UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-a, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y TRANSPARENCIA EN LA LAGUNA YARINACOCHA CON IMÁGENES SATELITALES, UCAYALI 2022

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO

DEYCI ETELVINA MACAHUACHI ROJAS

Pucallpa – Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 170/2023-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:00 a.m. del día lunes 19 de junio del 2023, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N° 053-2023-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Roly Baldoceda Astete	Presidente
Dr. Fernando Velásquez de la Cruz	Miembro
Mg. Julián Robert Pérez Vigilio	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-A, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y TRANSPARENCIA EN LA LAGUNA YARINACOCHA CON IMÁGENES SATELITALES, UCAYALI 2022"**, presentado por los bachilleres **LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO** y **DEYCI ETELVINA MACAHUACHI ROJAS**, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 13:13 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Roly Baldoceda Astete
Presidente

Dr. Fernando Velásquez de la Cruz
Miembro

Mg. Julián Robert Pérez Vigilio
Miembro

ACTA DE APROBACION

La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Roly Baldoceda Astete

Presidente

Dr. Fernando Velásquez de la Cruz

Miembro

Mg. Julián Robert Pérez Vigilio

Miembro

Dr. Gabriel Mercado Jáuregui

Asesor

Bach. Luis Miguel Estrada Abanto

Tesista

Bach. Deyci Etelvina Macahuachi Rojas

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND/OURIGINAL

Nº V/0349-2023.

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-a, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y TRANSPARENCIA EN LA LAGUNA YARINACOCHA CON IMÁGENES SATELITALES, UCAYALI 2022**."

Autor(es)	:	**ESTRADA ABANTO, LUIS MIGUEL**
		MACAHUACHI ROJAS, DEYCI ETELVINA
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**Ing. Ambiental**
Asesor(a)	:	**Dr. Mercado Jauregui, Gabriel**

Presenta un **porcentaje de similitud de 7%** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL,
De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud**, procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.
En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia

Fecha: 12/06/2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Dirección General de Producción Intelectual

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

UByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

" ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA CONCENTRACION DE CLOROFILA-a, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y TRANSPARENCIA EN LA LAGUNA YARINACOCHA CON IMAGENES SATELITALES, UCAYALI 2022"

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: Dr. GABRIEL MERCADO JAUREGUI

En la Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 07 / 07 / 2023

Email: estrada.abanto.luis@gmail.com

Teléfono: 921166507

Firma:

DNI: 73346337

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, DEICI ETELVINA MACAHUACHI ROJAS

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA CONCENTRACION DE CLOROFILA-a, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y TRANSPARENCIA EN LA LAGUNA YARINACOCHA CON IMAGENES SATELITALES, UCAYALI 2022"

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: Dr. GABRIEL MERCADO JAUREGUI

En la Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 07 / 07 / 2023

Email: dcgui.inga@gmail.com
Teléfono: 961886551

Firma:
DNI: 48674482

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo especialmente a Dios, por darnos la vida y salud, y por forjar nuestro camino hacia el crecimiento profesional.

A nuestros padres, familia y amigos, que estuvieron apoyándonos en nuestra formación profesional, especialmente a nuestras madres, por estar siempre apoyándonos incondicionalmente.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por ser nuestra fortaleza en tiempos de adversidad, por guiarnos a lo largo de nuestra formación profesional y permitirnos la vida y la salud.

A la Universidad Nacional de Ucayali y a todos los docentes de la facultad de Ciencias Forestales y Ambientales por las enseñanzas impartidas que nos formaron como profesionales aptos para la sociedad.

Al Dr. Gabriel Mercado Jáuregui, por el asesoramiento y las recomendaciones para el desarrollo y mejora continua de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA vii
AGRADECIMIENTO viii
RESUMEN xv
ABSTRACT xvi
INTRODUCCIÓN 17
CAPITULO I 18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA 18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19
1.2.1. Problema General 19
1.2.2. Problemas específicos 19
1.3. OBJETIVOS 20
1.3.1. Objetivo General 20
1.3.2. Objetivo Específicos 20
CAPITULO II 21
MARCO TEORICO 21
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 21
2.2. PLANTEAMIENTO TEORICO 24
2.2.1. Calidad del agua 24
2.2.2. Organismos fotosintéticos 25
2.2.3. Clorofilas 25
2.2.4. Clorofila-a en el espectro electromagnético 26
2.2.5. Transparencia 27
2.2.6. Solidos suspendidos totales (SST) 28
2.2.7. Fundamentos de la teledetección 29
2.2.8. Firmas espectrales 33
2.2.9. Algoritmos de estimación de variables de calidad del agua 34
2.2.10. Preprocesamiento de la imagen satelital 34
2.2.11. Laguna de Yarinacocha 36
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 42
2.3.1. Reflectividad 42
2.3.2. Radiancia 42

2.3.3. Reflectividad en el techo de la atmosfera (TOA) 42
2.3.4. Nivel digital 42
2.3.5. Sentinel 2a 42
2.3.6. Disco de Secchi (SD) 42
CAPITULO III 43
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION 43
3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 43
3.2. ÁREA DE ESTUDIO 43
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 44
3.3.1. Población 44
3.3.2. Muestra 44
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 45
3.4.1. Técnicas 45
3.4.2. Instrumentos de Recolección de datos 45
3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 46
3.5.1. Selección de los puntos de muestreo de agua (Gabinete) 47
3.5.2. Fecha y hora de la recolección de datos de campo (Gabinete) 49
3.5.3. Procedimientos de la toma de muestras de agua y mediciones in situ (Campo) 49
3.5.4. Adquisición de las imágenes satelitales (Gabinete) 50
3.5.5. Preprocesamiento de las imágenes satelitales (Gabinete) 50
3.5.6. Análisis de las muestras y mediciones tomadas in situ (campo y laboratorio) 54
3.6. TRATAMIENTO DE DATOS 56
3.6.1. Análisis de firmas espectrales 56
3.6.2. Desarrollo de ecuaciones empíricas (Gabinete) 57
3.6.3. Aplicación de las ecuaciones empíricas a la imagen satelital (Gabinete) 58
CAPITULO IV 62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 62
4.1. COMPORTAMIENTO DE LAS FIRMAS ESPECTRALES 62
4.1.1. Reflectividad superficial de las bandas espectrales 62
4.1.2. Resultados de los análisis de laboratorio y campo 62
4.1.3. Análisis de las firmas espectrales 63
4.2. ANALISIS DE LA RELACION DE LOS DATOS DE LAS FIRMAS ESPECTRALES CON LOS DATOS DE CAMPO 69

4.2.1. Comportamiento espacial de la concentración de clorofila-a 69
4.2.2. Comportamiento espacial de la concentración de solidos suspendidos totales 69
4.2.3. Comportamiento espacial de la transparencia (SD) 73
4.3. GENERACION DE MAPAS TEMATICOS 77
4.3.1. Generación de mapa temático para clorofila a. 77
4.3.2. Generación de mapa temático para SST 78
4.3.3. Generación de mapa temático para transparencia (SD) 80
4.4. DISCUSION 81
CAPITULO V 84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 84
5.1. CONCLUSIONES 84
5.2. RECOMENDACIONES 85
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA 86
ANEXOS 91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros de calidad del agua para un cuerpo de categoría 4 (lagunas y lagos) trabajados en la presente investigación 24
Tabla 2 Combinaciones de bandas espectrales y longitudes de onda donde la clorofila a tiene mayor respuesta espectral 27
Tabla 3 Tipos de productos Sentinel 2a 32
Tabla 4 Bandas espectrales de Sentinel 2a 33
Tabla 5 Algoritmos desarrollados por diferentes autores 34
Tabla 6 Aspectos generales de la laguna Yarinacocha 37
Tabla 7 Puntos de muestreo 47
Tabla 8 Resumen de los atributos de la imagen satelital Sentinel 2a 50
Tabla 9 Valores de reflectividad superficial de la imagen satelital 62
Tabla 10 Resultados de los análisis de laboratorio y campo 62
Tabla 11 Parámetros estadísticos de la ecuación empírica de regresión lineal para solidos suspendidos totales (SST) 71
Tabla 12 Parámetros estadísticos de la ecuación empírica de regresión polinómica para solidos suspendidos totales (SST) 72
Tabla 13 Parámetros estadísticos de la ecuación empírica de regresión lineal para transparencia (SD) 75
Tabla 14 Parámetros estadísticos de la ecuación empírica de regresión polinómica para transparencia (SD) 76
Tabla 15 Medida de la Distribución de solidos suspendidos por clases 79
Tabla 16 Medida de la Distribución de la transparencia por clases 81
Tabla 17 Resultados del monitoreo del ANA realizado en julio de 2021 82
Tabla 18 Valores satelitales de SST y transparencia en los puntos de muestreo del ANA definidos en la tabla precedente 82
Tabla 19 Resultados del monitoreo del ANA realizado en julio de 2020 83
Tabla 20 Valores satelitales de SST y transparencia en los puntos de muestreo del ANA definidos en la tabla precedente 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principales tipos de procesos de radiación en la teledetección 29
Figura 2 Principales bandas espectrales dentro del espectro electromagnético 30
Figura 3 Mar el saltón, Imagen recopilada de Landsat 8 en el 2021, muestra diferentes tonalidades influenciadas por el nivel de clorofila 31
Figura 4 Laguna de Yarinacocha, antiguo brazo del río Ucayali 37
Figura 5 Mapa de la batimetría de la laguna Yarinacocha 39
Figura 6 Mapa de ubicación de la laguna Yarinacocha 44
Figura 7 Proceso metodológico 46
Figura 8 Ubicación de los puntos de muestreo 48
Figura 9 Extracción de valores de reflectividad de las bandas espectrales mediante Extract Multi Values Points de ArcGIS 10.8 54
Figura 10 Aplicación de la ecuación empírica a la imagen satelital mediante Band Math 59
Figura 11 Selección de rango de valores de los pixeles del ráster para cuerpos de agua 59
Figura 12 Creación de mascara para generar ráster para cuerpos de agua 60
Figura 13 Aplicación de mascara para generar ráster para cuerpos de agua 60
Figura 14 Clasificación de rangos de las clases para SST 61
Figura 15 Comportamiento de firmas espectrales en cada punto de muestreo realizado en el software QGIS 63
Figura 16 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_01 64
Figura 17 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_02 realizado en software QGIS 65
Figura 18 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_03 realizado en el software QGIS 65
Figura 19 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_04 realizado en el software QGIS 66
Figura 20 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_05 realizado en el software QGIS 66
Figura 21 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_06 realizado en el software QGIS 67

Figura 22 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_07 realizado en el software QGIS 67
Figura 23 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_08 realizado en el software QGIS 68
Figura 24 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_09 realizado en el software QGIS 68
Figura 25 Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_10 realizado en el software QGIS 69
Figura 26 Valor atípico de la regresión lineal de SST y reflectividad superficial realizado en el software Excel 70
Figura 27 Gráfico de dispersión de la regresión lineal para solidos suspendidos totales (SST) realizado en el software Excel 72
Figura 28 Gráfico de dispersión de la regresión polinómica para solidos suspendidos totales (SST) realizado en el software Excel 73
Figura 29 Valor atípico de la regresión lineal de transparencia y reflectividad superficial realizado en el software Excel 74
Figura 30 Gráfico de dispersión de la regresión lineal para transparencia (SD) realizado en el software Excel 76
Figura 31 Gráfico de dispersión de la regresión polinómica para transparencia (SD) realizado en el software Excel 77
Figura 32 Mapa de comportamiento espacial de la transparencia en la laguna Yarinacocha 79
Figura 33 Mapa de comportamiento espacial de la transparencia en la laguna Yarinacocha 80

RESUMEN

La contaminación de la laguna Yarinacocha se ha incrementado en estos últimos años debido al vertimiento de agua servidas y residuos sólidos en la laguna y sus afluentes; siendo imperativo el desarrollo de metodologías que permitan monitorear el avance de la contaminación a través de parámetros de calidad del agua. Asimismo, en la presente investigación, se utilizaron imágenes satelitales y observaciones in situ para desarrollar ecuaciones empíricas o algoritmos que permitan obtener información sobre los valores de los parámetros estudiados. Las observaciones in situ se llevaron a cabo durante la temporada de vaciante a principios del mes de setiembre de 2022. El objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento espacial de la concentración de clorofila-a, solidos suspendidos totales y transparencia para comprender mejor la distribución de los valores de estos parámetros en toda la laguna. El método utilizado consistió en analizar las firmas espectrales, realizar regresiones y correlaciones entre los valores de los parámetros de calidad del agua y la reflectividad superficial obtenida de las imágenes satelitales de Sentinel 2a. Se utilizó el método de Chávez o sustracción de objetos oscuros para las correcciones atmosféricas de las imágenes satelitales de Sentinel 2a. En cuanto a los resultados, para el caso de clorofila-a, no fue posible desarrollar una ecuación empírica debido a la concentración de dicho parámetro en la laguna no supera el límite de detección del método utilizado para su análisis en laboratorio; para el caso de solidos suspendidos totales, se tiene una ecuación empírica polinómica de segundo grado que involucra la relación de bandas B5/B2 con R^2= 0.99; por último, para transparencia, se tiene un modelo tribanda, que involucra las siguiente relación de bandas: B4 - ½ (B11 + R2) con R^2 = 0.98. Asimismo, se realizó la comparación con el ECA-agua de la normativa peruana vigente, encontrándose que, para SST, el 10.4% de la laguna supera los 25 mg/l de concentración, superando lo establecido por el ECA-agua; para clorofila-a, de acuerdo con los puntos muestreados, está por debajo de lo establecido en el ECA-agua. En conclusión, las imágenes satelitales junto a datos in situ mejoran la comprensión del comportamiento de los parámetros de calidad del agua trabajados en la presente investigación.

Palabras claves: Imágenes satelitales, parámetros, ecuación empírica, muestreo.

ABSTRACT

The pollution of Yarinacocha lagoon has increased in recent years due to the discharge of wastewater and solid waste into the lagoon and its tributaries. It is imperative to develop methodologies that allow monitoring the progression of pollution through water quality parameters. Additionally, in this research, satellite images and in-situ observations were used to develop empirical equations or algorithms that provide information about the values of the studied parameters. The in-situ observations were carried out during the low water season in early September 2022. The objective of this study was to analyze the spatial behavior of chlorophyll-a concentration, total suspended solids, and transparency to better understand the distribution of these parameters throughout the lagoon. The method used involved analyzing spectral signatures, performing regressions and correlations between water quality parameter values and surface reflectance obtained from Sentinel-2a satellite images. The Chavez method or dark object subtraction was used for atmospheric corrections of the Sentinel-2a satellite images. Regarding the results, it was not possible to develop an empirical equation for chlorophyll-a due to its concentration in the lagoon not exceeding the detection limit of the laboratory analysis method. For total suspended solids, a second-degree polynomial empirical equation was obtained involving the B5/B2 band ratio with an R^2 of 0.99. Finally, for transparency, a three-band model was established involving the following band relationship: B4 - ½ (B11 + R2) with an R^2 of 0.98. Furthermore, a comparison was made with the water quality standard (ECA-agua) established by the current Peruvian regulations. It was found that 10.4% of the lagoon exceeds the concentration of 25 mg/L for total suspended solids, surpassing the limit set by the ECA-agua. Regarding chlorophyll-a, according to the sampled points, it is below the limit established by the ECA-agua. In conclusion, satellite images combined with in-situ data enhance the understanding of the behavior of the studied water quality parameters in this research.

Key words: Satellite images, parameters, empirical equation, sampling.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas ambientales de la laguna Yarinacocha es causado por fuentes antrópicas, debido al vertimiento de aguas servidas y por el desarrollo de actividades económicas tanto dentro como fuera de la laguna, lo cual deteriora su calidad. Según el monitoreo realizado por la Autoridad Nacional del Agua (2021), se determinó que la laguna Yarinacocha se encuentran en estado eutrófico. Por lo tanto, es de suma importancia realizar un seguimiento de los cambios que experimenta este importante balneario de la amazonia peruana, para que las autoridades competentes y la población circundante puedan tomar acciones frente a esta problemática.

Con las tecnologías actuales, es posible monitorear ciertos parámetros de calidad del agua a mediante sensores remotos que van a bordo de diferentes satélites que están disponibles actualmente. Sin embargo, se requiere de observaciones in situ para determinar los valores de los parámetros en todo el cuerpo de agua. Esto es posible debido a que la reflectividad superficial del agua está en función de las características o composición del cuerpo de agua.

El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento espacial de la concentración de clorofila-a, solidos suspendidos totales y transparencia en la laguna Yarinacocha con imágenes satelitales. Para tal fin, se correlaciona las observaciones in situ con la reflectividad superficial de las imágenes satelitales de Sentinel 2a, y se desarrollan ecuaciones empíricas adecuadas para aplicar a las imágenes satelitales y obtener información detallada sobre los valores de los parámetros estudiados, como la clorofila a, los sólidos suspendidos totales y la transparencia en toda la laguna Yarinacocha. Asimismo, se realiza las comparaciones de los parámetros estudiados con los Estándares de Calidad del Agua de la normativa peruana vigente.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La laguna Yarinacocha es el primer e importante balneario de la amazonia peruana. Esta laguna en los últimos años es afectada principalmente por la contaminación por fuentes antrópicas debido al vertimiento de aguas servidas y por el desarrollo de actividades económicas dentro y fuera de la laguna, deteriorando su calidad, disponibilidad y la vida acuática que alberga.

La contaminación por vertimiento de aguas servidas es una de las causas principales de la eutrofización por el alto contenido de nutrientes, y para conocer el estado de la calidad del agua a través de monitoreo de algunas variables de calidad del agua de manera periódica y habitual para la toma de decisiones oportunas de remediación representaría costos muy elevados. Sin embargo, es posible estimar los valores de algunas las variables de calidad del agua con datos satelitales en cuerpos de aguas oceánicas y continentales, ya que actualmente nos podemos apoyar de la teledetección para estudiar objetos o cuerpos a distancia con una precisión aceptable que implicaría costos menores e información detallada, ya que el acceso de imágenes satelitales del Sentinel 2a es gratuito.

Según Ramirez *et al*. (2021), las imágenes de satélite pueden contribuir al monitoreo de calidad de cuerpos de agua mediante la estimación de diferentes parámetros como la concentración de clorofila-a, la temperatura superficial del cuerpo de agua, coeficiente de atenuación difusa, concentración de calcita, carbono orgánico particulado y otros.

Según Marín (2012), en un estudio realizado en la laguna Yarinacocha menciona que por el alto nivel de contaminación y la concentración de microorganismos fuera de los estándares nacionales, estas aguas no son aptas para el uso recreacional.

Sin embargo, de acuerdo a la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural Nº 056-2018-

ANA clasifica a La laguna Yarinacocha como categoría 4 E1, de uso para conservación del ambiente acuático (Autoridad Nacional del Agua, 2018a).

Es por ello la importancia de hacer posible el seguimiento satelital del comportamiento espacial de algunos parámetros de calidad como clorofila-a, solidos suspendidos totales y transparencia (SD).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es el comportamiento espacial de la concentración de clorofila-a, solidos suspendidos totales y transparencia en la laguna Yarinacocha con imágenes satelitales?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el comportamiento de las firmas espectrales obtenidas en cada punto de muestreo realizado en la laguna Yarinacocha?

- ¿Cómo se relacionan los datos de las firmas espectrales obtenidas de las imágenes satelitales con la concentración de clorofila-a, sólidos suspendidos totales y transparencia de los puntos muestreados en la laguna Yarinacocha?

- ¿Cómo se pueden procesar las imágenes satelitales mediante técnicas de teledetección para obtener mapas temáticos de la concentración de clorofila-a, sólidos suspendidos totales y transparencia de la laguna Yarinacocha?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Analizar el comportamiento espacial de la concentración de clorofila-a, solidos suspendidos totales y transparencia en la laguna Yarinacocha con imágenes satelitales.

1.3.2. Objetivo Específicos

- Analizar el comportamiento de las firmas espectrales obtenidas de las imágenes satelitales en cada punto de muestreo realizado en la laguna Yarinacocha.

- Analizar la relación de los datos de las firmas espectrales obtenidas de las imágenes satelitales con la concentración de clorofila-a, sólidos suspendidos totales y transparencia de los puntos muestreados en la laguna Yarinacocha.

- Procesar las imágenes satelitales mediante técnicas de teledetección para obtener mapas temáticos de la concentración de clorofila-a, sólidos suspendidos totales y transparencia de la laguna Yarinacocha.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

A nivel internacional

Briceño *et al.* (2018), en Chile, realizaron un estudio titulado: "*Determinación de calidad de agua en el Lago Vichuquén, con imágenes de satélite Landsat 8, sensor OLI*, la cual tuvo como objetivo emplear la teledetección como herramienta complementaria para investigar la distribución espacial y la dinámica de los parámetros de calidad de agua del Lago Vichuquén durante dos temporadas del año 2016. Esto se realizó utilizando dos imágenes de satélite del sensor OLI de Landsat 8, junto con datos obtenidos in situ y en laboratorio. Se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple para estimar los parámetros de calidad del agua. Los resultados indicaron que el estado trófico del lago Vichuquén fue eutrófico en verano y mesotrófico en otoño. Asimismo, los análisis de laboratorio revelaron que, para la temporada de verano y otoño, los datos de la Chl-a oscilan entre los 14,1 y 5,5 µg/l y para la transparencia (SD) entre los 3,7 y 2,5 m respectivamente. Se encontró que el aumento en los niveles de eutrofización del Lago Vichuquén se ve influenciado principalmente por la estacionalidad y, en segundo lugar, por los diferentes usos de suelo.

Urrego *et al.* (2018), en España, se realizó el siguiente estudio: "*Monitoreo ecológico multitemporal de la Albufera de Valencia con imágenes Sentinel 2"*, cuyo objetivo principal fue validar un algoritmo previamente calibrado para esta zona con el objetivo de generar un método operativo capaz de realizar el estudio de la evolución temporal y espacial de la Clorofila-a en la Albufera de Valencia utilizando imágenes de los satélites Sentinel 2. El estudio se llevó a cabo con imágenes tomadas sobre la Albufera de valencia entre 2016 y 2017 corregidas atmosféricamente. Por otro lado, los resultados de la validación (r2=0.6) obtenidos al aplicar una relación lineal entre los datos de campo y los estimados, muestran la validez del algoritmo utilizado. Asimismo, se muestran mapas de concentración de clorofila-a, en los cuales se observan la variación de la evolución temporal de dicho parámetro, la cual sigue un patrón bimodal en la zona de estudio.

Delegido *et al.* (2019), en España, realizaron un estudio titulado: "*Turbidez y profundidad de disco de Secchi con Sentinel 2 en embalses con diferente estado trófico en la Comunidad Valenciana"*, cuyo objetivo principal fue crear un método operativo para generar mapas de transparencia (SD) y turbidez utilizando imágenes Sentinel 2 de los embalses de la comunidad Valenciana. En este trabajo, se calibraron diferentes índices y bandas utilizando datos de campo recopilados durante 2017 y 2018 en los embalses de la cuenca del Júcar, con el fin de estimar la transparencia a partir de las imágenes de Sentinel 2. Se encontró que las imágenes corregidas con Polymer y utilizando un ajuste potencial del cociente de reflectividades de las bandas azul y verde (490/R560) presentaron el menor error relativo del 13%. El método C2X también mostró un buen ajuste con el mismo cociente de bandas, aunque con un error mayor, mientras que la corrección C2RCC presentó la peor correlación. Además, se estableció la relación entre la transparencia (SD) y la turbidez (en NTU), lo que proporciona un método operativo para estimar la turbidez utilizando imágenes de Sentinel 2. También se mostró la relación entre la transparencia (SD) y la concentración de clorofila-a, sólidos en suspensión y materia orgánica disuelta en diferentes embalses.

A nivel nacional

Ayala y Herrera (2019), llevaron a cabo un estudio en la Región Junín que se tituló: "*Monitoreo de la calidad del agua del lago Chinchaycocha*" mediante técnicas de teledetección espacial, cuyo objetivo principal del estudio fue desarrollar ecuaciones empíricas para estimar tres variables de calidad del agua (Chl-a, SST y transparencia) utilizando muestras tomadas del lago Chinchaycocha. Este lago presenta características hipertróficas debido a la influencia de los desechos de la población, la actividad turística y la actividad minera. Los resultados obtenidos incluyeron ecuaciones empíricas para estimar la clorofila a partir de la relación entre los valores de reflectividad utilizando el método de Chávez y las bandas 3 y 5 del sensor OLI del satélite Landsat 8. Además, se determinó la transparencia mediante el Disco de Secchi, considerando la influencia de las bandas 3 y 4, y las partículas totales suspendidas a partir de la influencia en la banda 5. Estos resultados se presentaron en forma de mapas que muestran los valores de los parámetros de calidad del agua en el lago Chinchaycocha.

