



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Estimación de los Parámetros de Calidad de Agua y su Relación
con la Reflectividad del Superficie del Satélite Landsat 8 en el
Lago Chinchaycocha - Junín**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Díaz Loyola, Edward Kelvin (ORCID: 0000-0001-8710-6710)

Llave Barturen, Willy Anthony (ORCID: 0000-0001-9646-2880)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios, a nuestros padres, a nuestros docentes y asesores, a la familia, amigos y compañeros que respaldaron nuestro éxito profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, nos gustaría agradecer a nuestro consultor Mg. Rita Cabello Torres, por su apoyo incondicional.

A los profesores y expertos que nos ayudaron a preparar el mensaje

Gracias a nuestra familia, amigos y colegas que nos brindaron apoyo emocional durante nuestros momentos más difíciles.

Gracias por todo.

Índice de contenidos

Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación.....	16
3.2. Operacionalización de Variables.....	16
3.3. Población, Muestra.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	20
3.5. Procedimiento	21
3.6. Métodos de análisis de datos.....	29
3.7. Aspectos Éticos.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Resultados de Calidad de Agua.....	33
4.2. Descripción de validación para reflectividad de superficie	41
4.3. Modelo de estimación de parámetros ambientales	41
4.4. Mapas de Parámetros de Calidad de Agua.....	45
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES.....	54
VII. REFERENCIAS.....	56
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de las bandas de los sensores OLI y TIRS.....	9
Tabla 2. Matriz de operacionalización de las variables de la investigación	18
Tabla 3. Descripción de la estación de monitoreo.....	19
Tabla 4. validez de confiabilidad de instrumento.....	21
Tabla 5. Fecha de adquisición de las imágenes.....	24
Tabla 6. Monitoreo Octubre - Noviembre	28
Tabla 7. Promedio de conductividad eléctrica	33
Tabla 8. Promedio oxígeno disuelto	35
Tabla 9. Promedio de Potencial de Hidrogeno	36
Tabla 10. Promedio de Sólidos Suspendidos Totales	38
Tabla 11. Promedio de Temperatura.....	39
Tabla 12. Validación de Reflectividad de Superficie.....	41
Tabla 13. Dirección de Diferencia Pareada	41
Tabla 14. Ecuaciones y Coeficientes de los modelos de Regresión Lineal.....	43

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Localización del lago Chinchaycocha.....	3
Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo de acuerdo a las coordenadas establecidas	20
Figura 3. Ubicación de puntos de muestro	23
Figura 4. Ubicación del área de estudio desde USGS	25
Figura 5. Modelo de operacionalización.....	31
Figura 6. Interpolación de conductividad eléctrica por año, por cada punto de muestreo	34
Figura 7. Interpolación de Oxígeno disuelto por año, por cada punto de muestreo	35
Figura 8. Interpolación de pH por año, por cada punto de muestreo	37
Figura 9. Interpolación de Sólidos Suspendidos Totales por año, por cada punto de muestreo	38
Figura 10. Interpolación de Temperatura por año, por cada punto de muestreo..	40
Figura 12. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para la CE	43
Figura 11. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para el pH.....	43
Figura 13. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para la Temperatura.....	44
Figura 14. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para la Oxígeno Disuelto	44
Figura 15. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para SST	44
Figura 16. Promedio de las Predicciones Espaciales de CE del año 2017	46
Figura 18. Promedio de las Predicciones Espaciales de OD del año 2017.....	47
Figura 17. Promedio de las Predicciones Espaciales de pH del año 2017	47
Figura 19. Promedio de las Predicciones Espaciales de Temperatura del 2017..	48
Figura 20. Promedio de las Predicciones Espaciales de SST del año 2017	48

RESUMEN

Para Estimar el modelo estadístico de parámetros de calidad del agua en el lago Chinchaycocha utilizando imágenes satelitales Landsat 8, se analizaron imágenes del 2013 al 2019, con un porcentaje menor al 10% de nubosidad que están relacionadas con las fechas de monitoreo in situ del lago, los niveles de reflectividad por bandas espectrales las cuales se determinó que tiene un valor de significancia menor a $p < 0.05$, nos indica una variación mínima entre las muestras analizadas. Para encontrar una mayor correlación entre los resultados de las observaciones in situ y los niveles de reflectancia, se vincularon ciertas bandas espectrales. En el caso del agua SST, se mostró un valor R^2 de 0.9718, que está altamente correlacionado con la banda b5. CE está asociado con las bandas b2, b3, b4 y b6, representando R^2 con un valor de 0,8522. En cuanto al pH, se asocia a las bandas b3, b4, b5 y b6 con un valor de R^2 de 0,7697. La DO de las bandas b1, b3, b4, b5 y b7 se correlaciona con un R^2 de 0,8577. La temperatura relativa al rango térmico de los sensores B10 y B11, que representa R^2 es 0,6307.

Palabras clave: parámetros de calidad de agua, reflectividad de superficie, imágenes satelitales.

ABSTRACT

To estimate the statistical model of water quality parameters in Lake Chinchaycocha using Landsat 8 satellite imagery, and analyzed images from 2013 to 2019, with a percentage less than 10% cloudiness that are related to the dates of in situ monitoring of the lake, the levels of reflectivity by spectral bands which were determined that there is a value of significance less than $p < 0.05$, indicates a minimum variation between the samples analyzed. To find a greater correlation between the results of in situ observations and reflectance levels, certain spectral bands were linked. In the case of SST water, an R^2 value of 0.9718 was shown, which is highly correlated with the b5 band. CE is associated with the bands b2, b3, b4 and b6, representing R^2 with a value of 0.8522. As for the pH, it is associated with the bands b3, b4, b5 and b6 with an R^2 value of 0.7697. The DO of the bands b1, b3, b4, b5 and b7 correlates with an R^2 of 0.8577. The temperature relative to the thermal range of sensors B10 and B11, which represents R^2 is 0.6307.

Keywords: water quality parameters, surface reflectivity, satellite images.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua del lago Chinchaycocha o lago Junín es de gran importancia internacional, ya que el espejo de agua alberga una diversa población de aves entre especies migratorias y residentes. Además, El lago Chinchaycocha cumple un rol relevante en el país el cual consiste en la generación de energía eléctrica, en época de estiaje contribuye con un 29% del río Mantaro, permitiendo al complejo energético Mantaro afianzar sus operaciones. El lago Chinchaycocha pertenece a la Reserva Natural de Junín (RNJ) y es el segundo más extenso del Perú (MINAGRI, ANA, 2019). También conocido como lago Junín, mantiene un sistema biológico altamente productivo que ha sufrido durante muchos años y se ve afectado por el sobrepastoreo y la contaminación del lago con minerales de las minas circundantes y aguas residuales humanas, explotando sus recursos naturales.

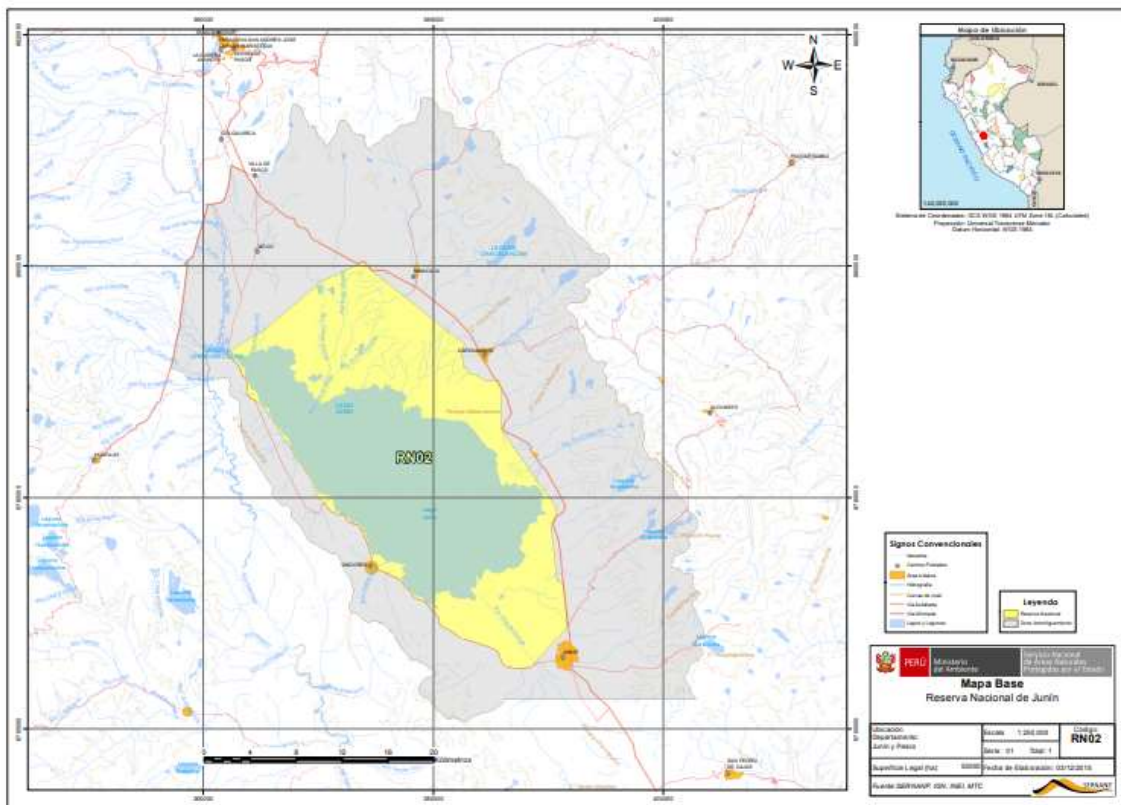
El 19 de enero del 2002 se declara en estado de emergencia la Reserva Nacional Junín bajo la ley N° 27642, la cual tuvo como objetivo principal implementar un plan y sistema de manejo ambiental sostenible. Para entonces se tenía registro del impacto por parte la gestión de residuos urbanos, las actividades mineras, que lanzaba sus efluentes mineros al río San Juan que llega hasta el lago Chinchaycocha y principalmente los que generaba las operaciones de embalse y desembalse para la generación eléctrica por parte de las empresas energéticas Electroandes y Electroperu actualmente Statkraft y Electroperu.

Posteriormente, el Plan de Manejo Ambiental Sustentable de Chinchaycocha fue aprobado mediante Resolución Suprema N ° 551-2002-PCM (18 de diciembre de 2002) y Resolución N ° 092-2004-PMC (21 de marzo de 2002). 2004), y se planeó que el sector Regional de Pasco y Junín asumiera alternativamente el rol de presidente del Comité de Gestión Ambiental de Chinchaycocha. Mediante Alta Resolución No. 002-2012-MINAM (8 de junio de 2012) se aprobó la reforma del Plan de Manejo Ambiental Sustentable de Chinchaycocha 2012-2016; Donde se determine que el Comité de Gestión Ambiental de Chinchaycocha será el encargado de supervisar dicho plan y publicará un informe anual para su presentación al Ministerio de Ambiente y Conocimiento Público. El 27 de marzo de 2013 se inició el proceso de Mesa de Diálogo de Chinchaycocha (liderado por la Oficina Nacional de Diálogo y Sustentabilidad del Primer Ministro) para implementar las acciones del Plan de Gestión de Sustentabilidad Ambiental de Chinchaycocha

2012-2016. Actualmente se está implementando el Plan de Manejo Ambiental Sostenible de Chinchaycocha 2017-2021, que tiene como objetivo restaurar y mantener la calidad ecológica de las aguas del lago Chinchaycocha o Junín y el entorno circundante a través de medidas preventivas, de seguimiento y control, control y remediación ambiental. Responsable de las agencias a nivel nacional, regional, local, el sector privado y las comunidades agrícolas asentadas en las áreas circundantes. Hasta la actualidad los organismos encargados en llevar a cabo el Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha han realizado siete controles de monitoreo partir del año 2013-2018.

Por consiguiente, este trabajo de investigación tiene como finalidad informar y generar conocimiento acerca de la situación que se encuentra el lago Chinchaycocha y se propone como alternativa de monitoreo la percepción remota o teledetección el cual es un método poco convencional para analizar los parámetros de la calidad el agua, pero hay evidencia acerca de estudios para determinar la calidad de este importante recurso hídrico, con resultados similares al que deseamos llegar.

Figura 1. Localización del lago Chinchaycocha



En la investigación, recuperación de concentraciones de sedimentos en suspensión utilizando imágenes satelitales Landsat-8 OLI en el río Orinoco (Venezuela). Este estudio estableció un procedimiento para estimar y mapear la concentración de sedimentos suspendidos (CSS) en aguas turbias mediante el desarrollo y la aplicación de modelos de regresión lineal a los datos OLI del Landsat-8, así como los análisis estadísticos que utilizan imágenes multiespectrales. Considerando su cobertura temporal, resolución espacial y disponibilidad de datos, el sistema Landsat-8 OLI es adecuado para el estudio de sedimentos suspendidos en el río Orinoco. El canal de reflectancia L-8 OLI de la banda 5 (NIR) demostró muy buenos resultados de recuperación del SSC ($R^2 = 0,92$) y para diferentes etapas fluviales. La estabilidad en el tiempo del modelo de regresión lineal utilizando la banda 5-NIR, indicó que es factible aplicar esta ecuación a la estimación de la CSS en diferentes temporadas en cualquier tramo del Orinoco inferior, aun cuando no se disponga de datos in situ. (YEPEZ, 2015).

