 puntos de muestreo por conveniencia y basándonos también en diseños similares de otros autores.

(Hernández R, Fernández C. y Baptista P. p. 40. 2015)

2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 2. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLES E INDICADORES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDADES DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE : Teledetección	La teledetección es la medición de la energía que se emana desde la superficie de la Tierra (Richards y Jia, 2006). Las imágenes resultantes por este método se adquieren al estudiar experimentalmente la influencia de ciertos parámetros superficiales como el tipo de cubierta vegetal, la reflectancia sobre un cuerpo, entre otros. (Reca, et. al, 1999, p. 63)	La teledetección se emplea con el fin de obtener información acerca del estado trófico por medio de la clorofila-a, los fosfatos y la transparencia. Para que esta determinación sea posible, es necesario realizar el cálculo de la Retrodispersión en el cuerpo estudiado	Radar C Band	Retrodispersión	Adimensional
VARIABLE INDEPENDIENTE: Estado Trófico	Estado trófico se refiere al aumento o disminución de crecimiento de algas y plantas. Este suceso se debe al incremento o disminución de la disponibilidad de 2 o más factores necesarios para que se produzca la fotosíntesis (luz solar CO ₂ y nutrientes fertilizantes) (Chislock, Doster, Zitomer, & Wilson, 2013).	Para determinar el estado trófico de la laguna de Paca hemos tomado 3 indicadores, los cuales son la Clorofila-A, el fosfato y la Transparencia.	Parámetros fisicoquímicos	Clorofila-a Fosfato Transparencia Secchi	ug/L ug/L m

Fuente: Propia

2.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

2.3.1 Población

La población del presente trabajo de investigación se representa por toda la Laguna de Paca, que tiene una superficie de 21.4 km^2 con una capacidad de 85.50 mil m^3 . López D. (14 p. 1997)

2.3.2 Muestra

La muestra del presente trabajo es de 7 puntos equivalentes a 7 litros en el caso de clorofila A y en el caso de fosfato es 3.5 litros por cada salida a campo, se tomó en cuando el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, que indica que para muestras de lagos se tiene que tomar un mínimo de 5 puntos y un máximo de 12, donde se debe buscar abarcar todo el lago, por lo mismo las muestras son aleatorias simples.

2.3.3. Muestreo

Para la obtención de las 7 muestras en campo se realizó el muestreo teniendo como base El Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N°010-2016 ANA).

Clorofila A:

- La balsa o bote debe permanecer quieto por al menos 5 min (una vez llegado al punto de muestreo) hasta que la superficie del agua se normalice,
- Estabilizada la superficie se prosigue a introducir unos 5 cm el pico de la botella (de preferencia botella de polietileno blanco de 1L) bajo la superficie del agua hasta llenarla completamente.
- La botella llena es cerrada con una contra tapa y una tapa.
- La botella debe ser conservada en un cooler contenido con hielo seco, a una temperatura de 9° C .

Fosfato:

- El muestreo para fosfato es similar que la clorofila-A a diferencia que la cantidad de agua a recolectar es de 0.5 L

Transparencia:

- Se utiliza el disco de Secchi que es instrumento que se sumerge bajo la superficie del

agua hasta que el mismo deje de ser visible parcialmente, en ese momento se deja de sumergir y se toma la distancia de la base del disco de Secchi y la superficie del agua.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1 Técnica de recolección de datos

Para datos en campo, el muestreo realizado en la Laguna de Paca se hizo de acuerdo con El Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N°010-2016 ANA) ahí se especifica los pasos que se debe seguir dependiendo la actividad generadora de contaminación (en nuestro caso aguas contaminadas por fertilizantes agrícolas y desechos orgánicos).

Para datos del satélite, se descargarán las imágenes satelitales del Sentinel 1 que son de tipo Radar, del portal online ESA del sector que cubre la laguna de Paca.

2.4.2 Instrumento de recolección de datos

Para datos de campo, se elaboró una ficha de observación para el registro y recojo de la información en campos, específicamente para las coordenadas de los puntos y los datos de la transparencia que son medidos en metros por el disco de Secchi en campo (Ver anexo # 2) y para la clorofila A y el fosfato se recolectó muestras de agua en botella de polietileno que fueron llevados a los laboratorios de la universidad Nacional Agraria la Molina, específicamente la clorofila A al laboratorio de fisiología vegetal y el fosfato al laboratorio de fertilidad de suelos.

Para datos en satelitales, se usó el programa SNAP ESA que sirve para poder procesar las imágenes, específicamente las imágenes Radar que son las que otorga el Sentinel 1, y así obtener los valores de los indicadores y también se utilizó el ArcGis para poder insertar los datos y darles un formato a los mapas temáticos.

2.4.3 Validez:

Una investigación siempre busca la certeza de resultados. La validez es la posibilidad de generalizar los resultados de un experimento a situaciones no experimentales según (Hernández, Fernández, y Baptista, 2015, p. 144).

Pero en este trabajo la validación se dará con el tema de procesamiento de imágenes ya que Según Delegido, J. *et. al.* (2016) las imágenes satelitales son instrumentos valiosos para determinar distintos parámetros en cuerpos de aguas (p. 4).,

Para validar los datos del campo se trabajó con los laboratorios calibrados por INACAL de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Dentro de los laboratorios se usó el método de fotometría que es método sencillo para obtener la clorofila-A y para los fosfatos el método de colorimetría que como bien se menciona son análisis que se realizan en un laboratorio por expertos.

Para obtener la transparencia en campo el uso del disco de Secchi es muy efectivo y sencillo de usar, así lo afirma Martínez I. (2007).

Martínez, I. (2017) menciona que las técnicas de observación remota mediante satélites en especial el Sentinel 1 sirve para estimar la calidad del agua de embalses y lagos, ya que este cuenta con buena resolución y frecuencia de observación. (p.10)

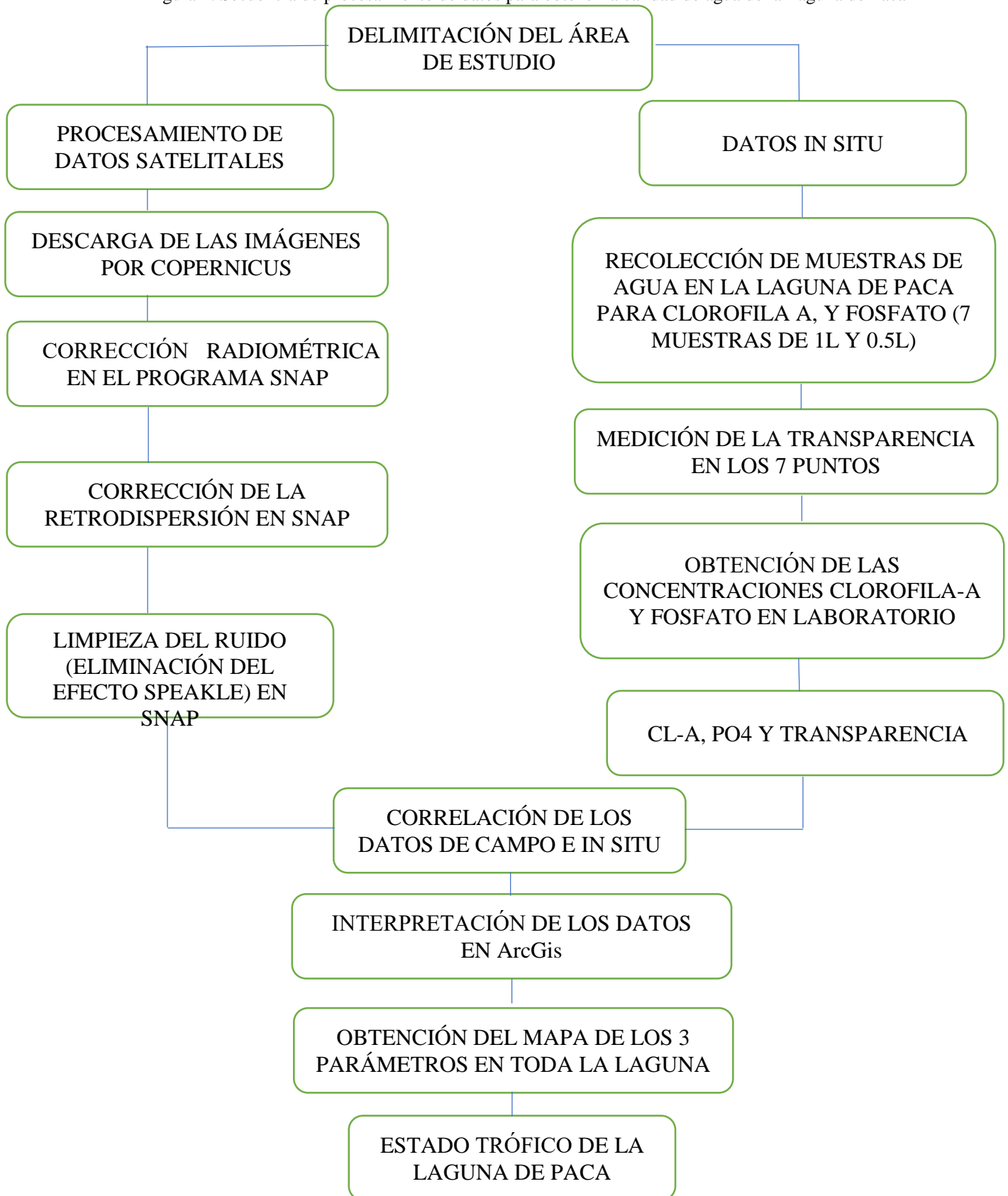
Para conocer si nuestros datos tienen significancia se halló a través del programa estadísticos Excel el R cuadrado que nos dice que mientras este valor este más cercano al 1 (varía de 0-1), entonces la regresión tiene mayor significancia con respecto a los datos de campo y del satélite. También hallamos el p-valor para poder rechazar nuestra hipótesis nula además de darle mayor significancia a nuestros datos que hemos recolectado considerando que nuestra p-valor tiene que salir lo más alejado al valor de significancia que este caso fue $\alpha=0.05$

2.4.4. Confiabilidad:

La confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes. Es decir, en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales. (Hernández, Fernández, y Baptista, 2015, p. 304). Para lo cual se procesarán las imágenes satelitales juntamente con los datos in situ en un programa o sistema de información geográfica (SIG), en este caso el programa SNAP ESA y ArcGis que son validados por diversos profesionales que realizan trabajos con el procesamiento de imágenes satelitales.

2.5 PROCEDIMIENTO.

Figura 1. Secuencia de procesamiento de datos para obtener la calidad de agua de la Laguna de Paca



Fuente: Propia

2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

2.6.1. Método de análisis de datos en campo

Las muestras que fueron debidamente recolectadas según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, fueron llevadas para su análisis en la universal Agraria la molina, que cuenta con el laboratorio de fisiología vegetal, por medio del método de espectrofotometría, utilizando el espectrofotómetro, se obtuvo los valores de la clorofila A. Y para obtener el fosfato parte de las muestras fueron llevadas al laboratorio de fertilidad de suelos agrícolas, donde utilizaron el método de colorimetría para obtener los valores del indicador ya mencionado.

2.6.2. Método de análisis de datos del satelitales

El primer paso para realizar el análisis de datos del satélite es la determinación de la imagen satelital a usar, hallando la ubicación o el área de interés (en este caso la Laguna de Paca), luego de ello se ingresa a la plataforma virtual de base de datos de imágenes de los sensores para la descarga del mismo, en este caso se usó la plataforma virtual Copernicus, del cual se seleccionó las imágenes de Sentinel 1.

Una vez obtenida la imagen del Sentinel 1 se procedió a realizar las correcciones que se mostraran a continuación:

2.6.2.1. Descarga de imágenes satelitales – imágenes radar

El primer paso para la determinación de la imagen satelital a usar se determina la ubicación o el área de interés (en este caso la Laguna de Paca), luego de ello se ingresa a la plataforma virtual de base de datos de imágenes de los sensores para la descarga del mismo, en este caso se usará el programa SNAP ESA. Del cual se seleccionará las imágenes de Sentinel 1.

2.6.2.2. Método de corrección de imágenes Radar – Sentinel 1

2.6.2.2.1. Corrección Radiométrica

El proceso de calibración radiométrica es definido como la evaluación de datos de calibración internos y externos, y la realización de los factores de corrección o calibración. Estos factores son utilizados para cambiar de forma correcta los datos de la imagen, colocando así una base común para relacionar los datos numéricos de píxeles al coeficiente de retrodispersión del objeto [Curlander & McDonough, 1991]. En general, se puede definir un procedimiento de calibración radiométrica mediante los siguientes pasos:

- Evaluación de datos de calibración interna.
- Evaluación de datos de calibración externa.
- Generación de factores de corrección.
- Corrección radiométrica de los datos de la imagen.

El factor de corrección es dependiente de:

- El patrón de elevación de antena.
- El slant range.
- El tamaño de la celda de resolución.
- La ganancia y pérdida del sistema.

Las correcciones se harán gracias al programa SNAP ESA que nos ayudará a hacer las siguientes correcciones: **RADIOMÉTRICA**, que es un proceso que se da para transformar los números digitales en radiancia que nos brindará información esencial a los sensores. **ATMOSFÉRICA**, La corrección atmosférica es un conjunto de pasos que se realizan a las imágenes satelitales, con el objetivo de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia emitida que se origina por la interacción del sensor con la atmósfera.

2.6.2.2.2. Corrección Geométrica

Este procesamiento se consigue a través de una conversión polinomial de segundo grado obtenido por un conjunto de pares de control de ambas imágenes

-Localización de puntos de control

Este procedimiento se tiene que trocear toda la imagen en cuadros en dónde reluzcan los puntos de control que son la esencia para que el sistema sea exitoso ya que estos son los que establecen las relaciones geométricas entre las imágenes.

-Transformación de coordenadas

Los pares conseguidos del punto de control se utilizan para calcular las numeraciones del sistema polinomial por el cual se realizan conversiones de coordenadas a la nueva imagen.

Las expresiones utilizadas son:

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy$$

$$y' = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy$$

donde (x',y') y (x,y) son los puntos georreferenciados de los píxeles de la imagen convertida y no convertida respectivamente. Los 8 coeficientes de estas ecuaciones son realizados mediante un ajuste a los mínimos cuadrados en el cual se van descartando aquellos pares que aporten con más error a la merma del ajuste.

-Transformación de niveles de grises

En esta parte se calcula el nivel de gris de los píxeles en la imagen convertida, en donde se emplea una convolución cúbica que se genera al promediar el valor de 16 cercados vecinos. Este paso de remuestreo genera un mejor cálculo del nivel de gris de las imágenes satelitales en caso de Sentinel 1.

2.6.2.2.3. Coeficiente de Retrodispersión

El coeficiente de retrodispersión (sigma nought: σ°) representa el efecto de la superficie terrestre sobre la señal de radar, es decir el porcentaje de la energía electromagnética que es reflejada de vuelta hacia el radar desde una ‘celda o unidad de resolución’. El mismo se calcula como

$$(1) \quad \sigma^\circ = \frac{\sigma}{Area}$$

El valor de σ° para una superficie en particular depende de varios parámetros del terreno (como la geometría, la rugosidad, el contenido de humedad) y parámetros del radar (longitud de onda, ángulo de incidencia, polarización). El coeficiente de retrodispersión es proporcional a la intensidad (I) incidente.