Ramirez *et al*. (2021), llevaron a cabo un estudio titulado "*Estimación de la concentración de clorofila a en la superficie de la bahía de Sechura utilizando datos de imágenes de Landsat 8"*, cuyo objetivo fue implementar los algoritmos OC3 y OC2 para estimar la Concentración de Clorofila a (Chl-a) utilizando datos de imágenes del satélite Landsat 8. En dicho estudio, se validó el modelo de corrección atmosférica LaSRC (Landsat 8 Surface reflectance code) utilizando mediciones in situ de la reflectividad de la superficie del agua registradas con un espectrorradiómetro en el área de cultivo de conchas de abanico en la bahía de Sechura. Esta validación arrojó un coeficiente de correlación lineal de R=95.1% y un error cuadrático medio (RMSE) de 0.0095, lo que indica una buena concordancia entre los datos estimados y los medidos. Además, se realizó una comparación de las concentraciones de clorofila a (CCA) derivadas de los algoritmos OC2 y OC3, obteniendo un RMSE de 0.145 mg/m3 y un coeficiente de correlación de R=99%. Estos resultados indican que el algoritmo OC3 tiene una mayor capacidad para distinguir diferencias en la concentración de clorofila a en comparación con el algoritmo OC2. En resumen, este estudio demuestra la eficacia de los algoritmos implementados y destaca la superioridad del algoritmo OC3 en la estimación de la concentración de clorofila a en la bahía de Sechura

Quezada (2020), llevó a cabo un estudio en la Región Ucayali titulado "*Uso de Imágenes Satelitales para Determinar los Parámetros de Calidad del Agua en los Ríos Amazónicos Neshuya y Aguaytia–Perú"*, cuyo objetivo principal de este estudio fue Demostrar que el uso de imágenes satelitales permite estimar los valores de calidad del agua de los ríos Amazónicos. En ese estudio se utilizó la reflectividad de las imágenes en las bandas B1, B2, B3 y B4 para realizar la correlación y la regresión de los datos de los parámetros de Carbono Orgánico Total (TOC), Oxígeno Químico Demandado (COD) y Oxígeno Bioquímico Demandado (BOD), Índice de Permanganato (CODmn) y Nitrógeno amoniacal (NH3-N). Posteriormente, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) que determinaron la significancia de los datos. Los resultados del estudio concluyeron que el uso de imágenes satelitales es un método alternativo para estimar los datos de calidad del agua en los ríos amazónicos. Este enfoque permitió estimar los valores de calidad del agua en los ríos Aguaytia y Neshuya.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

2.2.1. Calidad del agua

La calidad del agua es esencial para determinar si es adecuada para un uso específico. Los científicos, con el objetivo de evaluar su idoneidad, llevan a cabo mediciones y análisis de diversas características del agua, tales como temperatura, contenido de minerales disueltos y presencia de bacterias. Posteriormente, estas características se comparan con estándares y pautas establecidas, en busca de determinar si el agua cumple con los requisitos necesarios para ser utilizada en una determinada actividad (Servicio Geológico de Estados Unidos [USGS], 2001).

En el Perú, se lleva a cabo una evaluación de la calidad del agua mediante la comparación de los resultados de diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos con los valores establecidos en el ECA-Agua según la categoría correspondiente del cuerpo de agua superficial. Esta evaluación determina si el agua cumple o no con los estándares establecidos, identificando específicamente los parámetros críticos y su concentración correspondiente (Autoridad Nacional del Agua, 2018b). Asimismo, algunos de los parámetros de calidad del agua para un cuerpo de agua de la categoría 4 E1 (Lagunas) de acuerdo con el DS Nº004-2017-MINAN (que aprueba los estándares de calidad) y que son objeto de estudio en la presente investigación son las siguientes:

Tabla 1

Parámetros de calidad del agua para un cuerpo de categoría 4 (lagunas y lagos) trabajados en la presente investigación

CATEGORIA 4		
Parámetros	**Unidad de medida**	**E1: Lagunas y Lagos**
Clorofila A	mg/L	0.008
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25

Nota. Fuente: DS Nº004-2017-MINAM.

2.2.2. Organismos fotosintéticos

Dentro de los organismos fotosintéticos, se encuentra el fitoplancton que está presente en todos los cuerpos de agua del planeta y son el principio de la cadena alimenticia. Asimismo, corresponde al grupo de algas y cianobacterias presente en los sistemas acuáticos, los que contribuyen a la producción primaria de dichos sistemas mediante la fotosíntesis (Arrigo, 2005, como se citó en Oliveros, 2014). Además, el fitoplancton contribuye a la oxigenación de los cuerpos de agua al producir oxígeno como producto residual de la fotosíntesis. Los grupos del fitoplancton tienen muy pocas características en común, se destaca La presencia de la clorofila-a como el pigmento responsable de la fotosíntesis (Arocena, 2016). Las algas son otro tipo de organismo fotosintético que contienen clorofila y por ello la gran mayoría son de color verde. Las algas fotosintéticas habitan en toda la profundidad de la zona luminosa de las grandes masas de agua; asimismo, la clorofila a y los pigmentos secundarios que intervienen en la fotosíntesis son los que definen los colores característicos de las algas (Brock *et al.* 2005, como se citó en Oliveros, 2014).

2.2.3. Clorofilas

Las clorofilas de las plantas superiores, helechos, musgos y algas verdes, así como del organismo procariota Prochloron, constan de clorofila a como pigmento principal y de clorofila b como pigmento accesorio. Ambas clorofilas son componentes genuinos de las membranas fotosintéticas y se presentan en una proporción (a/b) de aproximadamente 3 a 1; asimismo, se encontraron cantidades menores de una clorofila adicional (a'), lo cual se trata de un epímero C-10 de la clorofila a y actualmente se considera que el dímero a' es idéntico al centro de reacción de la clorofila P-700 del fotosistema fotosintético I (Lichtenthaler, 1987).

Clorofila a

El compuesto de mayor presencia en los organismos fotosintéticos es la clorofila-a, por consiguiente, tiene una relación directa con la cantidad de

biomasa vegetal, permitiendo establecer el estado de deterioro o estabilidad del ecosistema (Preciado y Silva, 2015).

Según Sobrino (2015) la clorofila-a es el pigmento fotosintético primario de todos los organismos fotosintetizadores que generan oxígeno y se puede encontrar en todas las algas, salvo de algunas bacterias fotosintéticas. Por otro lado, el parámetro más utilizado para establecer el nivel de eutrofización en los cuerpos de agua es la concentración de clorofila a, ya que se relaciona con la cantidad de biomasa total del fitoplancton, debido a que es el principal pigmento fotosintético existente en las algas.

2.2.4. Clorofila-a en el espectro electromagnético

la Clorofila-a es un indicador de brote de algas nocivas como el fitoplancton y cianobacterias: ficocianina, ficoeritrina. Las floraciones de algas, que a menudo son provocados por fenómenos de eutrofización en cuerpos de agua dulce, tienen relación directa con la concentración de la clorofila tipo a, debido a que es esencial para el desarrollo de la fotosíntesis. La clorofila a, aunque refleja principalmente en la región espectral del verde, absorbe la mayor parte de la energía proveniente de las longitudes de onda de la luz azul, violeta y naranja-roja, cuya reflectividad permite que la clorofila se pueda observar de color verde (Gitelson, 2008, como se citó en Organización de las Naciones Unidas [ONU], s.f.).

Las características de absorción de dispersión más notorios de la Chl-a incluyen una absorción fuerte entre 450 - 475 nm (azul) y a 670 nm (rojo), y la reflectividad alcanza el pico a 550 nm (verde) y cerca de 700 nm (NIR), la reflectividad pico cerca de 700 nm y su relación con la reflectividad a 670 nm se han empleado para generar una variedad de algoritmos que facilita cartografiar la Chl-a en aguas turbias (Gitelson, 2008, como se citó en Organización de las Naciones Unidas [ONU], s.f.).

En la tabla 2 se muestras algunas combinaciones de bandas espectrales y longitudes de onda en donde la clorofila-a tiene mayor respuesta espectral:

Tabla 2

Combinaciones de bandas espectrales y longitudes de onda donde la clorofila a tiene mayor respuesta espectral

Combinación de bandas espectrales	sensor
• Ratio between green (0.50 – 0.60 µm) and red (0.60 – 0.70) µm	• Landsat 5 TM. Landsat 5 MSS, Landsat 7 ETM+, SPOT, IRS LISS-III
• Ratio between near infrared (NIR) and red	• Landsat 5 TM, HICO, PROBA CHRIS, MODIS, MERIS, ALSA
• Ratio between green and blue (B2/B1)	• Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, MERIS, PROBA-CHRIS, EO-1 Hyperion
• Ratio between blue (0.40 – 0.50 µm) and red (0.60 – 0.70 µm)	• Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+
• Blue (0.40 – 0.50 µm	• Landsat 5 TM
• Red (0.60 – 0.70 µm)	• PROBA CHRIS, Landsat 5 TM, CASI
• Green (0.50 – 0.60 µm)	• Landsat 5 TM

Nota. Fuente: ONU (s.f.).

2.2.5. Transparencia

La transparencia, como medida de la profundidad mediante el disco de Secchi, y determinada a partir de reflectividades obtenidas a partir de técnicas de teledetección, muestra variaciones en la concentración de partículas gruesas. Sin embargo, es un indicador confiable de las condiciones tróficas (abundancia algal), a excepción de los cuerpos de aguas con abundante materia orgánica disuelta coloreada (CDOM), baja concentración de clorofila a y en cuerpos de agua con turbidez no algal (como arcilla, partículas inorgánicas o carbonato cálcico) (Brezonik *et al.*, 2005, como se citó en Soria *et al*., 2017b).

De acuerdo con Mobley (1999), la transparencia del agua puede medirse a través de diferentes técnicas, como la medición de la profundidad del disco de Secchi, la espectroscopia de reflectancia y la radiometría submarina. También señala que la transparencia del agua puede variar según la calidad del agua, la concentración de materia orgánica, la presencia de sedimentos y la temperatura del agua.

2.2.6. Solidos suspendidos totales (SST)

Los SST están construidos por sólidos en suspensión, solidos sedimentables y solidos coloidales, cuya medida de partícula no atraviesa el filtro convencional de fibra de vidrio (Ramos *et al.,* 2003).

Los SST están estrechamente relacionados con la turbidez y el color del agua, y obedece también a la dinámica de los ríos, en cuanto al tipo de material del lecho y el clima de la región (precipitación). Valores elevados de SST (>1000 mg L-1) pueden tener un impacto negativo en la penetración de la luz, limitando el desarrollo de la vida acuática, así como es posible que transporte sustancias tóxicas o perjudiciales cuando están presente partículas pequeñas (< 63 µm) (Kulkarni, 2011, como se citó en Ruiz, 2017)

En ambientes de baja turbulencia, como embalses, lagos, ciénagas, los sólidos suspendidos encuentran condiciones favorables para depositarse y de esta manera el lecho de estas zonas son el destino final de estos sólidos. Este depósito puede obstaculizar la transferencia de oxígeno y causar la muerte de los organismos sepultados bajo esta capa (Ruiz, 2017).

Mediante el uso de los sensores remotos, es posible obtener mediciones de la radiación solar reflejada por los cuerpos de agua en diferentes longitudes de onda, lo que posibilita establecer una relación entre dicha información y algunos de los parámetros de calidad de agua que se miden de manera tradicional. Lo mencionado previamente es posible debido a que las propiedades ópticas o de reflectividad del agua dependen de la características y concentración de la materia orgánica disuelta, los

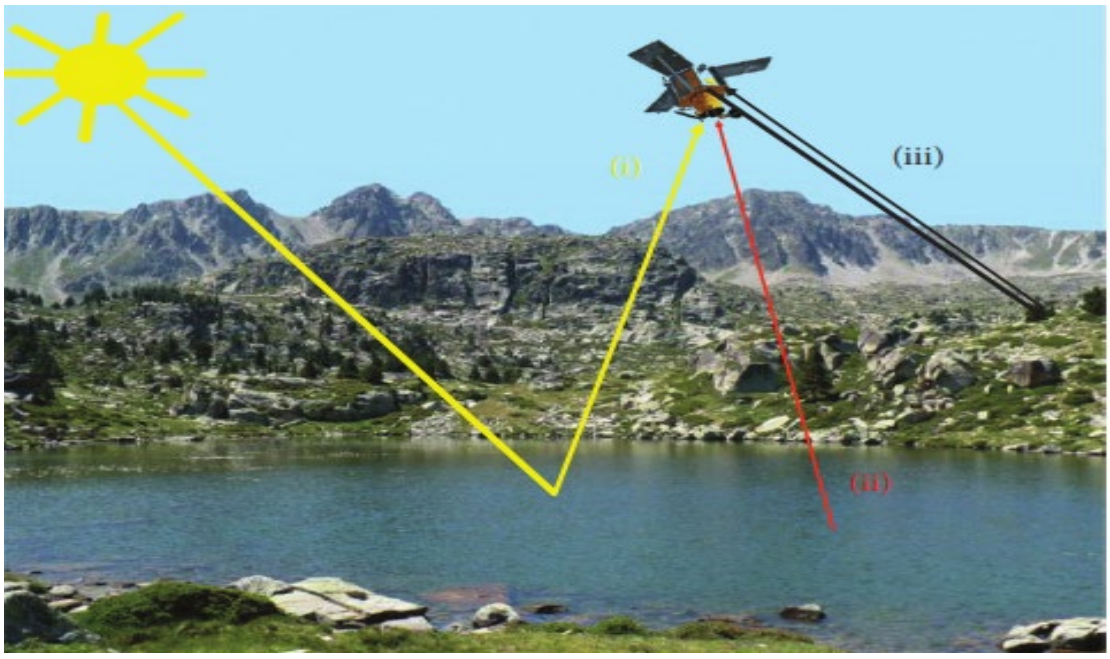
sedimentos suspendidos y el fitoplancton existente en esta (Kulkarni, 2011, como se citó en Gomez y Dalence, 2015)

2.2.7. Fundamentos de la teledetección

La teledetección significa que algo se detecta de forma remota, esto implica que existe una cierta interacción entre el objeto y el sensor que capta al primero. Asimismo, tanto la energía reflejada como la emitida por un cuerpo en la superficie están estrechamente relacionadas con sus propiedades químicas, biológicas y físicas con la que se puede derivar información crítica sobre las propiedades de los suelos, el hielo, la nieve, el agua, la vegetación, las rocas, etc. Por lo tanto, en la teledetección, podemos considerar tres formas de detectar información sobre un objeto: por reflexión, por emisión y por emisión - reflexión combinada (Figura 1) (Chuvieco, 2016).

Figura 1

Principales tipos de procesos de radiación en la teledetección



Nota. (i) reflexión, (ii) emisión y (iii) emisión-reflexión. Fuente: (Chuvieco, 2016)

Espectro electromagnético

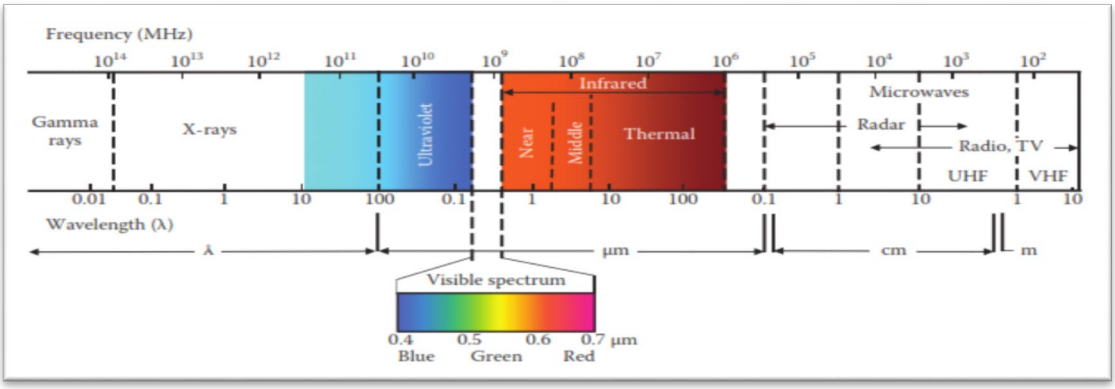
Dado que las fuentes de radiación son muy diversas, las radiaciones EM varían desde longitudes de onda muy pequeñas hasta longitudes de onda muy largas, y se pueden clasificarlas en ciertos grupos de longitudes de onda

de frecuencias que finalmente se organizan en el llamado espectro EM como se muestra en la figura 2. En dicho EM Incluye un rango continuo de longitudes de onda o frecuencias, pero comúnmente se identifican varias regiones o bandas espectrales, con propiedades de radiación particulares (Chuvieco, 2016).

Las regiones espectrales más utilizadas en la observación por teledetección son las siguientes: La región VIS (0,4–0,7 µm) que es el espectro visible y se puede dividir en azul (0,4–0,5 µm), verde (0,5–0,6 µm) y rojo (0,6–0,7 µm); La región NIR (0,7–1,2 µm), La región del infrarrojo medio (MIR, 1,2–8 µm), la región del infrarrojo térmico (TIR de 8 a 14 µm) y la región de microondas (MW) (Chuvieco, 2016).

Figura 2

Principales bandas espectrales dentro del espectro electromagnético



Nota. Fuente: Chuvieco (2016).

El agua en el espectro solar

Las masas de agua y las superficies acuáticas absorben o transmiten la mayor parte de la radiación que reciben. En general, cuanto mayor es la longitud de onda, mayor es la absorción, por lo que la firma espectral de las masas de agua muestra reflectividades decrecientes con el aumento de las longitudes de onda. La mayor reflectividad del agua clara tiene lugar en la banda azul, y se produce un descenso gradual hacia las regiones NIR y SWIR, donde los valores de reflectividad se aproximan a cero. Por esta razón, en general es sencillo reconocer espectralmente las masas de agua en las imágenes de teledetección, ya que su aspecto es muy diferente al del

suelo o la vegetación. Asimismo, La variación de las propiedades ópticas del agua es más fácilmente detectable en las longitudes de onda más cortas (azul y verde) y está relacionada con las diferencias en la profundidad del agua, el contenido de clorofila, las partículas disueltas y la rugosidad de la superficie (Chuvieco, 2016).

la reflectividad aumenta con el contenido de sedimentos en todas las bandas visibles (bandas azul, verde y roja), aunque la cantidad de aumento depende de los diámetros de las partículas de sedimentos (Bhargava y Mariam, 1990, como se citó en Chuvieco, 2016). La reflectividad también aumenta con el incremento de las concentraciones de algas. La profundidad del agua influye directamente en la contribución de la reflectividad de las materias de la capa inferior del agua. La composición del agua también influye en las propiedades de la reflectividad, y varios estudios han demostrado que el contenido de clorofila del agua puede mapearse a partir de sensores espaciales. A medida que aumentan los niveles de clorofila en el agua, la reflectividad disminuye en la banda azul (Chuvieco, 2016).

Figura 3

Mar el saltón, Imagen recopilada de Landsat 8 en el 2021, muestra diferentes tonalidades influenciadas por el nivel de clorofila



Nota. Fuente: Extraída de https://oceancolor.gsfc.nasa.gov).

Teledetección en sistemas acuáticos

Las mediciones de la penetración de la radiación solar en el agua y los estudios sobre la óptica de los sistemas acuáticos se relacionan tradicionalmente en su mayoría con la evaluación de la energía disponible para la fotosíntesis, las respuestas del fitoplancton a diferentes intensidades de luz y también con el uso de la luz emitida por fluorescencia para medir la concentración de clorofila. En teledetección, la tecnología utiliza la luz reflejada por la superficie de un cuerpo de agua para medir y clasificar la reflectividad, debido a su composición. Los sensores ubicados en los satélites miden esta reflectividad después de las correcciones (por ejemplo, corrigiendo la reflectividad producida por los aerosoles). Los sensores producen imágenes de propiedades ópticas que son de gran utilidad para clasificar lagos, embalses o ríos y permiten detectar impactos de usos de la cuenca hídrica en estos sistemas. Las mediciones de esta reflectividad también deben ir acompañadas de mediciones en tierra de variables físicas, químicas y biológicas al mismo tiempo que pasa el satélite (Galizia y Matsumura, 2012).

Datos del Satélite Sentinel 2a

Los productos Sentinel-2 disponibles para los usuarios se enumeran en la tabla de tipos de productos (European Space Agency, s.f.).

Tabla 3

Tipos de productos Sentinel 2a

NOMBRE	DESCRIPCION DE ALTO NIVEL	PRODUCCION Y DISTRIBUCION	VOLUMEN DE DATOS
Nivel-1C	Reflectancias en la parte superior de la atmósfera en geometría cartográfica	Generación sistemática y distribución en línea	~600MB (cada 100km x 100km)
Nivel-2A	Reflectancias del fondo de la atmósfera en geometría cartográfica	Sistemático y del lado del usuario (usando Sentinel-2 Toolbox)	~800MB (cada 100km x 100km)

Nota. Fuente: Obtenido de https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products.

Las bandas espectrales y su respectiva longitud de onda de describen a continuación:

Tabla 4

Bandas espectrales de Sentinel 2a

Banda	Resolución	Longitud de onda central	Ancho de banda	Descripción
B1	60m	443nm	20nm	Ultra azul (costa y aerosol)
B2	10m	490nm	65nm	Azul
B3	10m	560nm	35nm	Verde
B4	10m	665nm	30nm	Rojo
B5	20m	705nm	15nm	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)
B6	20m	740nm	15nm	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)
B7	20m	783nm	20nm	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)
B8	10m	842nm	115nm	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)
B8A	20m	865nm	20nm	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)
B9	60m	940nm	20nm	Onda corta infrarrojo (SWIR)
B10	60m	1375nm	30nm	Onda corta infrarrojo (SWIR)
B11	20m	1610nm	90nm	Onda corta infrarrojo (SWIR)
B12	20m	2190nm	180nm	Onda corta infrarrojo (SWIR)

Nota. Fuente: European Space Agency (2015).

2.2.8. Firmas espectrales

El modo peculiar con el que una determinada superficie refleja o emite energía a diferentes longitudes de onda se ha denominado frecuentemente como firma espectral y resulta la base para discriminar dicha superficie de otras a partir de observación remota. Las firmas espectrales son fundamentales para reconocer superficies de interés, o parámetros dentro de esas superficies (turbidez en el agua o clorofila en la vegetación, por ejemplo), y se puede obtener de una imagen satelital con la debida resolución espectral (Chuvieco, 2008).

2.2.9. Algoritmos de estimación de variables de calidad del agua

Algunos de los algoritmos o ecuaciones empíricas de estimación de variables de calidad de agua se describen en la tabla 5, donde se incluye bandas espectrales de los satélites Sentinel 2a, Landsat 7 y Landsat 8.

Tabla 5

Algoritmos desarrollados por diferentes autores

AUTOR	VARIABLES	TM BANDA	R2
Doña *et al.* (2014)		TM2/TM4 (landsat 7)	0.96
Ayala y Herrera (2019)	Chl_a (mg/m3)	a+b.OLI3+c.OLI5 (landsat 8)	0.77
Delegido *et al* (2016)		(B5 – B4)/(B5 + B4) (Sentinel 2a)	0.743
Doña *et al.* (2014)	TSS (mg/L)	TM4 (landsat 7)	0.91
Ayala y Herrera (2019)		a+b.OLI5 (landsat 8)	0.69
Doña *et al.* (2014)		TM2 (landsat 7)	0.92
Ayala y Herrera (2019)	SD (m)	a+b.OLI3+c.OLI4 (landsat 8)	0.81
Delegido *et al* (2016)		B5 - ½ (B6 + B2) (Sentinel 2a)	0.819

Nota. a y b son coeficientes de regresión, TM es el sensor del satélite Landsat 5 y OLI sensor del satélite Landsat 8, y R2 coeficiente de determinación.

2.2.10. Preprocesamiento de la imagen satelital

a) Corrección de imagen satelital

Se refiere a los procesos que tienden a remover cualquier anomalía encontrada en la imagen, ya sea en su ubicación o en los Niveles Digitales de los pixeles que la conforman. Estas operaciones buscan organizar los datos en la forma más cercana posible a una captura idónea (Chuvieco, 1995)

a.1) Correcciones Radiométricas

Consiste en una serie de operaciones destinadas a mejorar las propiedades radiométricas de una imagen, que sirven para preparar mejor los

datos para extraer información relevante, ya sea como valores biofísicos (reflectividad, temperatura) mediante modelos empíricos o de simulación, o como mapas temáticos a partir de técnicas de clasificación (Chuvieco, 2016).

a.2) Conversión de niveles digitales a radiancia

Es el proceso para generar productos de radiancia a partir de los ND de la imagen. Ese proceso se denomina comúnmente como calibración, ya que el objetivo principal es volver a convertir los Niveles digitales en unidades de radiancia. Es el primer paso para trabajar con variables físicas en lugar de niveles digitales, por lo tanto, es importante para estimar tanto la reflectividad como la temperatura (Chuvieco, 2016).

a.3) Reflectividad aparente TOA

la conversión de las radiancias en reflectividades aparentes no tiene en cuenta las influencias atmosféricas, ni los efectos de adyacencia, los ángulos de observación de los sensores y las condiciones de iluminación. Las reflectividades aparentes se calculan en el techo de la atmosfera (TOA) y suponen que el sensor observa la Tierra a través de una atmósfera transparente, en el ángulo de visión nadir y sobre superficies planas y lambertianas perfectas (Chuvieco, 2016).

a.4) Corrección atmosférica

Los diversos componentes de la atmósfera modifican las irradiaciones en la superficie, así como las radiaciones que salen de la superficie, principalmente a través de procesos de absorción y dispersión. Para el cálculo de la reflectividad de la superficie, se necesita eliminar los efectos atmosféricos, lo que requiere estimar la transmisividad atmosférica, la irradiancia difusa y la dispersión atmosférica. Una de las maneras de realizar la corrección atmosférica es a partir de los datos de la imagen y de las propiedades de la propia escena, como las zonas de propiedades ópticas superficiales conocidas. Este sería el método más operativo, ya que no requiere información externa ni mediciones in situ, como el método basado en la radiancia observada para objetos oscuros propuesto por Chávez en 1975,

Este método asume que cualquier imagen tiene algunas áreas con materiales de alta absorción, donde la reflectividad debería ser cercana a cero (agua, sombras). El método del objeto oscuro es muy sencillo y es válido para calcular el espesor atmosférico de los aerosoles, pero los errores pueden ser importantes para valores de reflectividad elevados (por encima del 15%) cuando no se considera la transmitancia del flujo incidente y reflejado (Chuvieco, 2016).