Asimismo, en acción, utilizando imágenes de LANDSAT 8 para evaluar la profundidad y calidad del agua en el Embalse El Guájaro, Colombia. Señaló que los modelos estadísticos generados por imágenes de satélite Landsat 8 son herramientas muy útiles para monitorear los parámetros de calidad del agua, en cuanto a la conductividad eléctrica (CE) puede ser utilizado para un estudio tanto temporal como espacial en condiciones climáticas optimas semejantes a los a los utilizados para la generación del modelo. En el caso de los modelos generados para los parámetros como Oxígeno disuelto (OD), pH, profundidad y turbidez, no cumple con la variación temporal pero no significa que al estudiar la variación espacial de algunos parámetros evaluados in situ no tendría utilidad. Por lo que la teledetección se considera una herramienta que facilita el manejo social, económico y ambiental. (GONZÁLEZ, 2016).

De manera similar en la investigación, Landsat and in situ data to map turbidity as a proxy of cyanobacteria in a hypereutrophic Mediterranean reservoir. Indica que las correlaciones entre datos de terreno y los datos analizados mediante las herramientas del Landsat son muy prometedoras, ya que el algoritmo hallado se puede utilizar en otros estudios de aguas continentales, sugiriendo el acoplamiento de sensores multiespectrales como el caso del satélite Landsat 8. (SHARAF, 2019).

Y por ultimo en la investigación, using multi-temporal Landsat imagery and linear mixed models for assessing water quality parameters in Río Tercero reservoir (Argentina). Nos menciona que la teledetección proporciona información valiosa sobre la calidad del agua y la gestión de los sistemas acuáticos. Los mapas generados proporcionaron información espacial y temporalmente rica sobre los patrones de Chl-a, SDT y WST en el cuerpo de agua, permitiendo la discriminación de los cambios en las características del agua y proporcionando nuevos conocimientos que pueden beneficiar enormemente los esfuerzos de monitoreo de los ecosistemas acuáticos. Los modelos aquí presentados mediante la teledetección podrían convertirse en una herramienta independiente, de bajo costo de capacitación adicional y medición para las autoridades de manejo de agua, no sólo para el reservorio estudiado, sino también para todos los sistemas acuáticos a escala regional. (BONANSEA, 2015).

II. MARCO TEÓRICO

La calidad del agua está determinada por parámetros, los cuales indicarán las características del Lago Chinchaycocha, y estos parámetros físicos, químicos y biológicos son evaluados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), los cuales determinan el nivel de concentración de sustancias, elementos, físicos, químicos o parámetros biológicos presentes en el suelo, el agua y el aire como receptores, lo que indica que no presentan ningún riesgo significativo para los humanos o la escuela ecológica. (CAMPOS, 2000).

El agua es de tipo de cubierta terrestre más dinámico de la Tierra. Cuando la temperatura baja repentinamente, un lago puede congelarse en un día. Cuando llega una inundación, toda una aldea puede quedar sumergida en poco tiempo. Generalmente, las transiciones de corto plazo (en días) suelen ocurrir entre el agua y el hielo/vegetación/barranco, y las transiciones de largo plazo (en años) ocurren entre el agua y la superficie impermeable. Al igual que las características espectrales, las características temporales de un cuerpo de agua (como un lago o un río) también pueden observarse desde las curvas temporales del área de agua, perímetro, etc. con diferentes resoluciones temporales (diarias, mensuales o anuales). Debido a esta propiedad dinámica del agua, las áreas interferidas por el agua se denominan a menudo como tipos de cubierta terrestre dinámica. (Ji, L. y Gong, 2018).

Los parámetros analizados son los siguientes, temperatura superficial, sólidos totales suspendidos (SST), oxígeno disuelto, conductividad eléctrica (CE) y pH. La temperatura es un importante parámetro de todo cuerpo de agua, ya que la biota depende directamente de la temperatura, se entiende por biota al conjunto de organismo vivo tanto de origen animal como vegetal. A la vez la variación de temperatura altera la cantidad de nutrientes, como gases solubles, siendo el más importante el oxígeno, ya que si la temperatura se eleva decrece la solubilidad de los gases, por consiguiente, los elementos orgánicos no se oxidan, pero se aceleran las reacciones en que se encuentran la disolución de sólidos. Por otra parte, los sólidos totales suspendidos (SST) indican la cantidad de material particulado que se mantiene en suspensión en corrientes de aguas residuales y/o superficiales. Respecto al oxígeno disuelto, se considera un indicador de salud del ecosistema acuático, ya que si presenta concentraciones bajas estaría indicando pérdida de la capacidad de autodepuración y pueden imposibilitar o dificultar la vida vegetal y

animal. (MINAGRI, ANA, 2019). Por otro lado, el parámetro de conductividad eléctrica (CE) es un indicador de materia ionizable y la cantidad de impureza indicara un rango de pureza del agua. El pH o potencial de iones hidrogeno indica la basicidad o acidez del agua, su rango varía de 0 – 14, mientras que el valor 7 indica un valor neutral, si el valor es menor a siete, entonces indica acidez por lo tanto contiene en mayor cantidad iones de hidrogeno, y si el valor supera a siete, entonces indica basicidad lo cual a su vez presencia mayor cantidad de iones de hidróxido. (AVIÑA, 2019).

El Protocolo Nacional de control de calidad de aguas superficiales indica que se implementarán un mínimo de 4 puntos de control alrededor del cuerpo de agua lenticos donde haya descarga o zona de mezcla; en diferentes direcciones a una distancia de 200 metros, sin embargo, esta distancia puede ser mayor, si se comprueba mediante una metodología debidamente sustentada, en caso de no ser seguro, se toman las muestras en sitios más cercanos de acceso seguro. (ANA, 2016).

Desde 1972, los satélites Landsat han estado proporcionando diversos datos. Las decisiones LANDSAT basadas en sobre cómo gestionar los recursos hídricos limitados, han impactado a millones de personas en todo el mundo. Desde proporcionar información para encontrar agua para refugiados en países áridos hasta reducir la contaminación de importantes vías fluviales nacionales, Landsat permite tomar decisiones que ayudan directamente a las personas. (NASA, USGS).

Cabe resaltar que, en Perú, según la ley de Recursos Hídricos N° 29338, señala que los ECA se fijan en función a la categoría en relación con el tipo de uso que se dará al cuerpo natural de agua. (DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM) según este decreto supremo el lago Chinchaycocha pertenece a la categoría 4E1. Como segundo término tenemos a la Teledetección la cual viene a ser la principal herramienta para llegar a resultados de la investigación, que se define como la recopilación de información sobre un tema o fenómeno, mediante un dispositivo de grabación fuera de línea, que trata sobre esa cosa o fenómeno. investigar. (ZHANG, Z y MOORE, J. 2015).

El satélite Landsat 8 fue lanzado el 11 de febrero del 2013 lleva una vida útil de más de 7 años, se encuentra a una altitud de 705km (438 millas), rodea a la tierra cada

99 minutos y cuenta con una resolución temporal de 16 días con un tiempo de cruce de +/- 15 minutos en la zona ecuatorial y un con un tamaño de escena de 170 km * 185km.

LANDSAT 8 contiene dos dispositivos de monitoreo: una cámara terrestre activa (OLI) y un sensor infrarrojo térmico (TIRS), cuyo trabajo es recolectar, registrar y codificar la energía reflejada o emitida desde la superficie de la Tierra para enviar la información a los sistemas de recepción en la tierra. (CHUVIECO, 2008).

A la vez podemos diferenciar el tipo de sensor, como sensor pasivo y sensor activo. El sensor pasivo capta la radiación reflejada o emitida por el cuerpo o área de estudio, mientras que el sensor activo es un sistema que emite su propia energía la cual rebota y se mide las características de la señal reflejada. (USGS, 2019).

Otra característica de los sensores es el tipo de resolución, la resolución es una medida sobre la cantidad de detalles que se pueden apreciar en una imagen; o tasa de muestreo de datos. En las imágenes de teledetección, la resolución es relevante en cuatro dimensiones de medición: espectral, espacial, radiométrica y temporal. (CHUVIECO, 2008).

Tabla 1. Distribución de las bandas de los sensores OLI y TIRS

Bandas OLI - TIRS	Longitud de ondas en micrómetros (µm)	Resolución Metros (m)
Banda 1 Aerosol costero	0.435 -- 0.451	30
Banda 2 Azul	0.452 -- 0.512	30
Banda 3 Verde	0.533 – 0.590	30
Banda 4 Rojo	0.636 – 0.673	30
Banda 5 Infrarrojo cercano NIR	0.851 – 0.879	30
Banda 6 SWIR1 (infrarrojo de onda corta)	1.566 – 1.651	30
Banda 7 SWIR2 (infrarrojo de onda corta)	2.107 – 2.294	30
Banda 8 Pancromático	0.503 – 0.676	15
Banda 9 Cirrus	1.363 – 1.384	30
Banda 10 Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Banda 11 Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

Landsat 8 es una asociación entre la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para proporcionar imágenes sostenibles de la Tierra desde 1972. El USGS monitorea recursos tales como energía, minerales, agua, tierra, agricultura y riego. La información científica resulta de ayuda para la toma de iniciativas en la política ambiental y la seguridad pública. Por ejemplo, USGS identifica áreas propensas a inundaciones y deslizamientos de tierra y mantiene mapas de los Estados Unidos. A través de la plataforma del USGS <https://earthexplorer.usgs.gov/> es que podemos trabajar con la información que brindan los diferentes satélites como por ejemplo Sentinel, SPOT o como es el caso de esta investigación el satélite Landsat 8. (USGS, 2019).

Tipo de Resoluciones de los Satélites

- Resolución Radiométrica: Esta es la sensibilidad del sensor, así como su capacidad para detectar variaciones de radiación espectral. Establezca el valor de niveles para cada píxel. En el caso de una resolución radiométrica más alta, la nitidez de la imagen es mucho mejor. (Chuvieco, (2010).
- La Resolución Espacial: Indica el tamaño mínimo que se puede seleccionar o marcar en la imagen. Especifique el tamaño de píxel, que es la extensión correspondiente al tamaño de la unidad más pequeña de información en la imagen. (Sanches, 2016.p.2).
- Resolución Espectral: Resulta que, con bandas espectrales, el sensor puede eliminar una región del espectro electromagnético, y un número más apropiado de bandas permitirá que la descripción espectral se considere óptima. (Sanches, 2016.p.2).
- Resolución Temporal: Es un ciclo de visitas repetidas, para hacerse una idea del área o área de estudio. El tiempo de revisión depende de las características del satélite (velocidad, altitud e inclinación): el período de cobertura corresponde al paso del satélite por la misma zona de la Tierra. (Chuvieco, 2010).

Para este estudio son de gran importancia las herramientas GIS (Sistema de Información Geográfica), es decir, un conjunto de herramientas compuesto por hardware, software, usuarios y datos para la recolección, almacenamiento, gestión y análisis de información digital como mapas y gráficos. En esta investigación se utilizó los softwares Arcgis, Qgis y Envi.

Para realizar las correcciones atmosféricas donde el principal problema es el espacio - tiempo donde las distorsiones por presencia de factores atmosféricos afectan determinadas zonas más que a otras, estas anomalías se dan por la inestabilidad de los satélites a bordo, distorsiones por rotación terrestre, fallas en la calibración entre detectores, distorsiones provocadas por presencia diferentes partículas en la atmosfera como aerosoles y vapor de agua y nubes, (NASA, USGS).

Las imágenes de satélite capturan y registran la energía reflejada y la información sobre el entorno físico y geográfico. La imagen en formato ráster contiene una matriz de miles de píxeles, donde cada píxel tiene un valor de reflexión digital (si la resolución de la imagen es de 30 m, entonces cada píxel muestra el área de la superficie de la Tierra como $30 * 30 = 900 \text{ m}^2$ donde el promedio espectral se calculará la firma o reflejo de todos los objetos en un área de 900 metros cuadrados para proporcionar un valor numérico del píxel. Formato digital donde el valor de 8 bits $2^8 = 256$ en una imagen en blanco y negro donde 0 corresponde al negro, 255 a blanco y el resto 254 a diferentes tonos de gris. (CHUVIEVO, 2008).

Cada sustancia u objeto emite energía en rangos de longitud de onda específicos comúnmente denominados espectro o firma espectral. Esto nos permite aprender sobre diferentes sustancias u objetos en la superficie de la Tierra incluso a grandes distancias.

La longitud de onda está relacionada con la frecuencia, cuanto mayor es la longitud de onda, menor es la frecuencia. Para saber qué es el espectro electromagnético, es la organización de las longitudes de onda o frecuencias de las bandas espectrales, desde rayos x, rayos gamma (longitudes de onda corta) hasta kilométricas (telecomunicaciones). (AGUIRRE, 2009).

Rangos Del Espectro Electromagnético

- Espectro visible (0,4 - 0,7 micrómetros) de radiación electromagnética que es exclusivo del ojo humano. El espectro visible se clasifica en tres bandas básicas: azul (0,4 - 0,5 μm); verde (0,5 - 0,6 μm); Rojo (0,6 - 0,7 μm).
- Infrarrojo cercano, Los rangos del infrarrojo cercano, reflectante o casi óptico (0,7 - 1,3 μm) son importantes para distinguir entre la vegetación y las concentraciones de humedad.
- Infrarrojo medio (1,3 - 8 μm) En este rango, se combinan los procesos de reflexión y emisión de luz solar desde la superficie de la Tierra.
- Infrarrojo lejano o térmico (8 - 14 μm) Banda que incluye la porción de emisión del espectro terrestre.
- Microondas (desde 1 mm) Tiene la propiedad de ser vítreo a la cubierta nubosa, pero también de llevar muy poca energía.