Los valores de retrodispersión de las imágenes de radar pueden ser expresados de diferentes formas, tal como se muestra la potencia (P), es el flujo promedio por unidad de tiempo que recibe la antena y es la representación de σ° en potencia del coeficiente de retrodispersión. A su vez, la potencia (P) es proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda (A) y por lo tanto la raíz cuadrada del σ° en potencia es el σ° en amplitud:

$$P \propto I \propto A^2$$

Finalmente, σ° puede ser también tomada en forma logarítmica, por ejemplo, en decibeles (σ° dB). Esta última representación es útil debido a que la intensidad de la respuesta del radar tiene un rango dinámico que puede alcanzar varios órdenes de magnitud en potencias de diez.

Es un proceso que se da para transformar los números digitales en retrodispersión de los cuáles se podrá ver una imagen con mejor precisión y también en el formato RGB, en dónde

se podrá diferenciar la laguna con las zonas de vegetación, montañas y demás. Luego de hacer esta corrección se podrá hallar los datos VV y VH que nos servirá para poder hacer los respectivos cálculos en ArcGis para analizar los parámetros antes mencionados.

2.6.2.2.4. Corrección del Ruido (EFECTO SPECKLE)

Son aplicados 2 filtros. Estos son combinados o aplicados independientemente de otro: el primero es un filtro operado solamente en el dominio del espacio; el segundo opera en adición dentro de una dimensión temporal. Este último es especialmente recomendado en el caso de los datos de Sentinel-1 porque la cantidad de datos adquiridos en distintas fechas hace asequible posible reducir el speckle particularmente eficiente.

El filtro Lee es este caso fue de 3*3 el cuál es un filtro adaptivo que nos ayuda a minimizar el punto (solamente sobre la dimensión espacial) sobre las áreas homogéneas, en tanto se preservan los detalles (las áreas heterogéneas) sobre las cuales el tamaño disminuye.

El speckle es un ‘ruido’ granular que existe inherentemente y degrada la calidad de las imágenes de SAR, siendo así los pasos a seguir:

- Se pone una ventana encima de cada pixel en la imagen
- Se realizan cálculos matemáticos a las cifras de pixel dentro de la ventana
- El pixel del medio se cambia por el nuevo valor
- La ventana se cambia a lo largo de las dimensiones X e Y un pixel a la vez
- Se minimiza la apariencia visual del speckle y sugiere un efecto alisador

2.6.2.3. Estimación de los parámetros requeridos en ArcGis

En esta parte se utilizarán las ecuaciones de “Y” obtenidas por medio de la regresión lineal de los datos HH o HV conjuntamente con los datos de campo. Esta ecuación se le aplicará a la imagen que fue corregida y puesta en el ArcGis para luego jugar con los valores máximos y mínimos de las imágenes hasta conseguir que los colores mostrados reflejan la variación de las diversas concentraciones de toda la Laguna de Paca con respecto a los datos que se requieran. En este caso trabajaremos con ArcMap que se encuentra dentro del ArcGis siendo utilizadas las herramientas Sampler Point para introducir los datos de la laguna georreferenciadas y la herramienta Band Math para aplicar las regresiones de los datos de campo y VV o VH en caso corresponda. Una vez utilizadas estas herramientas podremos obtener las imágenes temáticas de cada parámetro.

2.6.2.4. Regresión de los datos en campo y satelitales:

Luego de que se hallaron los valores de la clorofila-a, fosfato y transparencias con los datos in situ debidamente georreferenciados se pasará a introducirlas al programa EXCEL en donde se hará una regresión lineal de los datos VH o HV con los datos “*in situ*”, por medio del método de la Desviación de la raíz media cuadrática antes descrita obteniendo los datos “Y” y “R” que nos servirá para hallar los datos requeridos en el programa ArcGis. A continuación, regresiones lineales de otros autores con respecto a la Cl-a

$$B1 = 0.04 \log (Clo - a) + 5.76$$

$$B1 = 0.09 \text{ Log } (Clo - a) + 5.76 \text{ (aguirre gomez, 2013)}$$

2.7 ASPECTOS ÉTICOS

Esta investigación es declarada autónoma dado a que se elaboró teniendo como base los resultados obtenidos del área de estudio procesado con software los cuáles fuimos capacitados gracias a nuestra malla curricular. Así mismo, se ha extraído información que complementa y explica el tema trabajado tomando en cuenta las fuentes bibliográficas citados según el sistema establecido para esta rama de investigación, dando conformidad así al artículo 15 del Código de Ética de la Investigación de la UCV, aprobado con la resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV del 23 de mayo de 2017. Sintetizando, se abala que el trabajo fue realizado con total rigor científico, responsabilidad y honestidad cumpliendo así con los objetivos mostrados en el artículo 1 del Código de Ética de la Investigación de la UCV. Finalizando, este trabajo se compromete a demostrar la veracidad de todos los resultados obtenidos a disposición de toda la sociedad involucrada directa e indirectamente con la zona escogida, dando paso al Artículo 14 del código mencionado.

III. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO

3.1.1 DATOS IN SITU DE LA LAGUNA

Tabla 3. Datos del muestreo "in situ" en la Laguna de Paca

PUNTOS	Cl-A ($\mu\text{g/L}$)	TRANSPARENCIA (m)	PO4 ($\mu\text{g/L}$)
1	12.60	2.51	126
2	9.19	2.58	102
3	12.53	2.18	185
4	12.98	2.31	149
5	10.59	2.29	179
6	10.13	2.43	120
7	12.13	2.24	190

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 3 de los datos obtenidos de la laguna de Paca fueron debidamente monitoreadas gracias al Manual de Monitoreo de Aguas del ANA.

Podemos observar que los de datos de Cl-a varían entre 9.19 $\mu\text{g/L}$ y 12.98 $\mu\text{g/L}$ los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 11.45 $\mu\text{g/L}$ el cual está dentro del rango ya mencionado.

Podemos decir también que los datos de la Transparencia varían entre 2 a 3 metros los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 2.36 m el cual está dentro del rango ya mencionado

Así podemos decir también que los datos de Fosfato varían entre 102 $\mu\text{g/L}$ y 190 $\mu\text{g/L}$ de los cuales fueron tomados en cuenta al momento de elaborar la estimación del compuesto en el programa de ArcGis. La media de estos datos oscila en 150.14 $\mu\text{g/L}$ el cual está por encima de lo normal en una laguna.

3.1.2 DATOS SATELITALES DE LA LAGUNA

Tabla 4. Datos satelitales en la Laguna de Paca

PUNTOS	VV	VH	CL-A (mg/m3)	TRANSPARENCIA (m)	PO4 ($\mu\text{g/L}$)
1	-21.54	-25.62	11.773	2.336	136.89
2	-18.27	-29.47	8.777	2.594	98.98
3	-22.20	-24.24	12.380	2.283	150.54
4	-22.45	-22.25	12.607	2.264	170.08
5	-21.19	-23.18	11.448	2.364	160.99
6	-20.52	-24.41	10.835	2.417	148.79
7	-22.14	-20.77	12.325	2.288	184.72

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 4 de los datos obtenidos de la laguna de Paca por medio del satélite SENTINEL 1; fueron pasadas de los datos de retrodispersión (VV/VH) a $\mu\text{g/L}$ por medio de la regresión que ocasionó la unión de los datos de campo con los del satélite.

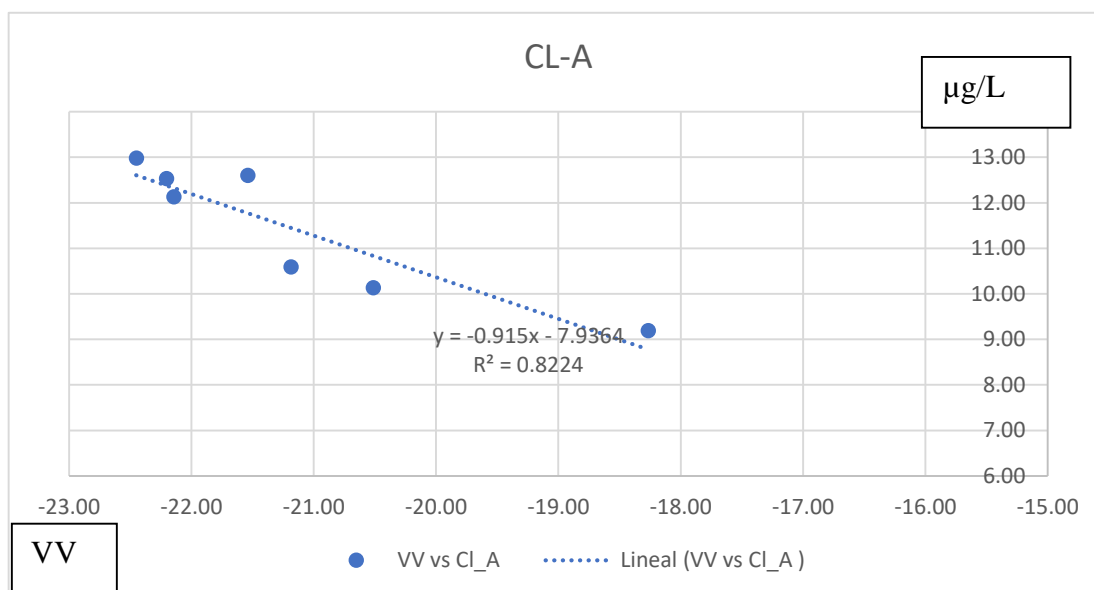
Podemos observar que los de datos de Cl-a varían entre 8.77 $\mu\text{g/L}$ y 12.60 $\mu\text{g/L}$ los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 11.45 $\mu\text{g/L}$ el cual está dentro del rango ya mencionado.

Podemos decir también que los datos de la Transparencia varían entre 2 a 3 metros los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Mesotrófico ya que la media de estos datos oscila en 2.53 m el cual está dentro del rango ya mencionado

Así podemos decir también que los datos de Fosfato varían entre 98.98 $\mu\text{g/L}$ y 184.72 $\mu\text{g/L}$ de los cuales fueron tomados en cuenta al momento de elaborar la estimación del compuesto en el programa de ArcGis. La media de estos datos oscila en 150.14 $\mu\text{g/L}$ el cual está por encima de lo normal en una laguna.

3.1.3 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y CLOROFILA-A DE LA LAGUNA

Figura 2. Regresión lineal entre VV y Cl-a de la laguna de Paca.



Fuente. Elaboración propia

En la figura 2 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 6 y 14 µg/L.

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = -0.915x - 7.9364$

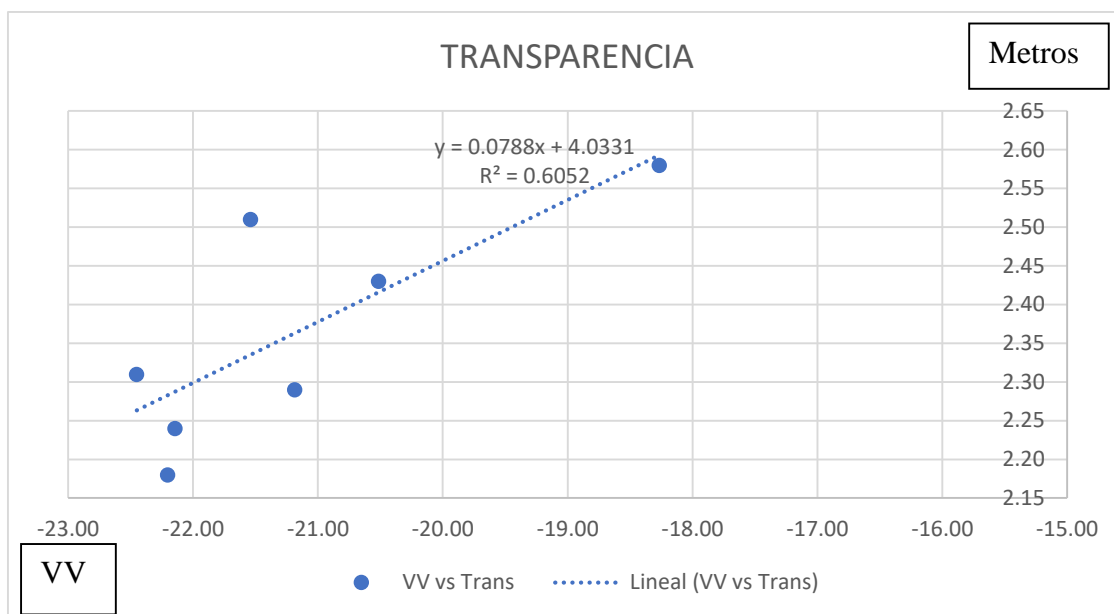
(2) $R^2 = 0.8224$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudarán a conocer la Cl-a de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca.

En el Anexo 12 podemos ver el mapa temático de la clorofila a de la primera salida en donde podemos decir que los bordes presentar mayor tonalidad de verde en este caso representa un nivel aproximado de 12.6 y 20.4 µg/L; además la parte que no encuentra con menos tonalidad de verde es en la zona del medio lo que nos indica que es la zona menos eutrofizada de toda la laguna.

3.1.4 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y TRANSPARENCIA DE LA LAGUNA

Figura 3. Regresión lineal entre VV y la transparencia de la laguna de Paca.



Fuente. Elaboración propia

La figura 3 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 2.15 y 65 m.

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = 0.0788x + 4.0331$

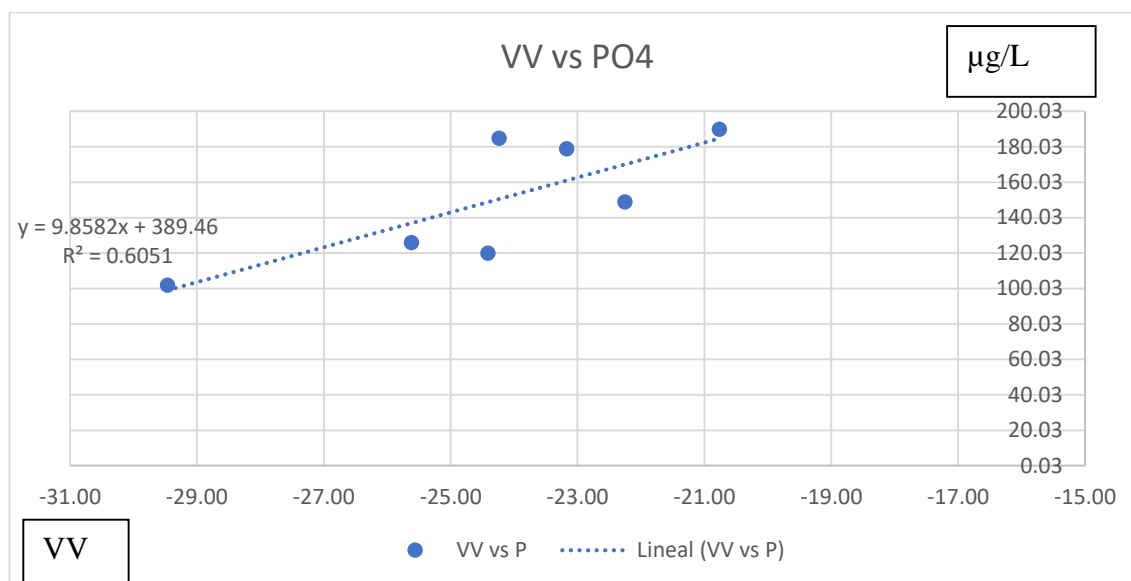
(2) $R^2 = 0.6052$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudarán a conocer la transparencia de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca.