2.2.11. Laguna de Yarinacocha

Este cuerpo de agua es conocido como el "Primer Balneario de la Amazonía Peruana", esta laguna se ha formado al producirse cambios en el curso del río Ucayali, su forma es similar a la de una "V" alargada en el lado izquierdo, con largo total de 20 Km. Está formado por dos segmentos de 8 y 12 Km, su ancho promedio es ligeramente menor al río que lo formó (650m). El espejo de agua es de 1,340 hectáreas aproximadamente, presentando diferentes tonalidades debido a la profundidad de la alguna. A lo largo de su recorrido se pueden apreciar paisajes naturales derivados de su flora, fauna y diversas comunidades étnicas (Garay Ramirez, 2015).

Origen de la laguna Yarinacocha

Según Nuñez y Medina (2008), Los meandros abandonados son secciones del lecho de un río que corresponden a una curva de meandro, ya sea abierto o cerrado. Estos tramos se caracterizan por tener una mayor pendiente debido a su corte y aislamiento. La obstrucción de los extremos de los meandros ocurre rápidamente debido a la acumulación de sedimentos provenientes del propio lecho del río. Cuando los meandros están cortados, retienen agua y se convierten en lagunas propiamente dichas. Sin embargo, con el paso del tiempo y sucesivas inundaciones, estos espacios se van llenando con sedimentos más finos, transformándose en pantanos y finalmente en meandros colmatados. Un ejemplo destacado de meandro abandonado es la laguna Yarinacocha, como se ilustra en la figura siguiente:

Figura 4

Laguna de Yarinacocha, antiguo brazo del río



Nota. Fuente: (Nuñez y Medina, 2008).

Clasificación de la laguna Yarinacocha

La laguna Yarinacocha es un cuerpo de agua continental superficial de agua dulce, pertenece a la categoría 4 (conservación del ambiente acuático) y su unidad hidrográfica UH es Intercuenca 49917 (Autoridad Nacional del Agua, 2018a).

Tabla 6

Aspectos generales de la laguna Yarinacocha

Características	Descripción
Nombre de la cuenca	Río Ucayali (parte baja)
Región hidrográfica	Amazonas
Jurisdicción (AAA-ALA)	AAA: IX Ucayali /ALA: Pucallpa
Superficie	337 519 km2
Río Principal	Río Ucayali
Longitud del Río Principal	1771 km
Otros tributarios y cuerpos de agua	Quebrada Cashibococha, Quebrada

	Pacacocha, Quebrada Tushmo, Sector La Restinga, Centro Poblado San José, Centro Poblado San Juan, Centro Poblado San Francisco.
Clasificación (formal o referencial) del Recurso Hídrico principal y tributarios	Intercuenca 49917/Categoría 4
Principales usos	Poblacional, agrícola, pesca, de consumo humano directo.

Nota. Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, 2022).

Batimetría de la laguna Yarinacocha

Según el estudio de Rengifo (2007) se encontro que la laguna Yarinacocha está formado por varias cubetas a lo largo, asociadas en la parte céntrica, donde se encuentran profundidades algo superiores a los 15 m., la cubeta con mayor profundidad en la laguna se encuentra en la parte del Embarcadero, esta profundidad se puede deber a la constante movilización de los botes de transporte fluvial pesado. En las otras áreas no se encontró un mayor desnivel debido a que la laguna Yarinacocha presenta diferentes entradas de aguas (caños), que por medios físicos desembocan en el medio de la Laguna (Embarcadero).

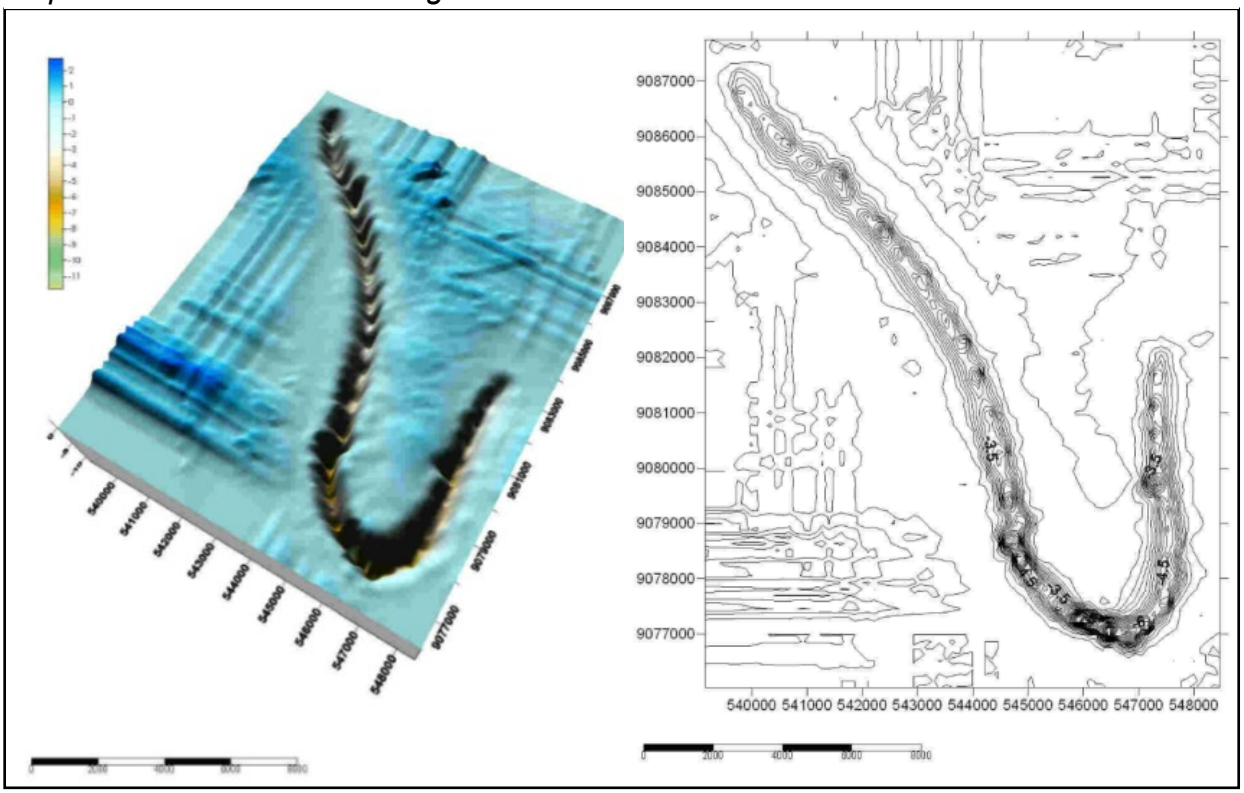
De acuerdo con Rengifo (2007), los Parámetros Morfométricos de la Laguna Yarinacocha son:

- **Superficie de la Laguna:** 1284.16 has
- **Longitud Máxima:** 22, 97 Km.
- **Anchura Máxima:** 1.04 km.
- **Anchura Mínima:** 130 m.
- **Anchura Media:** 522.55 m.
- **Profundidad Máxima:** 15.50 m.
- **Profundidad Media:** 2.52 m.
- **Forma de la Laguna:** V, U.

La siguiente figura muestra la batimetría de la laguna Yarinacocha:

Figura 5

Mapa de la batimetría de la laguna Yarinacocha



Nota. Fuente: Rengifo (2007).

Estudios realizados en la laguna Yarinacocha

Fuchs y Vásquez (2021) realizaron un estudio en la laguna Yarinacocha denominado: *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en tres puntos de confluencia de las aguas de la quebrada de Tushmo y la laguna de Yarinacocha*, cuyo objetivo fue evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos en tres puntos de confluencia de las aguas de la quebrada de Tushmo y la laguna de Yarinacocha de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM. De acuerdo con los resultados, la demanda biológica de oxígeno (BDO) es el único parámetro físico que sobrepasa la norma admisible; en los parámetros químicos ninguno sobrepasa la norma admisible y en la evaluación de parámetros biológicos como coliformes totales y coliformes termotolerantes, no sobrepasan la norma admisible en los tres puntos de monitoreo.

(Autoridad Nacional del Agua, 2021) De acuerdo con el informe técnico N° 04-2021-ANA-AAA.U-AT/MOV sobre el *Monitoreo participativo de la Calidad del Agua Superficial de la Laguna de Yarinacocha – Intercuenca 49917, época de estiaje, julio 2020*, en los puntos de monitoreo se realizaron analisis de los parametros de campo, fisicoquimicos, metales y microbiologicos, cuyos resultados fueron comparados con lo establecido en la categoria 4: conservacion del ambiente acuatico, subcategoria E1: lagos y lagunas de la selva, de los estandares de calidad ambiental para agua(ECA-AGUA) aprobados en el decreto supremos N° 004-2017-MINAM obteniendose que, los parametros evaluados que no cumplieron con lo establecido en los ECA agua – categoria 4: conservacion del ambiente acuatico, subcategoria e1: lagos y lagunas de la selva fueron:

- Oxígeno disuelto: En 10 (62.50%) de los 16 puntos monitoreados.
- Solidos Suspendidos Totales En 03 (18.75%) de los 16 puntos monitoreados.
- Fósforo total: En 11 (100,00%) de los 16 puntos monitoreados.
- DBO5: En 02 (12,50%) de los 16 puntos monitoreados.
- Nitrógeno total: En 15 (93,75%) de los 16 puntos monitoreados.
- Plomo En 01 (6,25%) de los 16 puntos monitoreados.
- Coliformes Termotolerantes En 03 (18,75%) de los 16 puntos monitoreados

De acuerdo con la evaluacion de los indicadores propuestos por margalef, vollenweider, kerekes y wetzel, la laguna yarinaocha presenta caracteristicas iniciales de eutrofizacion según los parametros hidrobiologicos, fisicoquimicos y de campo analizados. Respecto al pH, el agua superficiales de carácter predominantemente neutro; se evidencia presencia de nutrientes como el fosforo y el nitrogeno en el cuerpo de agua de menor caudal; tambien se encontraron valores elevados de bacterias del grupo coliformes termotolerantes, relacionados al vertimineto de aguas residuales domesticas y la acumulacion de residuos solidos en el cuerpo de agua (Autoridad Nacional del Agua, 2021).

(Autoridad Nacional del Agua, 2022) De acuerdo con el informe técnico N° 0010-2022-ANA-AAA.U/LSFPDH sobre el más reciente *Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial de la Laguna de Yarinacocha – Intercuenca 49917, época de estiaje, julio 2021*, el estado de la calidad del agua superficial en la laguna Yarinacocha es de carácter neutro (pH alrededor de 7) y de los cincuenta y tres (53) parámetros evaluados, sólo 27 parámetros (50,94%) presentan un valor de comparación en los ECA Agua. De estos últimos, siete (07) (13,20%) parámetros mostraron desviaciones respecto a lo establecido en los ECA Agua para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, y son los siguientes:

- Oxígeno disuelto: En 07 (63,3%) de los 11 puntos monitoreados.
- Solidos Suspendidos Totales En 05 (45,45%) de los 11 puntos monitoreados.
- Fósforo total: En 11 (100,00%) de los 11 puntos monitoreados.
- Nitrógeno total: En 04 (36,36%) de los 11 puntos monitoreados.
- Plomo En 01 (9.09%) de los 11 puntos monitoreados.
- Coliformes Termotolerantes En 03 (27,27%) de los 11 puntos monitoreados

Asimismo, se observó en la laguna enriquecimiento con nutrientes limitantes para el fitoplancton, principalmente nitrógeno y fósforo, y estos nutrientes propician el crecimiento excesivo de algas y su acumulación, agotando el oxígeno disponible, provocando la turbidez en los cuerpos de agua, condiciones anóxicas y, como resultado, la muerte y descomposición de la fauna y flora acuática, especialmente en época de estiaje (vaciante) cuando existe una menor circulación del agua. Y según lo determinado con la medición de los parámetros de fósforo total, transparencia y densidad algal, la laguna Yarinacocha se encuentran en estado “EUTRÓFICO”, para fosforo total (0.080 - 0.149 mg/l), transparencia (20 - 77 cm) y densidad algal (2800 – 8100 cel/ml) (Autoridad Nacional del Agua, 2022).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Reflectividad

Porcentaje de radiación incidente que es reflejada por una superficie bidimensional (Chuvieco, 1995).

2.3.2. Radiancia

Es el total de energía radiada por unidad de área y por ángulo solido de medida (Chuvieco, 1995).

2.3.3. Reflectividad en el techo de la atmosfera (TOA)

La reflectividad en el techo de la atmósfera (TOA, por sus siglas en inglés) es una medida de la cantidad de energía electromagnética reflejada por la Tierra y su atmósfera que llega al espacio exterior (Chander et al., 2009).

2.3.4. Nivel digital

Valor entero que traduce numéricamente la intensidad radiométrica recibida por una sensor óptico-electrónico (Chuvieco, 1995).

2.3.5. Sentinel 2a

El Sentinel-2a es un satélite de observación terrestre desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA) para el programa Copernicus de la Unión Europea Lanzado en 2015, el Sentinel-2A tiene una resolución espacial de 10 a 60 metros, lo que le permite capturar imágenes de alta resolución de la Tierra en diferentes bandas espectrales (Agencia Espacial Europea [ESA], s.f.).

2.3.6. Disco de Secchi (SD)

El Disco Secchi es un instrumento de medición de la penetración luminosa y por ello la transparencia en las masas de agua como ríos, lagos y mares (Autoridad Nacional del Agua - ANA, 2016).

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación fue cualitativo porque describen las variables en un determinado contexto. Asimismo, se analizaron las mediciones obtenidas y se extrajeron una serie de conclusiones.

El tipo de investigación fue no experimental transversal del tipo descriptivo correlacional, ya que son estudios que se desarrollan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se estudian los fenómenos en su Ambiente natural (Hernández et al., 2014).

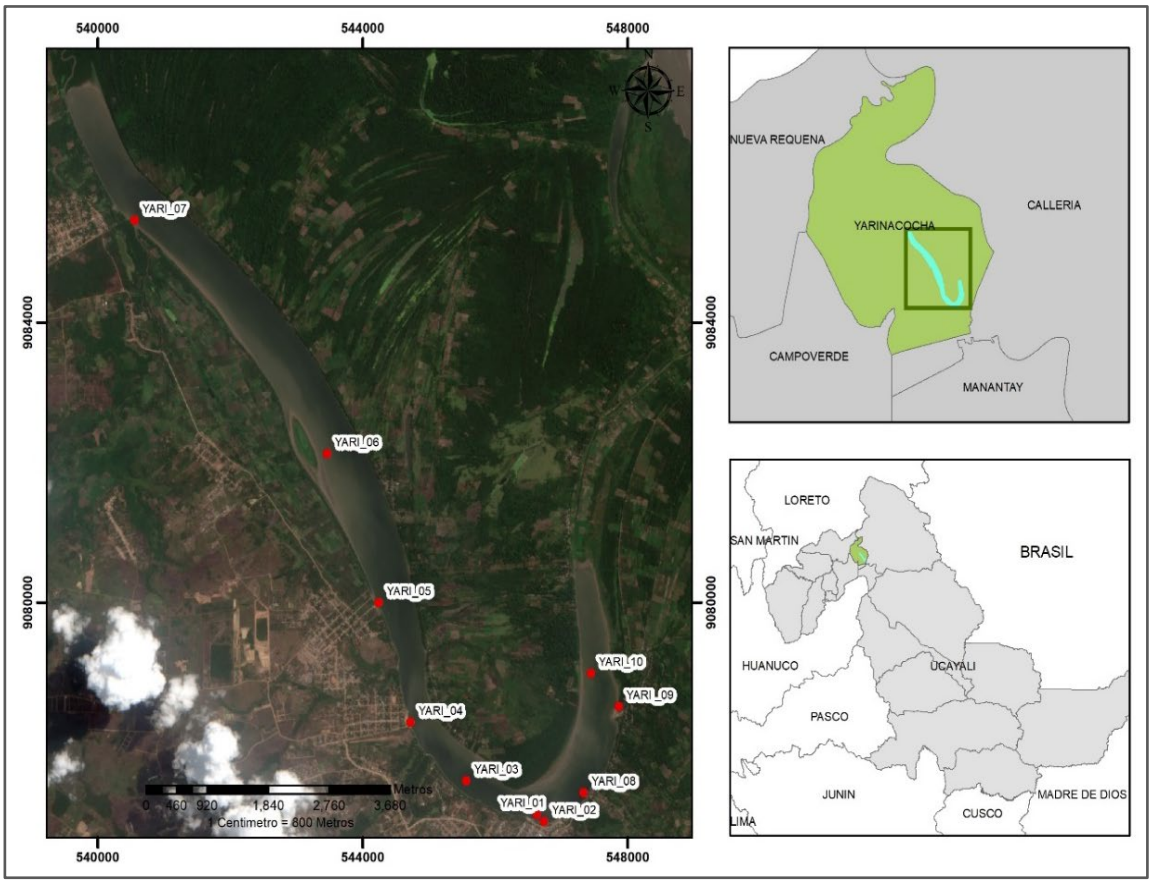
Con la investigación se analizó el comportamiento espacial de la concentración de clorofila-a, solidos suspendidos totales y transparencia en la laguna Yarinacocha con imágenes satelitales apoyadas con los datos tomados en campo. Para tal fin, se procedió a seleccionar los puntos donde se tomarían las muestras y medición in situ, las cuales se tomaron en el mismo día y hora del paso del satélite, hasta tres horas después. Posteriormente se analizaron las muestras.

3.2. ÁREA DE ESTUDIO

La laguna Yarinacocha se encuentra en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. Está situada a 6.5 Km al noroeste de la ciudad de Pucallpa, Geográficamente se encuentra entre los 08º 19’ de Latitud Sur y 74º 36’ de Longitud Oeste. A continuación, se muestra en la figura 6 el mapa de ubicación de la laguna Yarinacocha.

Figura 6

Mapa de ubicación de la laguna Yarinacocha



3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población está conformada por el cuerpo de agua de la laguna Yarinacocha, con una superficie de 886 hectáreas al momento de realizarse la toma de muestras. Dicha superficie se determinó con las imágenes satelitales de Sentinel 2a, adquirida el 02 de setiembre del 2022, excluyendo del cuerpo de agua las zonas de comercio, presencia de árboles, palizadas u otro objeto o material que influya en la reflectividad superficial del cuerpo de agua.

3.3.2. Muestra

Por la naturaleza del presente trabajo del tipo descriptivo correlacional, la técnica de muestreo será no probabilística a conveniencia, ya que los puntos de muestreo deben buscar abarcar toda la laguna y representar la

diversidad del cuerpo de agua (Diferentes tonalidades del color del agua a causa de la eutrofización y presencia de contaminación). El tamaño de la muestra corresponde a 10 puntos de donde se realizó el muestreo y la medición in situ, tal como se muestra en la tabla 7, y el mapa de ubicación de los puntos se muestra en la figura 8.

Asimismo, se tomó como referencia la metodología del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, que indica que, para toma de muestras, los puntos de control en el cuerpo receptor léntico se ubican fuera de la zona de mezcla y se considera por lo menos cuatro puntos de control.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Se utilizó técnicas de teledetección para el procesamiento de las imágenes satelitales con la finalidad extraer los valores de reflectividad superficial de las bandas espectrales para establecer relaciones empíricas con los datos de campo. El preprocesamiento de las imágenes satelitales se realizó en los siguientes softwares: QGIS, ENVI y ArcGis.

La toma de muestras y mediciones in situ se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos hídricos Superficiales aprobado con resolución Jefatural Nº 010-2016-ANA. Asimismo, se tomaron en el día y hora del paso del satélite.

3.4.2. Instrumentos de Recolección de datos

a). Materiales

- 11 frascos de vidrio de boca ancha de color ámbar de 250ml.
- 11 frascos de plástico de 250ml.
- Libreta de campo.
- Lapiceros.
- Tablero.

- Cooler.
- Plumones indelebles
- Etiquetas para las muestras.
- Hoja de cadena de custodia
- Chaleco salvavidas.
- Guantes de látex.

b). Equipos

- GPS (GPSMAP 64sx)
- Laptop (i7 séptima generación)
- Cámara fotográfica.
- Disco de Secchi.

c). Software

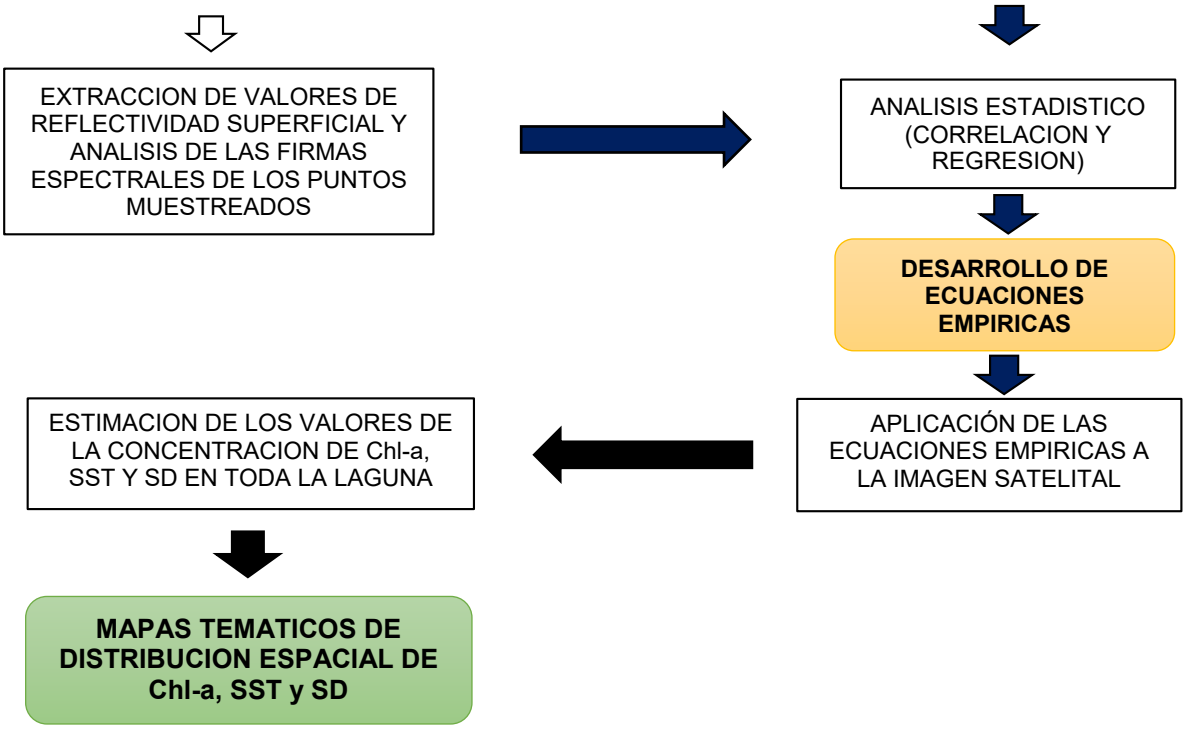
- Software QGIS 3.26
- Software ENVI 5.3 (versión de prueba).
- Software ArcGIS 10.8 (versión de prueba).
- Software IBM SPSS Statistics 22 (versión de prueba).
- Software Excel (Versión de prueba)

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 7

Proceso metodológico





3.5.1. Selección de los puntos de muestreo de agua (Gabinete)

Se seleccionaron 10 puntos de muestreo que están distribuidos en toda la laguna, los criterios que se tuvieron en cuenta para definir los puntos son las siguientes:

- Deben representar la diversidad de la laguna Yarinacocha (zonas profundas, poco profundas, aguas turbias, zonas con presencia de eutrofización, etc.).
- No deben estar ubicadas cerca de las orillas por la posible interferencia de objetos en la reflectividad superficial.
- No deben estar ubicadas en las salidas de los botes de transporte.