Gracias a Landsat, hoy comprendemos mejores cosas tan diversas como los arrecifes de coral, la deforestación tropical y los glaciares de la Antártida. Las imágenes están lo suficientemente detalladas como para caracterizar procesos a escala humana como el crecimiento urbano, riego agrícola y deforestación. Al establecer el conocimiento básico de las superficies terrestres en el último medio siglo, Landsat permite a los científicos evaluar el cambio ambiental a lo largo del tiempo. Landsat y la cartografía tienen una larga historia. Los mapas derivados de Landsat se han utilizado para ayudar en la navegación de áreas mal cartografiadas (especialmente en el Ártico y la Antártida, donde los datos de Landsat se utilizaron para encontrar montañas desconocidas en el sur de Victoria Land y en la cabeza del glaciar Lambert). La información de Landsat ha servido de base para una serie de mapas de actividad tectónica, el primero en 1977, el último en 2003. Los datos también se han utilizado para encontrar campos volcánicos no mapeados. (NASA, Landsat Science. 2019).

En este estudio, es razonable evaluar los parámetros de calidad del agua del lago Chichaycocha porque es un ecosistema vulnerable con paisajes altoandinos o puna que contienen muchos biotipos específicos, como pastizales densos de tierras altas y humedales altoandinos. Es el hogar de ciertos grupos de plantas y animales, según un informe de MINAM (2015).

Para valorar estos cambios se usa el método de recepción remota justificando la ignorancia que tenemos hacia el medio ambiente, ya que planteamos la conservación y protección para mantener el planeta y así asegurar el disfrute de las futuras generaciones. Asimismo, los recursos naturales son la base del desarrollo social y económico, por lo que mantendremos el uso sostenible de los recursos naturales.

En la actualidad no se efectúa el monitoreo espacial en masas de aguas de manera contundente., ante dicha situación se plantea como problema general Cuál es la relación entre los parámetros de calidad de agua y los niveles de reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín? A partir del problema general se plantea como problemas específicos ¿Qué relación tiene los parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua con la reflectividad de superficie del satélite Landsat en el lago Chinchaycocha – Junín?; ¿Cuáles serán las correlaciones entre el monitoreo in-situ y los datos proporcionados por el Satélite Landsat 8 para la estimación de los parámetros de calidad de agua en el lago Chinchaycocha - Junín?

De los problemas generales y específicos se plantea la hipótesis general. ¿Existe una relación entre los parámetros de calidad de agua y los niveles de reflectividad de superficie del satélite Landsat8 en el lago Chinchaycocha – Junín? De dicha hipótesis se propuso las hipótesis alternativas. Existe una relación entre los parámetros físicos químicos de calidad de agua con la reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín. Existe una correlación entre el monitoreo in-situ y los datos proporcionados por el satélite Landsat 8 para la estimación de los parámetros de calidad de agua en el lago Chinchaycocha – Junín.

De acuerdo a la hipótesis se plantea como objetivo general, determinar la relación entre los parámetro de calidad de agua y los niveles de reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín, y como objetivos

específicos, Determinar la relación entre los parámetros físicos, químicos y biológicos de calidad de agua con la reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín y establecer la correlación entre el monitoreo in-situ y los datos proporcionados por el satélite Landsat 8 para la estimación de los parámetros de calidad de agua en el Lago Chinchaycocha – Junín.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

Diseño de la Investigación: No experimental

En este estudio se utilizó un diseño metodológico no experimental, ya que la investigación no experimental es una investigación que se realiza sin manipular variables, solo observando fenómenos en los hábitats naturales, para luego estudiar su naturaleza. (Sampieri, 2006, p. 205).

Tipo de Diseño: Transversal descriptivo correlacional

El tipo de diseño es transversal, en los resultados a obtener se muestra el fenómeno en un momento único. (Sampieri, 2006, p. 205).

De igual forma, la investigación es de tipo descriptivo correlacional por el estudio identifica características y propiedades de importancia para el fenómeno que se analiza (p. 80); asimismo, se aclara que en los estudios correlacionales, el objetivo es conocer la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto dado; En esta perspectiva, se detalla que las investigaciones longitudinales toman datos en diferentes momentos, con el objetivo de obtener resultados relacionados con el curso, causa y consecuencias del fenómeno (Sampieri, 2006, p.211).

Mientras tanto, esta investigación tiene como objetivo conocer la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un patrón o contexto particular. A veces se crea una relación entre solo dos variables. Parte del valor de la investigación de asociaciones proviene de saber que dos conceptos o variables relacionados proporcionan información explicativa. (Sampieri, 2006, p93).

3.2. Operacionalización de Variables

La variable es una cualidad que se puede cambiar y este cambio es capaz a medirse y observarse. (Hernández, Fernández y Batista, 2003). Puede variar cuantitativamente o cualitativamente, esta característica es notable y opta de diversos valores o de ser expresada en varias categorías. Por lo tanto, el presente estudio consta de:

Variable 1: Calidad del agua

Variable 2: Reflectividad de superficie

Calidad de Agua

La calidad del agua es el conjunto de especificaciones, concentraciones, sustancias orgánicas e inorgánicas, la composición y estado de la biota presentes en el cuerpo de agua. (CAMPOS,2000).

Reflectividad de Superficie

Mide la cantidad de radiación solar que refleja la superficie terrestre hacia el sensor. Se considera adimensional. (USGS, 2019).

Matriz de Operacionalización de las variables

Tabla 2. Matriz de operacionalización de las variables de la investigación

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDIDA
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA	La calidad del agua es el conjunto de especificaciones, concentraciones, sustancias orgánicas e inorgánicas, la composición y estado de la biota presentes en el cuerpo de agua. (CAMPOS, 2000).	Para la determinación de la calidad de agua se tuvo en cuenta los parámetros físicos, químicos y biológicos que comprende el análisis del Lago Chinchaycocha, provincia y distrito de Junín.	PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA	Conductividad Eléctrica	μS/cm
				Temperatura superficial	°C
				Oxígeno Disuelto	mg/L
				Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L
				pH	Adimensional
REFLECTIVIDAD DE SUPERFICIE	Mide la cantidad de radiación solar que refleja la superficie terrestre hacia el sensor. Se considera adimensional. (USGS, 2019).	Se obtendrán imágenes y datos mediante la percepción remota que será realizada a través de Software como Envi, QGIS, ArcGIS y Excel.	BANDAS ESPECTRALES	ρ Azul (visible)	Adimensional
				ρ Verde (visible)	
				ρ Rojo (visible)	
				Infrarrojo Cercano	
				ρ SWIR 1	
				ρ SWIR 2	

3.3. Población, Muestra

Para fines de investigación, la población está conformada por los cuerpos de agua del lago Junín, también conocido como lago Chinchaycocha en la provincia y departamento de Junín con una extensión de 268,8 km². (MINAGRI, ANA, 2019).

Muestra

Es un tipo de muestreo no probabilística y comprende 10 zonas a disposición del lago Chinchaycocha en la autoridad de SERNANP JUNIN establecidas por el modelo de MONITOREO ANUAL DE “ALA PASCO”.

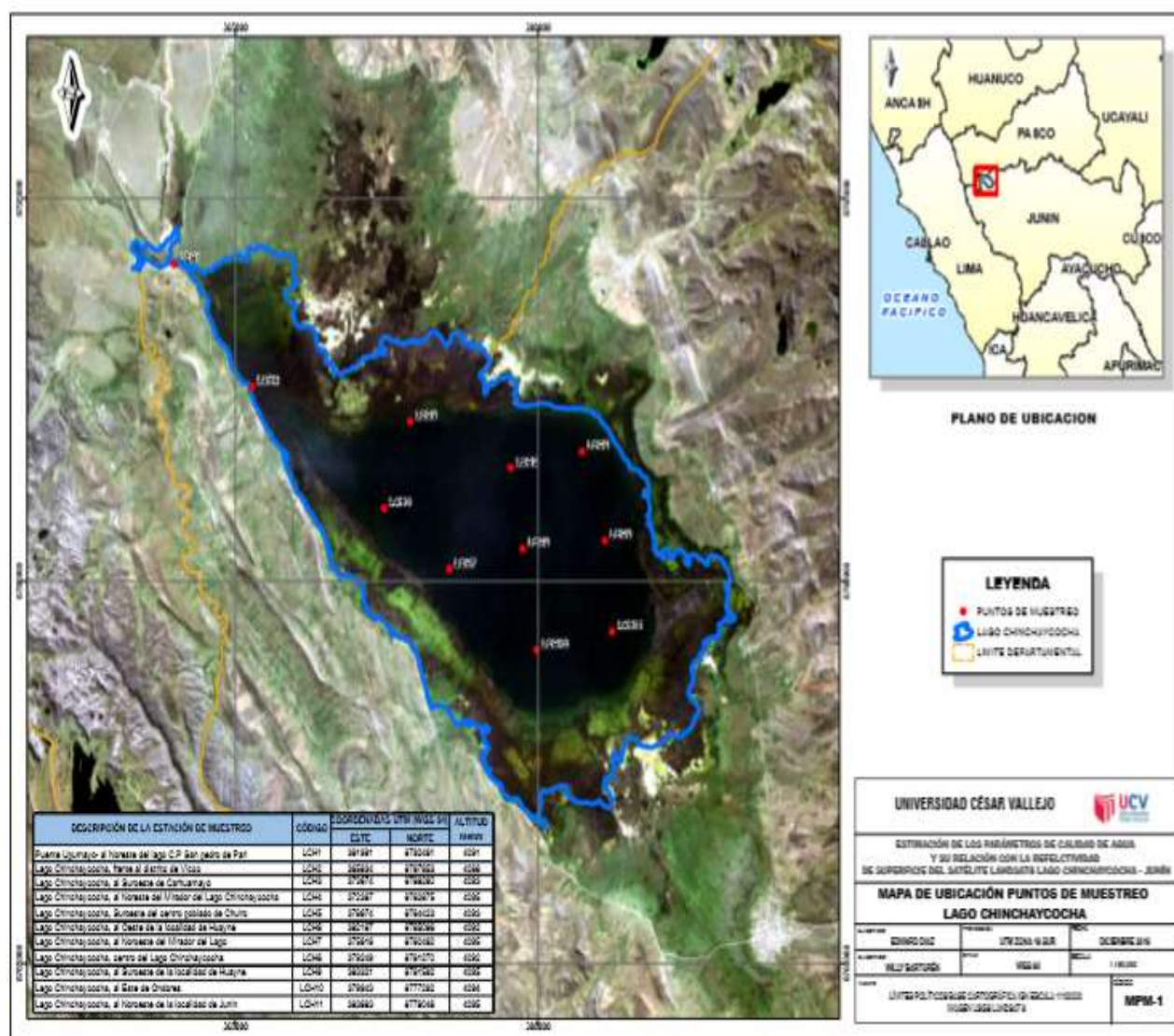
Tabla 3. Descripción de la estación de monitoreo

Descripción de la estación de monitoreo	Código	Zona	Coordenadas UTM (WGS 84)		altitud msnm
			Este	Norte	
Lago Chinchaycocha, frente al distrito de Vicco	LChin1	18s	365834	8787653	4088
Lago Chinchaycocha, al Suroeste de Carhuamayo	LChin2	18s	373674	8786260	4093
Lago Chinchaycocha, al Noreste del Mirador del Lago Chinchaycocha	LChin3	18s	372387	8782875	4095
Lago Chinchaycocha, al Oeste de la localidad de Huayne	LChin4	18s	382187	8785086	4092
Lago Chinchaycocha, Suroeste del centro poblado de Chuiro	LChin5	18s	378674	8784423	4093
Lago Chinchaycocha, centro del Lago Chinchaycocha	LChin6	18s	379249	8781270	4092
Lago Chinchaycocha, al Noroeste del Mirador del Lago	LChin7	18s	375616	8780462	4095
Lago Chinchaycocha, al Suroeste de la localidad de Huayne	LChin8	18s	383321	8781592	4095
Lago Chinchaycocha, al Este de Ondores	LChin9	18s	379943	8777292	4094
Lago Chinchaycocha, al Noroeste de la localidad de Junín	LChin10	18s	383683	8778048	4095

Criterios de Selección

El proyecto de investigación tiene como población al cuerpo de agua del lago Junín, la cual consideramos 10 puntos que corresponden a las mismas del modelo de monitoreo de calidad de agua. (MINAGRI, ANA, 2018).

Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo de acuerdo a las coordenadas establecidas



3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para determinar la relación entre calidad de los parámetros de la calidad del agua y la reflectividad de la superficie del lago Chinchaycocha se utilizó las técnicas de teledetección con el cual podemos estimar las variables de la calidad del agua

obteniendo ecuaciones empíricas para estimar dichos parámetros a partir de valores de reflectividad utilizando las bandas espectrales de las imágenes descargadas del satélite Landsat 8, luego de ser procesadas adecuadamente en los softwares como arcgis y envi y qgis.

Instrumentos de recolección de datos

Se preparará y presentará en los anexos una tabla técnica de las herramientas de recolección de datos obtenidas en este trabajo.

Validez de confiabilidad de instrumento

Para definir la validación del presente trabajo de investigación se empleó el método juicio por expertos, donde mínimo tres jueces determinan con carácter de independencia la validez de los instrumentos utilizados.