En el Anexo 13 podemos ver el mapa temático de la transparencia de la primera salida en donde podemos decir que los bordes presentar mayor tonalidad de azul en este caso representa un nivel aproximado de 2.38-2.74 metros; además podemos observar que la coloración varía en distintos tonos de azul en la zona medio de la laguna.

3.1.5 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y FOSFATO DE LA LAGUNA

Figura 4. Regresión lineal entre VV y el fosfato de la laguna de Paca.



Fuente. Elaboración propia

La figura 4 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 100 y 200 µg/L

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = 9.8582x + 389.46$

(2) $R^2 = 0.6051$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudarán a conocer el fosfato de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca

En el Anexo 14 podemos ver el mapa temático de fosfato de la primera salida en donde podemos decir que casi toda la laguna presentar gran tonalidad rojiza claro, que en este caso representa un nivel aproximado de 83-164 µg/L

3.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO MUESTREO

3.2.1 DATOS IN SITU DE LA LAGUNA

Tabla 5. Datos del muestreo "in situ" en la Laguna de Paca

PUNTOS	CL-A ($\mu\text{g/L}$)	TRANSPARENCIA (m)	P ($\mu\text{g/L}$)
1	25.91	2.21	202
2	22.24	2.32	126
3	25.57	2.24	232
4	26.16	2.11	237
5	24.22	2.27	193
6	23.99	2.31	132
7	25.19	2.22	182

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 5 de los datos obtenidos de la laguna de Paca fueron debidamente monitoreadas gracias al Manual de Monitoreo de Aguas del ANA.

Podemos observar que los de datos de Cl-a varían entre 23.99 $\mu\text{g/L}$ y 26.16 $\mu\text{g/L}$ los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 24.754 $\mu\text{g/L}$ el cual está dentro del rango ya mencionado.

Podemos decir también que los datos de la Transparencia varían entre 2.11 a 2.32 metros los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 2.24 m el cual está dentro del rango ya mencionado

Así podemos decir también que los datos de Fosfato varían entre 126 $\mu\text{g/L}$ y 237 $\mu\text{g/L}$ de los cuales fueron tomados en cuenta al momento de elaborar la estimación del compuesto en el programa de ArcGis. La media de estos datos oscila en 186.2 $\mu\text{g/L}$ el cual está por encima de lo normal en una laguna.

3.2.2 DATOS SATELITALES DE LA LAGUNA

Tabla 6. Datos satelitales en la Laguna de Paca Fuente.

PUNTOS	VV	VH	CL-A (mg/m3)	TRANSPARENCIA (m)	P (µg/L)
1	-20.514	-24.265	25.40	2.27	205.32
2	-23.025	-22.517	22.74	2.40	127.28
3	-20.298	-20.572	25.63	2.26	212.02
4	-19.486	-25.131	26.49	2.21	237.25
5	-21.933	-25.878	23.90	2.34	161.24
6	-22.113	-23.103	23.71	2.35	155.65
7	-20.515	-23.099	25.40	2.27	205.29

Elaboración propia

En la tabla 6 de los datos obtenidos de la laguna de Paca por medio del satélite SENTINEL 1; fueron pasadas de los datos de retrodispersión (VV/VH) a mg/m³ por medio de la regresión que ocasionó la unión de los datos de campo con los del satélite.

Podemos observar que los de datos de Cl-a varían entre 22.74 µg/L y 26.49 µg/L los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 24.754 µg/L el cual está dentro del rango ya mencionado.

Podemos decir también que los datos de la Transparencia varían entre 2.21 a 2.40 metros los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Mesotrófico ya que la media de estos datos oscila en 2.301 m el cual está dentro del rango ya mencionado

Así podemos decir también que los datos de Fosfato varían entre 126 µg/L y 237 µg/L de los cuales fueron tomados en cuenta al momento de elaborar la estimación del compuesto en el programa de ArcGis. La media de estos datos oscila en 186.2 µg/L el cual está por encima de lo normal en una laguna.

3.2.3 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y CLOROFILA-A DE LA LAGUNA

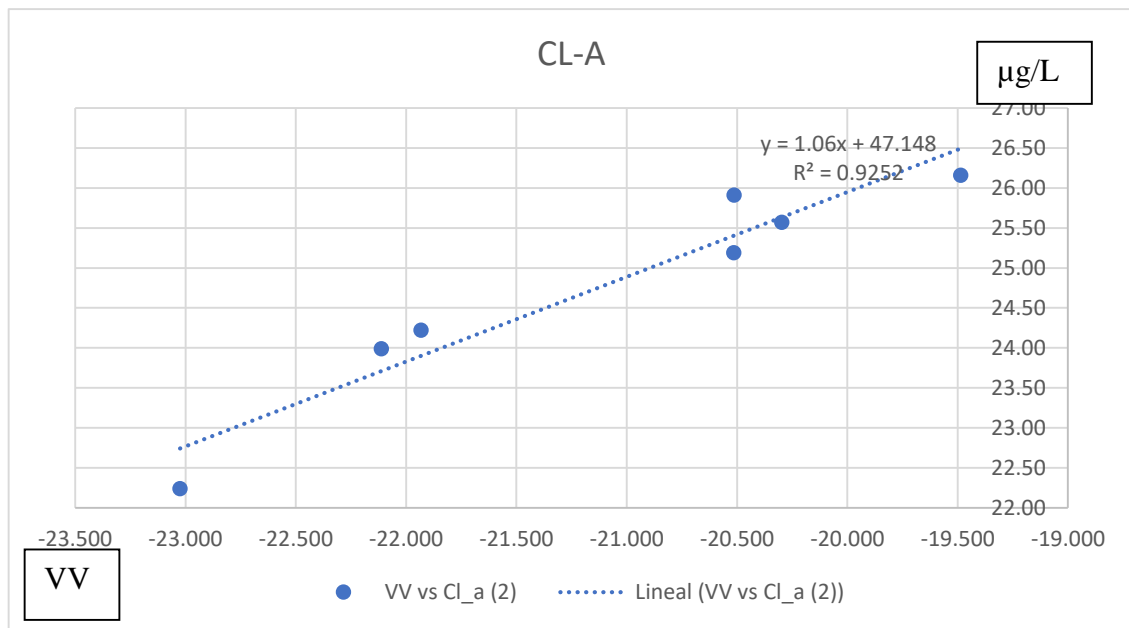


Figura 5. Regresión lineal entre VV y Cl-a de la laguna de Paca. Fuente. Elaboración propia

En la figura 5 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 22 y 27 µg/L.

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = 1.06x + 47.148$

(1) $R^2 = 0.9252$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudarán a conocer la Cl-a de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca.

En el Anexo 15 podemos ver el mapa temático Cl-a de la segunda salida en donde podemos decir que gran parte de la laguna se encuentra en una tonalidad marrón oscura que en este caso representa un nivel aproximado de 14-23 µg/L. Se presenta mayor coloración en la parte superior derecha de la laguna y la zona izquierda inferior.

3.2.4 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y TRANSPARENCIA DE LA LAGUNA

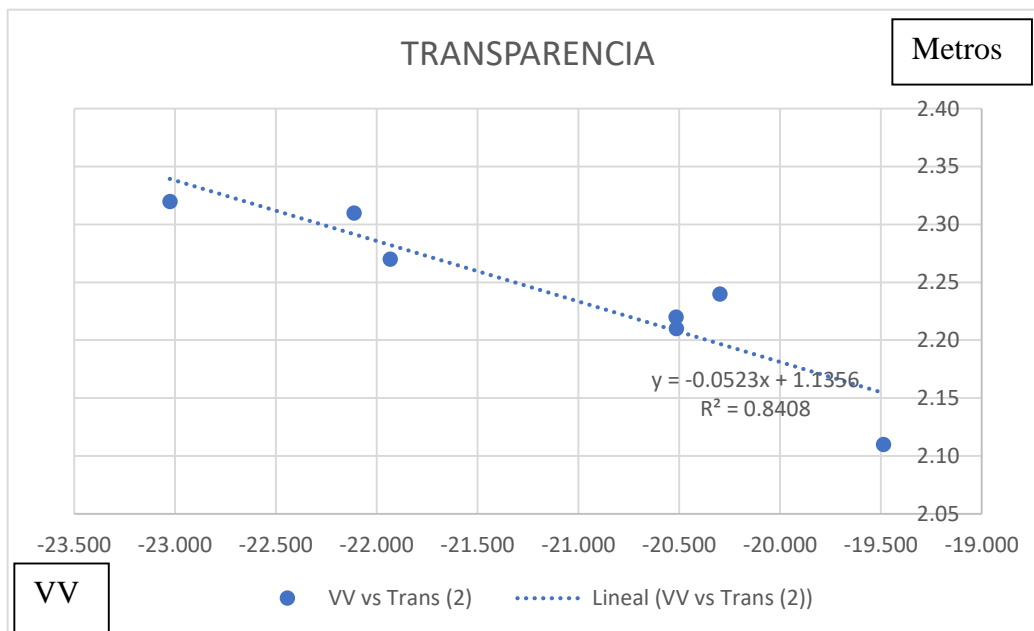


Figura 6. Regresión lineal entre VV y la transparencia de la laguna de Paca. Fuente. Elaboración propia

La figura 6 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 2.05 y 2.40 m.

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = -0.0523x + 1.1356$

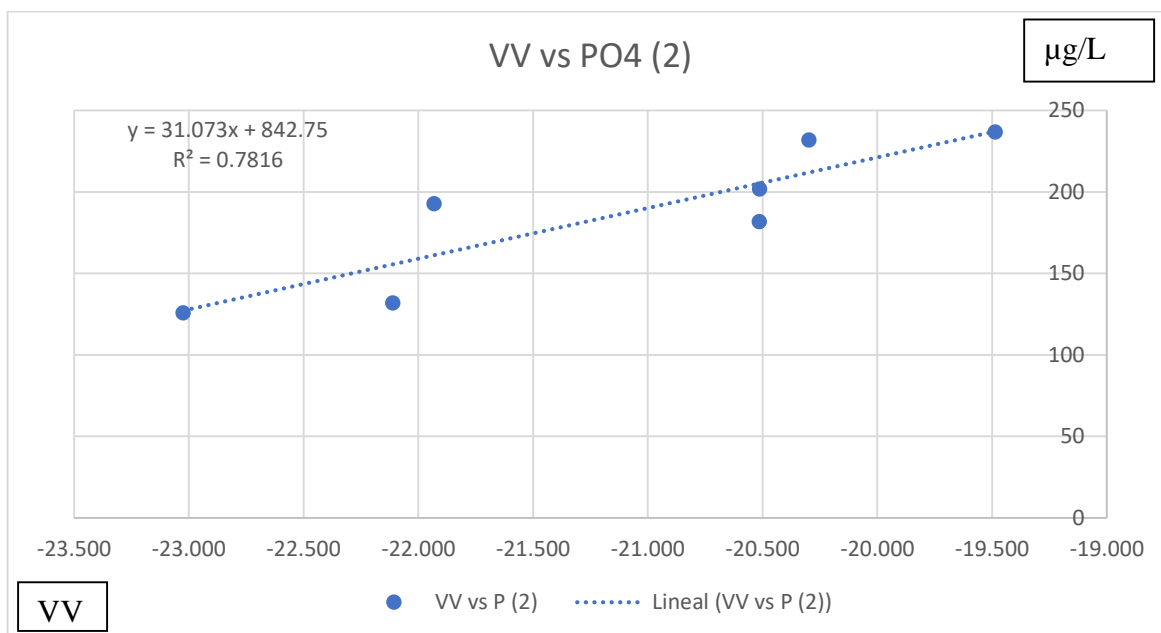
(2) $R^2 = 0.8408$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudarán a conocer la transparencia de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca.

En el Anexo 16 podemos ver el mapa temático transparencia de la segunda salida en donde podemos decir que gran parte de la laguna se encuentra en una tonalidad azul oscura que en este caso representa un nivel aproximado de 2.2-2.7 metros. Se presenta mayor coloración en la parte superior derecha de la laguna y la zona izquierda inferior.

3.2.5 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y FOSFATO DE LA LAGUNA

Figura 7. Regresión lineal entre VV y el fosfato de la laguna de Paca.



Fuente. Elaboración propia

La figura 7 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 40 y 80 µg/L

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = 31.073x + 842.75$

(2) $R^2 = 0.7816$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudará a conocer el fosfato de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca

En el Anexo 17 podemos ver el mapa temático de fosfato de la segunda salida en donde podemos decir que casi toda la laguna presenta una tonalidad marrón claro que en este caso representa un nivel aproximado de 126-155 µg/L esto debido a los resultados totalmente distinto a los de la primera imagen. Se presenta mayor coloración en la parte superior derecha de la laguna y la zona izquierda inferior.

3.3 RESULTADOS DEL TERCER MUESTREO

3.3.1 DATOS IN SITU DE LA LAGUNA

Tabla 7. Datos satelitales en la Laguna de Paca

PUNTOS	CL-A ($\mu\text{g/L}$)	TRANSPARENCIA (m)	PO4 ($\mu\text{g/L}$)
1	26.10	2.460	138
2	25.00	2.220	164
3	26.90	2.510	99
4	24.51	2.160	193
5	23.12	2.050	223
6	26.01	2.390	91
7	25.31	2.330	111

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 7 de los datos obtenidos de la laguna de Paca fueron debidamente monitoreadas gracias al Manual de Monitoreo de Aguas del ANA.

Podemos observar que los de datos de Cl-a varían entre 23.12 $\mu\text{g/L}$ y 26.9 $\mu\text{g/L}$ los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 25.279 $\mu\text{g/L}$ el cual está dentro del rango ya mencionado.

Podemos decir también que los datos de la Transparencia varían entre 2.05 a 2.51 metros los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 2.303 m el cual está dentro del rango ya mencionado

Así podemos decir también que los datos de Fosfato varían entre 91 $\mu\text{g/L}$ y 223 $\mu\text{g/L}$ de los cuales fueron tomados en cuenta al momento de elaborar la estimación del compuesto en el programa de ArcGis. La media de estos datos oscila en 145.5 $\mu\text{g/L}$ el cual está por encima de lo normal en una laguna.

3.3.2 DATOS SATELITALES DE LA LAGUNA

Tabla 8. Datos satelitales en la Laguna de Paca

PUNTOS	VV	VH	CL-A ($\mu\text{g/L}$)	TRANSPARENCIA (m)	PO4 ($\mu\text{g/L}$)
1	-21.6231	-22.0039	25.597	2.345	132.026
2	-21.8390	-21.8465	25.495	2.331	136.406
3	-19.9006	-22.2141	26.415	2.454	97.084
4	-25.3962	-22.9538	23.806	2.106	208.567
5	-25.7240	-25.1563	23.650	2.085	215.217
6	-20.3198	-23.4256	26.216	2.427	105.587
7	-21.2362	-25.3120	25.781	2.369	124.178

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 8 de los datos obtenidos de la laguna de Paca por medio del satélite SENTINEL 1; fueron pasadas de los datos de retrodispersión (VV/VH) a $\mu\text{g/L}$ por medio de la regresión que ocasiono la unión de los datos de campo con los del satélite.