Los puntos de muestreo y su distribución se muestran a continuación:

Tabla 7

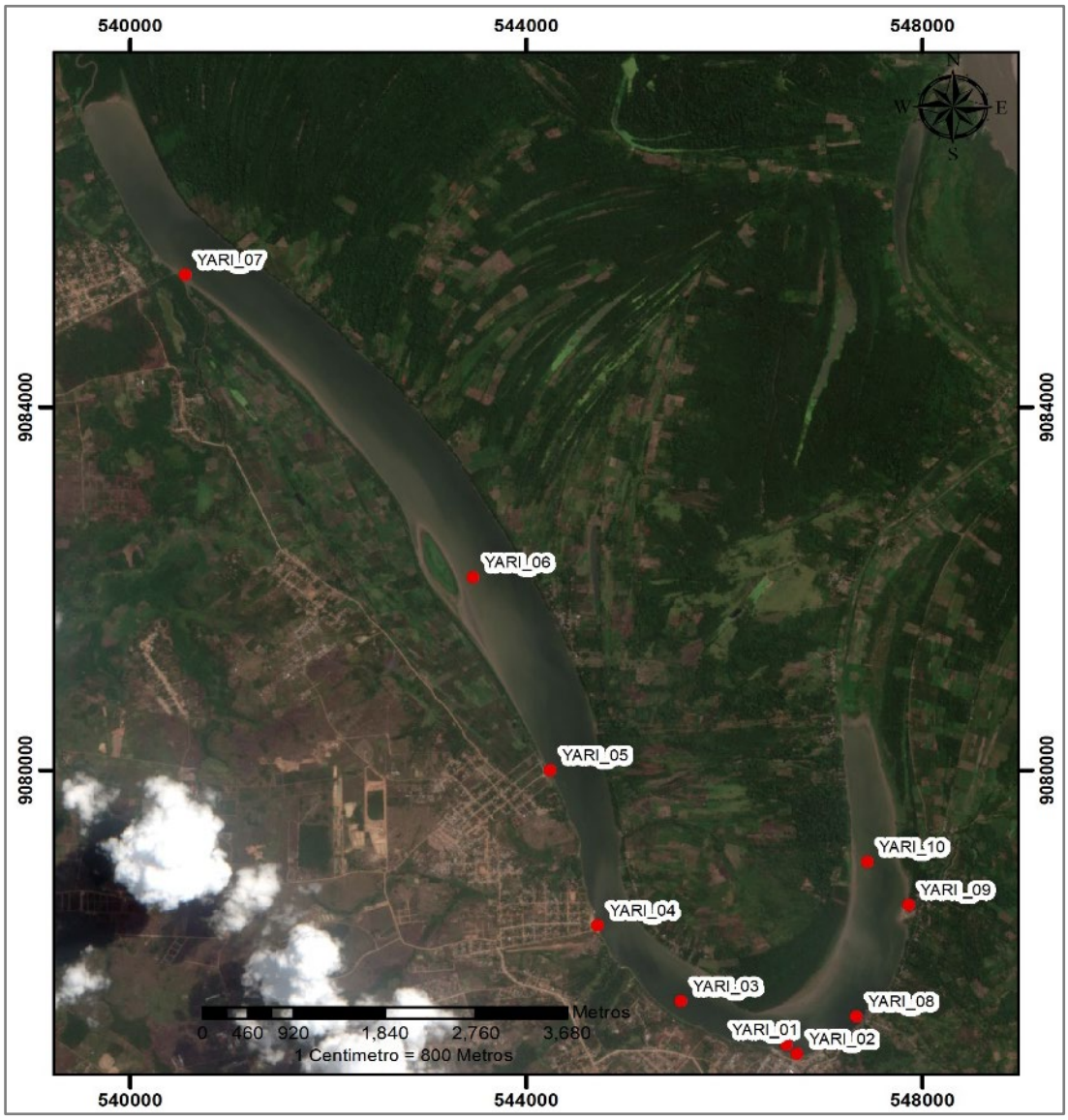
Puntos de muestreo

id	Punto de muestreo	Coordenadas X	Coordenadas Y	Distancia de la orilla
01	YARI_01	546633	9076974	81m
02	YARI_02	546741	9076873	22m
03	YARI_03	545567	9077453	156m

04	YARI_04	544726	9078291	20m
05	YARI_05	544246	9080001	21m
06	YARI_06	543463	9082127	127m
07	YARI_07	540558	9085460	26m
08	YARI_08	547339	9077283	79m
09	YARI_09	547865	9078517	16m
10	YARI_10	547447	9078987	106m

Figura 8

Ubicación de los puntos de muestreo



3.5.2. Fecha y hora de la recolección de datos de campo (Gabinete)

La hora local aproximada del sobrepaso del satélite Sentinel 2a por la zona de interés fue a las 10.00 am, mismo día que se tomó las muestras y mediciones in situ, y la fecha se calculó a través del servicio de Nasa Ocean color (https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/overpass_pred/). Asimismo, la toma de muestras y mediciones in situ se realizó en condiciones atmosféricas favorables de acuerdo al pronóstico meteorológico de SENAMHI, donde se pronosticaba para la ciudad de Pucallpa cielo con nubes dispersas, variando a cielo despejado durante el día, con una temperatura máxima de 34° y una mínima de 21°.

3.5.3. Procedimientos de la toma de muestras de agua y mediciones in situ (Campo)

El procedimiento para la toma de muestras y mediciones in situ se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos hídricos Superficiales aprobado con resolución Jefatural Nº 010-2016-ANA. Dichos procedimientos se describen a continuación:

- Se Anotó las observaciones del cuerpo de agua y datos de las condiciones atmosféricas.
- Se transportó los frascos en un cooler para evitar su contaminación.
- Se Tomó la lectura de las coordenadas UTM de los puntos de muestreo.
- Las muestras de agua fueron recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados.
- Se Procedió con el rotulado de los frascos.
- Se Almaceno las muestras en el recipiente térmico (cooler) de forma vertical, de manera que se encuentre bien protegido para evitar su rompimiento.
- Tomar las lecturas de los parámetros de campo (Transparencia SD).
- Se Llenó la cadena de custodia debidamente con la información recogida durante los trabajos realizados.

- Al finalizar el muestreo, las muestras de agua fueron transportadas hasta el laboratorio debidamente refrigeradas con Ice pack, llevando consigo la cadena de custodia.

3.5.4. Adquisición de las imágenes satelitales (Gabinete)

La imagen se descargó de la plataforma de Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea (https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home), dichas imágenes están geométricamente corregidas. La imagen satelital de Sentinel 2a coincide con la fecha en que se realizó la toma de datos en campo.

Imagen adquirida desde el Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea tiene las siguientes características:

Tabla 8

Resumen de los atributos de la imagen satelital Sentinel 2a

ATRIBUTOS DE LA IMAGEN SATELITAL	
Date:	2022-09-02T15:17:21.024Z
Filename:	S2A_MSIL1C_20220902T151721_N0400_R125_T18LWR_20220902T203157.SAFE
Instrument:	MSI
Satellite:	Sentinel-2
Satellite number:	A
Size:	740.20 MB
Resolution:	10, 20, 60m
Processing level:	Level-1C

Nota. extraído de los atributos de la imagen satelital a descargar desde https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home.

3.5.5. Preprocesamiento de las imágenes satelitales (Gabinete)

El preprocesamiento de la imagen satelital se realizó en el software QGIS, donde se utilizó el complemento de clasificación semiautomática, que es un complemento gratuito de código abierto para QGIS que permite la clasificación supervisada de imágenes satelitales, proporcionando

herramientas para la descarga, el preprocesamiento y el posprocesamiento de imágenes satelitales (Congedo, 2021). Dentro de los procedimientos matemáticos para la corrección radiométrica hasta la corrección atmosférica para derivar valores de reflectividad superficial se describe a continuación:

a) Corrección radiométrica - Conversión a radiancia

(Ariza, 2013) Los datos de las bandas del sensor del satélite pueden ser reescalados a los valores de reflectividad y/o radiancia en el techo de la atmosfera TOA, usando para ello los coeficientes radiométricos provistos en el archivo de metadato MTL.txt, tal y como se describe a continuación.

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L$$

Donde:

Lλ = Es el valor de radiancia espectral en el techo de la atmosfera (TOA) medida en valores de (Watts /m2 * srad * μm)

ML = Banda – Es el factor multiplicativo de escalado especifico obtenido del metadato (RADIANCE_MULT_BAND_x, donde x es el número de la banda)

AL = Banda – Es el factor aditivo de escalado especifico obtenido del metadato (RADIANCE_ADD_BAND_x, donde x es el número de la banda)

Q cal = Producto estándar cuantificado y calibrado por valores de pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen

b) Conversión a reflectividad aparente TOA

La reflectividad espectral de un objetivo dependerá de sus propiedades físicas, biológicas y químicas, además de las condiciones de observación. La reflectividad también varía con la longitud de onda, lo que da lugar a las firmas de reflectividad espectral que permiten discriminar las características de la superficie y los tipos de cobertura de suelo, por la tanto la reflectividad aparente TOA se puede calcular con la siguiente ecuación (Chuvieco, 2016):

$$\rho_k^* = \frac{D\pi L_{scn,k}}{E_{0,k}\cos\theta_i}$$

Donde:

$E_{0,k}$ = Es la irradiación solar en la parte superior de la atmosfera (TOA) en la banda espectral k.

$L_{scn,k}$ = Es la radiancia espectral en la banda k.

ρ_k^* = Es la reflectividad aparente de la superficie en la banda k.

θ_i = Es el ángulo cenital del flujo incidente, formado por la vertical y los rayos solares

D = Es un factor de corrección que tiene en cuenta las variaciones de la distancia tierra-sol.

c) Corrección atmosférica

El método que se utilizara para Corrección atmosférica está basado en datos de imagen, se lo conoce como el método de Chávez (1996), y su principal ventaja es que los datos necesarios para realizar la realizar la corrección atmosférica se obtienen del metadato de la imagen. Para ello, la reflectividad en la superficie se calcula con la siguiente ecuación (Sobrino et al., 2004):

$$\rho_{sup} = \frac{\pi(L_{sat} - L_p)d^2}{E_o \cos\theta_z T_z}$$

Donde:

L_{sat} = Es la radiancia en el sensor.

T_z = Es la transmisividad atmosférica entre el sol y la superficie.

θ_z = Es el ángulo solar cenital.

E_o = Es la irradiación solar espectral en la parte superior de la atmosfera.

d = Es la distancia tierra-sol en unidades astronómicas.

L_p = Es la radiancia resultante de la interacción de la radiancia electromagnética con los componentes atmosféricos (moléculas y

aerosoles) que se puede obtener con la siguiente ecuación (Sobrino et al., 2004):

$$L_p = L_{min} - L_{1\%}$$

Donde:

L_{min} = es la radiancia que corresponde a un valor de recuento digital para el que la suma de todos los píxeles con recuentos digitales inferiores o iguales a este valor es igual al 0,01% de todos los píxeles de la imagen considerada.

$L_{1\%}$ = La radiancia del objeto que tiene un valor de reflectividad de 0,01 en los pixeles de la imagen. Donde $L_{1\%}$ se calcula con la siguiente ecuación (Sobrino et al., 2004):

$$L_{1\%} = \frac{0.01\cos\theta_z T_z E_o}{\pi d^2}$$

Donde.

θ_z = Es el ángulo solar cenital.

T_z = Es la transmisividad atmosférica entre el sol y la superficie.

E_o = Es la irradiación solar espectral en la parte superior de la atmosfera.

d = Es la distancia tierra-sol en unidades astronómicas.

d) Selección ROI

Se procedió a extraer la zona de interés, espacio que ocupa la laguna Yarinacocha mediante una máscara creada a partir de la banda 8A de la imagen satelital Sentinel 2a, cuya longitud de onda permite discernir los cuerpos de agua de la tierra. Dicho procedimiento se realizó en el software ENVI 5.3.

e) Extracción de las firmas espectrales

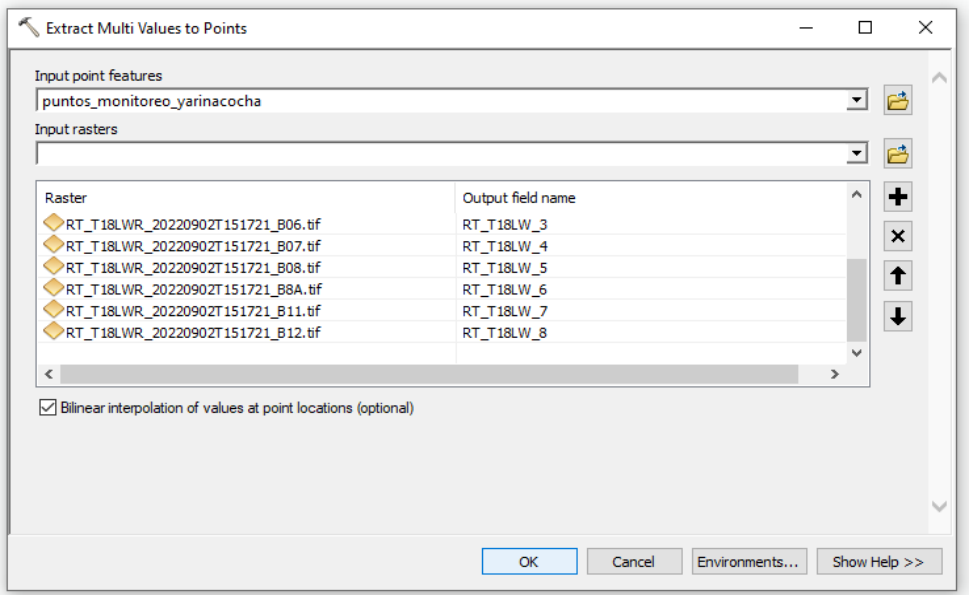
Se utilizó el plugin de clasificación semiautomática del software QGIS para extraer y graficar las firmas espectrales de cada punto de muestreo de la laguna Yarinacocha.

f) Extracción de valores de reflectividad

Se utilizó el software Excel para cargar las coordenadas UTM de los puntos de donde se tomaron las muestras y mediciones al Software ArcGIS 10.8 en donde se utilizó la caja de herramientas ArcToolbox para extraer los valores de la reflectividad superficial de las bandas espectrales (B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11 y B12).

Figura 9

.Extracción de valores de reflectividad de las bandas espectrales mediante Extract Multi Values Points de ArcGIS 10.8



3.5.6. Análisis de las muestras y mediciones tomadas in situ (campo y laboratorio)

Las muestras y mediciones in situ se tomaron en el mismo día y hora del paso del satélite Sentinel 2a, hasta 3 horas después del sobrepaso. Asimismo, la toma de muestras se realizó con las condiciones climáticas adecuadas, con cielo despejado y en época de vaciante. los métodos de los análisis se indican a continuación:

a) Clorofila a (Chl-a)

Para determinar la concentración de clorofila-a, se enviaron las muestras al laboratorio AGQ PERU SAC de la ciudad de lima para su respectivo análisis por el método espectrométrico según el método de

SMWW 10200 H. 1,2 23rd Ed. 2017, siendo este método el más confiable.

El procedimiento de este método es el siguiente:

- **Extracción de clorofila:** Se extrae la clorofila de la muestra de agua utilizando una solución de acetona y se separa de otros pigmentos usando una centrífuga.
- **Medición de la absorbancia:** La concentración de clorofila se mide midiendo la absorbancia de la solución de acetona a una longitud de onda específica.
- **Cálculo:** La concentración de clorofila se calcula utilizando una ecuación basada en la absorbancia medida y en el volumen de la muestra

b) Solidos Suspendidos totales (SST)

para determinar la concentración la de solidos suspendidos Totales (SST) se envió al laboratorio AGQ PERU SAC de la ciudad de lima para su respectivo análisis por el método SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017.

El procedimiento de este método es el siguiente:

- **Preparación de la muestra**: La muestra se agita y se homogeneiza adecuadamente antes de tomar la porción necesaria para la determinación. Se recomienda tomar varias porciones en diferentes puntos y profundidades de la muestra para obtener una representación más precisa del contenido de sólidos suspendidos.
- **Filtración de la muestra:** Una porción de la muestra se filtra a través de un filtro de vidrio o fibra de vidrio previamente acondicionado y pesado. El filtro se seca en un horno a una temperatura de 103-105 °C hasta que alcance un peso constante.
- **Peso del filtro:** El filtro se pesa nuevamente para determinar su peso después de la filtración y el secado.

- **Cálculo:** La diferencia entre el peso del filtro antes y después de la filtración, dividido por el volumen de la muestra filtrada, representa la cantidad de sólidos suspendidos totales en la muestra

c) Transparencia del agua (SD)

Se utilizó un disco de Secchi de 20cm de diámetro para determinar in situ el nivel de transparencia, la cual es medida en metros. Consiste en sumergir el disco de Secchi hasta donde se pierde su visibilidad y esa profundidad será tomo como el nivel de transparencia del agua.

El procedimiento de este método es el siguiente:

- **Preparación del disco:** El disco de Secchi es un disco circular dividido en cuadrantes de colores alternos (blanco y negro). El disco debe tener un diámetro de al menos 20 cm y estar asegurado a una cuerda o cadena de al menos 5 metros de longitud.
- **Medición:** El disco se baja lentamente en el agua desde la superficie hasta que ya no se pueda ver el disco. La profundidad a la que el disco deja de ser visible se registra como la profundidad de Secchi.
- **Registro:** La profundidad medida se registra y se puede usar para evaluar la transparencia del agua en función de su profundidad.

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

3.6.1. Análisis de firmas espectrales

Se analizaron las firmas espectrales obtenidas de las imágenes satelitales para cada punto de muestreo, en dicho análisis se identificó las bandas espectrales donde se tiene mayor respuesta espectral y secuencia de acuerdo al valor del parámetro trabajado. Posteriormente se utilizó dichas bandas en las regresiones o análisis estadístico correspondiente.

3.6.2. Desarrollo de ecuaciones empíricas (Gabinete)

Imagen satelital

Se aplicaron regresiones lineales simples y múltiples entre los valores de reflectividad superficial de las bandas espectrales (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11 y B12) y datos tomados en campo. El desarrollo de ecuaciones empíricas consistió en buscar las mejores combinaciones de las bandas espectrales en regresiones lineales y polinómicas tomando en cuenta la base teórica de la mayor respuesta espectral para cada variable de calidad del agua abordada en el presente trabajo.

En las regresiones lineales simples, múltiples y polinómicas se tomó la reflectividad superficial de las bandas espectrales como variables independientes (X) y los valores de los datos de campo como variables dependientes (Y). Dichas regresiones se realizaron y evaluaron en software Microsoft Excel y en el software IBM SPSS Statistics, y el desempeño de las ecuaciones empíricas se evaluó de acuerdo a los siguientes parámetros estadísticos:

- Coeficiente de correlación de Pearson (r)
- coeficiente de determinación (R2)
- Nivel de significancia (valor p).

Las ecuaciones empíricas de la regresión que presenten mejor desempeño tienen las siguientes estructuras:

Regresión lineal simple

$$y = b_0 + b_1 x_1$$

Donde:

$y =$ es la variable respuesta (valores de la variable de calidad del agua derivada de la imagen satelital y datos de campo).

$x_1 =$ es la variable predictora (Reflectividad superficial de una sola banda espectral o relación de bandas)

$b_0\ y\ b_1 =$ Coeficientes de regresión.

Regresión lineal múltiple

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \ldots + b_nx_n$$

Donde:

y = es la variable respuesta (Valores de la variable de calidad del agua derivada de la imagen satelital y datos de campo).

$x_1,\ x_2,\ x_3\ y\ x_n =$ son las variables predictoras (Reflectividad superficial de dos o más bandas espectrales)

$b_0,\ b_1,\ b_2,\ b_3\ y\ b_n =$ Coeficientes de regresión.

Regresión polinómica

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + \cdots \cdot b_nx^n$$

Donde:

y = es la variable respuesta (Valores de la variable de calidad del agua derivada de la imagen satelital y datos de campo).

$x,\ x^2,\ x^3\ y\ x^n$ = son las variables predictoras (Reflectividad superficial de una sola banda espectral o relación de bandas)

$b_0,\ b_1,\ b_2,\ b_3\ y\ b_n =$ Coeficientes de regresión.

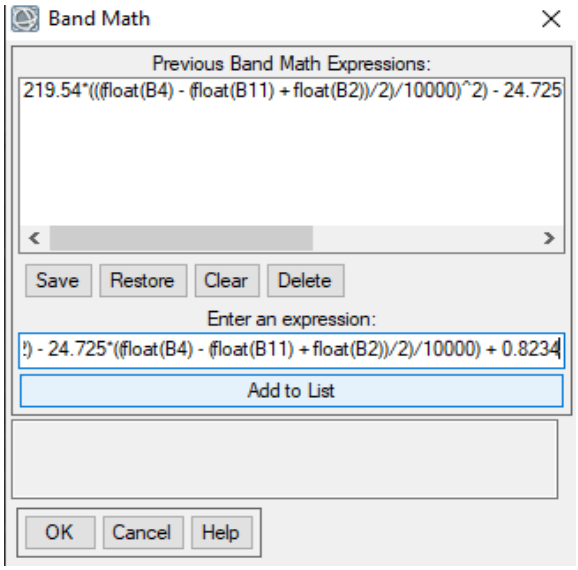
Para desarrollar las ecuaciones empíricas se realizaron diagramas de dispersión tanto para solitos suspendidos totales y transparencia, asimismo se escogerá aquellas regresiones lineales cuyo valor R^2 sea mayor de 0.7 y tengan mejor significancia estadística.

3.6.3. Aplicación de las ecuaciones empíricas a la imagen satelital (Gabinete)

La aplicación de las ecuaciones empíricas a la imagen satelital se realizó en el software ENVI 5.3 con la herramienta Band Math para generar información detallada del comportamiento espacial de las tres variables de calidad del agua que se abordaron en el presente trabajo. En la siguiente grafico se muestra la ventana donde se ingresa la formula previamente desarrollada.

Figura 10

Aplicación de la ecuación empírica a la imagen satelital mediante Band Math

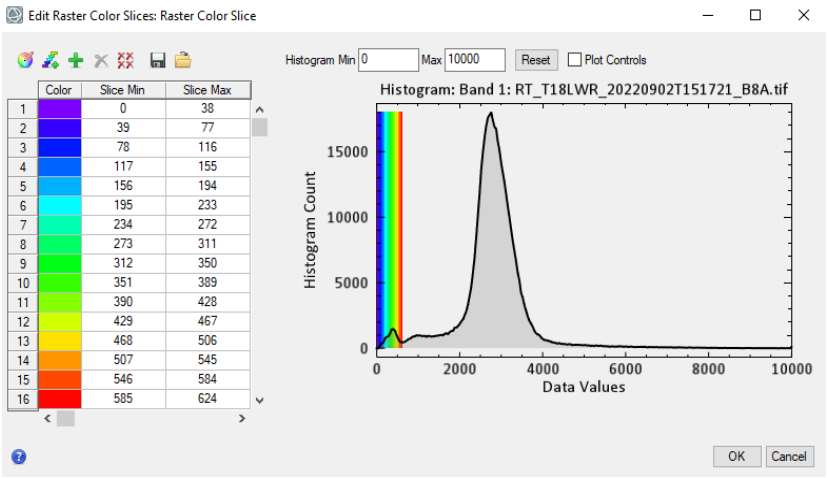


Nota. Procedimiento realizado en Band Math de software ENVI 5.3.

Posterior a la aplicación de las ecuaciones empíricas a la imagen satelital se creó una máscara en el software ENVI 5.3 que permite obtener solo el área de interés (laguna Yarinacocha) para realizar las demás operaciones de posprocesamiento. Se utilizó la banda 8A para la generación de las mascara debido a que su longitud de onda discierne adecuadamente los cuerpos de agua de los demás objetos de la superficie. En el siguiente grafico se muestra la selección del rango para la creación de la máscara:

Figura 11

Selección de rango de valores de los pixeles del ráster para cuerpos de agua

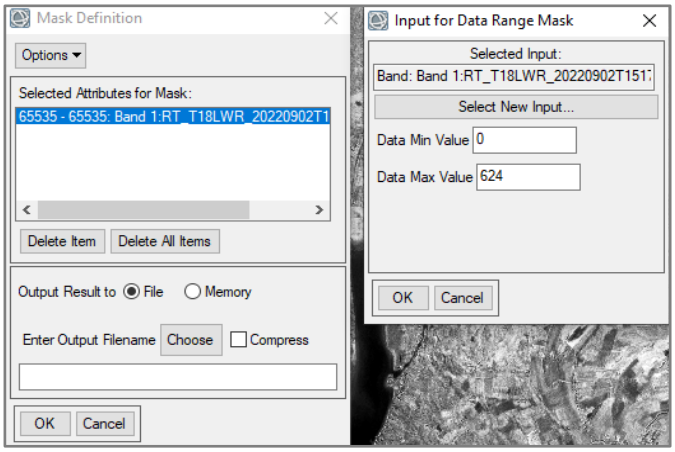


Nota. Procedimiento realizado en Raster Color Slice del software ENVI 5.3.

Una vez obtenido el rango adecuado para discernir los cuerpos de agua, se utiliza la herramienta buil mask para generar la máscara como se muestra a continuación:

Figura 12

Creación de mascara para generar ráster para cuerpos de agua

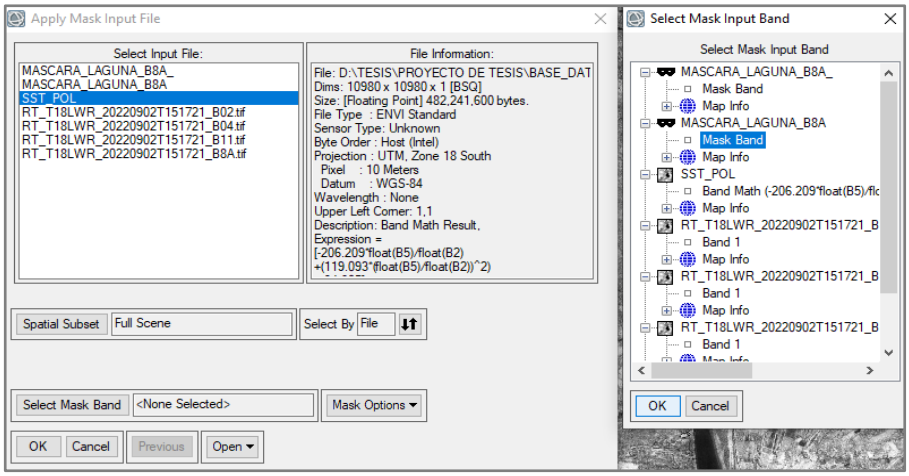


Nota. Procedimiento realizado en Build Mask del software ENVI 5.3.