Tabla 4. *validez de confiabilidad de instrumento*

N°	Apellidos y nombres del especialista	Puntaje promedio %
1	Suarez Avilés Alejandro	81
2	Marco Antonio Sánchez Alejandro	85
3	Valdivieso Gonzales Lorgio	85
4	Eduardo Ronald Espinoza Farfán	80

3.5. Procedimiento

Recolección de datos

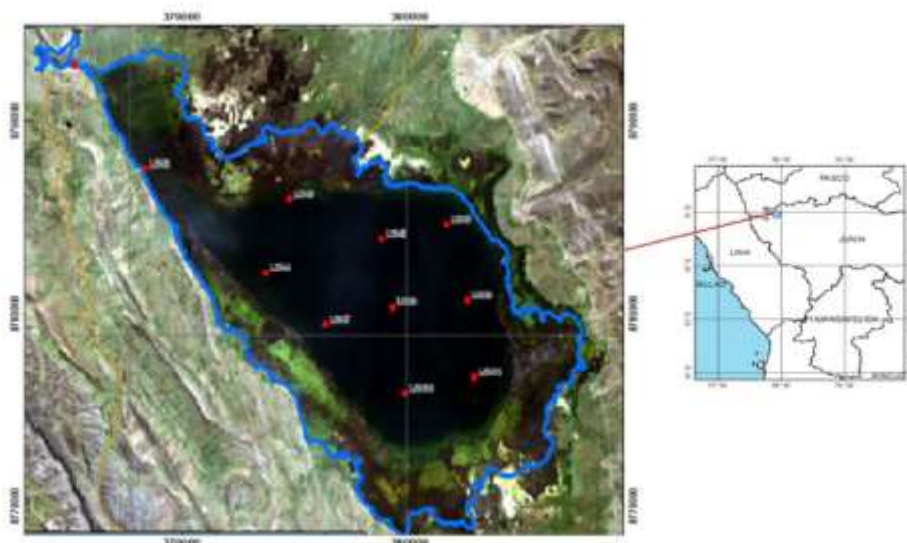
La información que respalda el desarrollo de este estudio incluye formatos para cada variable. Para las descargas y procesamientos de imágenes del Satélite Landsat8 fue específicamente USGS EarthExplore (Servicio Geológico de los Estados Unidos), así como, para la información necesaria de instituciones públicas SERNANP Y ALA PASO para datos de resultados de análisis de parámetros de calidad de agua del Lago Chinchaycocha, así como las visitas y tomas de muestras in-situ.

Para determinar la relación entre calidad de los parámetros de la calidad del agua y la reflectividad la superficie del lago Chinchaycocha se utilizó las técnicas de teledetección con el cual podemos estimar las variables de la calidad del agua obteniendo ecuaciones empíricas para estimar dichos parámetros a partir de valores de reflectividad utilizando las bandas espectrales de las imágenes descargas del satélite Landsat 8, y luego procesadas en software como Arcgis y envi 5.3

Área de estudio

El lago Chinchaycocha o lago Junín es el segundo lago más grande del Perú y pertenece a la Reserva Natural de Junín (RNJ), un área natural protegida por el estado. La RNJ está ubicada en los Andes Centrales en las provincias de Ninacaca y Vicco en el departamento de Pasco y en las provincias de Ondores, Junín y Carhuamayo en la provincia de Junín, la cual tiene una extensión de 53 000 ha, perteneciendo el 77% a departamento Junín que equivalente a 41052 ha y el 23 % al departamento de Pasco que equivale a 11 498 ha. La RNJ se encuentra sobre 4100 msnm de altura y esta circundada por la extensa planicie (Altiplano de Bombón). Presenta un clima de extensas punas que se encuentran de 4000-4500 msnm. Presentando por las noches una temperatura menor a 0 °C, y con temperaturas más bajas en los meses de mayo a septiembre. El lago Chinchaycocha es sustentado principalmente por el río San Juan y da origen a río Mantaro, el más sustancial en la zona central por su actividad agropecuaria. Y a través de la represa Upamayo las empresas hidroeléctricas actualmente Statkraft y Electroperu aprovechan el recurso hídrico para generar energía eléctrica para gran parte de la costa sierra y selva peruana. En 1997 el lago Chinchaycocha es distinguido por la convención Ramsar como humedal de importancia internacional, respecto a su biodiversidad corresponde al paisaje alto andino entre la comunidad vegetal principalmente se encuentra al césped de puna, humedales alto andino y pajonal denso de altura. Entre la población de aves alberga a especies residentes como el zambullidor de Junín y especies migratorias. Entre los mamíferos se observa la presencia del gato montés, zorro andino y vizcacha. (Resolución Suprema N° 005-2017-MINAM, 2017).

Figura 3. Ubicación de puntos de muestro



Toma de muestras y análisis de parámetros de calidad de agua

Una vez realizada la solicitud y aceptado el permiso por la entidad encargada (SERNANP). Se visitó el lago Chinchaycocha para realizar el monitoreo correspondiente de calidad del agua de los siguientes parámetros: temperatura superficial, sólidos totales suspendidos, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH, se analizaron en campo con un multiparámetro portátil HQ40D, el 8 de octubre y el 9 de noviembre de este año coinciden con el regreso del satélite Landsat 8, para reducir errores y calibrar mejor los algoritmos creados para estimar la calidad del agua por teledetección.

Se tomaron 10 puntos de control, ubicando cada punto según sus coordenadas UTM correspondientes a los puntos de monitoreo realizados por las entidades encargadas de llevar a cabo el Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha. Observando este muestreo como el octavo y último muestreo siguiendo la secuencia con la información brindada de ALA PASCO. Donde el primer monitoreo se realizó en noviembre del 2013, el segundo en marzo del 2014, el tercero en noviembre del 2015, el cuarto en mayo del 2016, el quinto en setiembre del 2017, el sexto en mayo y el séptimo en noviembre del 2018. (MINAGRI, 2019). En el formato de observación de calidad de imagen y nivel de nubosidad, se opta por trabajar aquellas imágenes que tengan un porcentaje menor al 10% de nubes

para óptimos resultados de niveles de reflectividad de superficie. En total se obtuvo 25 imágenes óptimas, de las cuales se utilizó aquellas que tenían relación con las fechas de monitoreo y análisis de calidad de agua.

Tabla 5. *Fecha de adquisición de las imágenes*

Path-Row	Sensor	Fecha de adquisición
007 - 068	OLI	24 de marzo del 2013
007 - 068	OLI	29 de abril del 2014
007 - 068	OLI	18 de marzo del 2015
007 - 068	OLI	27 de marzo del 2016
007 - 068	OLI	01 de octubre del 2017
007 - 068	OLI	13 de mayo del 2018
007 - 068	OLI	23 de diciembre del 2018
007 - 068	OLI	07 de octubre del 2019

Los valores de los parámetros de calidad de agua del lago Chinchaycocha tomados en cuenta fueron de los años 2013 hasta el 2019, los datos reportados por el ALA PASCO refieren una óptima condición del espejo de agua en excepción del año 2013, donde algunos parámetros sobrepasan los ECAS.

Planificación de muestreo de campo

Para cumplir con el monitoreo de este año 2019, se dispuso un monitoreo discrecional y se estableció 10 puntos de muestro, ubicados geográficamente en las áreas específicamente que son más representativos del espejo de agua. Las tomas de muestras de campo fueron los días 7 de octubre y 8 de noviembre del presente año, en época de estiaje y los mismos días que a la captura de imágenes del satélite Landsat 8 OLI.

Recolección de muestras en campo y medición *in situ*

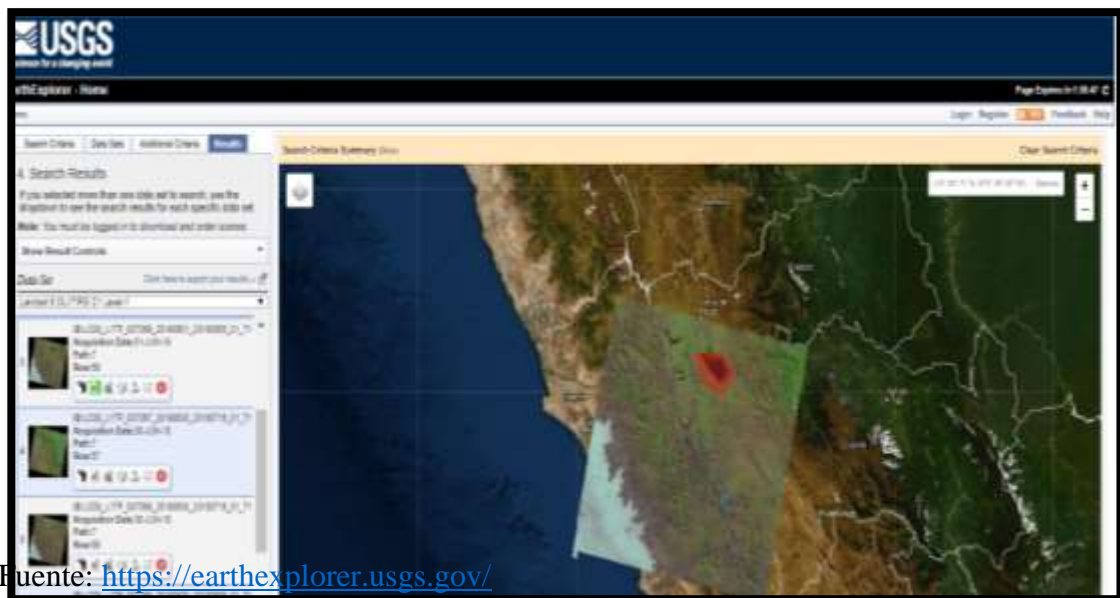
La recolección las muestras de agua fueron analizadas in situ mediante el equipo multiparámetro HACH modelo "HQ40D" que cuenta con dos canales de entrada para mediciones manejables sin necesidad de utilizar varios instrumentos, para pH, conductividad, resistividad, sólidos disueltos totales (SST), oxígeno disuelto (OD),

demanda bioquímica de oxígeno (DBO), potencial de hidrogeno y temperatura; se conecta a cualquier electrodo, sensor o sonda inteligente.

Método de recolección de imágenes satelitales

Lo Primero, se selecciona la ubicación o área de interés, luego se ingresa la plataforma de base de datos de imágenes predeterminada para las respectivas descargas. En este caso, las imágenes son subidas por los sensores al USGS EarthExplorer, y debe tenerse en cuenta que están disponibles públicamente, solo con preinscripción. La adquisición de imágenes para su procesamiento, se requiere extraer la región de interés del sensor de imagen de la Tierra activa (OLI).

Figura 4. Ubicación del área de estudio desde USGS



Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Procesamiento de las Imágenes Satelitales

Una vez ubicado el área de estudio se procedió a descargar imágenes del satélite Landsat 8 OLI/TIRS C1 level1 de la plataforma Earth Explorer

<https://earthexplorer.usgs.gov/>.

La estimación de las características de calidad del agua a partir de los datos de Landsat requiere observaciones terrestres casi simultáneas para calibrar algoritmos y minimizar errores (Brezonik et al., 2005) Robinson (2004) sugiere que las

mediciones de campo y el paso elevado del satélite deberían coincidir en tiempo dentro de un período establecido por la variación natural del proceso siendo medido Kloiber, Brezonik, Olmanson y Bauer (2002) encontraron que las observaciones terrestres dentro de un día del satélite arrojaron el mejores calibraciones, pero la mayor cantidad de observaciones en tierra con la ventana de tiempo más largo compensa parte de la pérdida de correlación. En presente estudio, el criterio para hacer coincidir las observaciones satelitales e in situ fue ajustado a ± 4 días. El criterio utilizado para trabajar las imágenes fue selección por porcentaje de nubosidad. Después de un Análisis preliminar donde se seleccionaron 25 imágenes con un porcentaje de nubes menores al 10 %, de los cuales se seleccionaron 8 imágenes correspondientes a las fechas cercanas o fechas que coinciden con las fechas de monitoreo in situ. Una vez seleccionadas imágenes satelitales, teniendo en cuenta los componentes atmosféricos como el vapor de agua y los aerosoles influyen extremadamente en las mediciones satelitales, En tales condiciones, los métodos de corrección son necesarios para garantizar una interferencia atmosférica mínima para mediciones de reflectancia precisas por parte del sensor. Para realizar la presente investigación en el proceso de la corrección radiométrica se transforman los números digitales (ND) en radiancia espectral o bien a reluctancia de la parte superior de la atmosfera (TOA por sus siglas en ingles). Este procedimiento se realiza de la siguiente forma:

$$L_i = M_L * ND_L + A_L$$

Donde

L_i = Radiancia espectral del sensor ($w/m^2*sr* \mu m$)

M_L = Multiplicativo para la banda i

A_L = Aditivo para la banda i

ND_L = Número de cuenta digital de la imagen

Corrección atmosférica

Para realizar la corrección atmosférica se utilizó el método de Chávez, que calcula directamente la reflectividad superficial, sin tener que calcular la reflectancia TOA (top-atmosfera) como el paso intermedio para calcular la reflectividad de superficie utilizamos la siguiente formula.

$$\rho_{sup} = \frac{d^2 * \pi * (L_i - L_{camino})}{t * E_0 * \cos\theta_z}$$

ρ_{sup} = Reflectividad de superficie

d = distancia de la tierra al sol en unidades astronómicas

L_i = Radiancia espectral del sensor

L_{camino} = Radiancia camino

t = Transitividad atmosférica

E_0 = Irradiación solar atmosférica

$\cos\theta_z$ = coseno del Angulo cenital solar.