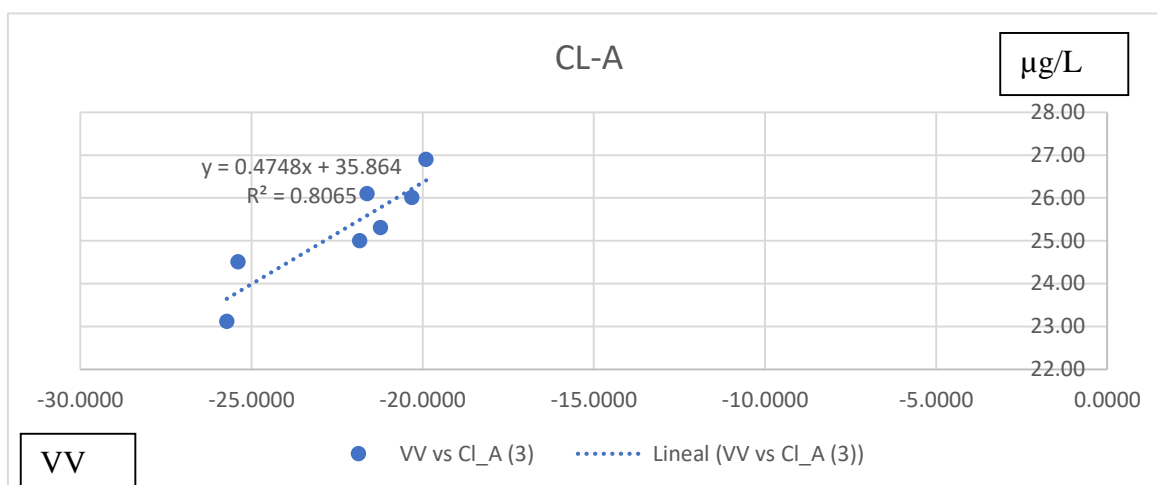
Podemos observar que los de datos de Cl-a varían entre 23.806 $\mu\text{g/L}$ y $\mu\text{g/L}$ mg/m^3 los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 25.28 $\mu\text{g/L}$ el cual está dentro del rango ya mencionado.

Podemos decir también que los datos de la Transparencia varían entre 2.085 a 2.454 metros los cuáles fueron tomados en cuenta al momento de hacer la estimación del compuesto en el programa ArcGis. De acuerdo al indicador OCDE podemos afirmar que el lago es Eutrófico ya que la media de estos datos oscila en 2.302 m el cual está dentro del rango ya mencionado

Así podemos decir también que los datos de Fosfato varían entre 97.84 $\mu\text{g/L}$ y 215.5 $\mu\text{g/L}$ de los cuales fueron tomados en cuenta al momento de elaborar la estimación del compuesto en el programa de ArcGis. La media de estos datos oscila en 145.5 $\mu\text{g/L}$ el cual está por encima de lo normal en una laguna.

3.3.3 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y CLOROFILA-A DE LA LAGUNA

Figura 8. Regresión lineal entre VV y Cl-a de la laguna de Paca



Fuente. Elaboración propia

En la figura 8 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 22 y 27 µg/L.

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = 0.4748x + 35.864$

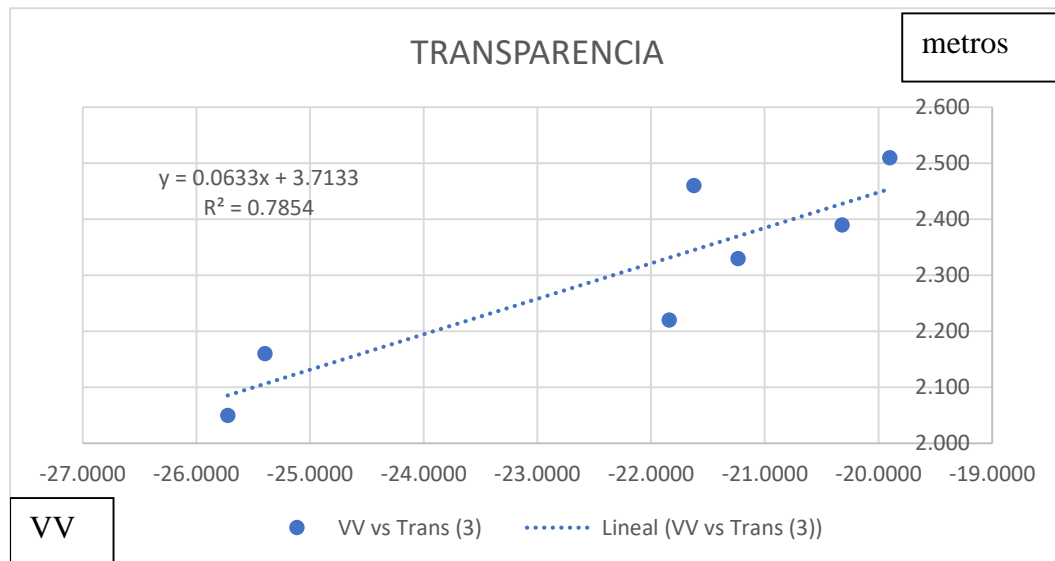
(1) $R^2 = 0.8065$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudarán a conocer la Cl-a de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca.

En el Anexo 18 podemos ver el mapa temático de Cl-a de la tercera salida en donde podemos decir que gran parte de toda la laguna presenta una tonalidad marrón oscuro que en este caso representa un nivel aproximado de 21-25 µg/L, esta imagen gran similitud con la del segundo día ya que los valores obtenidos son muy parecidos. En este caso se presenta mayor coloración en la parte superior derecha.

3.3.4 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y TRANSPARENCIA DE LA LAGUNA

Figura 9. Regresión lineal entre VV y la transparencia de la laguna de Paca



Fuente. Elaboración propia

La figura 9 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 2 y 2.60 m.

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = 0.0633x + 3.7133$

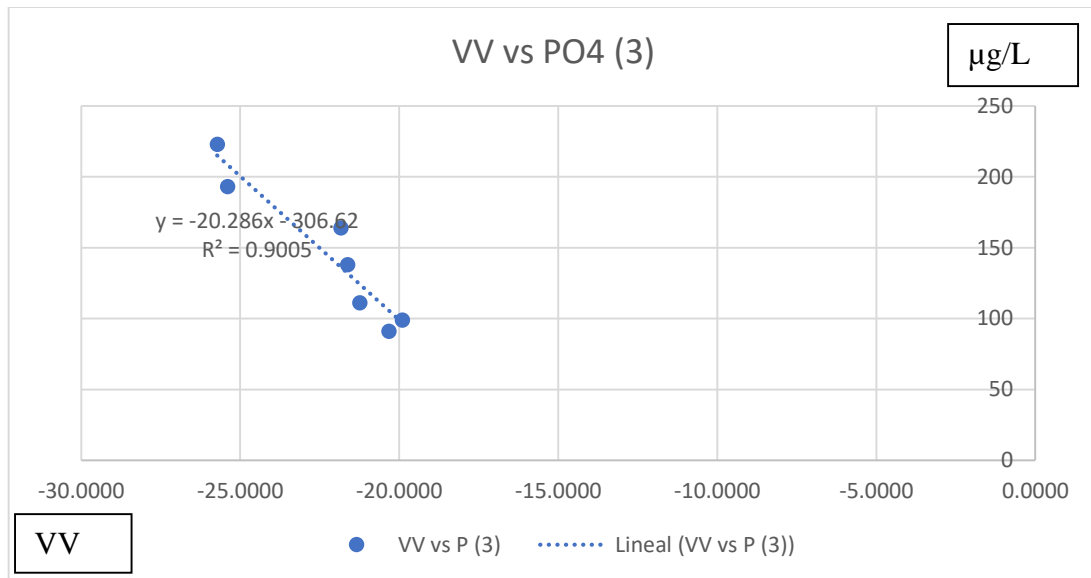
(2) $R^2 = 0.7854$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudarán a conocer la transparencia de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca.

En el Anexo 19 podemos ver el mapa temático de transparencia de la segunda salida en donde podemos decir que casi toda la laguna presenta una tonalidad verde claro que en este caso representa un nivel aproximado de 2.32-2.55, a excepción de la parte del medio ya que presenta una tonalidad de verde mucho más claro que las demás.

3.3.5 REGRESIÓN LINEAL DEL SATÉLITE Y FOSFATO DE LA LAGUNA

Figura 10. Regresión lineal entre VV y el fosfato de la laguna de Paca.



Fuente. Elaboración propia

La figura 10 nos muestra la regresión que existe entre los datos VV obtenidos por el satélite Sentinel-1 y los datos obtenidos directamente de la Laguna de Paca, en donde se puede observar que poseen una proximidad dado a su semejanza de valores que oscila entre 30.y 70 $\mu\text{g/L}$

Gracias a esta regresión pudimos hallar lo siguiente:

(1) $y = 20.286x - 306.62$

(2) $R^2 = 0.9005$

Ecuaciones que posteriormente serán introducidas al programa ArcGis, el cuál ayudarán a conocer el fosfato de toda la laguna y así poder realizar un mejor análisis del estado de la laguna de Paca

En el Anexo 20 podemos ver el mapa temático del fosfato de la tercera salida en donde podemos decir que gran parte de toda la laguna presenta una tonalidad rojizo oscuro que en este caso representa un nivel aproximado de 133-319 $\mu\text{g/L}$ esta imagen gran similitud con la del segundo día ya que los valores obtenidos son muy parecidos. En este caso se presenta mayor coloración en la parte superior derecha.

3.4 PRUEBA ESTADÍSTICA

Para poder conocer si nuestra hipótesis nula se rechaza o se acepta hemos hallado el p-valor según la regresión hecha de nuestros datos de campo y del satélite es decir hemos analizado por el programa Excel el p-valor de Pearson teniendo en cuenta el nivel de significancia que es igual a 0.05 (Hubbard, M.J. Bayarr. España 2003), utilizado por convención; sabiendo esto podemos hacer una interpretación de los siguientes datos:

Tabla 9. Tabla de p-valor de los 3 días de monitoreo

	CL-A	P	TRANSPARENCIA
PRIMER DÍA	0.004830407	0.07568423	2.76825803
SEGUNDO DÍA	0.00053402	0.020193283	0.003648371
TERCER DÍA	0.006028686	0.003653117	0.007881207

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 9 podemos observar que el p-valor en casi todos los casos es menor a 0.05 a excepción del PO4 y transparencia del primer día ya que sobrepasaron con un número de 2.768 de transparencia y 0.07 de PO4 lo que significaría que la hipótesis nula se acepta en este caso de lo cual se hablará en la parte de discusión.

Por otro lado, tenemos al segundo día de muestreo como los mejores resultados ya que tiene una lejanía mayor a 0.05 con respecto a los demás días lo cual indicaría que nuestra hipótesis nula se rechaza totalmente.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los 3 parámetros analizados han sido de utilidad para hacer un diagnóstico del estado trófico de la laguna de Paca dado a que no se ha realizado alguna investigación anteriormente, en vista de esta situación damos apertura a que otros investigadores planteen soluciones concretas y factibles para la recuperación de esta laguna pudiendo utilizar la data que hemos generado por medio de datos in situ y satelitales.

Uno de los factores que ha afectado los análisis realizados en la laguna ha sido el clima ya que en el primer muestreo se presentó nubosidad y no había llovido en 4 días según Senahmi. A comparación de la segunda y tercera fecha de muestreo en dónde sí se presentó precipitación siendo así elevada el nivel de nutrientes en la laguna.

Además, en la primera fecha no se llevó a tiempo las muestras para su análisis afectando así el resultado final en las imágenes de Cl-a, Fosfato y la transparencia.

Las ubicaciones de los 7 puntos de muestreo fueron esenciales para conocer en dónde se genera más contaminación a causa de la población aledaña a la laguna siendo los bordes de esta los puntos más afectados y también de la actividad ganadera que también hay alrededor del cuerpo de agua.

AGUIRRE G, Raúl refuerza lo mencionado diciendo que determinó sus puntos por las características que tiene la laguna como que esté cerca del bosque, en la cortina del lugar y cerca de la población aledaña siendo sus resultados significativos y obteniendo niveles reales de su zona de estudio. (AGUIRRE G, Raúl, 2013)

De acuerdo a nuestros resultados comparados con los de AGUIRRE G, Raúl vemos que el autor muestra como resultado de su Cl-a un valor de 46 $\mu\text{g/l}$ que se considera dentro del estado Hipereutrófico y el de nosotros es 20.49 $\mu\text{g/l}$ metros que simboliza un nivel Eutrófico con respecto a la transparencia tiene un valor de 0,69 metros que se considera Hipereutrófico y el de nosotros es 2.3 metros que simboliza un nivel Eutrófico. Estas conclusiones se dieron gracias al cuadro de la OCDE (ver tabla 1).

Nuestros resultados son parecidos a excepción del fosfato que tiene un nivel mucho más alto, afirmamos que esto se debe a que la laguna que el autor está investigando tiene como causantes principales a las ganaderas que bordean la laguna además de las aguas residuales que vierten los pobladores al cuerpo de agua afectando mucho más el nivel de eutrofización, en nuestro caso nosotros tenemos como causante principal a los pobladores que vierten sus residuos a la laguna sin ningún tipo de concientización haciendo que los niveles de

eutrofización también aumenten.

Estamos de acuerdo también con Díaz A. y Sotomayor que tienen como causante principal de la eutrofización en la laguna Conococha las actividades ganaderas y el vertimiento de aguas residuales domésticas directas a la laguna que causa todo el fenómeno que se está estudiando. También estamos de acuerdo cuando los autores plantean que se implemente como punto de recomendación el plan de monitoreo del ANA que lo tiene planteado desde el 2011 y no se lleva a cabo, este instrumento tiene como finalidad identificar las principales causas de eutrofización en cuerpos de agua y establecer mecanismos para su control eficiente. (Díaz A. y Sotomayor, 2012).

Siendo la laguna mencionada parte del territorio peruano, así como lo es la laguna de Paca, nos damos cuenta que este problema no solo se da en Huancayo sino en distintas lagunas, lagos u otros cuerpos de agua como el ya mencionado y también el lago Titicaca en donde sí se han realizado estudios más detallados pero que a la vez no se llegan a concretar proyectos de remediación por falta de apoyo del estado.