Una vez obtenido la máscara se aplica la herramienta apply mask en el mismo software para generar una imagen ráster únicamente de cuerpos de agua. A continuación de muestra la aplicación de la máscara a la imagen cuyos valores de pixeles ya corresponde a los parámetros de SST y SD respectivamente para cada imagen satelital que se aplicó la máscara.

Figura 13

Aplicación de mascara para generar ráster para cuerpos de agua



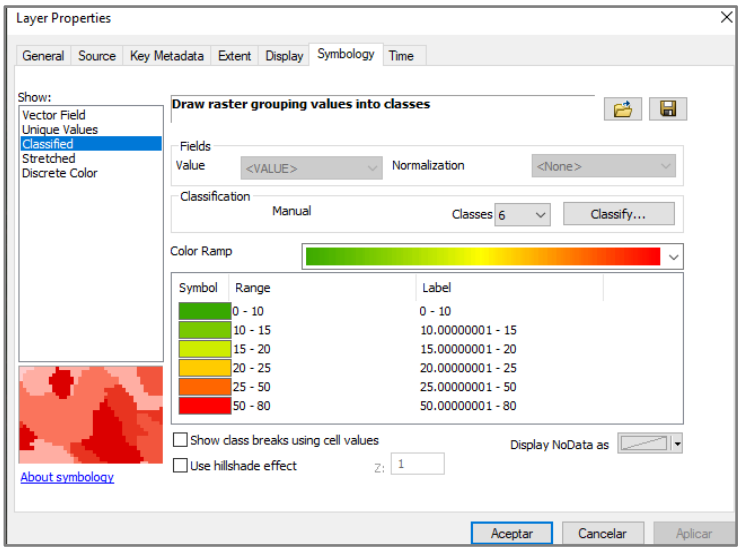
Nota. Procedimiento realizado en Apply Mask del software ENVI 5.3.

Una vez obtenido las imágenes ráster tanto para SST y SD cuyos valores solo corresponden a cuerpos de agua, se exporta en formato TIF desde el software ENVI 5.3 para realizar los mapas temáticos en el software ArcGIS 10.8. Posteriormente se realizó conversión de la máscara generada con la banda 8A a formato shapefile desde el software ArcGIS 10. 8 donde se realizó una segunda mascara en formato shapefile, el mismo que al ser un polígono se adecuo finalmente a la forma correcta de la laguna Yarinacocha para evitar que demás objetos de las superficies diferentes a los cuerpos de agua generara una información distorsionada a los pixeles de la imagen ráster. Finalmente se utilizó la herramienta clip de ArcToolbox del software ArcGIS para generar finalmente el área de interés de cuerpo de agua (laguna Yarinacocha).

Una vez obtenido los ráster con los valores que corresponden a los parámetros de SST y SD, se realiza una clasificación de los valores del ráster asignándole un color a cada rango, tal como se muestra a continuación:

Figura 14

Clasificación de rangos de las clases para SST



Nota. Procedimiento realizado en Propiedades del ráster del software ENVI 5.3.

Con dicha clasificación se generó mapas temáticos de la distribución espacial de los parámetros trabajados. Asimismo, se realizó la distribución por clases de acuerdo al área establecido en cada rango del ráster.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPORTAMIENTO DE LAS FIRMAS ESPECTRALES

4.1.1. Reflectividad superficial de las bandas espectrales

al procesar las imágenes satelitales, se obtuvo para cada punto de muestreo los valores de la reflectividad superficial de las bandas B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11 y B12.

Tabla 9

Valores de reflectividad superficial de la imagen satelital

PUNTO DE MUESTREO	REFLECTIVIDAD SUPERFICIAL									
	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B8A	B11	B12
YARI_01	0.0462	0.0542	0.0545	0.0489	0.0427	0.0452	0.0372	0.0429	0.0344	0.0298
YARI_02	0.0447	0.0515	0.0493	0.0434	0.0365	0.0375	0.0355	0.0371	0.0354	0.0286
YARI_03	0.0368	0.0451	0.0412	0.0355	0.0275	0.0292	0.0254	0.0281	0.0196	0.0168
YARI_04	0.0436	0.0526	0.0521	0.0459	0.0369	0.0376	0.0389	0.0372	0.0344	0.0300
YARI_05	0.0382	0.0493	0.0468	0.0396	0.0325	0.0347	0.0328	0.0337	0.0275	0.0221
YARI_06	0.0421	0.0569	0.0572	0.0505	0.0318	0.0344	0.0285	0.0273	0.0139	0.0129
YARI_07	0.0486	0.0583	0.0762	0.0764	0.065	0.0763	0.0599	0.0624	0.0198	0.0158
YARI_08	0.0356	0.0414	0.0375	0.0326	0.0267	0.0284	0.026	0.0251	0.0165	0.0147
YARI_09	0.0359	0.0444	0.0428	0.0393	0.0361	0.0408	0.0347	0.0333	0.0223	0.0177
YARI_10	0.0382	0.0541	0.0504	0.0443	0.0301	0.0365	0.0308	0.0299	0.0168	0.0139

4.1.2. Resultados de los análisis de laboratorio y campo

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos de los análisis tanto de laboratorio y de campo:

Tabla 10

Resultados de los análisis de laboratorio y campo

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS		MUESTREO IN SITU		
	X	Y	SD (m)	SST (mg/l)	CHL-a (mg/l)
YARI_01	546633	9076974	0.51	9	< 0.005
YARI_02	546741	9076873	0.62	8	< 0.005
YARI_03	545567	9077453	0.5	9	< 0.005
YARI_04	544726	9078291	0.54	9.7	< 0.005

YARI_05	544246	9080001	0.56	8	< 0.005
YARI_06	543463	9082127	0.3	18	< 0.005
YARI_07	540558	9085460	0.17	65	< 0.005
YARI_08	547339	9077283	0.57	4	< 0.005
YARI_09	547865	9078517	0.25	48	< 0.005
YARI_10	547447	9078987	0.36	17	< 0.005

Nota. Para clorofila-a en ningún punto de muestreo supero los 0.5 mg/l.

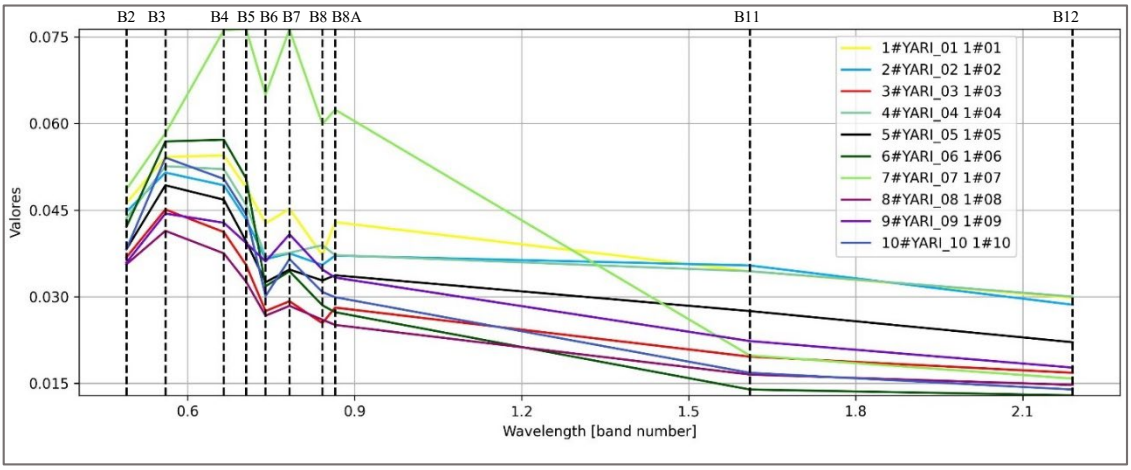
4.1.3. Análisis de las firmas espectrales

Se extrajeron las firmas espectrales de cada punto de muestreo a partir de las bandas espectrales B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11 y B12, las cuales se establecen en ese orden para el análisis respectivo.

En la **figura 15**, están identificados las firmas espectrales para cada punto de muestreo, se puede observar el comportamiento a lo largo de las longitudes de onda de cada banda espectral, y donde las firmas espectrales de los puntos de muestreo tienen mayor respuesta espectral.

Figura 15

Comportamiento de firmas espectrales en cada punto de muestreo realizado en el software QGIS



De la figura precedente, en los puntos de muestreo Yari_02, Yari_03, Yari_04, Yari_05, Yari_06, Yari_07, Yari_08, Yari_09 y Yari_10 tenemos mayor respuesta espectral en la banda B3 del sensor MSI del satélite Sentinel 2a en el espectro visible verde, cuya longitud de onda central es 560

nm y 35nm de ancho de banda. Por otro lado, en la banda 4 del espectro visible Rojo, cuya longitud de onda central es 665 nm y 30nm de ancho de banda, los puntos de muestreo YARI_01 YARI_06 y YARI_07 mostraron mayor respuesta espectral. Por otro lado, la reflectividad del punto Yari_07 en la banda 5 es alta, teniendo relación directa con el incremente de SST en dicho punto.

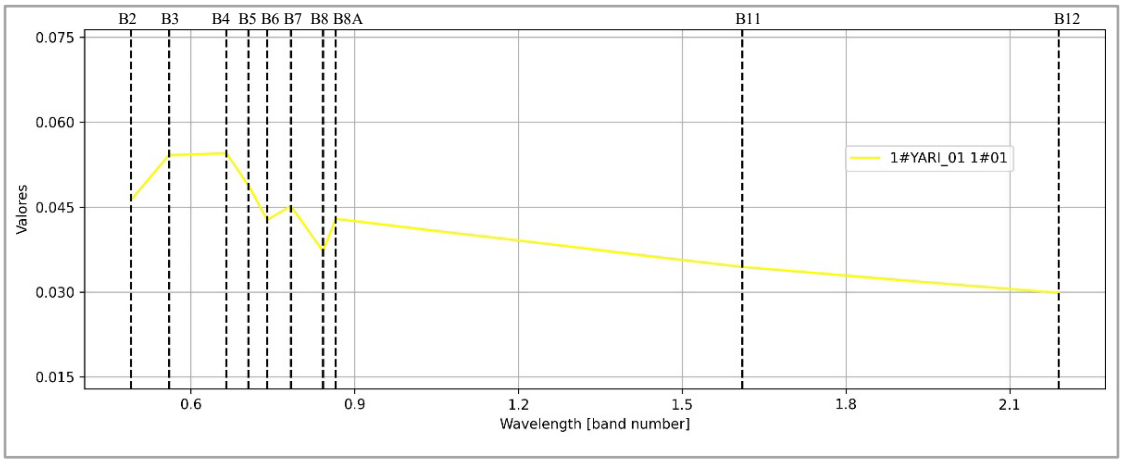
Asimismo, de acuerdo a la **figura 15**, a excepción de la firma espectral del punto de muestreo Yari_07, todos tienen la misma tendencia, alcanzan el pico más alto entre la banda 3 y 4, luego disminuyen gradualmente desde la banda 5 hasta la banda 6, luego tiene un incremento de la respuesta espectral en la banda 7. En las longitudes de onda de las bandas restantes se muestra un descenso gradual.

A continuación, se muestran los comportamientos de las firmas espectrales en cada punto de muestreo:

- **Firma espectral del punto de muestro Yari_01**

Figura 16

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_01



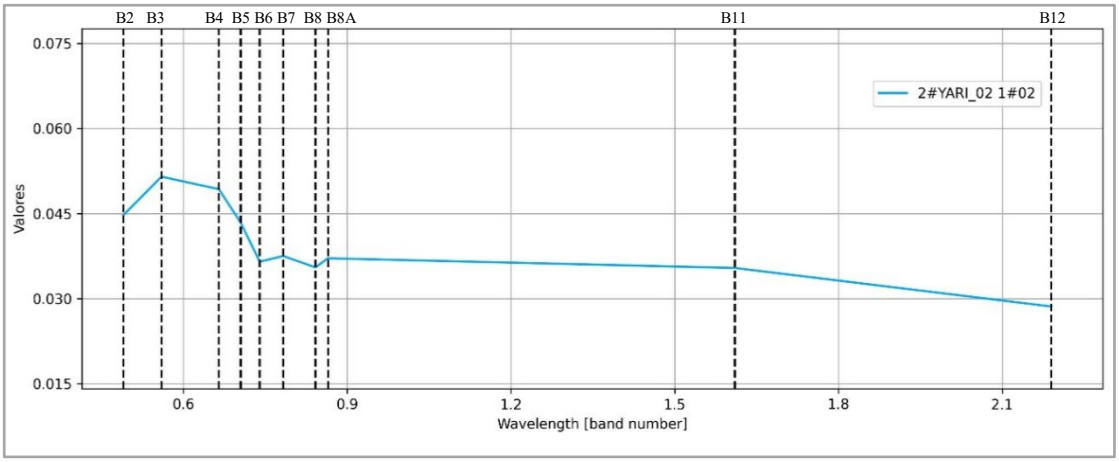
	MC_ID = 1 MC_name = YARI_01 C_ID = 1 C_name = 01 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0462	0.0542	0.0545	0.0489	0.0427	0.0452	0.0372	0.0429	0.0344	0.0298
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ Firma espectral del punto de muestro Yari_02

Figura 17

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_02 realizado en software QGIS



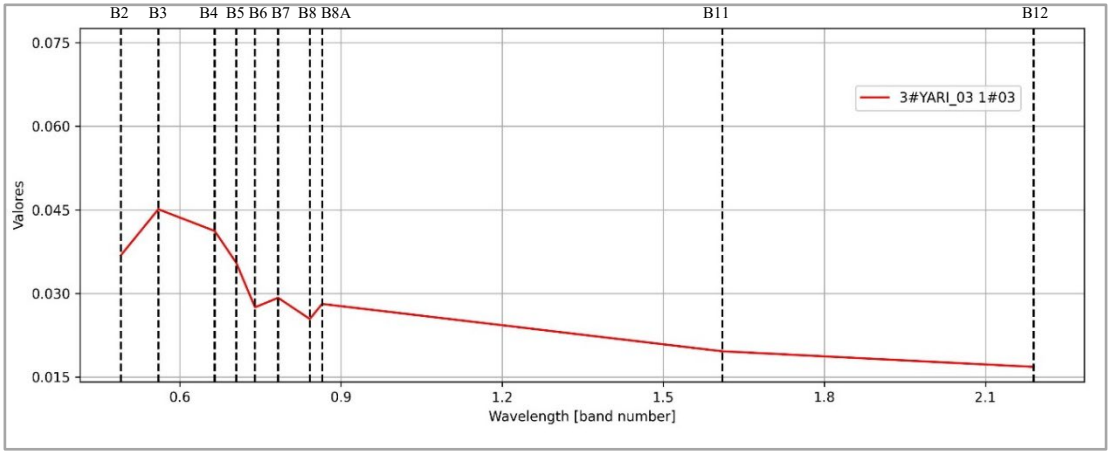
	MC_ID = 2 MC_name = YARI_02 C_ID = 1 C_name = 02 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0447	0.0515	0.0493	0.0434	0.0365	0.0375	0.0355	0.0371	0.0354	0.0286
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ Firma espectral del punto de muestro Yari_03

Figura 18

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_03 realizado en el software QGIS



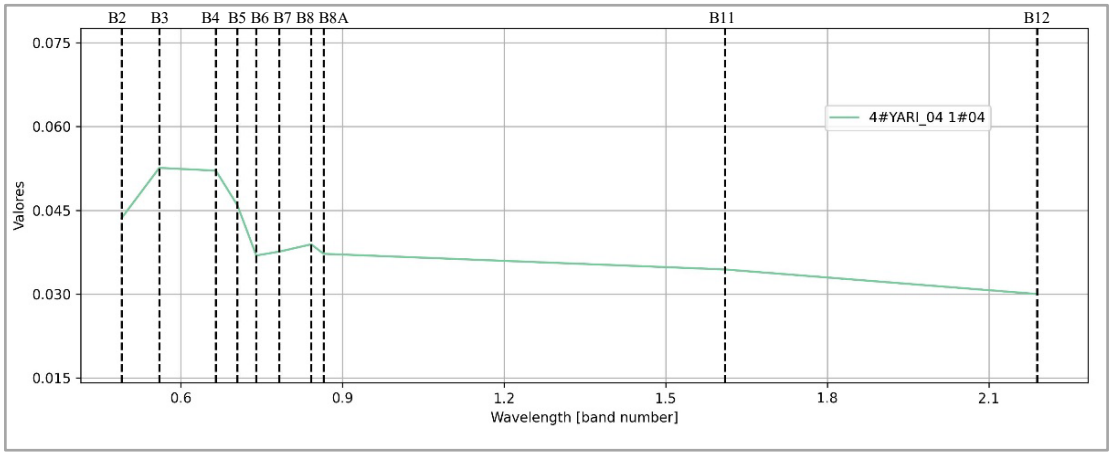
	MC_ID = 3 MC_name = YARI_03 C_ID = 1 C_name = 03 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0368	0.0451	0.0412	0.0355	0.0275	0.0292	0.0254	0.0281	0.0196	0.0168
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ Firma espectral del punto de muestro Yari_04

Figura 19

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_04 realizado en el software QGIS



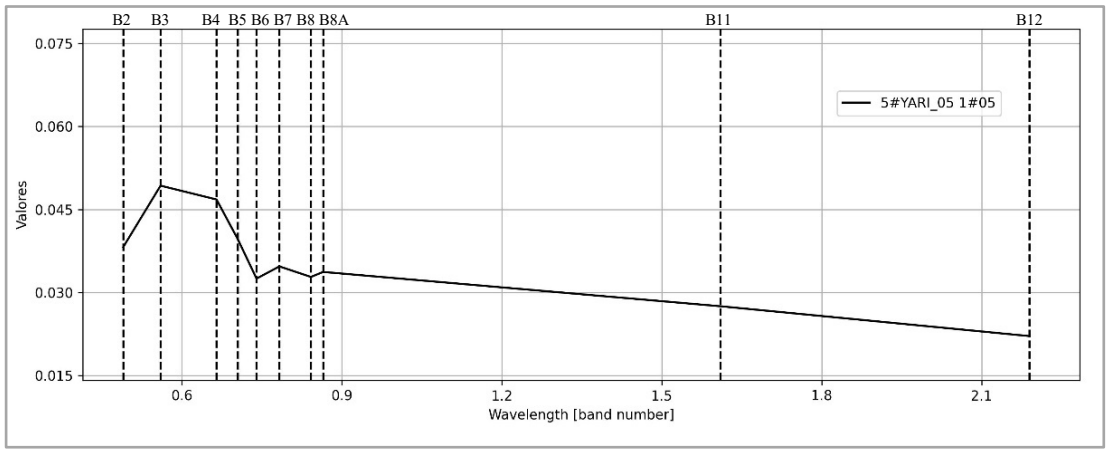
	MC_ID = 4 MC_name = YARI_04 C_ID = 1 C_name = 04 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0436	0.0526	0.0521	0.0459	0.0369	0.0376	0.0389	0.0372	0.0344	0.03
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ Firma espectral del punto de muestro Yari_05

Figura 20

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_05 realizado en el software QGIS



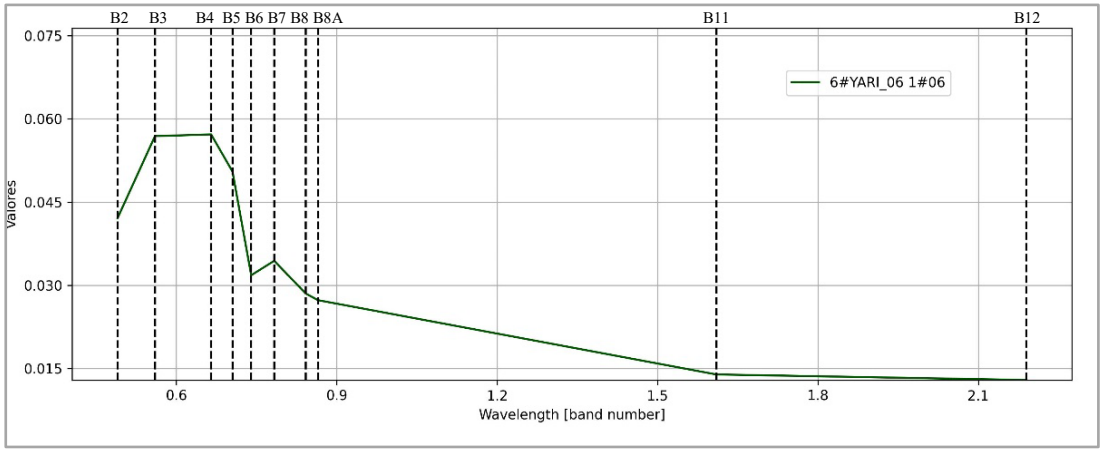
	MC_ID = 5 MC_name = YARI_05 C_ID = 1 C_name = 05 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0382	0.0493	0.0468	0.0396	0.0325	0.0347	0.0328	0.0337	0.0275	0.0221
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ Firma espectral del punto de muestro Yari_06

Figura 21

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_06 realizado en el software QGIS



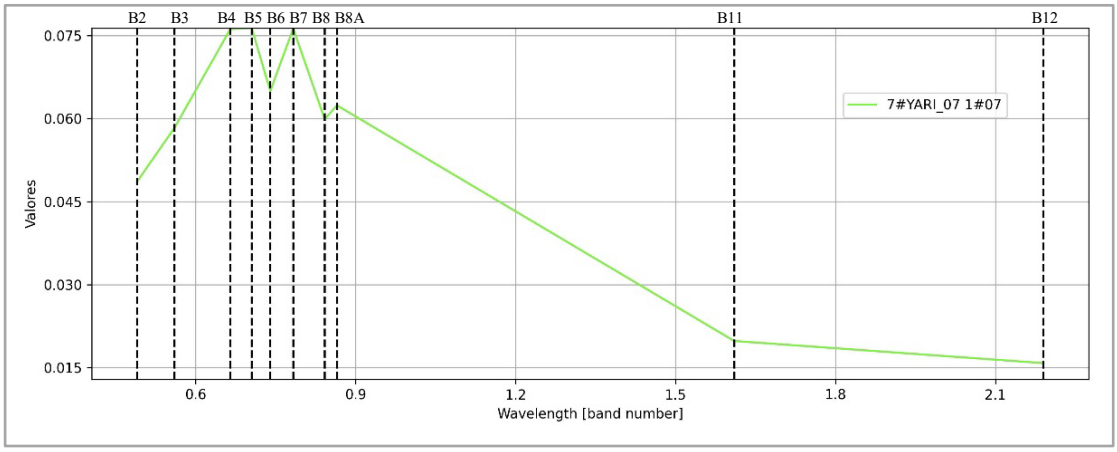
	MC_ID = 6 MC_name = YARI_06 C_ID = 1 C_name = 06 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0421	0.0569	0.0572	0.0505	0.0318	0.0344	0.0285	0.0273	0.0139	0.0129
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ Firma espectral del punto de muestro Yari_07

Figura 22

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_07 realizado en el software QGIS



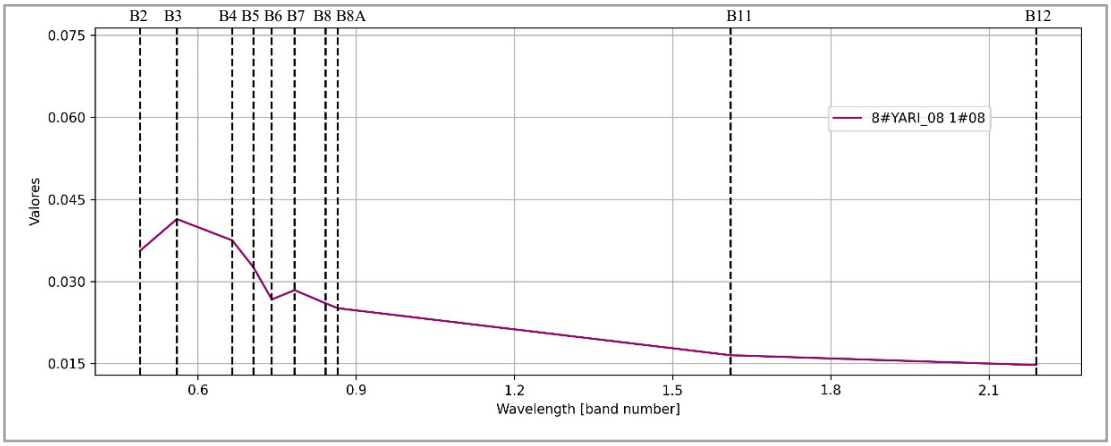
	MC_ID = 7 MC_name = YARI_07 C_ID = 1 C_name = 07 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0486	0.0583	0.0762	0.0764	0.065	0.0763	0.0599	0.0624	0.0198	0.0158
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ Firma espectral del punto de muestro Yari_08

Figura 23

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_08 realizado en el software QGIS



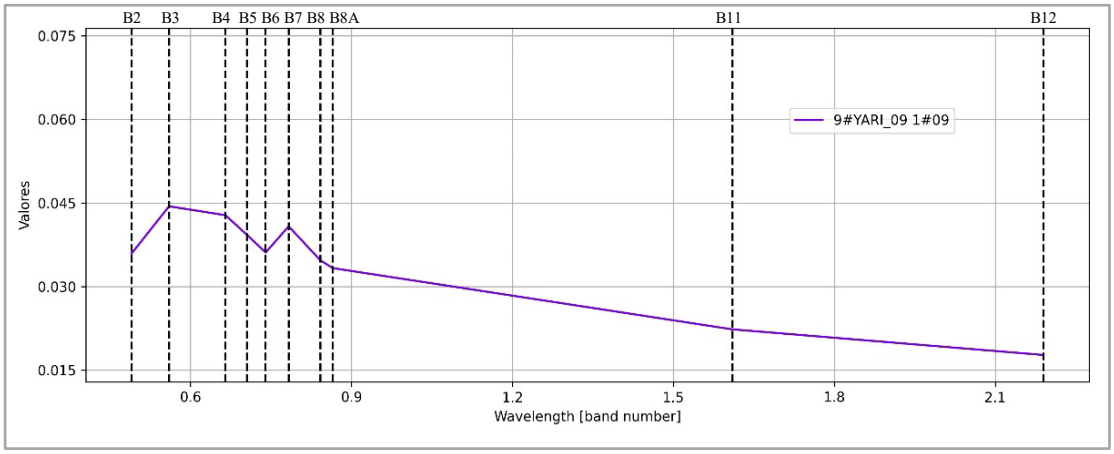
	MC_ID = 8 MC_name = YARI_08 C_ID = 1 C_name = 08 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0356	0.0414	0.0375	0.0326	0.0267	0.0284	0.026	0.0251	0.0165	0.0147
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ Firma espectral del punto de muestro Yari_09

Figura 24

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_09 realizado en el software QGIS



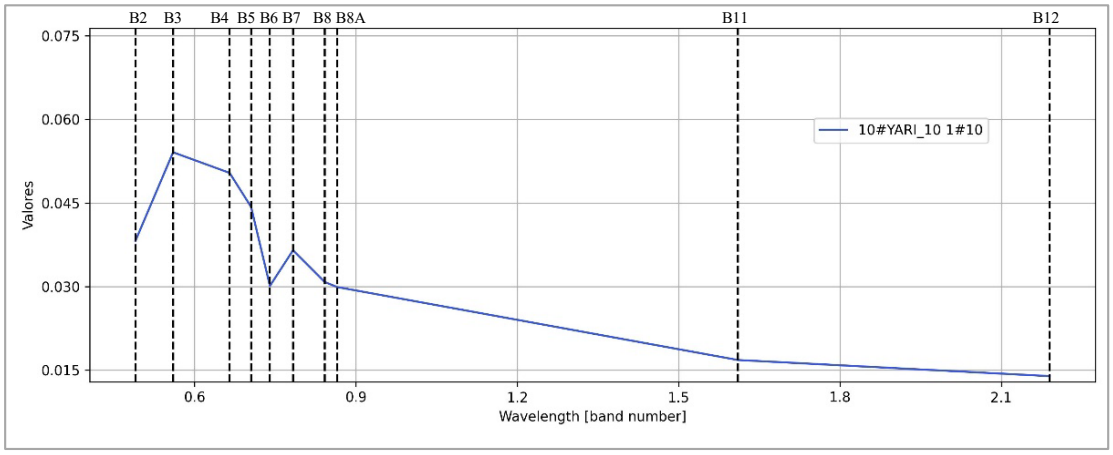
	MC_ID = 9 MC_name = YARI_09 C_ID = 1 C_name = 09 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0359	0.0444	0.0428	0.0393	0.0361	0.0408	0.0347	0.0333	0.0223	0.0177
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

❖ **Firma espectral del punto de muestro Yari_10**

Figura 25

Comportamiento de la firma espectral en el punto de muestre Yari_10 realizado en el software QGIS



	MC_ID = 10 MC_name = YARI_10 C_ID = 1 C_name = 10 ROI_size = 1 pixels									
Wavelength [E-6m]	0.49	0.56	0.665	0.705	0.74	0.783	0.842	0.865	1.61	2.19
Values	0.0382	0.0541	0.0504	0.0443	0.0301	0.0365	0.0308	0.0299	0.0168	0.0139
Standard deviation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Wavelength es la longitud de onda central que corresponde a cada banda espectral.