Para calcular el NDWI

$$NDWI = \frac{b3 - b5}{b3 + b5}$$

Donde:

b3 = reflectancia de color verde

b5 = reflectancia en el infrarrojo cercano

Los valores de NDWI son positivos en el agua, debido a la alta absorbancia en el infrarrojo cerca, mientras que los valores de NDWI son negativos en la tierra (Khattab y Merkel, 2014). Es por ello que utilizo como referencia para crear los límites del lago y remover pixeles de tierra para predicciones espaciales.

Caracterización *in situ*

Los parámetros de calidad de agua del lago Chinchaycocha, evaluados en dos muestreos el 08 de octubre y el 9 de noviembre. Los muestreos fueron realizados en un intervalo de ± 2 horas alrededor de la hora de paso del satélite (UTM WGS 84 Zona 18 Sur). Los parámetros analizados no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dos etapas de muestreo *in situ*. Los parámetros medidos se comparan con los valores resultantes monitores estacionales de ALA PASCO 2013-2018, con relación a las características de las aguas superficiales.

Tabla 6. *Monitoreo Octubre - Noviembre*

Monitoreo 2019 OCTUBRE-NOVIEMBRE / ESTIAJE- AVENIDA					
Código	Temperatura Superficial (°C)	Sólidos Suspendidos Totales SST (mg/L)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	pH
LChin1	13.1	10	5.89	327.3	8.059
LChin2	14.5	2	6.36	304.2	7.989
LChin3	15.5	2	6.77	322.4	8.324
LChin4	13.6	2	6.24	293.1	8.264
LChin5	13.2	2	6.66	314.9	8.367
LChin6	15.1	2	6.67	320.7	8.355
LChin7	14.8	2	7.17	327.8	8.243
LChin8	14.1	2	6.35	264.2	8.386
LChin9	14.3	2	6.87	318.8	8.393
LChin10	13.1	2	6.33	311.7	8.365

Multiparámetro HQ40d de la marca HACH usado.

Respecto a los modelos para estimar la calidad de agua del lago Chinchaycocha se estudió que los resultados de los distintos monitoreos del lago, que fueron analizados desde el año 2013 hasta el 2019, no presentan diferencias significativas, a excepción de los datos del año 2013 donde los niveles de Oxígeno Disuelto oscilaban desde 3 a 4 mg/L

3.6. Métodos de análisis de datos

La clasificación supervisada para el análisis de datos de teledetección es un proceso moderado por el usuario o receptor de información, ya que distingue zonas representativas de las imágenes a trabajar. Chuvieco (2002), resume el método de la siguiente forma:

- ✓ Seleccionar las clases de información
- ✓ Elegir muestras de cada clase. Una muestra es un determinado número de píxeles que sean representativos de la clase en cuestión
- ✓ Utilizar las muestras de entrenamiento para estimar los parámetros espectrales de las clases seleccionadas.
- ✓ Mediante el clasificador se asigna cada pixel a una de las clases de información seleccionadas.
- ✓ Generar el mapa temático y la tabla de atributos correspondiente (resultado de la clasificación).

Método de regresión lineal para estimación de parámetros ambientales

Para la gestión de los modelos de regresión lineal múltiple se utilizaron los valores de reflectancia de las 9 bandas espectrales como variables predictivas y los datos de los parámetros ambientales como variables de respuesta.

La ecuación general de los modelos de regresión lineal múltiples es de la forma (Crawley, 2013):

$$y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n.$$

Dónde: y: la variable de respuesta que se pretende estimar (parámetros evaluados)

X1: variables predictivas (valores de reflectancia de las bandas espectrales)

α : Intercepto o termino constante.

β : todos los coeficientes o pendientes correspondientes a las variables independientes o predictivas

La evaluación de los modelos que se realizó mediante el valor de determinación R^2 que evalúa la proporción de la variación de la variable de respuesta que es involucrado por las variables predictivas. (Crawley, 2013).

Proceso de análisis de datos

El conjunto de bandas espectrales calcula las longitudes de onda irradiadas por el agua y la información que brindan las bandas analizadas se ha analizado cada año, logrando así las ecuaciones lineales donde se obtuvo un coeficiente de correlación óptimo, el cual reemplazará dicha ecuación en el programa GIS usado para establecer las radiancias por parámetro analizado, esto nos dará un resultado igual o muy cercano al obtenido al realizar un seguimiento in situ del parámetro analizado. Por tanto, existe una ecuación diferente para cada variable estudiada.

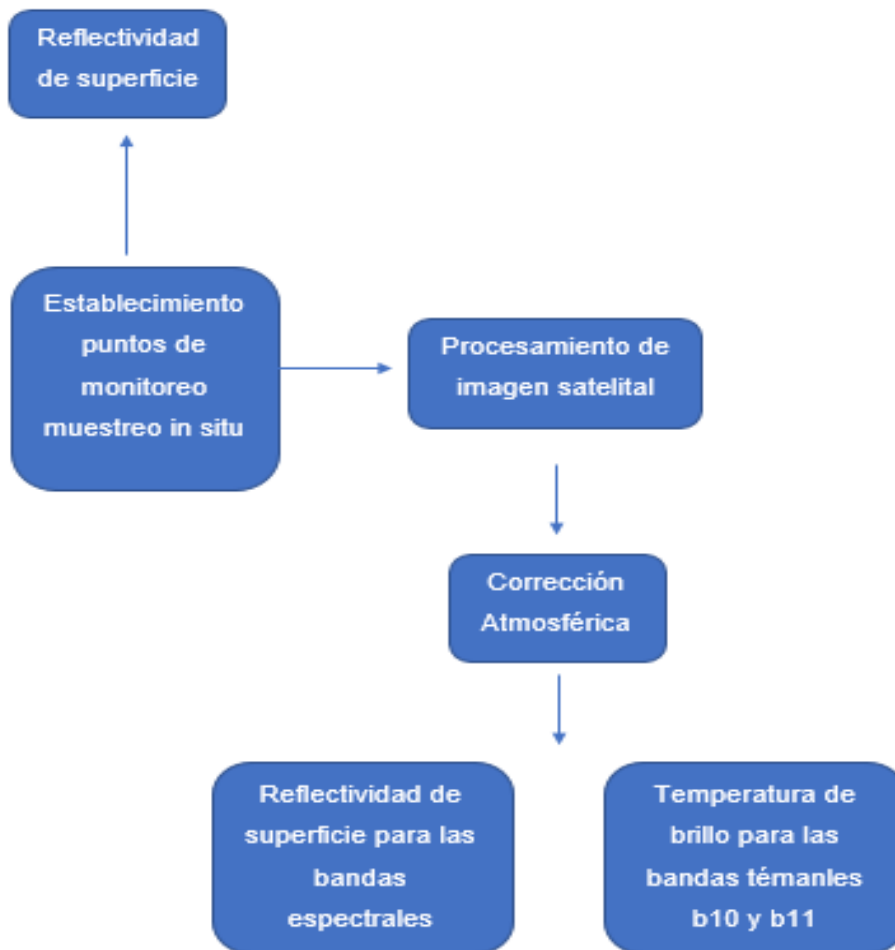
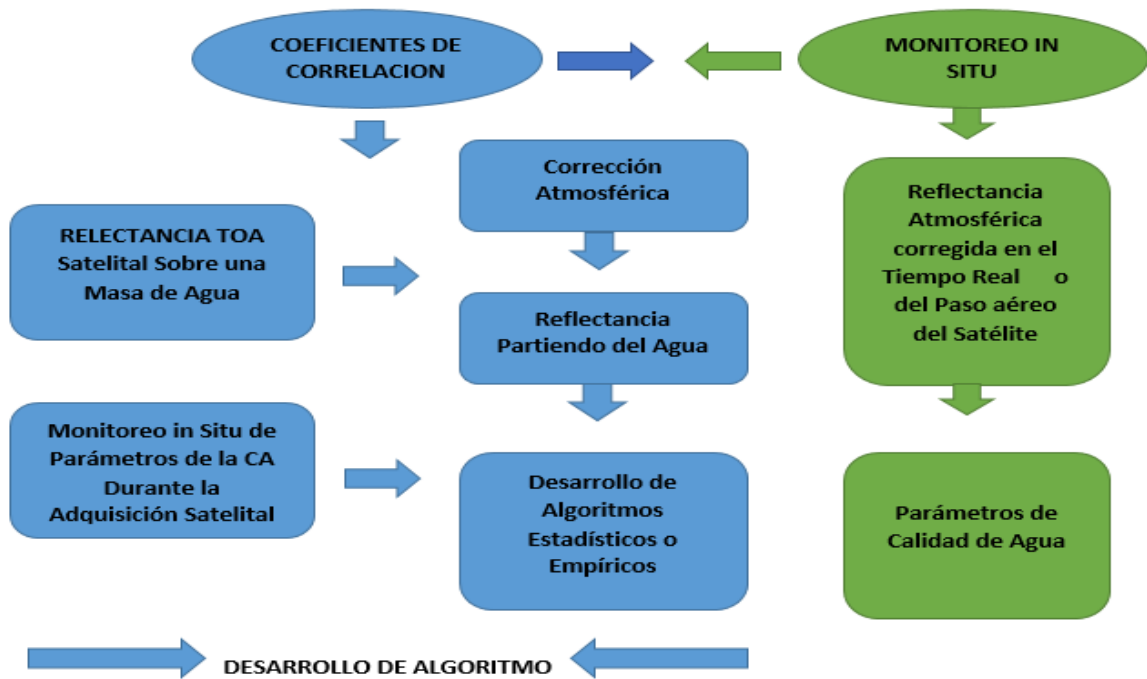
Para efectuar las comparaciones, se realizó las regresiones lineales de las bandas del sensor OLI de Landsat 8/LCDM. En el presente trabajo nos enfocamos en la reflectividad de superficie de las bandas espectrales (1 al 7) y las bandas termales (10 y 11). Estas bandas son de suma importancia para establecer variables de calidad de agua apropiado a su respuesta espectral, además que se tomó ecuaciones planteados por diferentes autores con la finalidad de ver las semejanzas entre el estudio realizado y la realidad.

3.7. Aspectos Éticos

Lo preocupante hoy es que el planeta convive con problemas ambientales cada vez más preocupantes, la población mundial aumenta año tras año y, en consecuencia, aumenta el consumo de recursos naturales y el ecosistema se degrada rápidamente de los organismos que se desarrollarán en este planeta.

Esta investigación va en la dirección de la ética ambiental, porque existe la relación entre el hombre y la naturaleza, así que, estimar la calidad de agua y sus respectivos parámetros conocerá la situación, parcial, actual y a futuro de medio local estudiado. Por consiguiente, esta investigación va más allá de la preservación y conservación, a la vez que se involucra con las necesidades de la sociedad mundial conociendo los principales problemas medioambientales de cada lugar estudiado mediante la teledetección.

Figura 31. Modelo de operacionalización



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se manifiesta los resultados de los datos obtenidos de monitoreo por parte de la Autoridad Local del Agua de Pasco (ALA) y los monitores in situ. Se muestran los promedios de monitoreo de parámetros de calidad de agua de los 2013 – 2019, así mismo, el análisis de correlación y regresión lineal entre los promedios de las imágenes escogidas (en condiciones óptimas) la reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 y los promedios de los monitores de calidad de agua en el lago Chinchaycocha, a la vez que, donde se expresara los modelos de ecuaciones lineales los cuales permiten predecir la generación de mapas de calidad de agua.

4.1. Resultados de Calidad de Agua

Los productos recolectados de la calidad de agua del lago Chinchaycocha, condujeron a ser interpolados con el Programa R versión 3.4.2 (R core team, 2017), de formada ordenada por puntos de monitoreo realizadas.

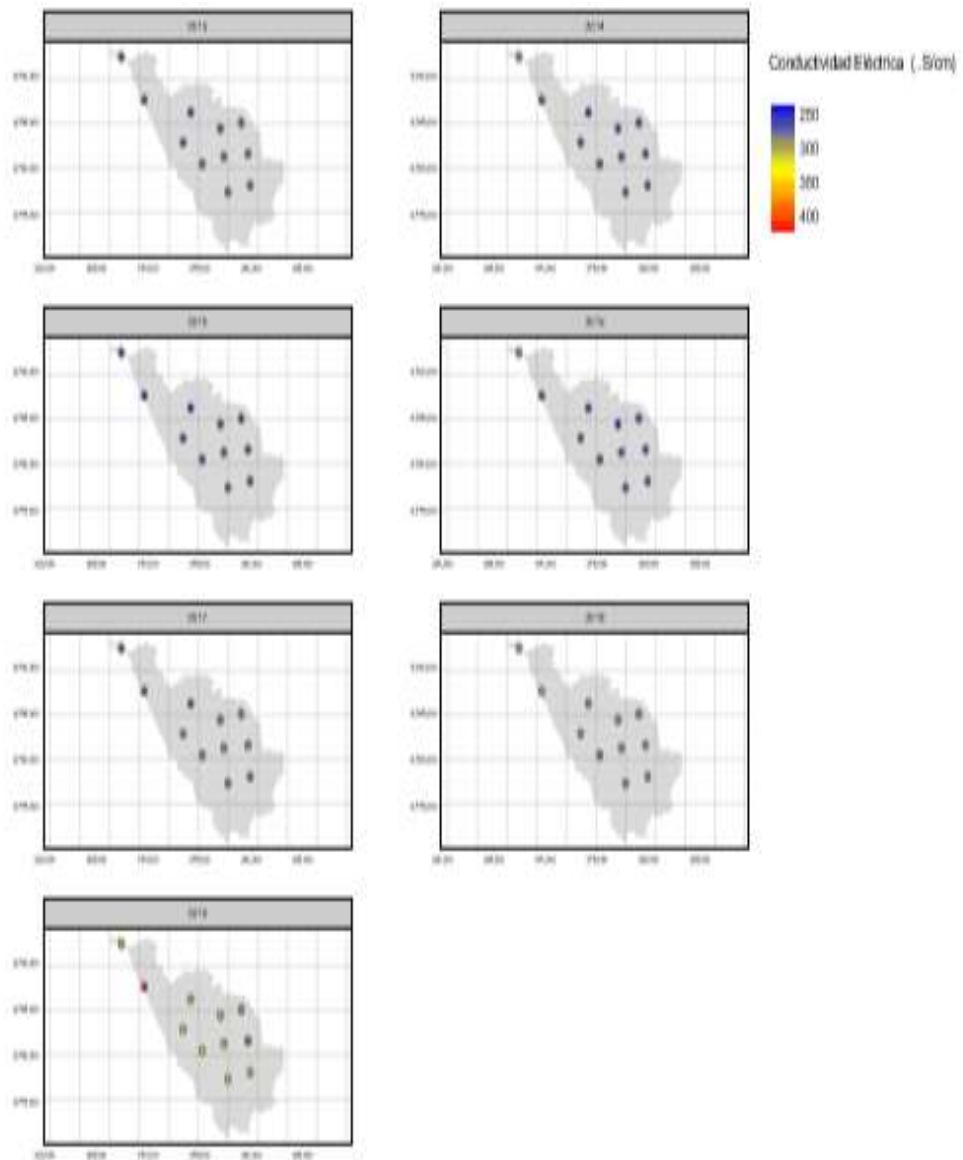
Conductividad Eléctrica

Muestran la conducta de la conductividad eléctrica, parámetro que guarda estrecha referencia a la cantidad de sólidos disueltos que se producen cuando los minerales del suelo entran en contacto con el agua.