V. CONCLUSIÓN

- El estado trófico de la laguna de Paca en el año 2019 es de hipertrófico a eutrófico, según el cuadro de niveles tróficos de la “Organic for Economic Cooperation And Develoment”, en relación con los resultados obtenidos por el procesamiento de imágenes satelitales de los indicadores en los 3 muestreos.
- Las concentraciones de clorofila A en el primer procesamiento de imágenes mostró mayor incidencia en los valores 8 - 25 ug/L, teniendo en cuenta que el modelo matemático usado fue de $y = -0.915x - 7.9364$ con una correlación de 0.8224. En el segundo análisis se generó un nuevo modelo matemático para determinar la clorofila A en donde se obtuvo una concentración mayor en 8 - 25 ug/L, dicho modelo fue $y = 1.06x + 47.148$ con una correlación de 0.9252 y, por último, el tercer análisis generó un modelo matemático de $y = 0.4748x + 35.864$ con una correlación de 0.8065 teniendo valores superiores a 25 ug/L. Los valores en el primer análisis muestran que la laguna es eutrófica, en el segundo análisis la laguna también es eutrófica y en el tercer análisis la laguna presenta concentraciones hipertróficas. Por lo tanto, la laguna de Paca tiene con respecto a la clorofila A valores que van de eutrófico a Mesotrófico.
- Por otro lado, la transparencia en el primer análisis con las imágenes satelitales, demostraron tener una transparencia oscilante entre 1.5 a 3 metros, demostrando que la laguna de Paca para el primer muestreo tiene valores Mesotróficos, el modelo matemático con el que se trabajó fue de $-0.0423x + 1.337$ ($R^2 = 0.6372$). De similar manera que el segundo análisis se demostró que la laguna de Paca se encuentra mesotrófica con mayores valores de 1.5 a 3 metros, el modelo matemático usado en el segundo análisis fue de $y = -0.0523x + 1.1356$ con una correlación de 0.8408. En el último análisis los intervalos resaltantes también fueron de 1.5 a 3, el modelo obtenido fue $y = 0.0633x + 3.7133$ ($R^2 = 0.7854$). por lo tanto, la laguna de Paca para los 3 análisis de transparencia resultó estar en estado Mesotrófico.
- Por último, para el fosfato se obtuvieron los siguientes modelos matemáticos $y = 9.8582x + 389.46$ ($R^2 = 0.6051$); $y = 31.073x + 842.75$ ($R^2 = 0.7816$); $y = -20.286x$

- 306.62 ($R^2 = 0.9005$) correspondientes al primer, segundo y tercer muestreo en cada una de ellas se presentaron valores de 35 a 100 ug/L, por lo tanto, se demuestra que la laguna con respecto al indicador fosfato, se encuentra en estado eutrófico.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la intervención de las autoridades competentes para que vayan a supervisar el manejo de residuos de la población cercana para que así puedan sancionar a aquellas personas que atentan en contra de la protección de la laguna de Paca.
2. Recomendamos llevar lo más rápido posible las muestras sacadas al laboratorio en donde se vayan hacer los análisis ya que esto afecta la conservación de materia orgánica de los parámetros que se están analizando, esto produciría resultados no significativos.
3. Se recomienda utilizar las correlaciones del segundo día de muestreo dado a que tienen mayor significancia con respecto al R cuadrado, esto es de utilidad para futuras tesis que quieran hacer investigaciones de la laguna sin necesidad de ir a campo nuevamente.
4. Para el cuidado y conservación óptima de la laguna de Paca, se recomienda que la autoridad local trabaje conjuntamente con la población, creando programas que permitan crear conciencia en la población específicamente con aquellos que botan directamente sus residuos orgánicos en la laguna.
5. Crear piscinas para canalizar el agua de las lluvias que arrastran los fertilizantes de las zonas agrícolas aledañas hacia el lago, mediante zanjas o tuberías que conecten a estos centros de acopio de aguas con grandes cantidades de nutrientes.
6. Generar proyectos para realizar limpiezas de vegetación muerta en las orillas del lago, y realizar mayor cantidad de trabajo de investigación con el fin de conocer a mayor profundidad la situación futura de la laguna de Paca.

REFERENCIAS.

- AGUIRRE G, Raúl. Análisis espectral del lago de Guadalupe, mediante imágenes de satélite y datos in situ [en línea]. 2013. ScienceDirect 2019 [fecha de consulta 20 de abril de 2019] disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016118301560>
- An analysis of satellite-derived chlorophyll and algal bloom indices on Lake Winnipeg por Binnding C.E. [et. al.]. [en línea]. Abril 2018 [fecha de consulta: 7 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0380133018300443> Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2018.04.001>
- Autoridad Nacional del Agua. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. Publicado por AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Marzo de 2016. Perú
- Aplicación de las técnicas de teledetección y SIG a la determinación y análisis de mapas de evapotranspiración por Reza. [et. al.]. [en línea]. Abril 1999 [fecha de consulta: 7 de septiembre de 2019] Disponible: <https://iwaponline.com/IA/article-pdf/6/1/63/576553/ia19992778.pdf>
- Aplicaciones de Sentinel 2 a estudios de vegetación y calidad de aguas continentales por Delegido J. [et al.]. [En línea]. Abril 2016 [fecha de consulta: 15 de septiembre de 2019] Disponible en <file:///C:/Users/HP/Downloads/ComunSent2aceptada92-875-4-ED.pdf>
- AYENI, A. y ADESALU T. Validating. Chlorophyll-a concentrations in the Lagos Lagoon using Remote Sensing extraction and laboratory fluorometric methods en Nigeria. ScienceDirect 2018 [fecha de consulta 21 de septiembre del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016118301560> Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.09.014>
- BARON, Cynthia. Sensores Espaciales y Meteorología. Editorial fujita: España, Madrid. 94 pp, 2005. ESA: Agencia Espacial Europea. 2019 [fecha de consulta 28 de marzo 2019]. Disponible en http://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Datos_de_la_ESA
- BOUSLAUGH, Sarah. Statistics In A Nutshell. O´reilly medina, inc: Sebastopol 2da edic. pp.150, 2012.
- CALVO, Miguel. Bioquímica de los alimentos. España: Editorial Rio, 2014. 74 pp. ISBN: 8517631696
- Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río por Mendoza Lavie [et al.]. [En línea]. Abril 2010 [fecha de consulta: 7 de septiembre de 2019] Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/61884932.pdf>
- HUBBAR R. Y BAYARRI MJ. P Values are not Error Probabilities. España, 2003
- CHUVIECO, Emilio. Teledetección Ambiental. 3.^a ed. Editorial Ariel: Barcelona, España, 1998. 616 pp.

ISBN: 978-84-344-8073-3

COUTIÑO Román, Laura. Aplicaciones de la teledetección y SIG en la caracterización de humedales en la reserva de la biosfera de la mancha húmeda. Tesis (Master en tecnologías de la información geográfica)
Madrid: Universidad Complutense De Madrid – España, 2011, 113 pp.

DÍAZ A. y SOTOMAYOR L. Evaluación de la eutrofización, de la laguna Conococha – Áncash agosto de 2012: Conococha. Tesis para obtener (título de ingeniero ambiental.)

Ancash: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2013, 114 pp.

DOMÍNGUEZ Gómez, José. Estudio de la calidad del agua de las lagunas de gravera mediante teledetección. Tesis (doctor en Educación).

EGMASA. Red de seguimiento y evaluación de humedales de Andalucía. [en línea]. España: Consejería de medio ambiente, 2007 [fecha de consulta: 20 de Agosto del 2019]. Disponible en:
http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Ecosistemas/Humedales/Red_Control_%20Zonas_Humedas_Andalucia/Informe_General/Metodologia_muestras_analisis.pdf

ESTORNELL Cremades, Javier. Análisis de la clorofila A en el agua a partir de una imagen multiespectral Quickbird en la zona costera de Gandía (licenciatura en ciencias ambientales) Valencia: Universidad Politécnica De Valencia de España, 2010. 53 pp.

Enciclopedia Universal Sopena. 8va ed. Editorial ramón Sopena: España. 267 pp, 2009.

FONTÚRBEL, Francisco. Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titicaca. [en línea]. 2012. [fechas de consulta: 20 de abril de 2019]. Disponible en www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v4n1-2/a18v4n1-2pdf&ved=2ahUKEwiqj_epg7fiAhVKpFkKHV7DogQFjAAegQIBxAB&usq=AOvVaw1efpS-4A0bWBfph0n1WZ3W

GÓMEZ JAKOBSEN, Francisco. Evaluación del estado de eutrofización del mar Alborán mediante el empleo combinado de imágenes de satélite y muestreos in situ. Tesis (doctor en física). Málaga: Universidad de Málaga en el departamento de física aplicada II - España. 2015, 280 pp.

HERNANDEZ Roberto, FERNANDEZ Carlos y BAPTISTA Pilar. 2010. *Metodología de la Investigación*. México DF : Mc Graw Hi Education , 2015.

HYNDMAN, Rob y KOEHLER, Anne. (2006). "Otra mirada a las medidas de precisión del pronóstico". *Revista Internacional de Pronósticos*. 22 (4): 679–688.

[doi : 10.1016 / j.ijfo HYNDMAN st.2006.03.001](https://doi.org/10.1016/j.ijfo.2006.03.001) .

Japan Association On Remote Sensing. Remote Sensing Note. [en línea]. 1993. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018]. Disponible en http://www.jars1974.net/pdf/rsnote_e.html

LIU X., FENG J. y WANG Y. Chlorophyll a predictability and relative importance of factors governing lake phytoplankton at different timescales in China. *ScienceDirect* [en línea]. 2018 [fecha de consulta: 7 de septiembre de 2018]

LÓPEZ Daniel. A MOCHILA EN PERÚ. 168 pp. [en línea]. 2018 [fecha de consulta:10 de septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.bubok.es/libro/amp/226559/A-mochila-en-Peru>.

LÓPEZ, M. y MADROÑERO, S. Estado Trófico de un Lago Tropical de Montaña: caso Laguna de la Cocha. Colombia Ciencia e Ingeniería Neogranadina 2015 [fecha de consulta 22 de septiembre del 2019] disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v25n2/v25n2a02.pdf>
Doi <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1430>

Madrid: Universidad de Alcalá de España, facultad de filosofía y letras departamento de geografía, 2002, 430 pp.

MARTÍNEZ, Inés. Monitorización de la calidad del agua en embalses mediante técnicas de observación remota. Tesis (licenciado en física)
Cantabria: universidad de Cantabria, 2017, 46 pp.

Michael F. Chislock, Rachel A. Zitomer, Alan E. Wilson. 2013. *Eutrofización: causas, consecuencias y controles en los ecosistemas acuáticos*. s.l. : Nature Education, 2013.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2013. Publicado en *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS*, del 15 de junio de 2013. Colombia

Multistep-ahead forecasting of chlorophyll a using a wavelet nonlinear autoregressive network por Zhenhong Du [et ad]. ScienceDirect [en línea]. Enero 2018 [fecha de consulta: 21 de septiembre]
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950705118303368>
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.06.015>

Organization for Economic Cooperation and Develoment (OECD)[en línea]. (1982). [Fecha de consulta: 20 de septiembre]
Disponible en <http://www.chebucto.ns.ca/ccn/info/Science/SWCS/TPMODELS/OECD/oecd.html>
Doi: <https://doi.org/10.4324/9780203875773>

PEÑA, Martínez, temperatura. *En su: libro de termodinámica*. El salvador, Universidad de El salvador 2007, 53 pp.
ISBN: 9610457836

PUTZ, Petra. Eliminación y determinación de fosfato. Hach lange: España: Madrid, 67 pp. 2015

RICHARDS A., XIUPING J. Análisis de imagen digital de teledetección. China. 2006
ISBN 978-3-540-29711-6

SORIANO Barroso, Miguel. Análisis de la evaluación e interacción de los parámetros de calidad de las masas de agua en una cuenca, (zona media de la cuenca hidrográfica del Guadiana). Tesis (doctor en ingeniería civil).
Madrid: Universidad Politécnica de Madrid – España, 2013. 584 pp.

Spatio-temporal patterns of *Ulva prolifera* blooms and the corresponding influence on chlorophyll-a concentration in the Southern Yellow Sea, china por Sun Xiao [et al]. ScienceDirect [en línea]. Mayo 2018 [fecha de consulta: 27 de septiembre de 2018].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718320357>

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.378>

Studying the Spectral Diffusion Dynamics of Chlorophyll a and Chlorophyll b using Two Dimensional Electronic Spectroscopy por Faisal K. [et. Al]. [En línea] Agosto 2019 [fecha de consulta: 25 de Agosto]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301010419307499>

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemphys.2019.110480>

PERÉZ Ortega, María. Aplicaciones de la teledetección y SIG en la caracterización de humedales en la reserva de la biosfera de la mancha húmeda. Tesis (Master en tecnologías de la información geográfica) Madrid: Universidad Complutense De Madrid – España, 2011, 113 pp.

VELÁZQUEZ Gonzales, Alba. Análisis multitemporal de imágenes satelitales para conocer la calidad del agua en la presa: Valle del Bravo. Tesis (Título de ingeniería civil). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma De México, 2012, 142 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia


PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	DIMENSIÓN	INDICADORES
Problema general: ¿Cómo el uso de técnicas de teledetección y datos in situ permite obtener el estado trófico en la laguna de Paca, Jauja - Junín 2019?;	Objetivo general: Analizar el estado trófico mediante técnicas de teledetección y datos in situ en la laguna de Paca, Jauja - Junín 2019	H1: El uso adecuado de las técnicas de teledetección conjuntamente con los datos in situ permiten conocer el estado trófico de la laguna de Paca, Jauja Junín 2019	DEPENDIENTE: Teledetección	Radar C Band	Retrodispersión
Problemas específicos	Objetivos específicos	HO: El uso adecuado de las técnicas de teledetección conjuntamente con los datos in situ NO permiten conocer el estado trófico de la laguna de Paca, Jauja Junín 2019	INDEPENDIENTE: Estado Trófico	Parámetros físicoquímicos	Clorofila-a
¿Cuánto será la concentración de clorofila-A obtenida mediante el procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ para la generación de imágenes con información detalladas?;	Determinar la concentración de clorofila-A mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ para la generación de imágenes con información detallada.				
¿Cuánto será la concentración de fosfato obtenida mediante el procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ para la generación de imágenes con información detalladas?	Determinar la concentración de fosfato mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis de muestras in situ para la generación de imágenes con información detallada				
¿Cuál será el nivel de transparencia de la laguna de paca por medio del disco de Secchi y procesamiento de imágenes satelitales para la generación de imágenes con información detalladas?	Obtener el nivel de transparencia de la laguna de paca por medio del disco de Secchi y procesamiento de imágenes satelitales para la generación de imágenes con información detallada				
					Transparencia secchi
					fosfato

Fuente: Propia

Anexo 2. Instrumento de Recolección de datos.

	“ANÁLISIS DEL ESTADO TRÓFICO MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y DATOS “IN SITU” EN LA LAGUNA DE PACA, JAUJA – JUNÍN 2019”						Versión 01
	Ficha de recolección de datos						Fecha 24 / 04 / 2019
							Página 1
I. DATOS DE LOS INVESTIGADORES							
APELLIDOS Y NOMBRES	<ul style="list-style-type: none"> Gonzales campos Piero Paolo Solano Soplin Renato Paolo 						
CICLO	X						
ESCUELA	Ingeniería Ambiental						
E-MAIL	<ul style="list-style-type: none"> pierogonzales98@gmail.com ren.solanos@gmail.com 						
II. GENERALIDADES							
OBJETIVO	Analizar el grado de eutrofización mediante las técnicas de teledetección y datos in situ en la laguna de Paca ubicado en Junín.						
ÁMBITO	Laguna de Paca						
UBICACIÓN	Ciudad de Jauja – Junín						
III. DATOS DE ANÁLISIS SATELITAL							
SENSOR / SATELITE	Sentinel 1		FUENTE DE ADQUISICION			COPERNICUS	
ANCHO DE BARRIDO DE LA ESCENA	Barrido de 693 km		PROYECCIÓN			UTM (Universal Transverse Mercator)	
RESOLUCIÓN ESPACIAL	Resolución espacial de 10m, 20m y 60m		RESOLUCION TEMPORAL			Cada 12 días	
FECHAS DE ADQUISICIÓN	24/04/2019						
IV. DATOS DE MUESTREO IN SITU							
PARÁMETROS	1	2	3	4	5	6	7
TRANSPARENCIA (METROS)	2.51	2.58	2.18	2.31	2.29	2.43	2.24
CL-A (Ug/L)	12.60	9.19	12.53	12.98	10.59	10.10	12.13
FOSFATO (Ug/L)	0.126	0.102	0.185	0.149	0.179	0.120	0.190
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	1	2	3	4	5	6	7
LONGITUD:	-75.5096	-75.5103	-75.5133	-75.5147	-75.5147	-75.5068	-75.5039
LATITUD	-11.7382	-11.7370	-11.7441	-11.7311	-11.7249	-11.7261	-11.7298

Anexo 3. Instrumento de Recolección de datos Segunda salida.