4.2. ANALISIS DE LA RELACION DE LOS DATOS DE LAS FIRMAS ESPECTRALES CON LOS DATOS DE CAMPO

4.2.1. Comportamiento espacial de la concentración de clorofila-a

❖ **Análisis de correlaciones con clorofila-a**

Los valores de la concentración de clorofila-a en los puntos muestreados no pudieron utilizarse para establecer correlaciones debido a que se encontraron por debajo del límite de detección establecido por el método seleccionado para el análisis en laboratorio, el cual es de 0.005 mg/l.

4.2.2. Comportamiento espacial de la concentración de solidos suspendidos totales

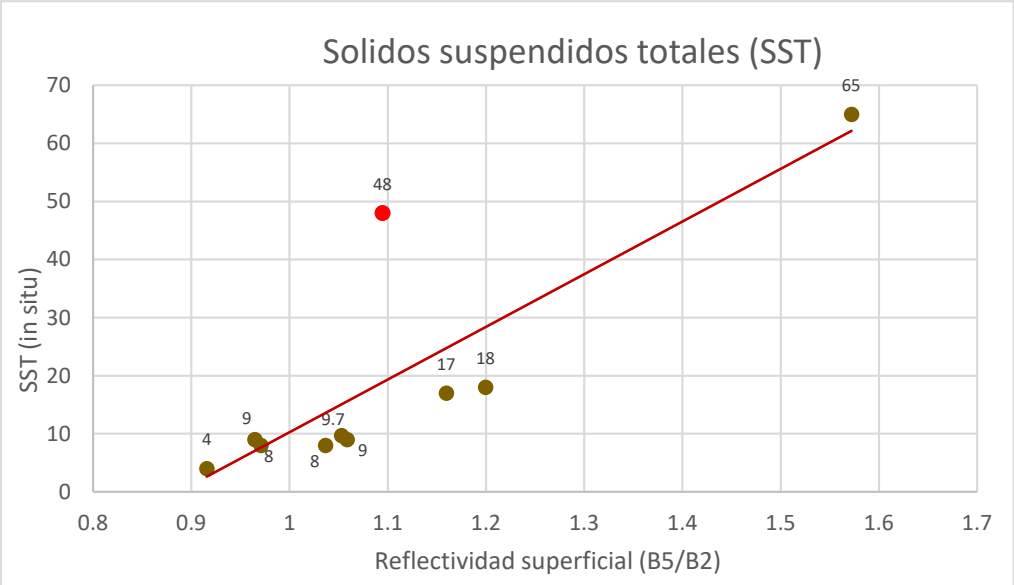
❖ **Análisis de correlaciones con sólidos suspendidos totales (SST)**

En el análisis de correlaciones, se excluyeron los valores del punto de monitoreo YARI_09 debido a que se consideraron valores atípicos en relación

a la línea de tendencia de la regresión lineal y polinómica para la variable de solidos suspendidos totales, como se muestra a continuación:

Figura 26

Valor atípico de la regresión lineal de SST y reflectividad superficial realizado en el software Excel



Nota. El punto YARI_09 es atípico.

Los valores del punto de muestreo YARI_09 son atípicos a la regresión debido a que la muestra se tomo cerca a la orilla de la laguna en el sector la restinga y esta proximidad origino que su comportamiento en la regresión no sea ideal.

Asimismo, de acuerdo a la **figura 15**, el comportamiento de su firma espectral es similar al resto; sin embargo, no tiene la misma secuencia, debido a que la reflectividad debería incrementarse junto a la concentración de SST, esto supone un error de toma del dato, considerándolo un valor atípico a la regresión.

Desarrollo de ecuación empírica

Se realizaron cientos de regresiones lineales y polinómicas, de las cuales se seleccionaron las que mejor desempeño presentaron, cuyo

coeficiente de determinación sea mayor a 0.8 y significancia estadística (valué p) menor a 0.005.

Al analizar las firmas espectrales de acuerdo a la **figura 15**, en las bandas B3 y B4 la reflectividad superficial alcanza su valor más alto en la mayoría de puntos; sin embargo, al realizar las correlaciones, la relación de bandas B5/B2 tiene mayor correlación con los datos de campo.

Asimismo, al correlacionar los datos para solidos suspendidos totales, los valores de la reflectividad superficial aumentan a medida que aumenta la concentración de SST, por tal razón la línea de tendencia tiene tal forma como se describen a continuación:

Regresión lineal

La regresión lineal que presento mejor desempeño en la relación de bandas de B5 y B2. La banda B5 corresponde el infrarrojo cercano cuya longitud de onda tiene relación directa con la concentración de solidos suspendidos totales. Asimismo, realizar una relación de bandas (B5/B2) se obtiene mejor correlación, como resultado se presenta a continuación la respectiva ecuación empírica y sus parámetros estadísticos.

Tabla 11

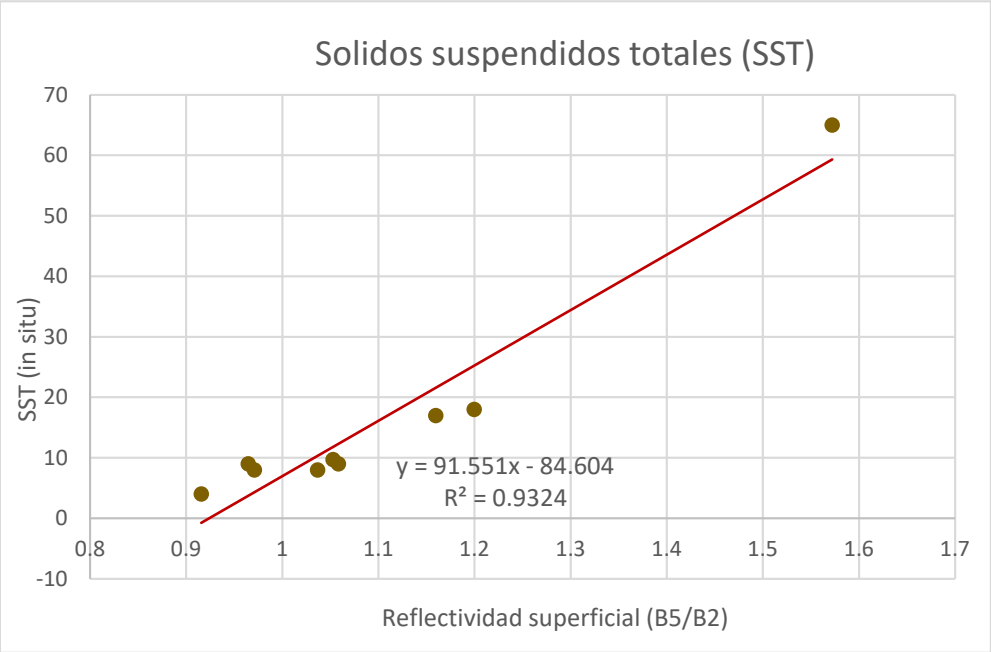
Parámetros estadísticos de la ecuación empírica de regresión lineal para solidos suspendidos totales (SST)

Datos	Bandas	Ecuación Empírica	R^2	R^2 ajustado	p-value	Error típico
9	B5 y B2	SST = 91.551*(B5/B2) - 84.604	0.932	0.923	<0.0001	5.212

Así también se muestra en el siguiente gráfico de dispersión la proyección de la línea de tendencia y la dispersión de los puntos.

Figura 27

Gráfico de dispersión de la regresión lineal para solidos suspendidos totales (SST) realizado en el software Excel



Regresión polinómica

La misma relación de bandas se aplicaron a la regresión polinómica de segundo grado, adaptándose mejor a la curva proyectada por el grafico de dispersión al correlacionar los datos in situ con la reflectividad superficial, teniendo menor error típico y mayor coeficiente de determinación (R^2). En el siguiente cuadro se muestra la ecuación empírica y sus respectivos parámetros estadísticos.

Tabla 12

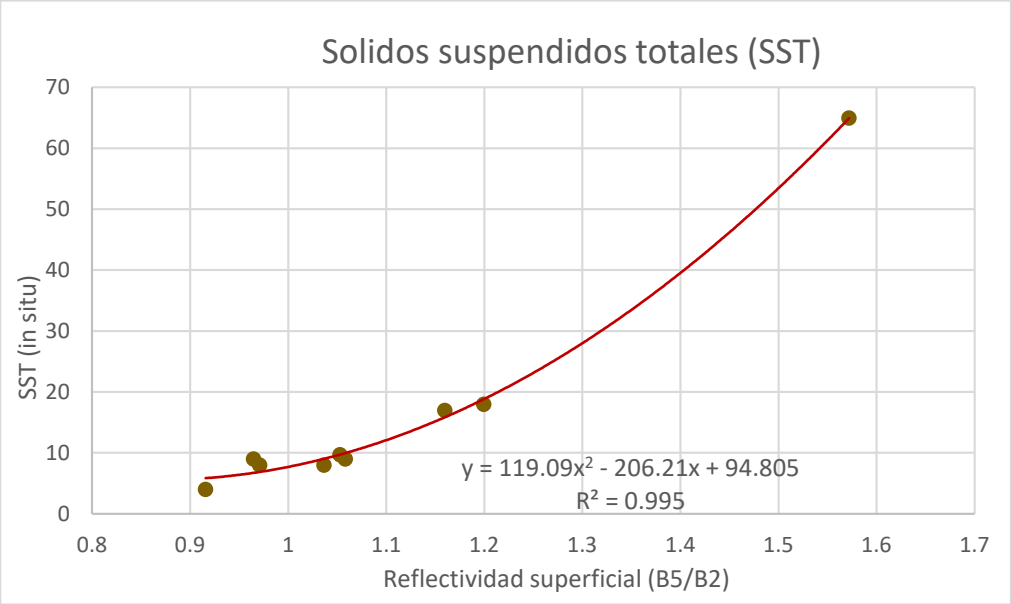
Parámetros estadísticos de la ecuación empírica de regresión polinómica para solidos suspendidos totales (SST)

Datos	Bandas	Ecuación Empírica	R^2	R^2 ajustado	p-value	Error típico
9	B5 y B2	SST = -206.209*(B5/B2) + 119.093*(B5/B2)^2 + 94.805	0.995	0.993	<0.0001	1.524

Así también se muestra en el siguiente gráfico de dispersión la proyección de la línea de tendencia y la dispersión de los puntos.

Figura 28

Gráfico de dispersión de la regresión polinómica para solidos suspendidos totales (SST) realizado en el software Excel



De acuerdo a las **tablas 11** y **12**, la ecuación empírica cuya regresión es del tipo polinómica de segundo grado, presenta un error estándar de estimación menor que a la regresión lineal, y tiene un coeficiente de determinación mayor. Por lo tanto, la ecuación empírica polinómica es la mejor ecuación para modelar el comportamiento espacial de la concentración de solidos suspendidos totales (SST). Asimismo, la regresión polinómica se ajusta mejor a la línea de tendencia.

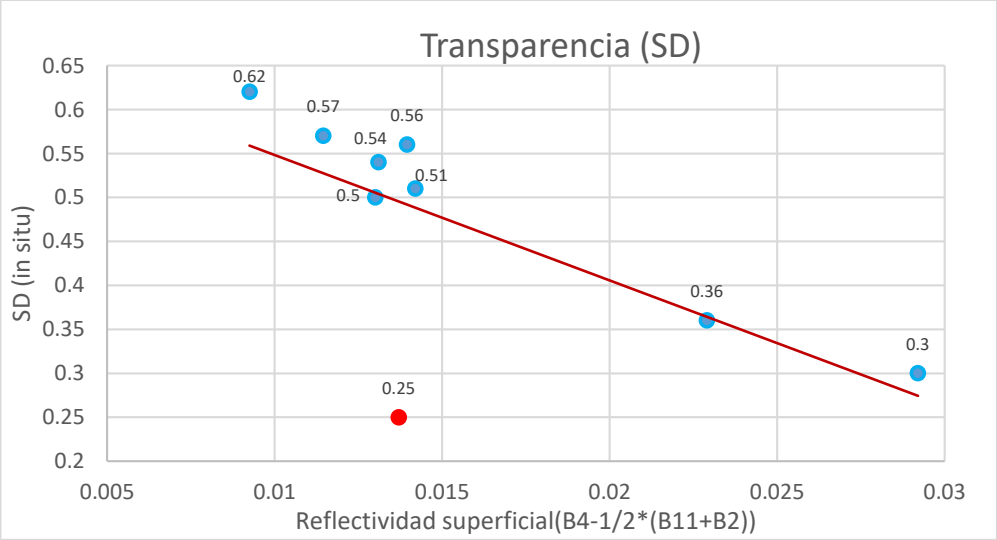
4.2.3. Comportamiento espacial de la transparencia (SD)

- **Análisis de correlaciones con transparencia (SD)**

En el análisis de correlaciones, se excluyeron los valores del punto de monitoreo YARI_09 debido a que se consideraron valores atípicos en relación a la línea de tendencia de la regresión lineal y polinómica para la variable de transparencia, como se muestra a continuación:

Figura 29

Valor atípico de la regresión lineal de transparencia y reflectividad superficial realizado en el software Excel



Nota. El punto YARI_09 es atípico.

Los valores del punto de muestreo YARI_09 son atípicos a la regresión debido a que la muestra de tomo cerca a la orilla de la laguna en el sector la restinga y esta proximidad origino que su comportamiento en la regresión no sea ideal.

Asimismo, de acuerdo a la **figura 15**, el comportamiento de su firma espectral es similar al resto; sin embargo, no tiene la misma secuencia, debido a que la reflectividad debería incrementarse junto a la concentración de SST, esto supone un error de toma del dato, considerándolo un valor atípico a la regresión.

Desarrollo de ecuaciones empíricas

Se realizaron cientos de regresiones lineales y polinómicas, de las cuales se seleccionaron las que mejor desempeño presentaron, cuyo coeficiente de determinación sea mayor a 0.8 y significancia estadística (valué p) menor a 0.005.

Al analizar las firmas espectrales de acuerdo a la **figura 15**, en las bandas B3 y B4 la reflectividad superficial alcanza su valor más alto en la

mayoría de puntos; sin embargo, al realizar las correlaciones, la relación de bandas B4-1/2*(B11+B2) tiene mayor correlación con los datos de campo para transparencia (SD).

Asimismo, al correlacionar los datos para la transparencia, los valores de la reflectividad superficial disminuyen cuando la transparencia aumenta, por tal razón la línea de tendencia tiene tal forma como se describen a continuación:

Regresión lineal

La regresión lineal que presento mejor desempeño es un modelo tribanda que utiliza las bandas B2, B4 y B11. La banda B2 es el verde, la banda B4 rojo y la banda B11 es el SWIR 1, cabe mencionar que, en las regresiones lineales aplicadas, el nivel de transparencia tiene buena correlación con la relación de bandas donde incluyan las bandas B11 y B12. Sin embargo, con la finalidad de escoger la mejor correlación, a continuación, se muestra la ecuación empírica que presentó mejor desempeño.

Tabla 13

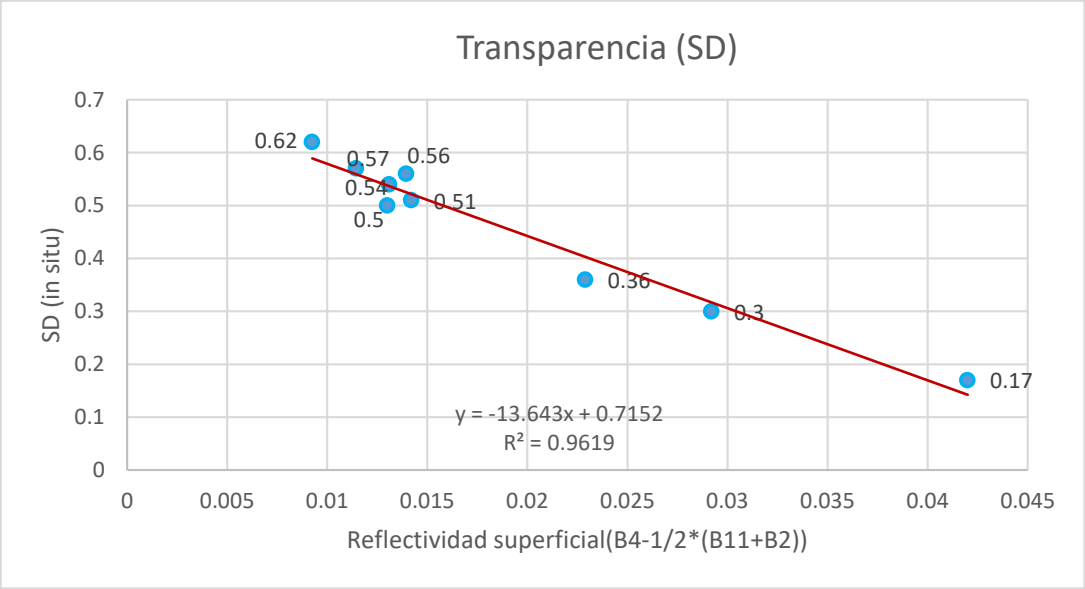
Parámetros estadísticos de la ecuación empírica de regresión lineal para transparencia (SD)

Datos	Bandas	Ecuación Empírica	R^2	R^2 ajustado	p-value	Error típico
9	B4, B11 y B2	SD = -13.643*(B4-1/2*(B11+B2)) + 0.715	0.962	0.956	<0.0001	0.031

Así también se muestra en el siguiente grafico de dispersión la proyección de la línea de tendencia y la dispersión de los puntos.

Figura 30

Gráfico de dispersión de la regresión lineal para transparencia (SD) realizado en el software Excel



Regresión polinómica

La misma relación de bandas se aplicación regresión polinómica de segundo grado, y esta se adapta mejor a la curva proyectada por el grafico de dispersión al correlacionar los datos in situ con la reflectividad superficial, teniendo menor error típico y mayor coeficiente de determinación R^2 de 0.98. En el siguiente cuadro se muestra la ecuación empírica y sus respectivos parámetros estadísticos.

Tabla 14

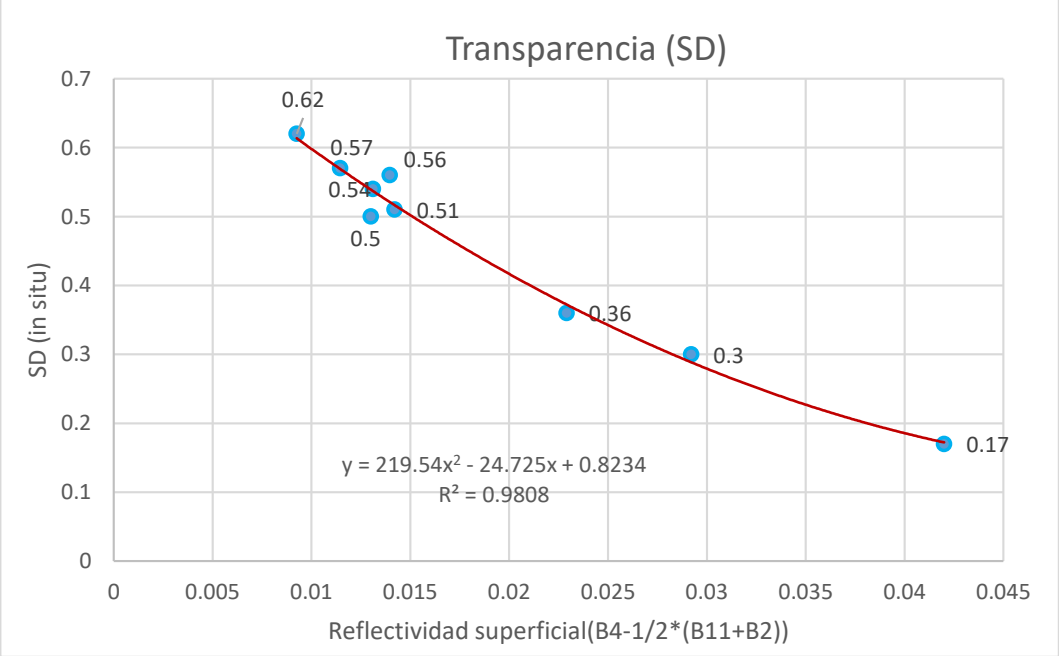
Parámetros estadísticos de la ecuación empírica de regresión polinómica para transparencia (SD)

Datos	Bandas	Ecuación Empírica	R^2	R^2 ajustado	p-value	Error típico
9	B4, B11 y B3	SD = -24.725*(B4-1/2*(B11+B2)) + 219.545*(B4-1/2*(B11+B2))^2 + 0.823	0.981	0.974	<0.0001	0.024

Así también se muestra en el siguiente gráfico de dispersión la proyección de la línea de tendencia y la dispersión de los puntos.

Figura 31

Gráfico de dispersión de la regresión polinómica para transparencia (SD) realizado en el software Excel



De acuerdo a las **tablas 13** y **14**, la ecuación empírica cuya regresión es del tipo lineal presenta un error estándar de estimación mayor que a la regresión cuadrática y tiene un coeficiente de determinación mayor. Por lo tanto, la ecuación empírica polinómica es la mejor ecuación para modelar el comportamiento espacial de la transparencia ya que la regresión polinómica se ajusta mejor a la línea de tendencia.

4.3. GENERACION DE MAPAS TEMATICOS

4.3.1. Generación de mapa temático para clorofila a.

Para el parámetro de clorofila-a, de acuerdo con el límite de detección del método seleccionado para su análisis en laboratorio que es de 0.005 mg/l, es imposible utilizar los datos de concentración de clorofila-a de los puntos muestreados para generar una ecuación empírica que permita generar mapas temáticos de la distribución espacial de dicho parámetro, ya que no supera los 0.5 mg/l de concentración.

Al comparar el ECA-agua, la presencia de clorofila a esta por debajo de lo que exige los estándares de calidad para cuerpos de agua de la categoría 4 - E1, para conservación del medio acuático.