Tabla 7. Promedio de conductividad eléctrica

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		
PRO	MAX	MIN
286.075	400	240.5
261.6375	304.2	232.6
275.8625	322.4	252.3
267.1875	293.1	247.4
271.425	314.9	230.7
278.6625	320.7	255.3
276.775	327.8	255.6
262.7375	286.3	233.3
277.2	318.8	256.8
274.4375	311.7	254.7

Figura 58. Interpolación de conductividad eléctrica por año, por cada punto de muestreo



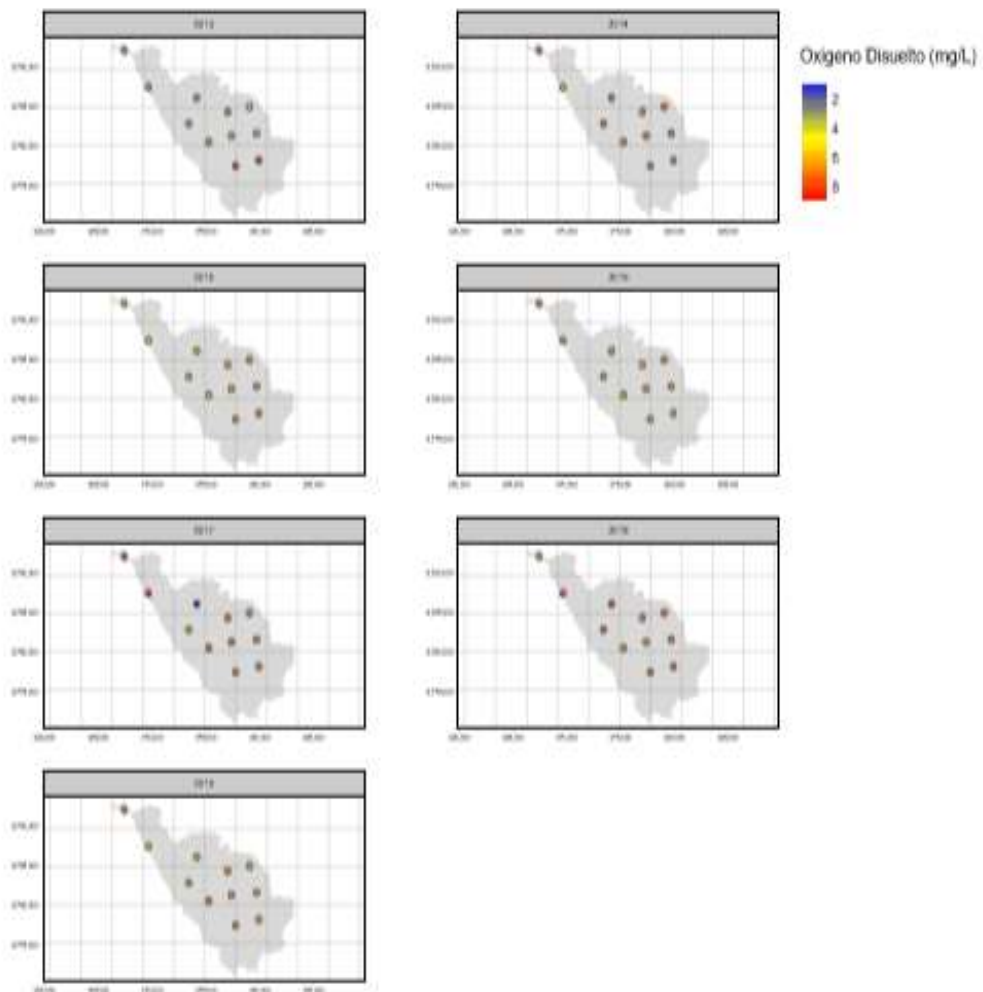
Oxígeno Disuelto

Según Lambert y Sommer (2007). El suministro de oxígeno del agua proviene del intercambio con la atmósfera o de la fotosíntesis de plantas y cianobacterias (cianobacterias). Por el contrario, si su concentración es demasiado baja, contribuye a que algunos organismos sean más susceptibles al envenenamiento por metales pesados y pesticidas. (Gaunt y Parker 2000).

Tabla 8. Promedio oxígeno disuelto

OXIGENO DISUELTO		
PRO	MAX	MIN
6.216375	9	3.13
6.22825	8.097	3.03
6.301375	7.921	3.2
6.31525	7.177	3.78
6.130375	7.229	2.83
6.2445	7.19	3.58
6.122625	7.25	2.96
6.29325	7.21	3.52
6.368	7.456	3.08
6.19725	7.259	3.05

Figura 85. Interpolación de Oxígeno disuelto por año, por cada punto de muestreo



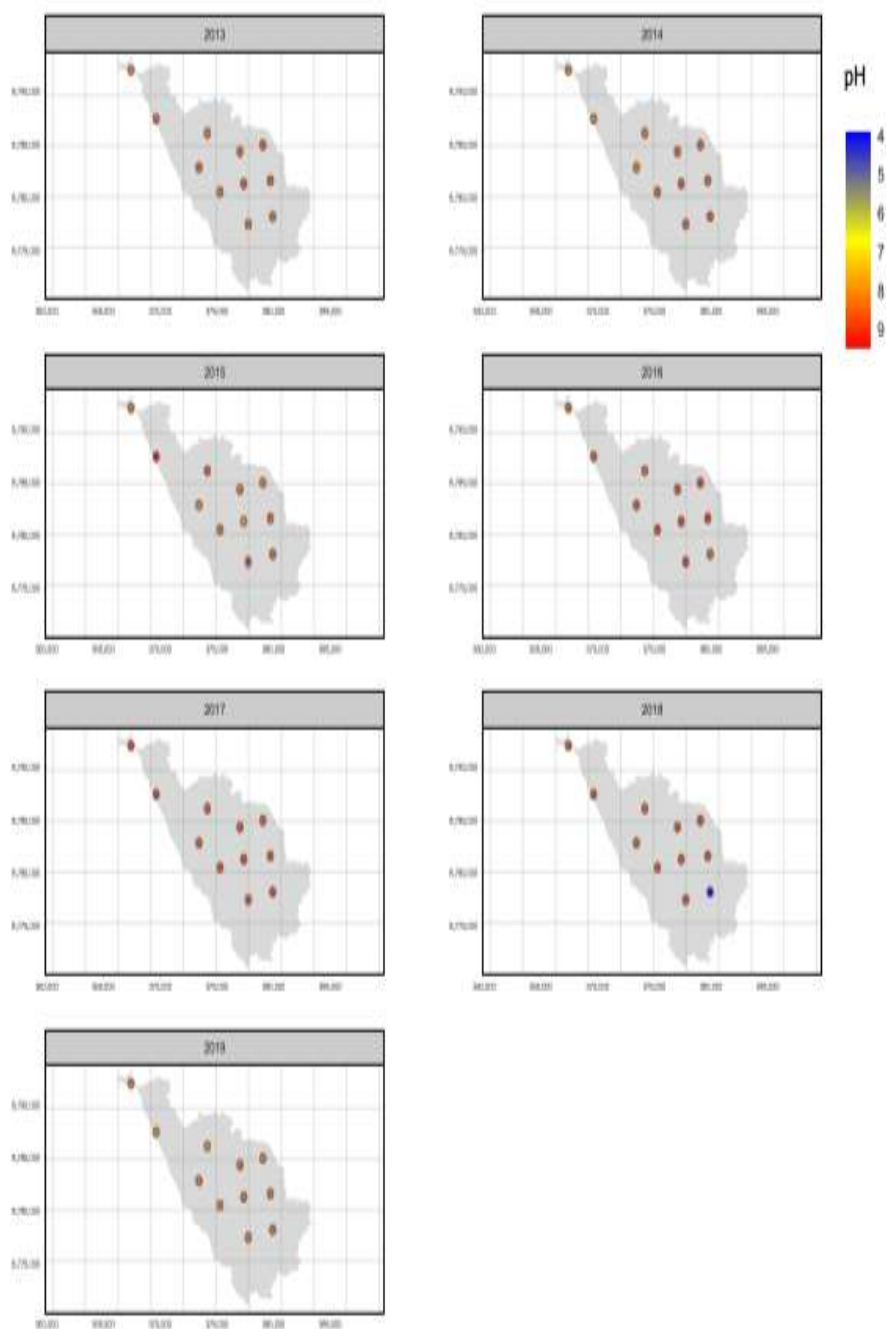
pH

Según Lambert y Sommer (2007), se pueden destacar tres eventos importantes en el lago que pueden alterar el pH, la fotosíntesis, la absorción de nitrógeno y la respiración. El efecto de la fotosíntesis y la respiración sobre el pH requiere en gran medida un equilibrio entre el dióxido de carbono y el bicarbonato de carbono.

Tabla 9. *Promedio de Potencial de Hidrogeno*

POTENCIAL DE HIDROGENO		
PRO	MAX	MIN
8.60775	9.47	8.059
8.38525	8.65	7.989
8.418125	8.67	8.04
8.577625	8.93	8.264
8.578375	8.82	8.367
8.5725	8.96	7.77
8.5585	8.9	8.243
8.6655	8.99	8.386
8.645375	8.98	8.37
7.9365	8.78	3.836

Figura 112. Interpolación de pH por año, por cada punto de muestreo



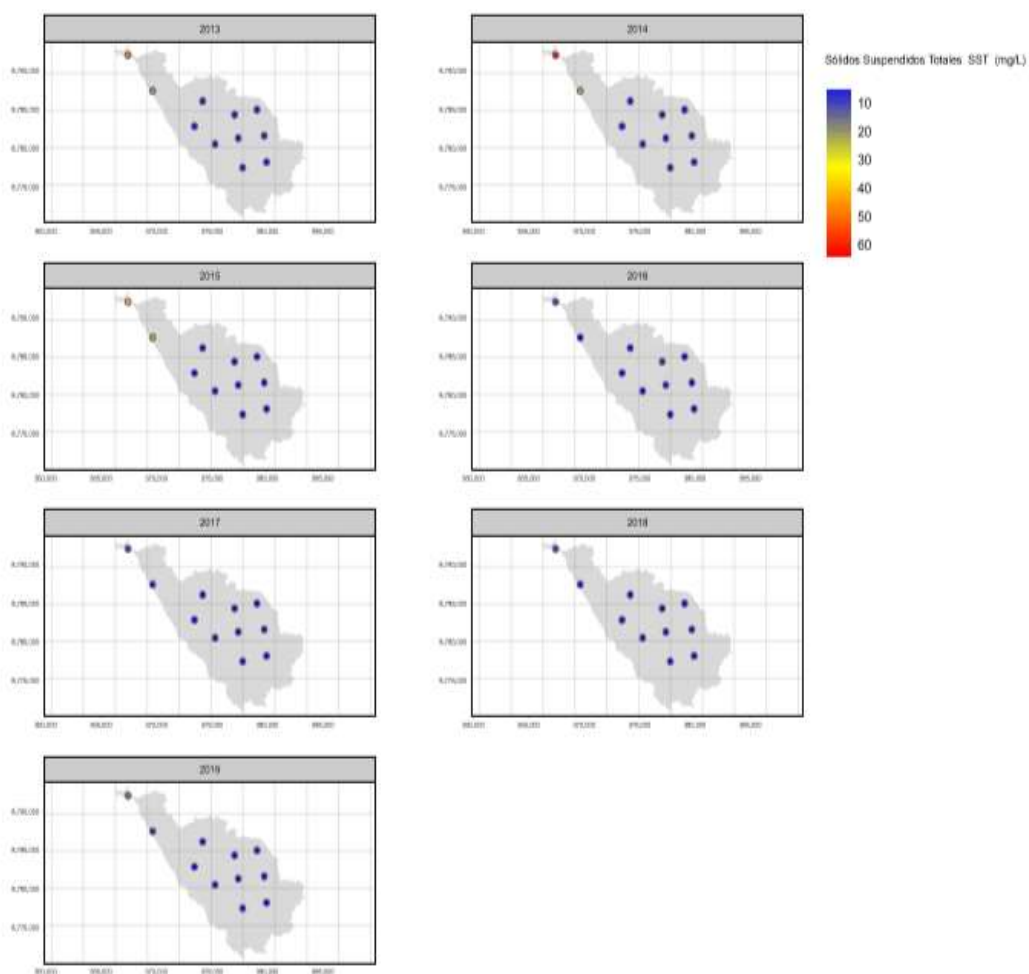
Solidos Suspending Totales

Está determinada por la materia suspendida, tal como orgánico e inorgánico, que puede ser arcilla, limo o plantas de semillero. En este medio, la transparencia del agua disminuye, lo que detiene la transmisión y absorción de la luz.