	<p align="center">“ANÁLISIS DEL ESTADO TRÓFICO MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y DATOS “IN SITU” EN LA LAGUNA DE PACA, JAUJA – JUNÍN 2019”</p>			Versión 01			
	<p align="center">Ficha de recolección de datos</p>			Fecha 26 / 05 / 2019			
				Página 1			
V. DATOS DE LOS INVESTIGADORES							
APELLIDOS Y NOMBRES	<ul style="list-style-type: none"> Gonzales campos Piero Paolo Solano Soplin Renato Paolo 						
CICLO	X						
ESCUELA	Ingeniería Ambiental						
E-MAIL	<ul style="list-style-type: none"> pierogonzales98@gmail.com ren.solanos@gmail.com 						
VI. GENERALIDADES							
OBJETIVO	Analizar el grado de eutrofización mediante las técnicas de teledetección y datos in situ en la laguna de Paca ubicado en Junín.						
ÁMBITO	Laguna de Paca						
UBICACIÓN	Ciudad de Jauja – Junín						
VII. DATOS DE ANÁLISIS SATELITAL							
SENSOR / SATELITE	Sentinel 1	FUENTE DE ADQUISICION			COPERNICUS		
ANCHO DE BARRIDO DE LA ESCENA	Barrido de 693 km	PROYECCIÓN			UTM (Universal Transverse Mercator)		
RESOLUCIÓN ESPACIAL	Resolución espacial de 10m, 20m y 60m	RESOLUCION TEMPORAL			Cada 12 días		
FECHAS DE ADQUISICIÓN	30/05/2019						
VIII. DATOS DE MUESTREO IN SITU							
PARÁMETROS	1	2	3	4	5	6	7
TRANSPARENCIA (METROS)	2.21	2.32	2.24	2.11	2.27	2.31	2.22
CL-A (Ug/m3)	25.91	22.24	25.57	26.16	24.22	23.99	25.19
FOSFATO (Ug/m3)	0.202	0.126	0.232	0.237	0.193	0.132	0.182
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	1	2	3	4	5	6	7
LONGITUD:	-75.5091	-75.5092	-75.5105	-75.5016	-75.5038	-75.5055	-75.5027
LATITUD	-11.7326	-11.7212	-11.7273	-11.72611	-11.72	-11.7366	-11.7344

Fuente: Propia

ANEXO 4. Realizando la medición de la transparencia por medio del disco de secchi del primer día de muestreo.



Fuente: Propia

ANEXO 5. Dirigiendo el bote en medio de la laguna de Paca del segundo día de muestreo



Fuente: Propia

ANEXO 6. Vista panorámica de la laguna de Paca.



Fuente. Propia

ANEXO 7. Uno de los autores apuntando los datos de transparencia del segundo día de muestreo.



Fuente. Propia

ANEXO 8. Uno de los autores apuntando los datos de transparencia del segundo día de muestreo.



Fuente. Propia

ANEXO 9. Uno de los autores haciendo la recolección del tercer día.



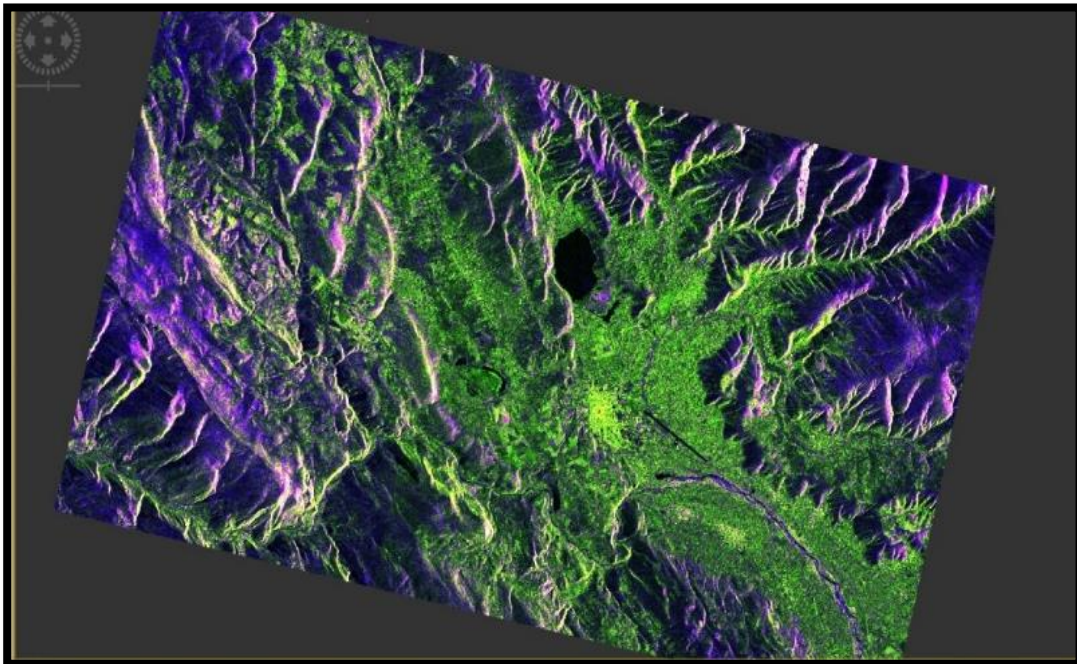
Fuente. Propia

ANEXO 10. Uno de los autores haciendo la recolección del tercer día.



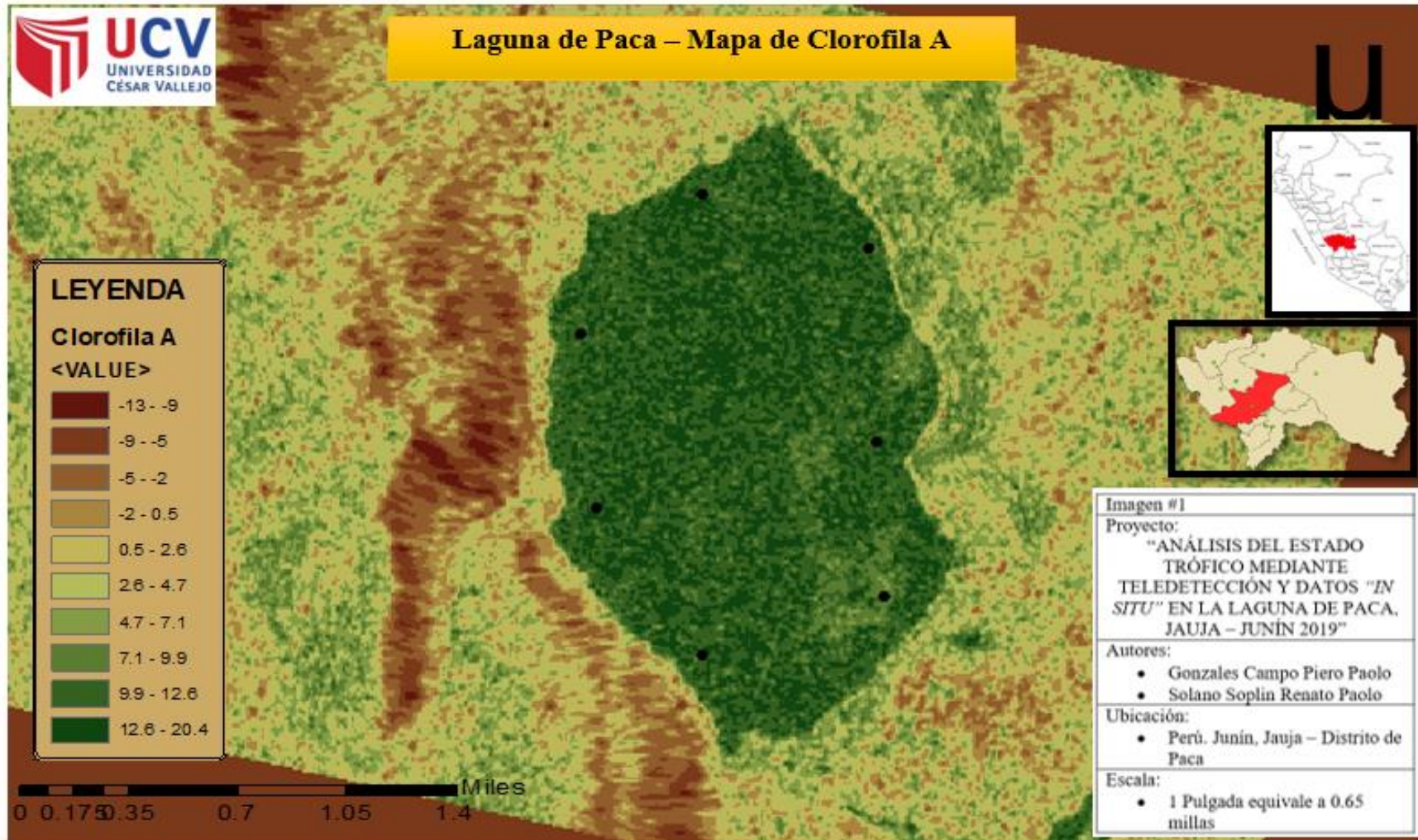
Fuente. Propia

ANEXO 11. La laguna de Paca en formato RGB.



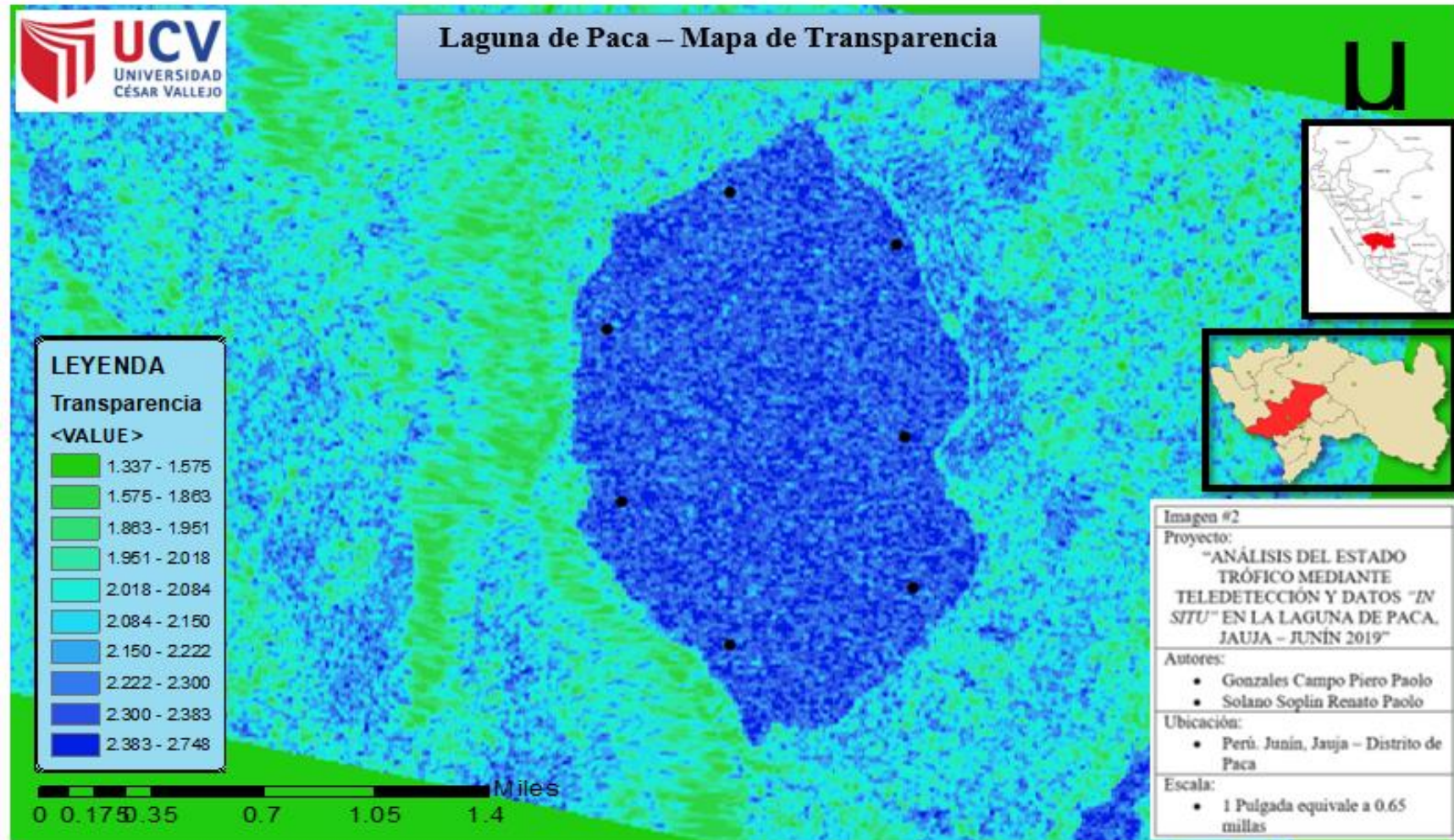
Fuente. Propia

ANEXO 12. Mapa temático de Cl-a en ArcGis del primer día de muestreo.



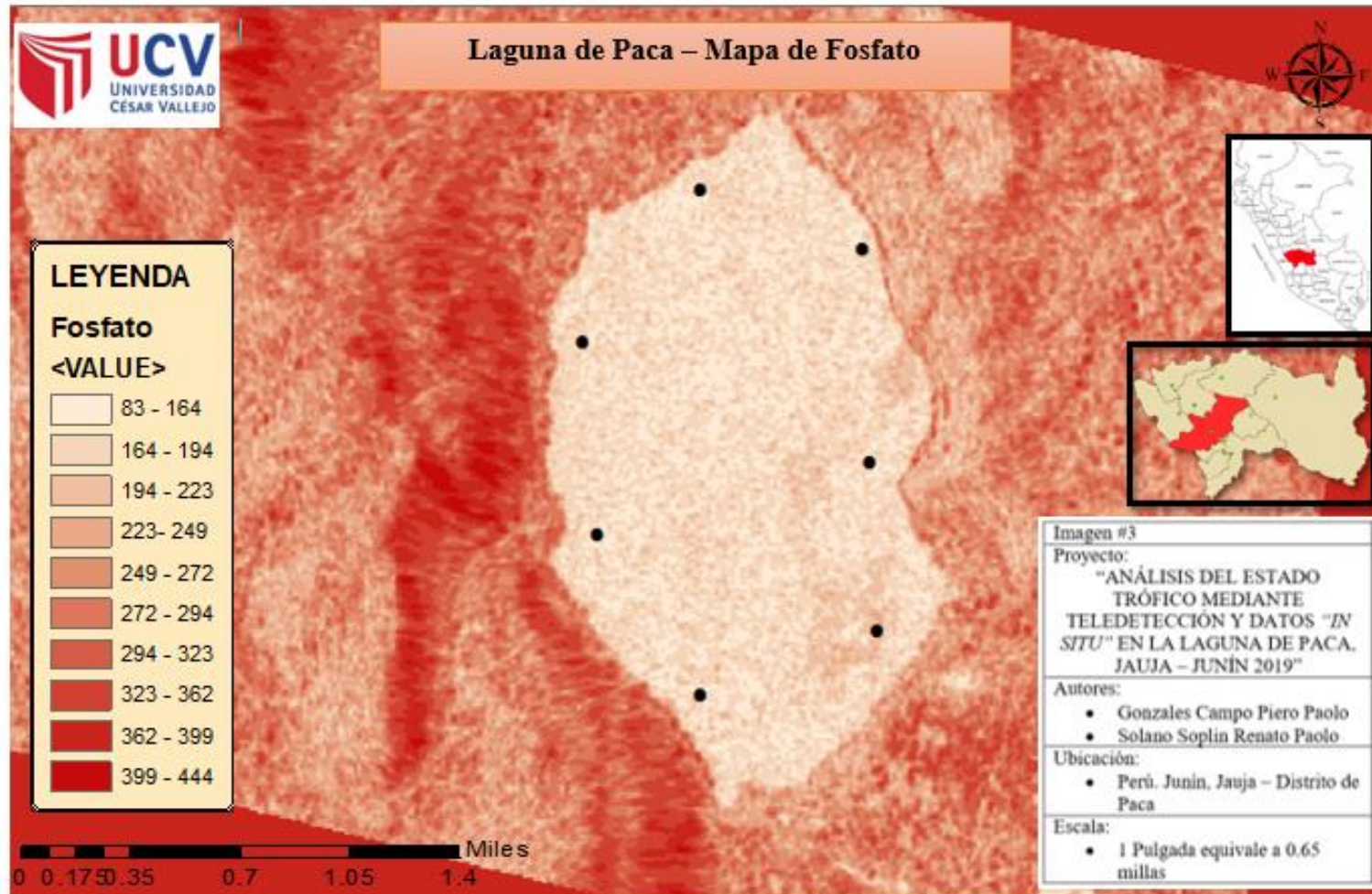
Fuente. Propia

ANEXO 13. Mapa temático de Transparencia en ArcGis del primer día de muestreo.