4.3.2. Generación de mapa temático para SST

Con las ecuaciones empíricas que presentaron mejor desempeño, se aplicó a la imagen satelital para generar mapas temáticos, de tal manera que se pueda visualizar la distribución y comportamiento espacial de los parámetros trabajados.

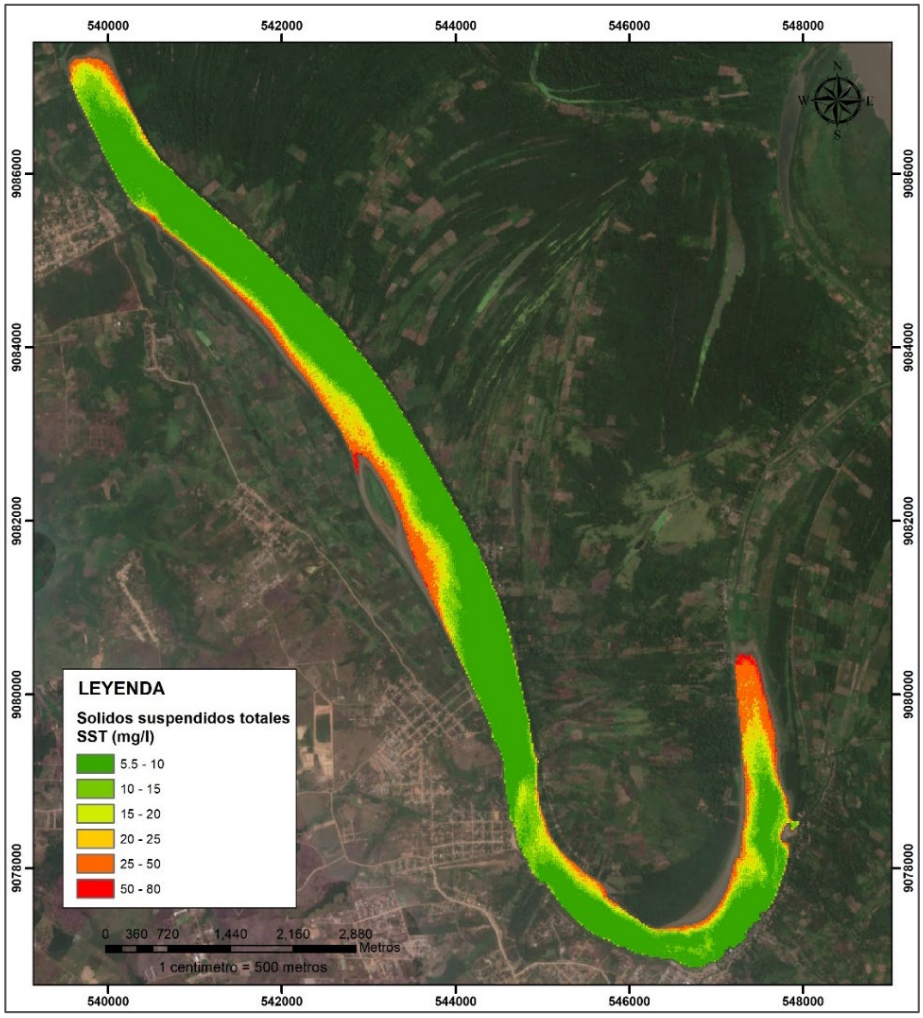
La ecuación empírica utilizada da como resultado un mapa de distribución espacial adecuado, de acuerdo a las seis clases establecidas en intervalos preparados de tal manera que se puede armonizar los colores para cada clase, en la cual se puede observar que mientras más pronunciado es el color rojo, la concentración de solidos suspendidos totales es mayor.

Se tiene que el 10.4 % de laguna superar los 25 mg/l de concentración, superando lo que establece los ECA-agua de la normativa peruana vigente. Sin embargo, la presencia de concentración de SST mayor de 25 mg/l se ubica principalmente en las orillas y extremos de la laguna, asimismo en zonas donde no hay concurrencia de bañistas.

A continuación, se muestra la distribución espacial de los sólidos suspendidos totales a lo largo y ancho de la laguna Yarinacocha.

Figura 32

Mapa de comportamiento espacial de la transparencia en la laguna Yarinacocha



Nota. Procedimiento realizado en el software ArcGis 10.8.

En la siguiente tabla se presenta la distribución de los sólidos suspendidos totales en seis clases establecidas en intervalos.

Tabla 15

Medida de la Distribución de solidos suspendidos por clases

DISTRIBUCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES			
SST (mg/l)	ha	m2	%
5.5 < SST ≤ 10	531.6	5316000	61.6
10 < SST ≤ 15	114.8	1148300	13.3
15 < SST ≤ 20	73.2	732300	8.5
20 < SST ≤ 25	52.9	528900	6.1
25 < SST ≤ 50	83.0	829800	9.6
50 < SST < 80	7.32	73200	0.8
TOTAL	862.9	8628500	100.0

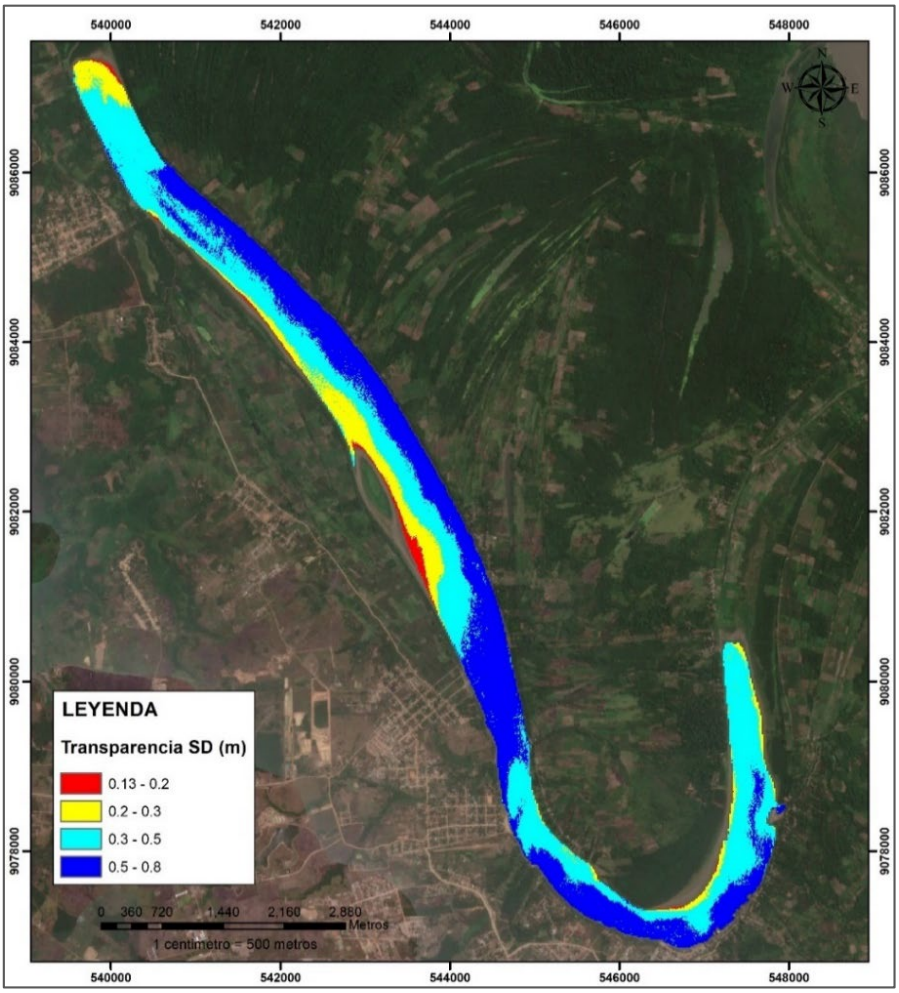
4.3.3. Generación de mapa temático para transparencia (SD)

Con las ecuaciones empíricas que presentaron mejor desempeño, se aplicó a la imagen satelital para generar mapas temáticos, de tal manera que se pueda visualizar la distribución y comportamiento espacial de los parámetros trabajados.

De acuerdo a la distribución espacial de la transparencia en la laguna, al menos el 41.8% de la laguna tiene mayor a 0.5 m de transparencia, y el 1.4 % de la laguna presenta entre 0.13 y 0.2 m de transparencia, limitando el ingreso de la luz solar, lo que tendría efectos negativos en el desarrollo de la vida en ese medio acuático. A continuación, se muestra la distribución espacial de la transparencia a lo largo y ancho de la laguna Yarinacocha.

Figura 33

Mapa de comportamiento espacial de la transparencia en la laguna Yarinacocha



Nota. Procedimiento realizado en el software ArcGis 10.8.

En la siguiente tabla se presenta la distribución de la transparencia en cuatro clases establecidas en intervalos.

Tabla 16

Medida de la Distribución de la transparencia por clases

DISTRIBUCION DE LA TRANSPARENCIA			
Transparencia (m)	ha	m2	%
0.13 < SD ≤ 0.20	12.3	123200	1.4
0.20 < SD ≤ 0.30	97.4	974000	11.3
0.30 < SD ≤ 0.50	392.2	3921800	45.5
0.50 < SD < 0.80	360.9	3609500	41.8
TOTAL	862.9	8628500	100.0

4.4. DISCUSION

Transparencia

Delegido *et al.* (2019) utilizo las bandas azul y verde (R490/R560) para estimar la transparencia en embalses con diferente estado trófico en la Comunidad Valenciana. Sin embargo, en el presente trabajo dicha relación de bandas no presento una correlación significativa, obteniendo un coeficiente de determinación (R^2) menor a 0.2. Mientras que la correlación más significativa se obtuvo con un modelo tribanda, utilizando las bandas B2. B4 y B11 expresado como SD = B4 - ½ (B11 + R2), similar al modelo Distancia a línea base (DBL) de Delegido *et al*. (2016) cuya modelo corresponde a DLB = R705 - ½ (R740 + R490); donde R705 es la banda 5 (red-edge), R740 banda 6 (red-edge) y R490 banda 2 (blue).

Solidos suspendidos totales y transparencia

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el mes de julio del año 2020 y 2021, en época de estiaje o vaciante realizo el monitoreo de la Calidad del Agua Superficial de la Laguna de Yarinacocha, evaluando 53 parámetros, incluyendo clorofila a, solidos suspendidos totales y transparencia. Se realizó la comparación respectiva con los valores satelitales de solidos suspendidos totales y transparencia, en los puntos de muestreo del monitoreo del ANA.

Para el monitoreo realizado por el ANA en el 2021, se identificaron 4 puntos de muestreo, de las cuales los valores del punto de muestreo **Lyari2** de las tablas

17 y 18 están muy cercanos entre sí, incluso al tratarse de diferentes años, pero en las mismas épocas de estiaje o vaciante. Cabe mencionar que el punto de monitoreo **Lyari4** de la tabla 18 no se pudo identificar, ya que se encuentra fuera de la laguna Yarinacocha.

Tabla 17

Resultados del monitoreo del ANA realizado en julio de 2021

PUNTO DE	COORDENADAS		MUESTREO IN SITU ANA 2021		
MUESTREO ANA 2021	X	Y	SD (m)	SST (mg/l)	CHL-a (mg/l)
LYari1	547454	9079427	0.46	13	< 0.0041
LYari2	546797	9076887	**0.53**	**9**	< 0.0041
LYari3	540276	9085758	0.77	24	< 0.0041
LYari4	535498	9087262	0.20	27	< 0.0041

Nota. Adaptado del Informe Técnico N° 0010-2022-ANA-AAA.U/LSFPDH.

Tabla 18

Valores satelitales de SST y transparencia en los puntos de muestreo del ANA definidos en la tabla precedente

PUNTO DE	COORDENADAS		VALORES SATELITALES 2022		
MUESTREO ANA 2021	X	Y	SD (m)	SST (mg/l)	CHL-a (mg/l)
LYari1	547454	9079427	0.39	17.9	--
LYari2	546797	9076887	**0.53**	**8.1**	--
LYari3	540276	9085758	0.44	10.1	--
LYari4	535498	9087262	--	--	--

Asimismo, para el monitoreo realizado por el ANA en el 2020, se identificaron 10 puntos de muestreo, de las cuales los valores de los puntos de muestreo Lyari10 y Lyari6 de las tablas 19 y 20 están muy cercanos entre sí, incluso al tratarse de diferentes años, pero en las mismas épocas de estiaje o vaciante. Cabe mencionar que los puntos de monitoreo Lyari1, Lyari4 y Lyari9 de las tablas 19 y 20 no se pudo identificar por encontrarse fuera de la laguna Yarinacocha. Los demás puntos de muestreo no coinciden en gran medida, esto se debe por tratarse de fechas distintas y por la influencia del rio Ucayali en épocas de invierno.

Tabla 19

Resultados del monitoreo del ANA realizado en julio de 2020

PUNTO DE MUESTREO ANA 2020	COORDENADAS		MUESTREO IN SITU ANA 2020		
	X	Y	SD (m)	SST (mg/l)	CHL-a (mg/l)
Lyari1	549821	9078513	0.003	17	< 0.0041
Lyari2	546721	9076875	0.3	3	< 0.0041
Lyari3	540320	9085694	0.3	13	< 0.0041
Lyari4	547343	9080467	0.22	17	< 0.0041
Lyari5	547503	9079444	0.7	6	< 0.0041
Lyari6	547713	9078210	**0.43**	**11**	< 0.0041
Lyari7	546730	9076996	0.29	27	< 0.0041
Lyari8	544765	9078423	0.058	4	< 0.0041
Lyari9	539672	9087747	0.2	39	< 0.0041
Lyari10	544240	9080450	**0.52**	**4**	< 0.0041

Nota. Adaptado del Informe Técnico N° 004-2021-ANA-AAA.U-AT/MOV.

Tabla 20

Valores satelitales de SST y transparencia en los puntos de muestreo del ANA definidos en la tabla precedente

PUNTO DE MUESTREO ANA 2020	COORDENADAS		VALORES SATELITALES 2022		
	X	Y	SD (m)	SST (mg/l)	CHL-a (mg/l)
Lyari1	549821	9078513	--	--	--
Lyari2	546721	9076875	0.63	6.3	--
Lyari3	540320	9085694	0.44	9.7	--
Lyari4	547343	9080467	--	--	--
Lyari5	547503	9079444	0.4	13.3	--
Lyari6	547713	9078210	**0.48**	**11.9**	--
Lyari7	546730	9076996	0.53	9.5	--
Lyari8	544765	9078423	0.47	9.5	--
Lyari9	539672	9087747	--	--	--
Lyari10	544240	9080450	**0.52**	**5.57**	--

Comparación de Chl-a y SST con ECA-agua

Se realizó la comparación de los parámetros trabajados con el ECA-agua para la categoría 4 E1 aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, de las cuales en dos puntos de muestreo (YARI_09 y YARI_07) los sólidos suspendidos totales superan el ECA-agua. Asimismo, para clorofila-a, en los diez puntos muestreados los valores están por debajo de lo establecido.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis del comportamiento espacial de los parámetros estudiados fue satisfactorio para la concentración de SST y transparencia en la laguna Yarinacocha utilizando imágenes satelitales Sentinel 2a. Sin embargo, no fue posible para la concentración de Chl-a en la laguna, debido a que sus valores en los puntos muestreados fueron inferiores al límite de detección del método utilizado para su análisis. Además, la presencia de Chl-a en los puntos muestreados está por debajo del ECA-agua (categoría 4 - E1).

- El comportamiento de las firmas espectrales, presentaron variaciones significativas en diferentes puntos de muestreo. Asimismo, se observó que la concentración de SST tiene mejor respuesta espectral en las bandas B2 y B5, mientras que la transparencia presenta una mayor respuesta espectral en las bandas B2, B4 y B11 del satélite Sentinel 2a.

- Se encontró una correlación significativa entre los datos de las firmas espectrales y la concentración de SST y la transparencia, lo cual permitió desarrollar ecuaciones empíricas mediante regresión polinómica de segundo grado con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.99 y 0.98 respectivamente. Además, se observó que a medida que la concentración de SST aumenta, los valores de reflectividad superficial también se incrementan, mientras que en el caso de la transparencia ocurre lo contrario: a medida que esta aumenta, la reflectividad superficial disminuye.

- Utilizando técnicas de teledetección, se procesaron las imágenes satelitales para generar mapas temáticos de la concentración de sólidos suspendidos totales y transparencia en la laguna Yarinacocha que proporcionan una representación visual y espacial de la distribución de estos parámetros en la laguna, lo que permite la identificación de áreas con concentraciones más altas o bajas de sólidos suspendidos totales, así como áreas con mayor o menor transparencia.

5.2. RECOMENDACIONES

- Debido a valores muy bajos de la concentración de Chl-a en la laguna Yarinacocha, se recomienda explorar otros métodos de medición como densidad algal (cel/ml) y caracterización de comunidad fitoplanctónica con el fin de analizar el comportamiento espacial de estos indicadores del nivel de eutrofización y de calidad del agua.

- Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales en la laguna Yarinacocha para explorar posibles correlaciones entre los datos de las firmas espectrales y otros parámetros como turbidez, materia orgánica disuelta coloreada (CDOM) y temperatura con el propósito de generar mayor conocimiento sobre el uso de teledetección para estudiar parámetros de calidad del agua.

- Se recomienda realizar investigaciones similares en la laguna Yarinacocha con imágenes del satélite Sentinel 2a y otros de mayor resolución espacial y espectral, con el fin de conseguir resultados más precisos y validar las ecuaciones empíricas desarrolladas en el presente trabajo. Asimismo, realizar muestreos en época de estiaje y avenida para analizar el comportamiento de los parámetros trabajados en diferentes épocas del año.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Ariza, A. (2013). Descripción y corrección de productos landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Misssion). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21308.44167

Arocena, R. (Ed.). (2016). *Principios y Metodos de Limnologia* (2da ed.). Udelar. FC. DIRAC. https://hdl.handle.net/20.500.12008/27350

Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Agua de los Recurso Hidricos Superficiales.

Autoridad Nacional del Agua. (2018a). *Clasificacion de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales.* https://hdl.handle.net/20.500.12543/2439

Autoridad Nacional del Agua. (2018b). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales.* https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los

Autoridad Nacional del Agua. (2022). *Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial de la Laguna de Yarinacoha – Intercuenca 49917, época de estíaje, julio 2021.* Informe tecnico.

Ayala Jesus, C., & Herrera Diaz, M. (2019). Monitoreo de la calidad del agua del lago Junin, mediante tecnicas de teledeteccion espacial. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, 2*(2), 23-31. http://:doi.org/10.46380/rias.v2i2.46

Briceño, I., Pérez, W., San Miguel, D., & Ramos, S. (2018). Determinación de calidad de agua en el Lago Vichuquén, con imagenes de satelite Landsat 8, sensor OLI, año 2016, Chile. *Revista de Teledeteccion, 52*, 67-68. https://doi.org/10.4995/raet.2018.10126

Carlson, R. E. (1977). A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography, 22*, 361-369. http://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361

Chávez, R. (1996). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote sensing of Environment, 3*, 246-251. https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90019-3

Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de la Teledeteccion Espacial* (2da ed.). RIALP, S.A.

Chuvieco, E. (2008). *Teledeteccion Ambiental: La observacion de la tierra desde el espacio* (3era ed. ed.). Ariel, S.A.

Chuvieco, E. (2016). *Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach, Second Edition* (2da ed.). CRC Press.

Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software, 6*(64), 3172. https://doi.org/10.21105/joss.03172

Delegido, J., Urrego, P., Vicente, E., Sòria-Perpinyà, X., Soria, J. M., Pereira-Sandoval, M., Ruiz-Verdú, A., Peña, R., & Moreno, J. (2019). Turbidez y profundidad de disco de Secchi con Sentinel-2 en embalses con diferente estado trófico en la Comunidad Valenciana. *Revista de Teledetección,* 54, 15-24. https://doi.org/10.4995/raet.2019.12603

Dona, C., Sanchez, J. M., Caselles, V., Dominguez, J. A., & Camacho, A. (2014). Relaciones Empiricas para el Seguimiento del Agua de los Lagos y Embalses Mediante Imagenes Multiespectrales. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 7*(5), 1632-1641. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2014.2301295

Urrego de Marquez, E.P., Soria-Perpinya, X., Delegido, J., Pereira-Sandoval, M., Ruiz-Verdu, A., Tenjo, C., López-García, M.J., Candelas, F.M., Vicente, E., Soria, J.M., & Moreno, J. (2018). Monitoreo ecologico multitemporal de la Albufera de Valencia con imagenes Sentintel-2. *Tecnologias de la informacion geografica: perspectivas multidisciplinares en la sociedad del conocimiento*, 12-24. https://www.researchgate.net/publication/328783570_Monitoreo_ecologico_multitemporal_de_la_Albufera_de_Valencia_con_imagenes_Sentinel-2

Estruch Benito, F. (2010). Analisis de la clorofila a en el lago a partir de un imagen multiespectral Quickbird en la zona costera de gandia [Tesis de licenciatura, Universitad Politecnica de Valecia]. https://riunet.upv.es/handle/10251/9176

European Space Agency. (2015). Sentinel-2 User Handbook. https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook

European Space Agency. (s.f.). *Producto de datos*. https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products

Fuchs Odicio, A., & Vasquez Soplin, K. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en tres puntos de confluencia de las aguas de la quebrada de tushmo y la laguna de yarinacocha, distrito de yarinacocha, provincia de coronel portillo, departamento de ucayali 2020* [Tesis de Titulo Profesional, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4836

Galizia, J., & Matsumura, T. (2012). *Limnology.* CRC Press.

Garay, P. (Ed.). (2015). *Yarinacocha 51 años de Historia.* P.G Editores E.I.R.L. http://www.muniyarinacocha.gob.pe/pdf/2015/libro_completo.pdf

Gomez, J., & Dalence, J. (2015). Determinación del parámetro sólidos suspendidos totales (SST) mediante imágenes de sensores ópticos en un tramo de la cuenca media del río Bogotá (Colombia). *UD y la GEOMÁTICA*(9), 19-27. https://doi.org/10.14483/23448407.7943

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la Investigacion* (6a ed.). McGRAW-HILL.

Delegido, C. Tenjo, A. Ruiz-Verdú, M. Pereira-Sandoval, N. Pasqualotto, G. Gibaja, . . . J. Moreno. (2016). Aplicaciones de Sentinel-2 a estudios de vegetacion y calidad de aguas continentales. *Geotecnologías, Herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible: Libro de Actas de XVII Simposio Internacional SELPER 2016, 1a ed*, 1111-1125. https://www.researchgate.net/publication/312040510_Aplicaciones_de_Sentinel-2_a_estudios_de_vegetacion_y_calidad_de_aguas_continentales

Lichtenthaler, H. (1987). [34] Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes, Methods in Enzymology. *Elsevier inc.*, 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1

Marin López, C. (2012). *Calidad del agua de la laguna yarinacocha para uso recreacional.* Universidad Nacional Agraria de la Selva. http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1083

Mobley, C. (1999). Estimation of the remote-sensing reflectance from above-surface measurements. *APPLIED OPTICS, 38*(36), 7442-7455. http://dx.doi.org/10.1364/AO.38.007442

Nuñez Juarez, S., & Medina Allcca, L. (2008). Riesgos Geologicos en la Region Ucayali.

https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/242/368/C037-Boletin-Riesgos_geologicos_region_Ucayali.pdf

Oliveros Oliver, J. (2014). Aplicacion de Percepcion Remota para la Dteccion de Florecimientos de Algas en Valle de Bravo. *Maestria.* Universidad Nacional Autonoma de Mexico. http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/6961

Organizacion de las Naciones Unidas. (2014). *Calidad del Agua*. Obtenido de United Nations: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml

Organizacion de las Naciones Unidas. (s.f.). *Aplicación de datos del mes: Monitoreo de la calidad del agua*. Recuperado el 23 de febrero de 2022, de United Nations: https://www.un-spider.org/es/enlaces-y-recursos/fuentos-de-datos/daotm-monitoreo-calidad-agua

Organización Internacional para la Estandarización. (1992). ISO 10260: Water quality - Measurement of Bioquemical Parameters - Spectrometric Determination of the Chlorophyll a Concentration. *2-Métodos químicos*, 4-6.

Preciado Vargas, M., & Silva Rodriguez, N. (2015). Estimación de concentración clorofila-a, con técnicas de teledetección a partir de un derrame de petróleo. *Ventana Informatica*(32), 199-215. https://doi.org/10.30554/ventanainform.32.1106.2015

Quezada Garcia , M. (2020). *Uso de imagenes satelitales para determinar los parametros de calidad del agua en los rios amazonicos Neshuya y Aguaytia – Peru* [Tesis de Maestria, Universidad Nacional Agraria la Molina]. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4550

Ramirez, G., Rojas, J., & Guerrero, J. (2021). Estimacion de la clorofila a en la superficie de la bahia de sechura usando datos imagenes de landsat 8. *Revista de investigacion de fisica, 24(2)*, 11-16. https://doi.org/10.15381/rif.v24i2.20321

Ramos Olmos, R., Sepulveda Marques, R., & Villalobos Moreto, F. (2003). *Agua en el Ambiente: Muestreo y Analisis* (1era ed.). Plaza y Valdes, S.A. de C.V.

Rengifo Cardenas, P. (2007). Evaluación Batimétrica de la Laguna de Yarinacocha en la Región Ucayali. https://docplayer.es/93774206-Evaluacion-batimetrica-de-la-laguna-de-yarinacocha-en-la-region-ucayali.html

Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de Limnologia Neotropical* (2da ed.). Universidad de antioquia.