Tabla 10. Promedio de Sólidos Suspendidos Totales

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES		
PRO	MAX	MIN
12.0575	22	1
2	3	1
2	3	1
2	3	1
2.625	6	1
2.25	3	1
2.375	4	1
2	3	1
2.125	3	1
2	3	1

Figura 139. Interpolación de Sólidos Suspendidos Totales por año, por cada punto de muestreo



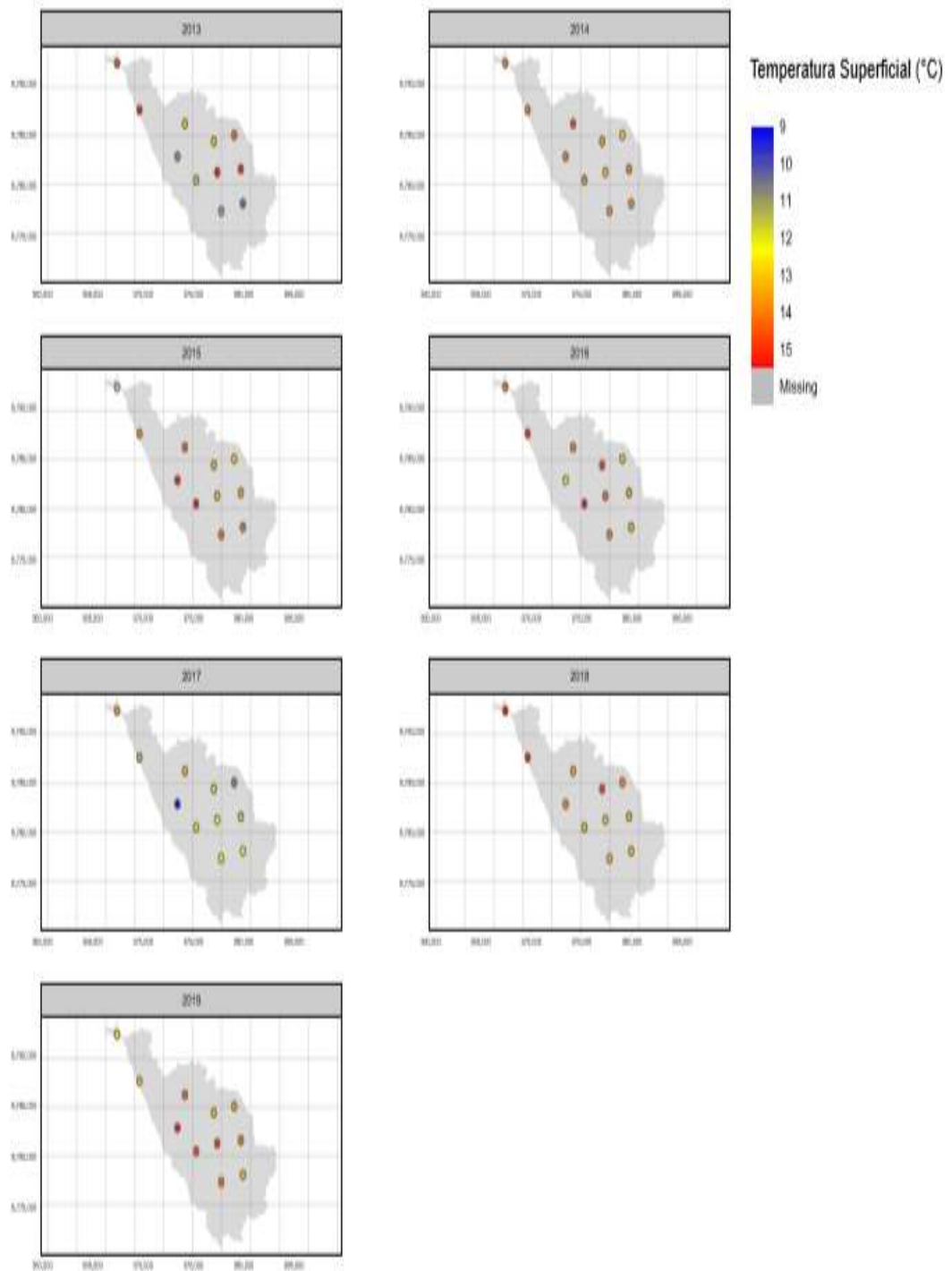
Temperatura superficial del agua

La porción de luz que atraviesa el agua se limita únicamente a las capas superficiales. Las temperaturas varían según la estación y la profundidad. La disponibilidad de oxígeno se reduce porque solo un pequeño porcentaje de agua está expuesta al aire.

Tabla 11. Promedio de Temperatura

TEMPERATURA		
PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
13.97925	15.41	11.39
14.086875	14.77	13.1
13.163	16.01	9.02
13.22125	14.423	10.6
14.0135	16.52	11.94
13.9975	15.69	12.34
13.95	16.04	11.5
13.772375	15.22	11.6
13.413125	14.934	11.1
13.06175	14.531	10.4

Figura 166. Interpolación de Temperatura por año, por cada punto de muestreo



4.2. Descripción de validación para reflectividad de superficie

Tabla 12. Validación de Reflectividad de Superficie

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
b1-b10_lago2017	11	0.07445	0.01546	0.00466
b1-b10_lago2018	11	0.07143	0.01183	0.00357
b1-b10_lago2019	11	0.07347	0.01481	0.00427

Estimación de la diferencia pareada

Tabla 13. Dirección de Diferencia Pareada

Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para la diferencia_μ
0.00302	0.00467	0.00141	(-0.00012; 0.00615)

diferencia_μ: media de (b1_lago2017 - b1_lago2018 - b1_lago2019)

En las muestras consideradas para un modelo de regresión lineal fueron las que tenían una media común entre las bandas espectrales por punto de muestra, es decir que los resultados de las 11 bandas espectrales estudiadas tienen un nivel de confianza de más de 95% que se incluirán en el parámetro de la población.

4.3. Modelo de estimación de parámetros ambientales

Los modelos estadísticos fueron significativos ($p < 0.05$) y que mejor se ajustaron a los parámetros CE, SST, pH, OD y temperatura, valorados in situ en el muestreo de cada año, así como los coeficientes de determinación (R^2) y los índices estadísticos (BIC, AICc).

En el análisis de regresiones lineales se mostró relaciones relativamente altas ($R^2 > 0.6$) entre la Reflectancia de las bandas espectrales de Landsat 8 y los parámetros de calidad del agua medidos en el lago Chinchaycocha. Las bandas

utilizadas con representación óptica de -10% de nubosidad fueron de los últimos tres años (2017-2018 y 2019).

Los parámetros medidos in situ versus los estimados de las bandas espectrales por punto de muestreo en caso de los sólidos suspendidos totales del agua (SST) presento un R2 de 0.9718, relacionándose significativamente con la banda b5. Previos estudios indican que las aguas turbias presentan alta reflectancia en las bandas b4 y b5 (Wu et al., 2019), siendo acorde con lo el presente estudio. La CE en un cuerpo de agua se relaciona con los cambios de concentración de solidos disueltos totales, por lo que el incremento de CE se relaciona directamente con el incremento de la reflectancia de la banda b6. (Wu et al., 2009) para la CE nos dio un R2 de 0.8522 relacionándose con las bandas b2, b3, b4 y b6. Respecto al pH, se relacionó con las bandas b3, b4, b5 y b6 con un R2 de 0.7697, el pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones H⁺ y también se ha relacionado con la banda b6. El OD puede ser un indicador de la contaminación del agua causada por la descomposición de compuestos. La temperatura se relacionó con las bandas térmicas del sensor TIRS b10 y b11, presentando un R2 de 0.6307.

Los modelos estadísticos tienen la capacidad de predecir la variación espacial y temporal de CE, SST, pH, OD y temperatura, fue validada a través de análisis de regresión lineal múltiples, utilizando la información de reflectividad de superficie de las imágenes del 01 de octubre del 2017, 29 de mayo del 2018 y 07 de octubre del 2019. Para poder realizar las comparaciones se utilizaron las principales bandas de los sensores oli y tirs. En las ecuaciones la correlación lineal y la regresión lineal guarda relación entre las variables mencionadas, los modelos de ecuaciones encontrados se basan en la relación existente entre las variables, permitiendo predecir valores.

Tabla 14. Ecuaciones y Coeficientes de los modelos de Regresión Lineal

Parámetro	Ecuación	R ²	BIC	AICc
CE	CE=316 + 2338 B2 - 6869 B3 + 5520 B4 + 265 B6	0.8522	16.92	9.73
Solidos Suspendidos Totales	SST= 0.899 + 130.12 B5	0.9718	21.43	24.52
pH	pH=8.72 + 49 B3 - 105 B4 + 86 B5 - 44 B6	0.7697	-2.90	23.28
OD	OD=28.9-345 B1-182 B3+495 B4- 348 B5+415 B7	0.8577	13.61	67.49
Temperatura	T= 225.0 + 0.65 B10 - 0.43 B11	0.6307	22.63	29.42

Figura 193. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para la CE

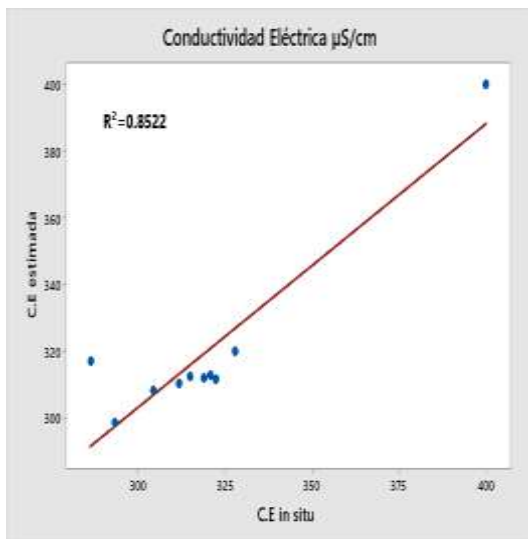


Figura 220. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para el pH

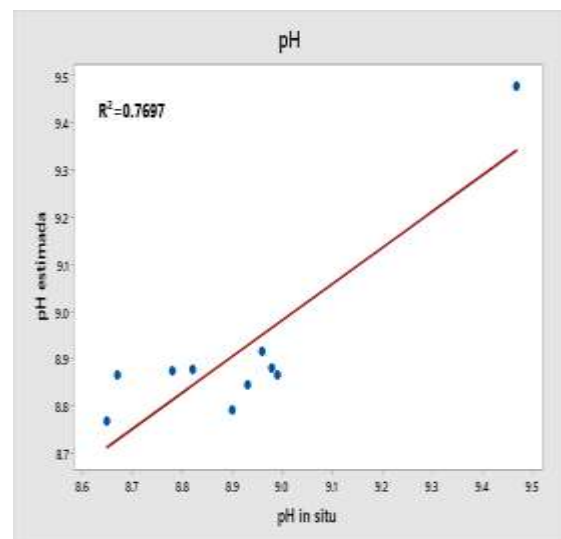


Figura 274. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para la Oxígeno Disuelto

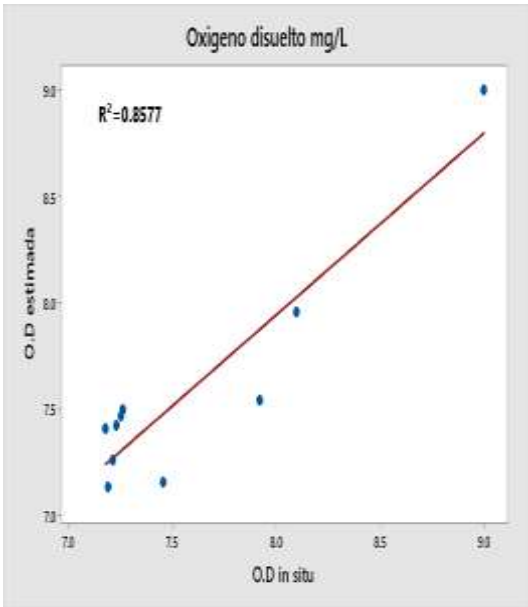


Figura 247. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para la Temperatura