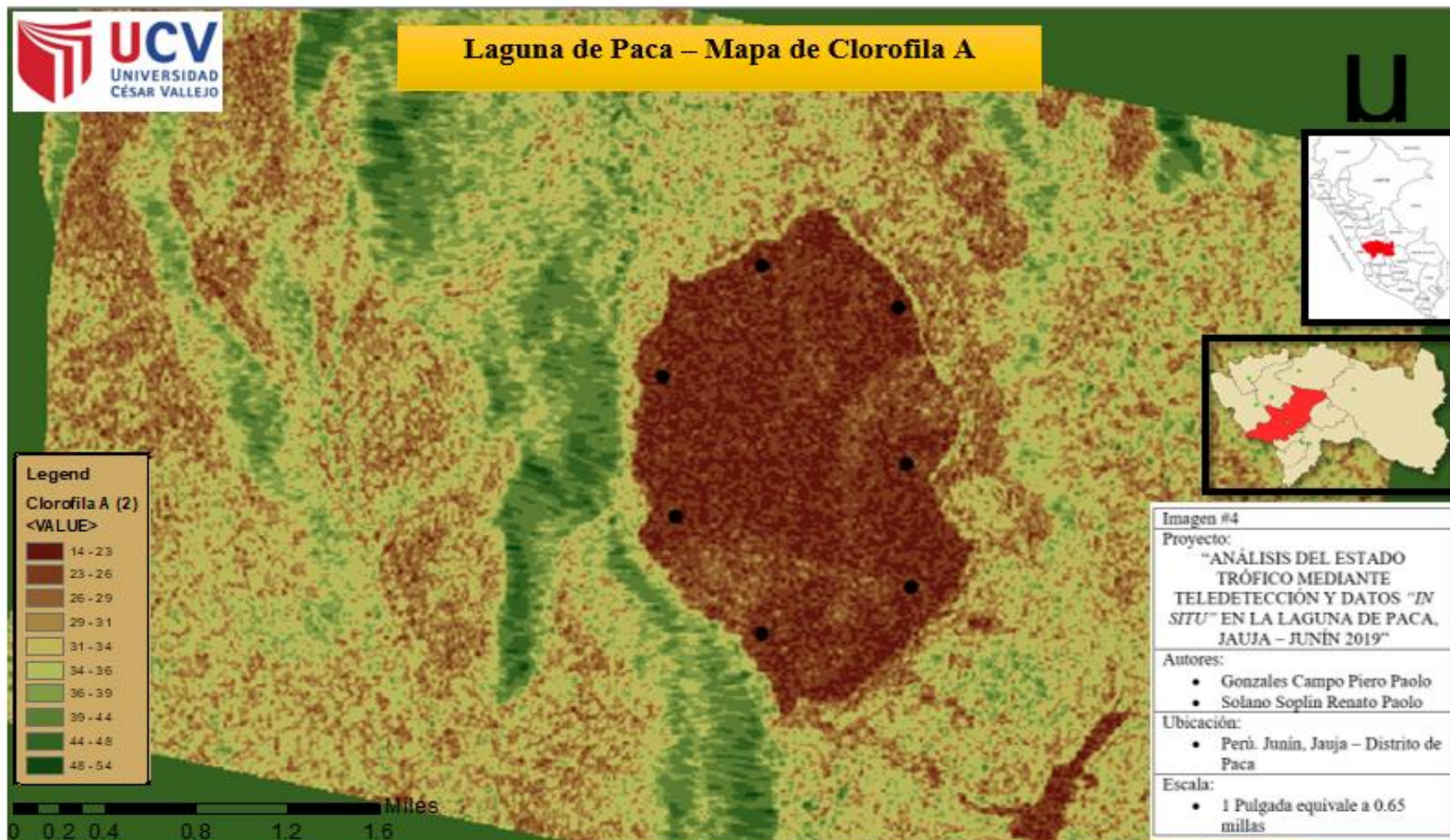
Fuente. Propia

ANEXO 14. Mapa temático de PO4 en ArcGis del primer día de muestreo.



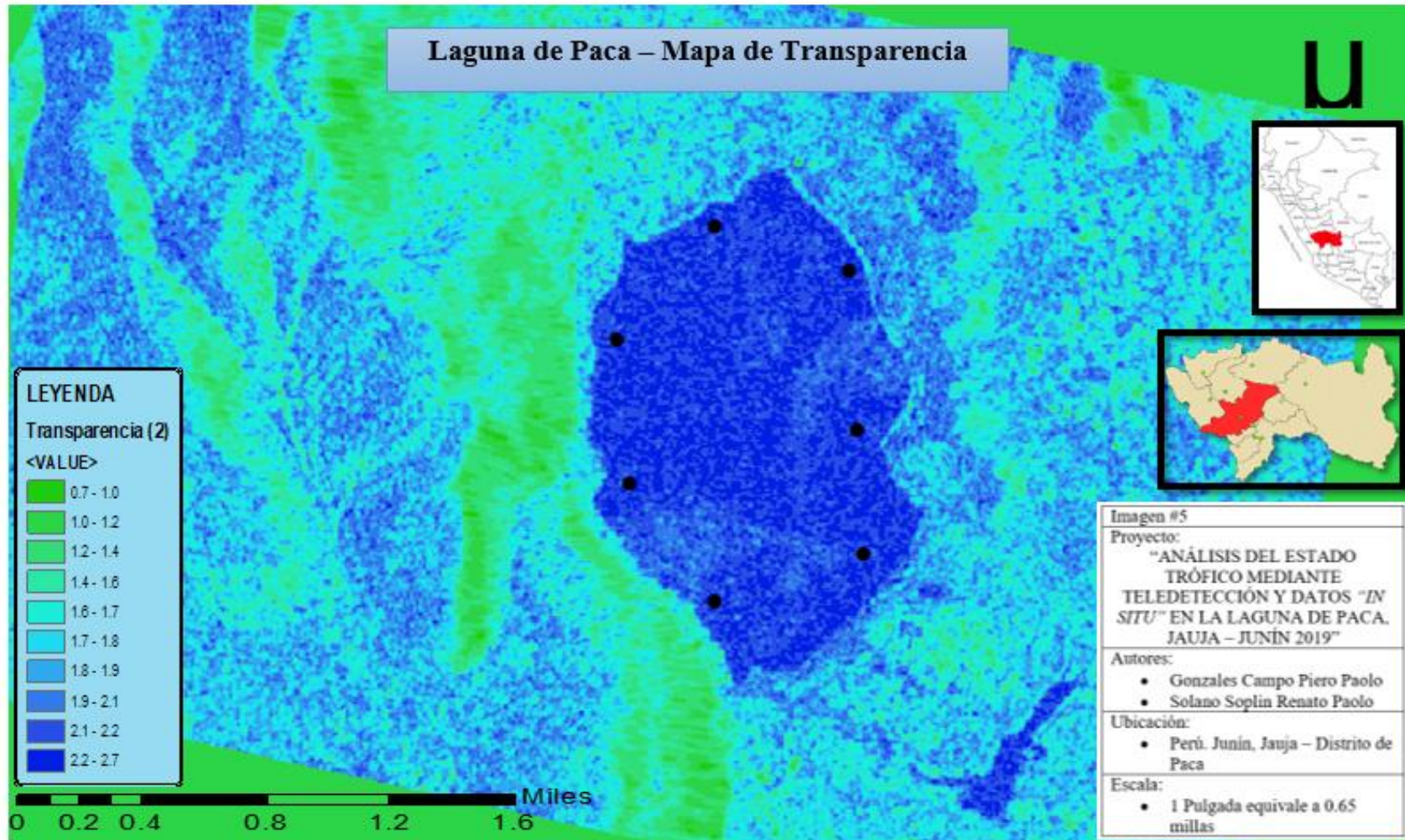
Fuente. Propia

ANEXO 15. Mapa temático de Cl-a en ArcGis del segundo día de muestreo.



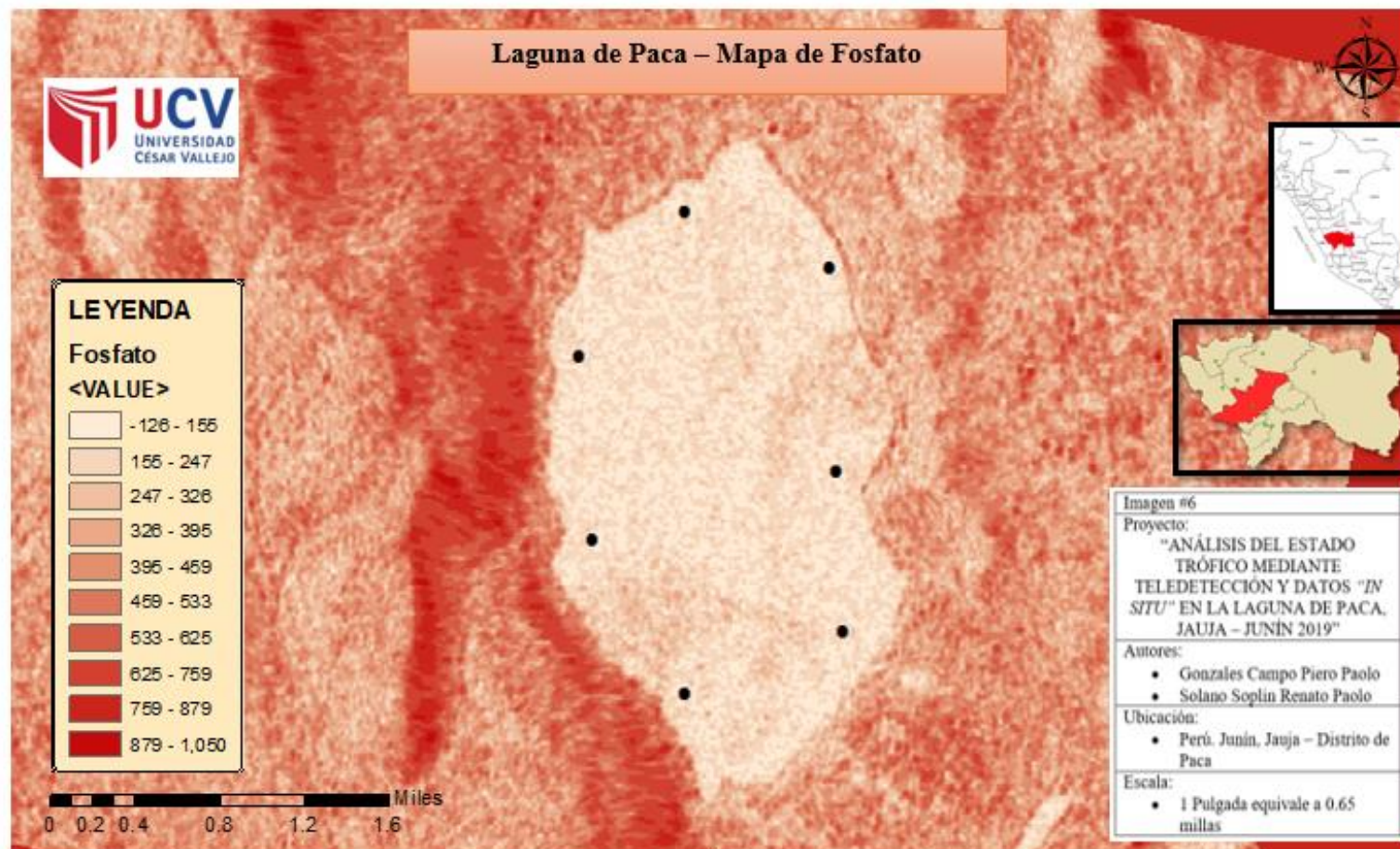
Fuente. Propia

ANEXO 16. Mapa temático de Transparencia en ArcGis del segundo día de muestreo.



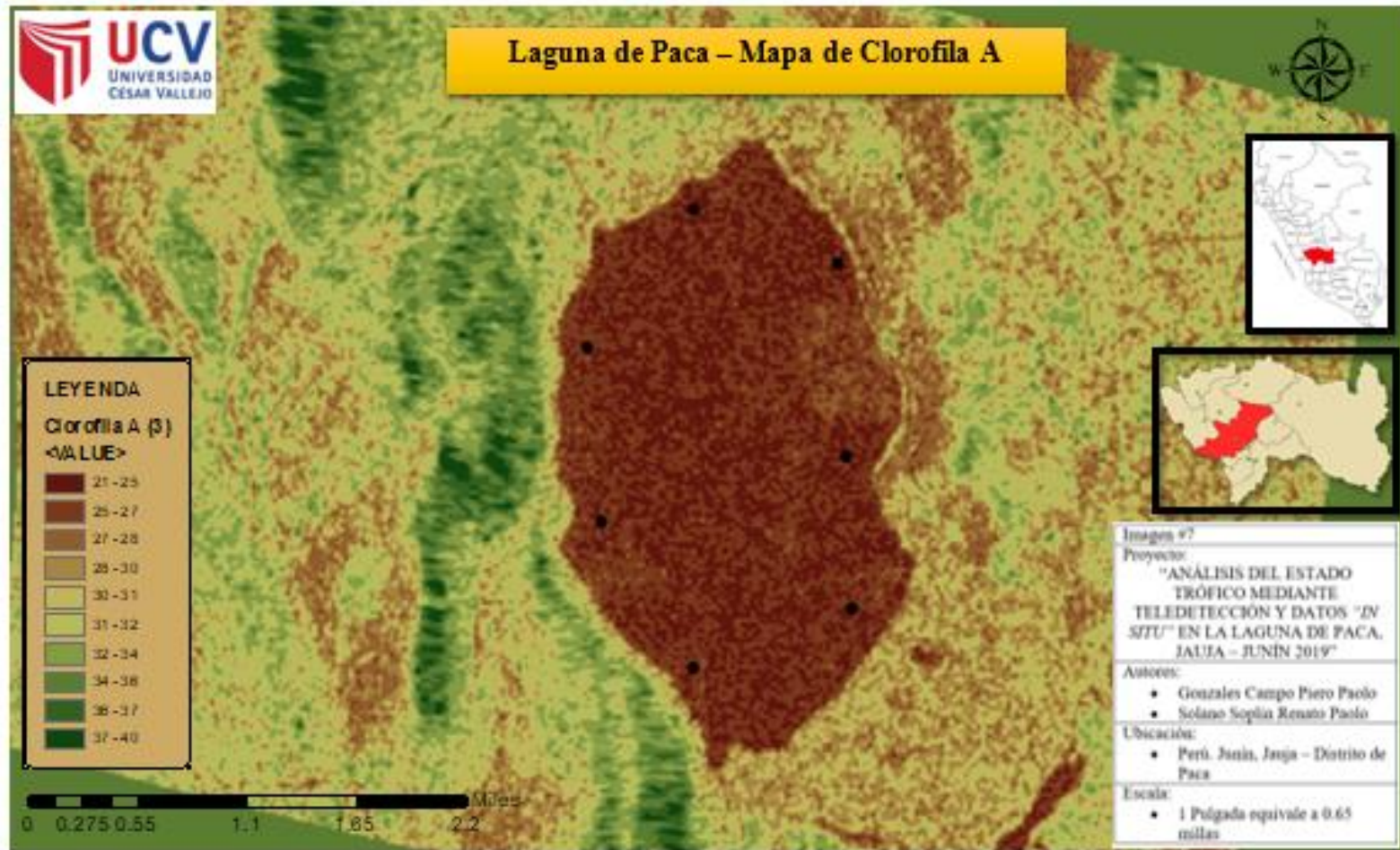
Fuente. Propia

ANEXO 17. Mapa temático de PO4 en ArcGis del segundo día de muestreo.