Ruiz, R. D. (2017). *Método de estimación de sólidos suspendidos totales como indicador de la calidad del agua mediante Imágenes satelitales* [Tesis de Maestria, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59720

Sobrino et al. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment, 90*, 434-440. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003

Sobrino, N. R. (2015). *Aplicacion de la Teledeteccion y Modelos de Regresion en la Caracterizacion del Lago de Sanabria.* Universidad Nacional de Educacion a distancia. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:grado-Ciencias-CAmb-Rsobrino/Sobrino_Navas_Raquel_TFG.pdf

Soria, X., Delegido, J., Urrego, E., Pereira-Sandoval, M., Vicente, E., Ruíz-Verdú, A., . . . Moreno, J. (2017a). Validación de algoritmos para la estimación de la Clorofila-a con Sentinel-2 en la Albufera de Valencia. En *Teledetección, nuevas plataformas y sensores aplicados a la gestión del agua, agricultura y medio ambiente* (págs. 289-292). https://www.researchgate.net/publication/324862377_Validacion_de_algoritmos_para_la_estimacion_de_la_Clorofila-a_con_Sentinel-2_en_la_Albufera_de_Valencia

Soria, X., Vicente, E., Durán, C., Soria, J., & Peña, R. (2017b). Uso de imágenes Landsat-8 para la estimación de la profundidad del disco de Secchi en aguas continentales. En *Teledetección, nuevas plataformas y sensores aplicados a la gestión del agua, agricultura y medio ambiente* (págs. 293-296). https://www.researchgate.net/publication/324862532_Uso_de_imagenes_Landsat-8_para_la_estimacion_de_la_profundidad_del_disco_de_Secchi_en_aguas_continentales

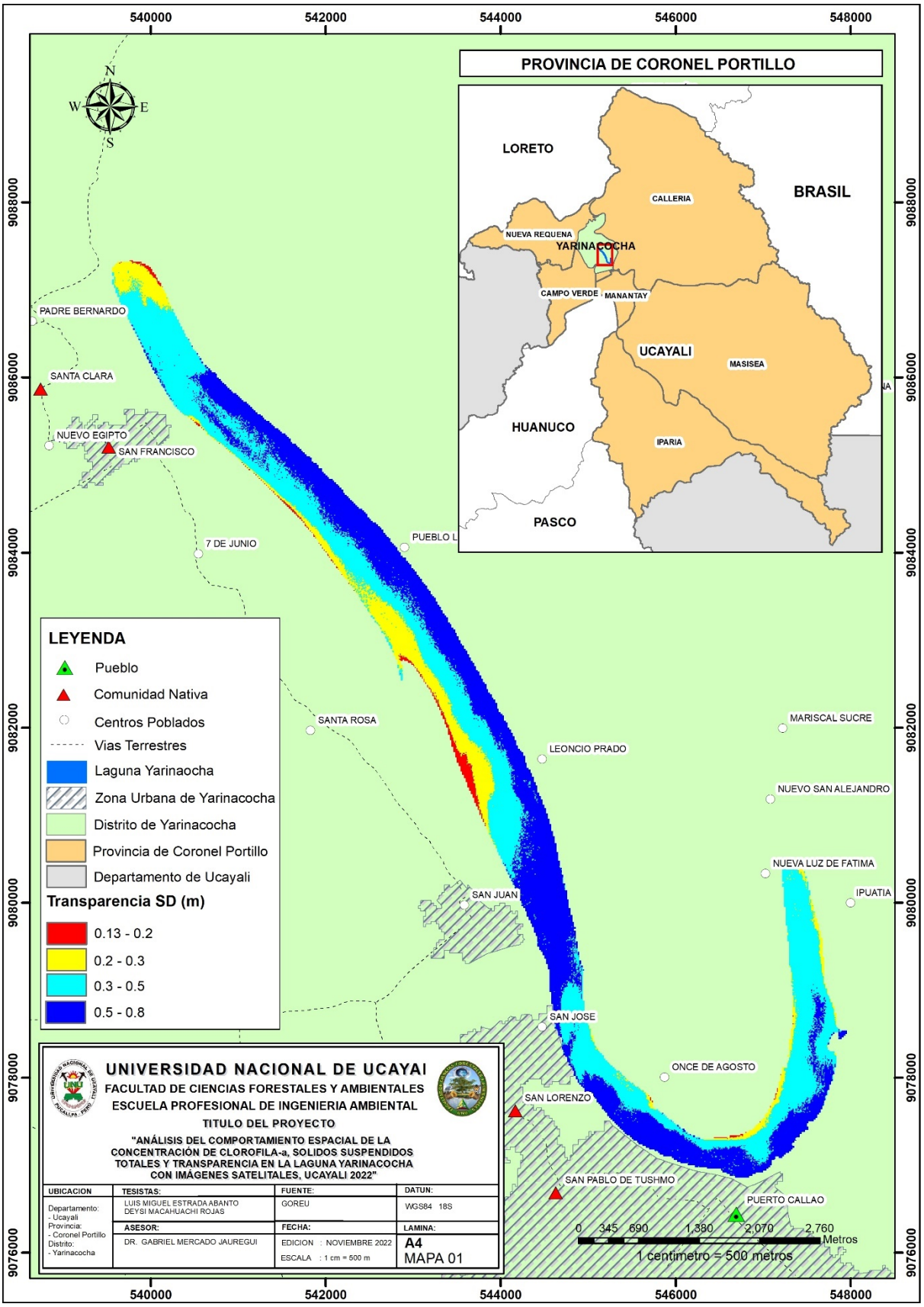
Servicio Geológico de Estados Unidos. (2001). *A Primer on Water Quality*. https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/

ANEXOS

ANEXO 1

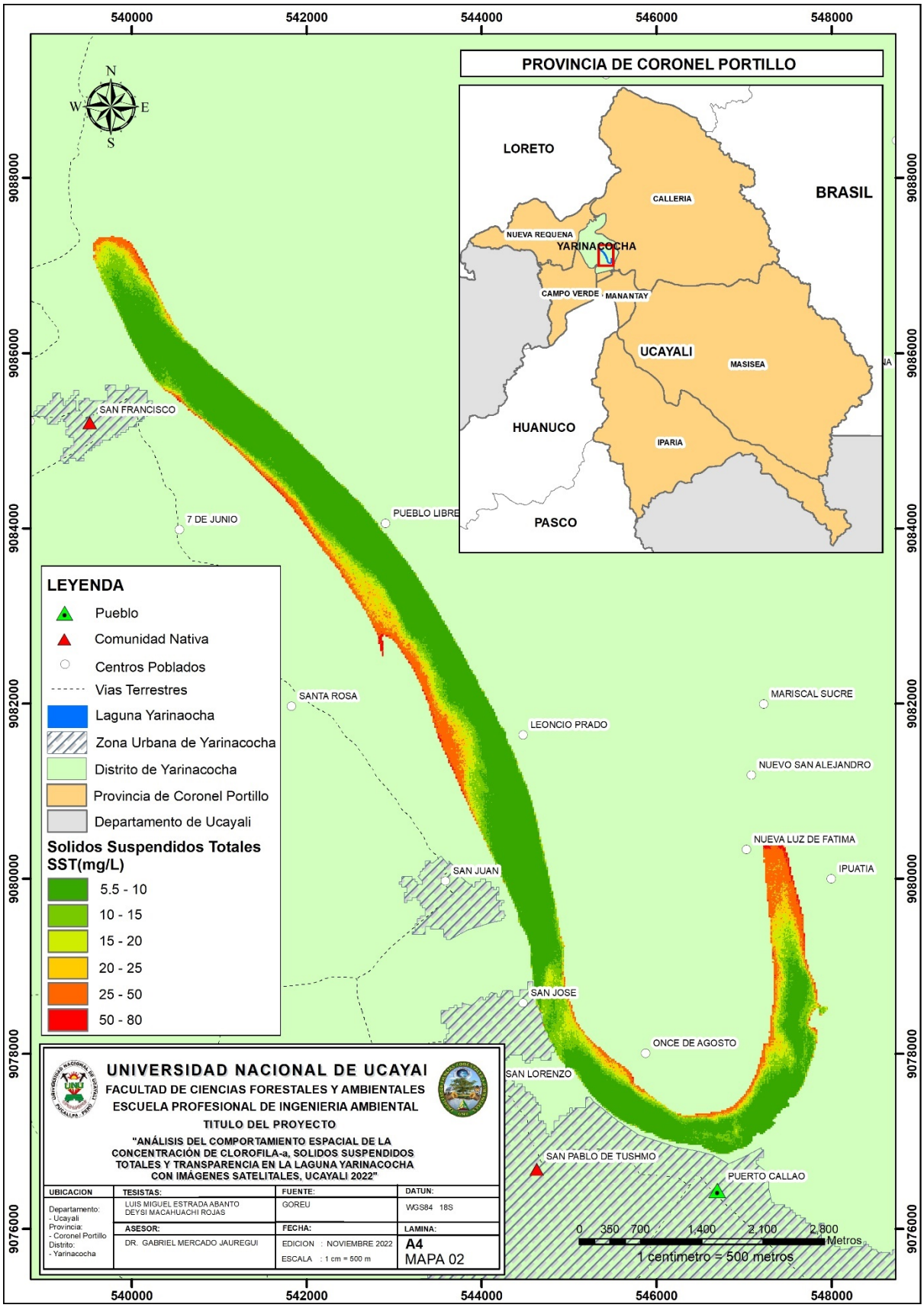
Mapa de comportamiento espacial

de la transparencia SD.



ANEXO 2

Mapa de comportamiento espacial de solidos suspendidos totales SST



ANEXO 3

PANEL FOTOGRAFICO

Punto de muestreo YARI_1

Toma de medida de transparencia



Punto de muestreo YARI_2

Toma de muestra para Chl-a.



Punto de muestreo YARI_3

Toma de muestra para SST.

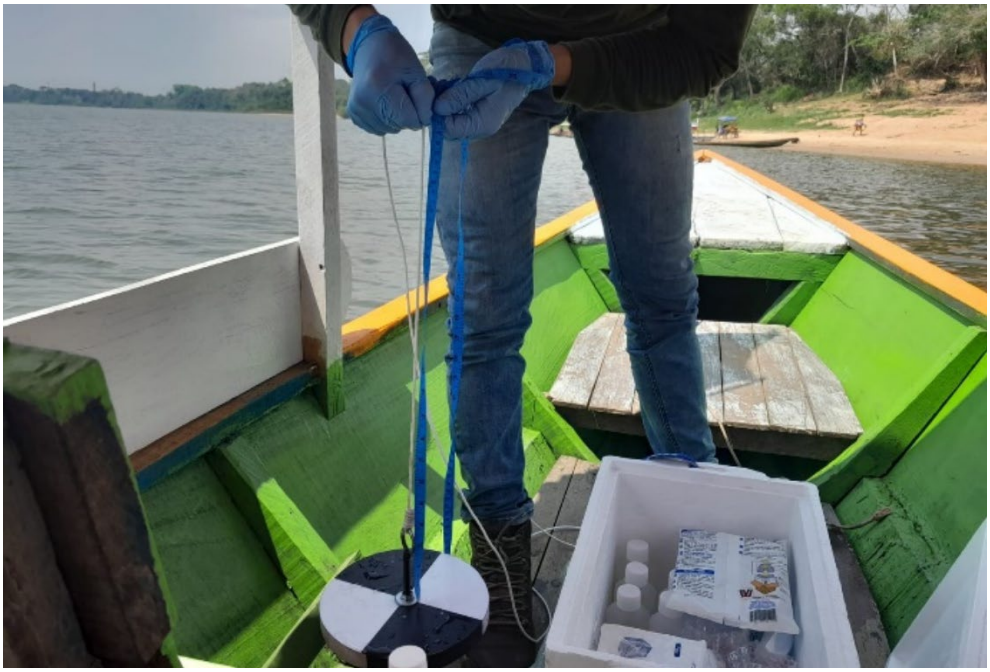


Toma de coordenadas UTM del punto de muestreo.



Punto de muestreo YARI_4

Toma de medida con la cinta métrica la transparencia.



Punto de muestreo YARI_5

Toma de coordenadas UTM del punto de muestreo.



Punto de muestreo YARI_6

Toma de coordenadas UTM del punto de muestreo.



Toma de muestra para Clorofila a.



Punto de muestreo YARI_7

Toma de medida de la transparencia.



Toma de coordenadas UTM del punto de muestreo.



Punto de muestreo YARI_8

Toma de medida de la transparencia.



Toma de coordenadas UTM del punto de muestreo.



Punto de muestreo YARI_9

Toma de medida de la transparencia



Toma de coordenadas UTM del punto de muestreo.



Punto de muestreo YARI_10

Resguardo de la muestra



EQUIPO DE TRABAJO



ANEXO IV

INFORMES DE ENSAYO DEL LABORATORIO ACREDITADO Y CADENAS DE CUSTODIA

AGQ Labs

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105928**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 01				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 10:00	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	546633 9076974
Punto de Muestreo:	YARI 01				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación



Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105928	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 01	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	9,00	mg/L	±0,76	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Nº de Referencia:	A-22/105928	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 01	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

Nº de Referencia:	A-22/105928	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 01	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105929**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 02				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 10:05	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	546741 9076873
Punto de Muestreo:	YARI 02				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105929	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 02	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	8,00	mg/L	±0,68	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105929	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 02	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105929	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 02	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105930**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 03				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 10:22	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	545567 9077453
Punto de Muestreo:	YARI 03				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105930	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 03	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
*13 Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	9,00	mg/L	±0,76	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105930	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 03	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

Nº de Referencia:	A-22/105930	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 03	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105931**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 04				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 10:36	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	544726 9078291
Punto de Muestreo:	YARI 04				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105931	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 04	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	9,70	mg/L	±0,82	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105931	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 04	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
' Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

Nº de Referencia:	A-22/105931	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 04	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el LAMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105932**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 05				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 10:52	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	544246 9080001
Punto de Muestreo:	YARI 05				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación



Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105932	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 05	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
'13 Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	8,00	mg/L	±0,68	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105932	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 05	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105932	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 05	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105933**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 06				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 11:09	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	543463 9082127
Punto de Muestreo:	YARI 06				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación



Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105933	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 06	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	18,0	mg/L	±1,53	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105933	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 06	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

	Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
	Parámetros Físico-Químicos				
*13	Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
	Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

Nº de Referencia:	A-22/105933	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 06	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el LAMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105934**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 07				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 11:41	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	540558 9085460
Punto de Muestreo:	YARI 07				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación



Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105934	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 07	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	65,0	mg/L	±5,52	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105934	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 07	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105934	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 07	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105935**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 08				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 12:48	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	547339 9077283
Punto de Muestreo:	YARI 08				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105935	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 08	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	4,00	mg/L	±0,34	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Nº de Referencia:	A-22/105935	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 08	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
' Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105935	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 08	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105936**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 09				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 12:59	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	547865 9078517
Punto de Muestreo:	YARI 09				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105936	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 09	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
(13) Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	48,0	mg/L	±4,08	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-22/105936	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 09	Fecha Fin:	13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

Nº de Referencia:	A-22/105936	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 09	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	**A-22/105937**	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (^):	ESTRADA ABANTO LUIS MIGUEL
Análisis:	PE01-00028228-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (^):	NO INDICADO
Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago	Fecha Recepción:	03/09/2022	Contrato:	QMT-PE220800680
Fecha Inicio:	03/09/2022	Fecha Fin:	13/09/2022	Cliente 3º(^):	----
Descripción(^):	YARI 10				

Fecha/Hora Muestreo:	02/09/2022 13:12	Muestreado por:	*Cliente (^)		
Lugar de Muestreo:	LAGUNA YARINACOCHA			Coordenadas x,y:	547447 9078987
Punto de Muestreo:	YARI 10				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 13/09/2022

OBSERVACIONES (*):
Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

Nº de Referencia:	A-22/105937	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 10	Fecha Fin:	13/09/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
(13) Clorofila A	< 0,005	mg/L	-	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	17,0	mg/L	±1,45	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia: A-22/105937
Descripción(^): YARI 10
Tipo Muestra: Agua de Laguna/ Lago
Fecha Fin: 13/09/2022

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Físico-Químicos				
[13] Clorofila A	SMWW 10200 H.1,2 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		0,005 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 mg/L

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

Nº de Referencia:	A-22/105937	Tipo Muestra:	Agua de Laguna/ Lago
Descripción(^):	YARI 10	Fecha Fin:	13/09/2022

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Observaciones (*):

Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos).Para los parámetros de Radioactividad es el LMD

CADENA DE CUSTODIA

CADENA DE CUSTODIA / SOLICITUD DE ANÁLISIS

PARA SER LLENADO POR COMERCIAL AGQ				Pág.		de	
N° Presupuesto / Contrato	QMT-PE220800680	Cod. Cliente					
N° Proyecto / Estudio		N° Dire. Entrega					

CLIENTE y RUC	LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO; RUC: 10733463371		
CONTACTO			
e-mail	estrada.abanto.luis@gmail.com	Telefono	921166507
DATOS DE CLIENTE TERCERO			
RAZON SOCIAL			
DATOS DEL PROYECTO			
NOMBRE DEL PROYECTO			
LUGAR DE MUESTREO (Finca / Área)	LAGUNA YARINACOCHA		
CONTACTO AGQ	NICOLE ROCA GUEVARA	N° OS / OC	No es Requisito para mi Factura

Preserv.: Otro; pH>9; pH<2

Envase: E; P; V

ANÁLISIS REQUERIDOS

Código de Laboratorio	Punto de Muestreo / Descripción	Muestreo: Fecha (dd-mm-aa)	Muestreo: Hora (24:00)	Tipo de muestra* / Sub tipo**	Coordenadas UTM (E-N-HUSO)	Número de envases por punto de muestreo	Análisis tipo Aplicable (AT)	PARAMETROS: Clorofila "a"	PARAMETROS: TSS	Parámetros In Situ
								Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra		
	YARI 01	2/9/2022	10:00	3B	546633; 9076974	2	PE01-00028228-1	X	X	
	YARI 02	2/9/2022	10:05	3B	546741; 9076873	2	PE01-00028228-1	X	X	
	YARI 03	2/9/2022	10:22	3B	545567; 9077453	2	PE01-00028228-1	X	X	
	YARI 04	2/9/2022	10:36	3B	544726; 9078291	2	PE01-00028228-1	X	X	
	YARI 05	2/9/2022	10:52	3B	544246; 9080001	2	PE01-00028228-1	X	X	
	YARI 06	2/9/2022	11:09	3B	543463; 9082127	2	PE01-00028228-1	X	X	
	YARI 07	2/9/2022	11:41	3B	540558;9085460	2	PE01-00028228-1	X	X	

* Tipo de Muestra (Categoría)	** Sub Tipo (Sub categoría)	* Tipo de Muestra (Categoría)	** Sub Tipo (Sub Categoría)	* Tipo de Muestra	** Sub Tipo
1. Agua Residual	Doméstica = (A); Municipal = (B); Industrial = (C)	5. Agua salinas	Mar = (A); Salobre = (B); Salmuera (C)	7. Muestra Sólida	Suelo = (A); Lodo = (B); Sedimento = (C)
2. Agua Natural Subterránea	Manantial/ Pozo = (A); Termal)= (B)		Circulación/Enfriamiento = (A); Alimentación para	8. Residuos	Sólido = (A); Líquido = (B)
3. Agua Natural Superficial	Río = (A); Lago/Laguna = (B); Deposisción atmosférica - Iluvia (C)	6. Agua de Proceso	Caldera = (B), Agua de Calderas (C); Lixiviación = (D);	9. Ruido	
4. Agua de Consumo Humano	Bebida Potable = (A); Bebida Envasada= (B); Piscina = (C); Laguna Artificial = (D)		Purificada (E); Inyección-Reinyección (F)	10. Otros (indicar tipo)	

INFORMACION DEL MUESTREO

Muestreo Realizado Por:		Procedimiento de Muestreo		Muestras Hidrobiológicas		Datos Equipos de Monitoreo (Solo AGQ)	
Empresa :	LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO	PNT / PPI :		Fitoplancton (Cualitativo)	Volumen de filtrado	Equipo	N° de serie
Responsable :	LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO	PNT / PPI :		Zooplancton (Cuantitativo / Cualitativo)	Volumen de filtrado		
Firma : El envio de esta planilla de forma virtual es considerado como firma.		PNT / PPI :		Perifiton	Área de raspado		

Supervisor / Cliente		OBSERVACIONES PARA EL INFORME	OBSERVACIONES DE LA MUESTRA (No se considera en el informe)
Nombre	LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO	Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.	
Cargo	TESISTA		
Firma : El envio de esta planilla de forma virtual es considerado como firma.			

SOLO PARA SER LLENADO POR OPERACIONES - CONFORMIDAD DE RECEPCION DE MUESTRAS - AGQ / OBSERVACIONES

Recibido por :				Condición de la(s) Muestra(s):	CONFORME		NO CONFORME
Fecha : (dd-mm-aa)		Hora : (24.00)		Cadena de frio:	SI		NO

Mensajería Nacional		N° de Guía		Mensajería Local		N° de Guía		Entrega cliente en AGQ	

CADENA DE CUSTODIA / SOLICITUD DE ANÁLISIS

AGQ Labs

PARA SER LLENADO POR COMERCIAL AGQ				Pág.		de	
N° Presupuesto / Contrato	QMT-PE220800680	Cod. Cliente					
N° Proyecto / Estudio		N° Dire. Entrega					

CLIENTE y RUC	LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO; RUC: 10733463371		
CONTACTO			
e-mail	estrada.abanto.luis@gmail.com	Telefono	921166507
DATOS DE CLIENTE TERCERO			
RAZON SOCIAL			
DATOS DEL PROYECTO			
NOMBRE DEL PROYECTO			
LUGAR DE MUESTREO (Finca / Área)	LAGUNA YARINACOCHA		
CONTACTO AGQ	NICOLE ROCA GUEVARA	N° OS / OC	No es Requisito para mi Factura

Preserv.: Otro; pH>9; pH<2

Envase: E; P; V

ANÁLISIS REQUERIDOS

Código de Laboratorio	Punto de Muestreo / Descripción	Muestreo Fecha (dd-mm-aa)	Muestreo Hora (24:00)	Tipo de muestra* / Sub tipo**	Coordenadas UTM (E-N-HUSO)	Número de envases por punto de muestreo	Análisis tipo Aplicable (AT)	PARAMETROS: Clorofila "a"	TSS	Parámetros In Situ
								Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra		
	YARI 08	2/9/2022	12:48	3B	547339; 9077283	2	PE01-00028228-1	X	X	
	YARI 09	2/9/2022	12:59	3B	547865; 9078517	2	PE01-00028228-1	X	X	
	YARI 10	2/9/2022	13:12	3B	547447; 9078987	2	PE01-00028228-1	X	X	

* Tipo de Muestra (Categoría)	** Sub Tipo (Sub categoría)	* Tipo de Muestra (Categoría)	** Sub Tipo (Sub Categoría)	* Tipo de Muestra	** Sub Tipo
1. Agua Residual	Doméstica = (A); Municipal = (B); Industrial = (C)	5. Agua salinas	Mar = (A); Salobre = (B); Salmuera (C)	7. Muestra Sólida	Suelo = (A); Lodo = (B); Sedimento = (C)
2. Agua Natural Subterránea	Manantial/ Pozo = (A); Termal)= (B)		Circulación/Enfriamiento = (A); Alimentación para	8. Residuos	Sólido = (A); Líquido = (B)
3. Agua Natural Superficial	Río = (A); Lago/Laguna = (B); Deposisción atmosférica - Iluvia (C)	6. Agua de Proceso	Caldera = (B), Agua de Calderas (C); Lixiviación = (D);	9. Ruido	
4. Agua de Consumo Humano	Bebida Potable = (A); Bebida Envasada= (B); Piscina = (C); Laguna Artificial = (D)		Purificada (E); Inyección-Reinyección (F)	10. Otros (indicar tipo)	

INFORMACION DEL MUESTREO

Muestreo Realizado Por:		Procedimiento de Muestreo		Muestras Hidrobiológicas		Datos Equipos de Monitoreo (Solo AGQ)	
Empresa :	LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO	PNT / PPI :		Fitoplancton (Cualitativo)	Volumen de filtrado	Equipo	N° de serie
Responsable :	LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO	PNT / PPI :		Zooplancton (Cuantitativo / Cualitativo)	Volumen de filtrado		
Firma : El envio de esta planilla de forma virtual es considerado como firma.		PNT / PPI :		Perifiton	Área de raspado		

Supervisor / Cliente		OBSERVACIONES PARA EL INFORME	OBSERVACIONES DE LA MUESTRA (No se considera en el informe)
Nombre	LUIS MIGUEL ESTRADA ABANTO	Por la finalidad del proyecto de investigacion se requiere los valores especificos de los analisis, tanto para clorofila a como de TSS. Asimismo, incluir en el informe las coordenadas respectivas.	
Cargo	TESISTA		
Firma : El envio de esta planilla de forma virtual es considerado como firma.			

SOLO PARA SER LLENADO POR OPERACIONES - CONFORMIDAD DE RECEPCION DE MUESTRAS - AGQ / OBSERVACIONES

Recibido por :				Condición de la(s) Muestra(s):	CONFORME		NO CONFORME
Fecha : (dd-mm-aa)		Hora : (24:00)		Cadena de frio:	SI		NO

Mensajería Nacional		N° de Guía		Mensajería Local		N° de Guía	

Entrega cliente en AGQ