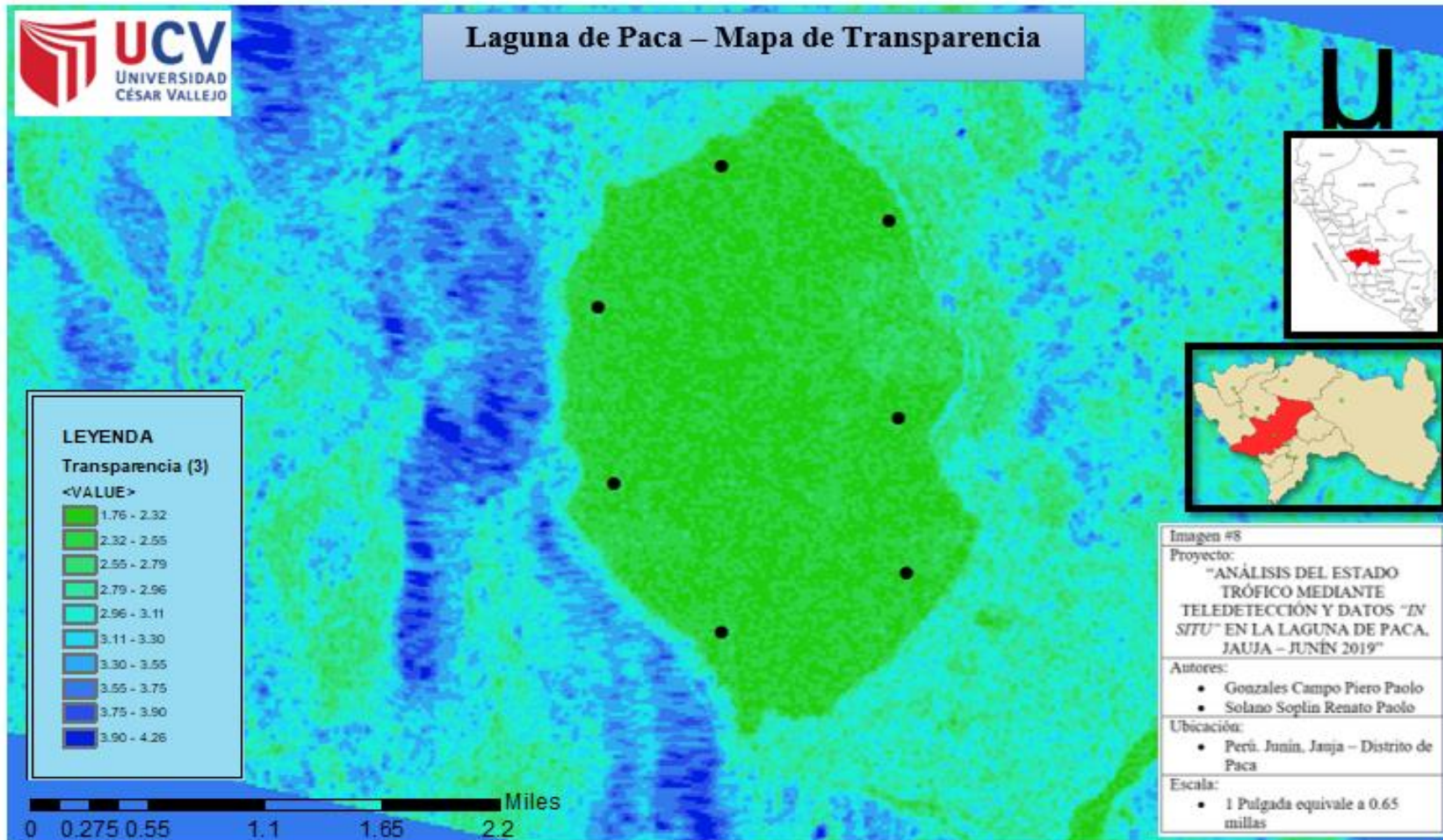
Fuente. Propia

ANEXO 18. Mapa temático de Cl-a en ArcGis del tercer día de muestreo.



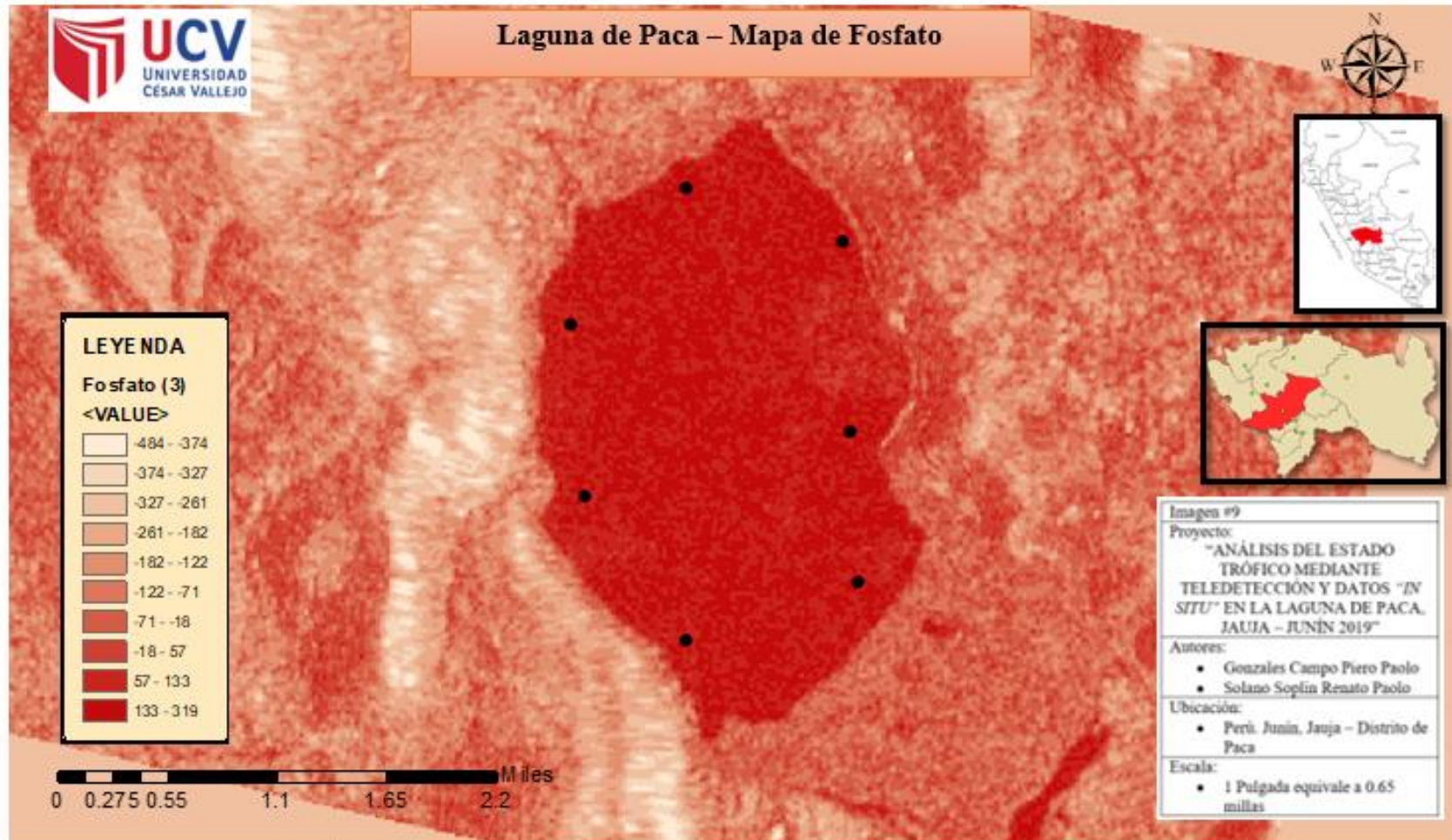
Fuente. Propia

ANEXO 19. Mapa temático de Transparencia en ArcGis del tercer día de muestreo.



Fuente. Propia

ANEXO 20. Mapa temático de PO4 en ArcGis del tercer día de muestreo.

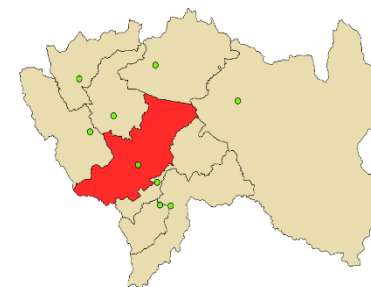


Fuente. Propia

Anexo 21. Mapa de posicionamiento de estudio. Fuente: Google Earth



JUNÍN



JAUJA

MAPA DE UBICACIÓN DE ESTUDIO	
REGIÓN	JUNÍN
PROVINCIA	JAUJA
FUENTE	GOOGLE EARTH
ELABORADO POR	RENATO S. P. y PIERO G.C.
INSTITUCIÓN	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Fuente: Google Earth

ANEXO 22. Análisis de laboratorio de la Cl-a. de la laguna de Paca del primer día de muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS – DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
LABORATORIO DE FISIOLÓGIA VEGETAL



RESULTADOS DEL ANALISIS DE CLOROFILA A EN LAS MUESTRAS DE AGUA.

Solicitante: Sr. Piero Gonzáles.

Procedencia: Laguna de Paca.

Muestras: Botellas blancas de un litro, completamente llenas y refrigeradas y mantenidas en oscuridad.

MUESTRA	Miligramos Clor. a / ml.	Miligramos Clor.a / litro
1	12.60	0.01260
2	9.19	0.00919
3	12.53	0.01253
4	12.98	0.01298
5	10.59	0.01059
6	10.13	0.01013
7	12.13	0.01213

La Molina 8 de Mayo 2019.

Bigo MSc. Abelardo Calderón Rodríguez.
Laboratorio de Fisiología Vegetal UNALM.

Fuente. Laboratorio de fisiología vegetal de la UNALM

ANEXO 23. Análisis de PO4 de la laguna de Paca del primer día de muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN AGUA

SOLICITANTE : PIERO PAOLO GONZALES CAMPOS
PROCEDENCIA : JUNINI/ JAUJA/ PACA
REFERENCIA : H.R. 68103
BOLETA : 2896
FECHA : 18/08/19

Nº LAB	CLAVES	Fosfato ppm
1429	L.P.H. 1.1	0.126
1430	L.P.H. 2.1	0.102
1431	L.P.H. 3.1	0.185
1432	L.P.H. 4.1	0.149
1433	L.P.H. 5.1	0.179
1434	L.P.H. 6.1	0.120
1435	L.P.H. 7.1	0.190



Dr. Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Tel.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: lab suelo@lamolina.edu.pe

Fuente. Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes UNALM

ANEXO 24. Análisis de Cl-a de la laguna de Paca del segundo día de muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS – DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
LABORATORIO DE FISILOGÍA VEGETAL



INFORME DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS DE CLOROFILA A EN LAS MUESTRAS DE AGUA.

Solicitante: Sr. Piero González.

Procedencia: Laguna de Paca.

Muestras: Recipientes de plástico de un litro de capacidad, enfriada con hielo.

La determinación de las clorofilas se realizó siguiendo el método espectrofotométrico del extracto acetónico.

Muestras	Ug. Clorofila a / ml	Ug. Clorofila a / Litro
1	0.02591	25.91
2	0.02224	22.24
3	0.02557	25.57
4	0.02616	26.16
5	0.02422	24.22
6	0.02399	23.99
7	0.02519	25.19

La Molina, 09 de Junio de 2019.


Blgo. MSc. Abelardo Calderón Rodríguez,
Jefe del Laboratorio de Fisiología Vegetal
Dpto. Biología – Ciencias – UNALM



Fuente. Laboratorio de fisiología vegetal de la UNALM

ANEXO 25. Análisis de PO4 de la laguna de Paca del segundo día de muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN AGUA

SOLICITANTE : PIERO PAOLO GONZALES CAMPOS
PROCEDENCIA : JUNIN/ JAUJA/ PACA
REFERENCIA : H.R. 68744
BOLETA : 3126
FECHA : 09/09/19

N° LAB	CLAVES	Fosfatos ppm
1835	LPM 01	0.202
1836	LPM 02	0.126
1837	LPM 03	0.232
1838	LPM 04	0.237
1839	LPM 05	0.193
1840	LPM 06	0.132
1841	LPM 07	0.162



Dr. Sady García Benítez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente. Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes UNALM

ANEXO 26. Análisis de Cl-a de la laguna de Paca del tercer día de muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS – DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
LABORATORIO DE FISIOLÓGIA VEGETAL



**INFORME DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS DE CLOROFILA A EN
LAS MUESTRAS DE AGUA.**

Solicitante: Sr. Piero Gonzáles

Procedencia: Laguna de Paca

Muestras: recipientes de plástico de un litro de capacidad, enfiada con hielo.

La determinación de las clorofilas se realizó siguiendo el método espectrofotométrico del extracto acetónico.

Muestras	Ug Clorofila a / ml	Ug. Clorofila a / Litro
1	0.02610	26.10
2	0.02500	25.00
3	0.02690	26.90
4	0.02451	24.51
5	0.02312	23.12
6	0.02601	26.01
7	0.02531	25.31

La Molina 20 Noviembre de 2019


Blgo. MSc. Abelardo Calderón Rodríguez.
Jefe del Laboratorio de Fisiología Vegetal
Dpto. Biología – Ciencias – UNALM



Fuente. Laboratorio de fisiología vegetal de la UNALM

ANEXO 27. Análisis de PO4 de la laguna de Paca del tercer día de muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANÁLISIS ESPECIAL EN AGUA

SOLICITANTE : PIERO PAOLO GONZALES CAMPOS
PROCEDENCIA : JUNIN/ JAUJA/ PACA
REFERENCIA : H.R. 68947
BOLETA : 32186
FECHA : 21/11/19

Nº LAB	CLAVES	Fosfatos ppm
2343	LPM 01	0.138
2344	LPM 02	0.164
2345	LPM 03	0.099
2346	LPM 04	0.193
2347	LPM 05	0.223
2348	LPM 06	0.091
2349	LPM 07	0.111



Dr. Sady García Bendejú
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente. Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes UNALM