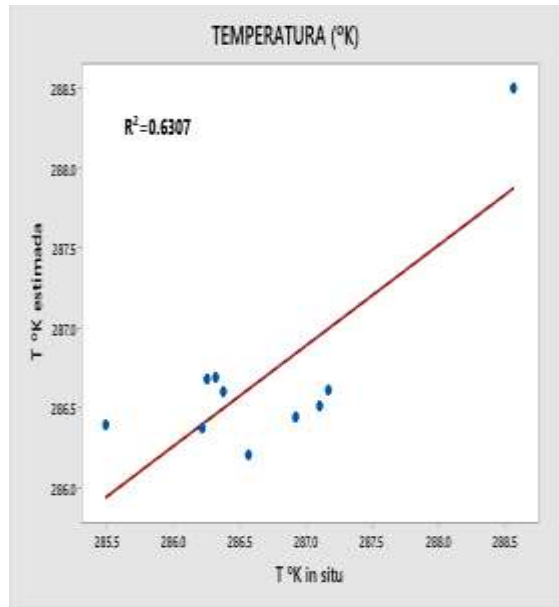
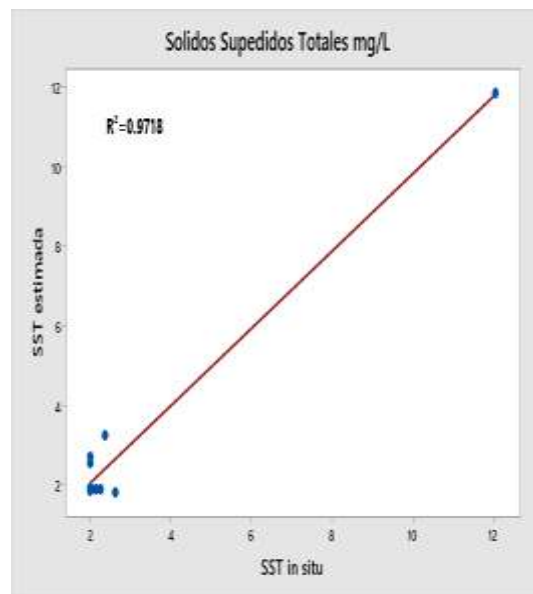


Figura 301. Correlación Entre Datos In Situ y Valor Estimado Con Modelos de Regresión Lineal Múltiple para SST



4.4. Mapas de Parámetros de Calidad de Agua

Mediante la aplicación de modelos estadísticos, se seleccionó la imagen del 10 de octubre de 2017, ya que es menor al 10% de nubosidad y los resultados tienden a mejorar, resaltando en mapas de CE, pH y OD, sólidos suspendidos totales y temperatura de la superficie del lago Chinchaycocha. La CE presentó valores entre los 300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en todo el espejo de agua, sin embargo, surge un gran aumento en la parte norte del lago, donde se encuentra el centro poblado “San Antonio de Pari”, se observa un acrecentamiento de los valores de CE con un claro gradiente en dirección sur – norte, debido a las características y la naturaleza del suelo debajo del cuerpo de agua, porque en lugares donde hay presas durante todo el año, se forman suelos blandos.

Los valores de Sólidos Suspendidos Totales se presentaron en la zona norte del lago, con números que alcanzaron los 44.4 NTU. La falta de una planta de tratamiento para aguas residuales en centro poblados cercanos al lago, se relaciona con la cifra mencionada, por lo que existe un aporte importante de sedimentos, ya sea por transporte aéreo como por escurrimiento superficial.

En cuanto a las zonas del cuerpo de agua con fotosíntesis intensa, se representan con valores de pH de hasta 15, este resultado si bien no se observó en las mediciones in situ de los últimos años. Las estimaciones varían por análisis multiespectral con valores posiblemente también influenciados por las condiciones de oxidación comunes en ciertas regiones, debido a la descomposición de materia orgánica y la presencia de más aguas gaseosas en el norte, esto también se debe a la naturaleza del terreno.

También se relaciona, a la vez que como se hizo mención anteriormente, la desembocadura de aguas residuales de centros poblados cercanos. En general, se encontraron valores promedio de oxígeno disuelto por encima de 7 mg / L en algunas de las áreas del embalse de muestreo; Por el contrario, los valores observados a las concentraciones mínimas recomendadas para sustentar la vida acuática, se muestra valores bajos y altos en las zonas fronterizas del lago.

Figura 328. Promedio de las Predicciones Espaciales de CE del año 2017

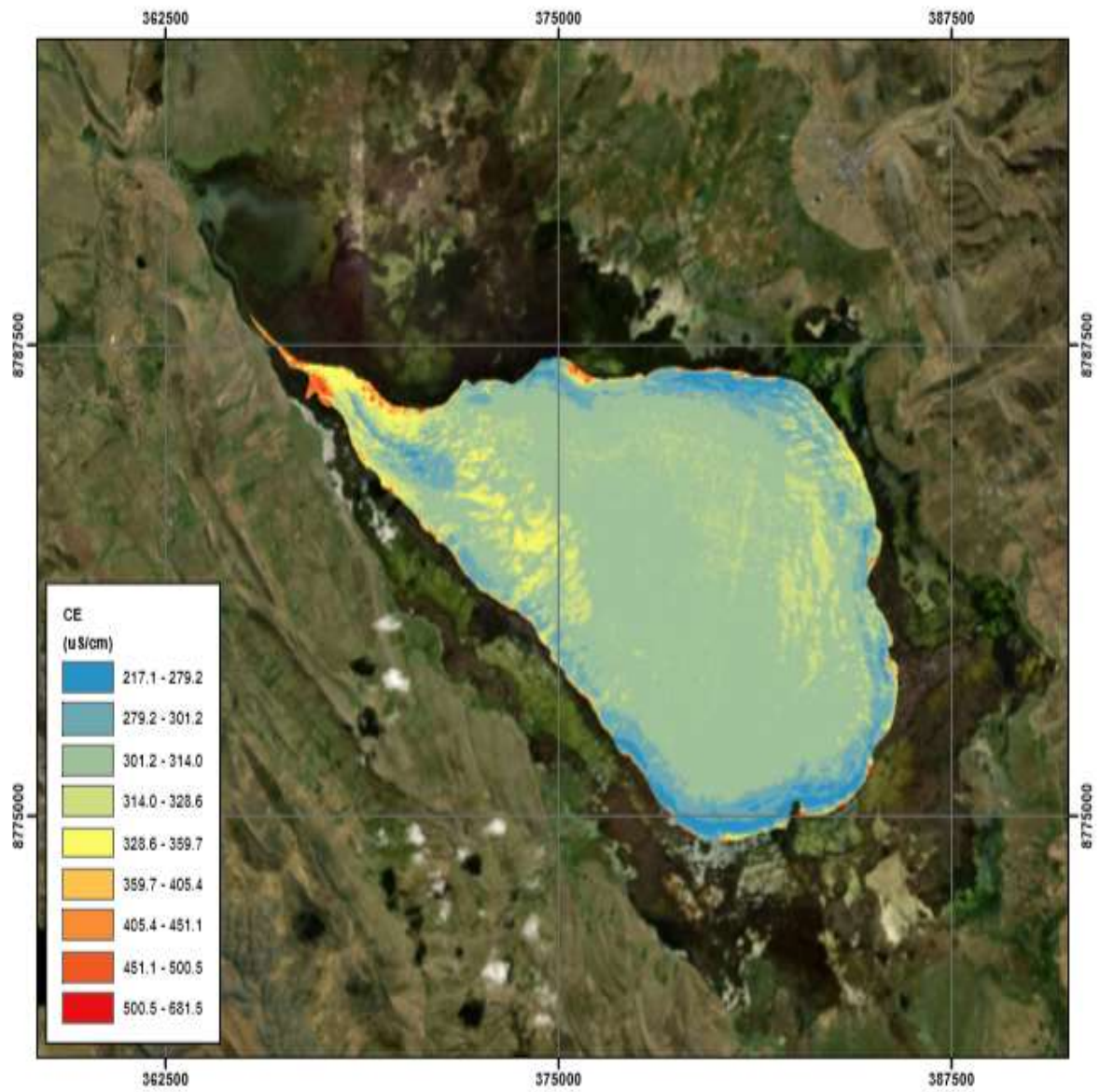


Figura 382. Promedio de las Predicciones Espaciales de pH del año 2017

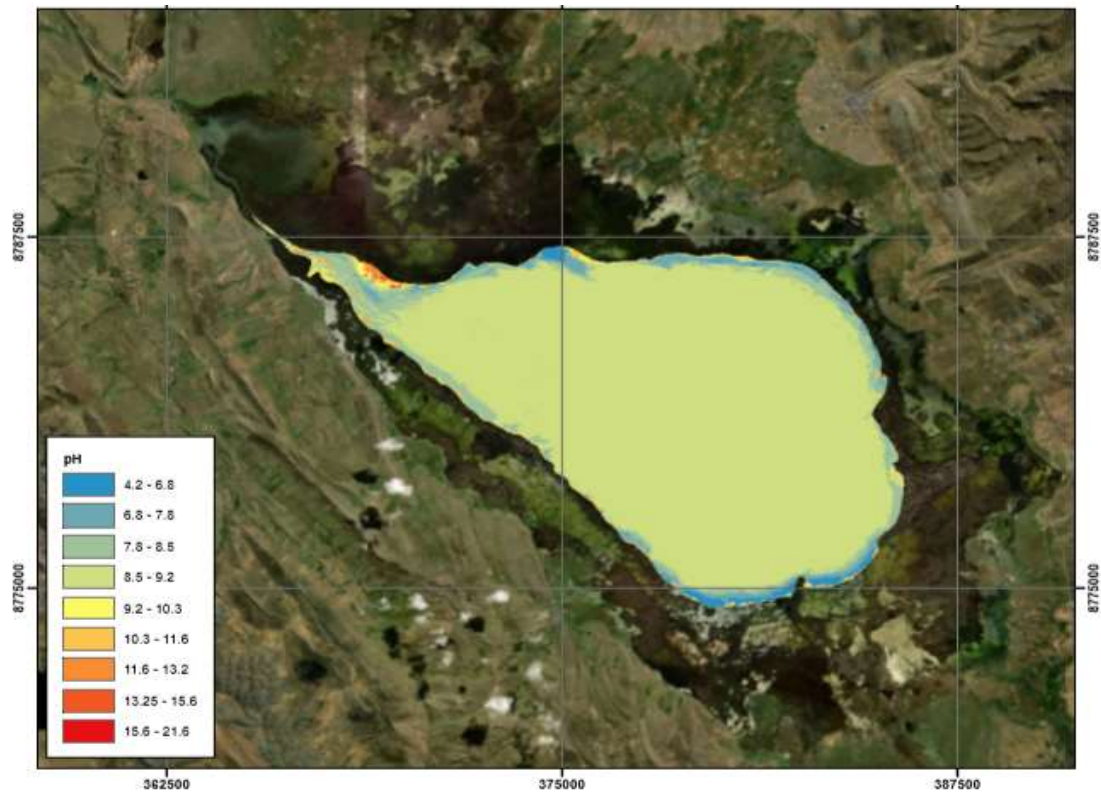


Figura 355. Promedio de las Predicciones Espaciales de OD del año 2017



Figura 408. Promedio de las Predicciones Espaciales de Temperatura del 2017

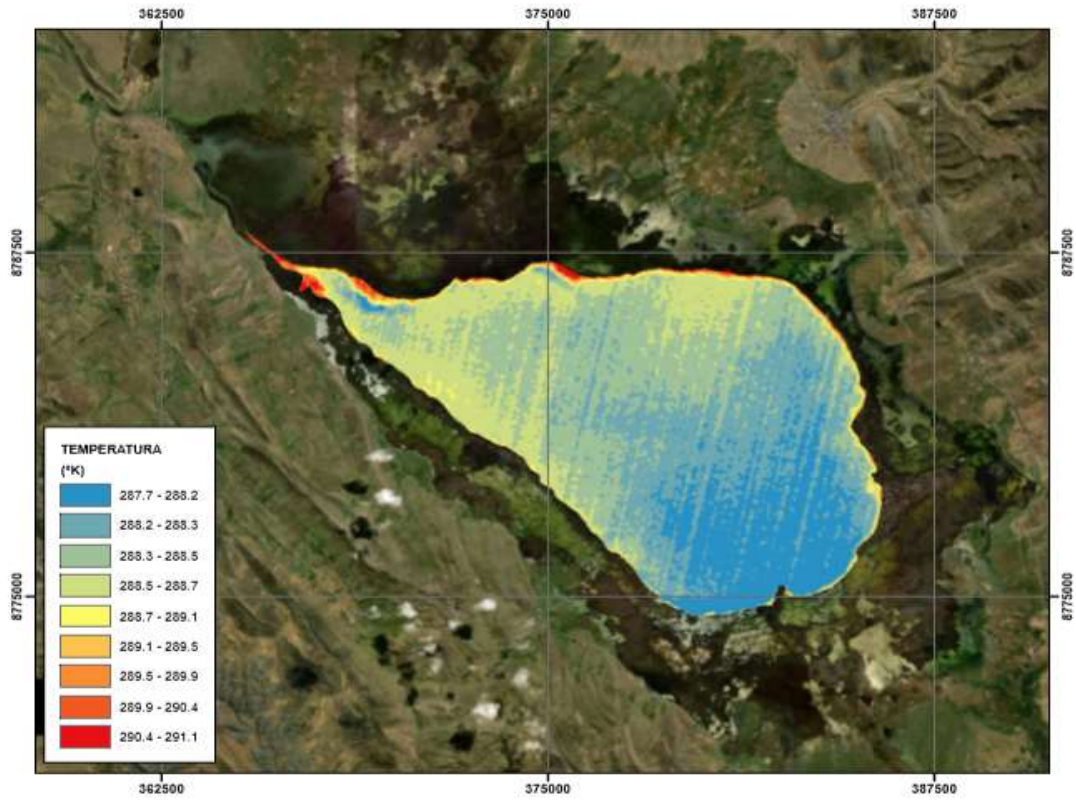
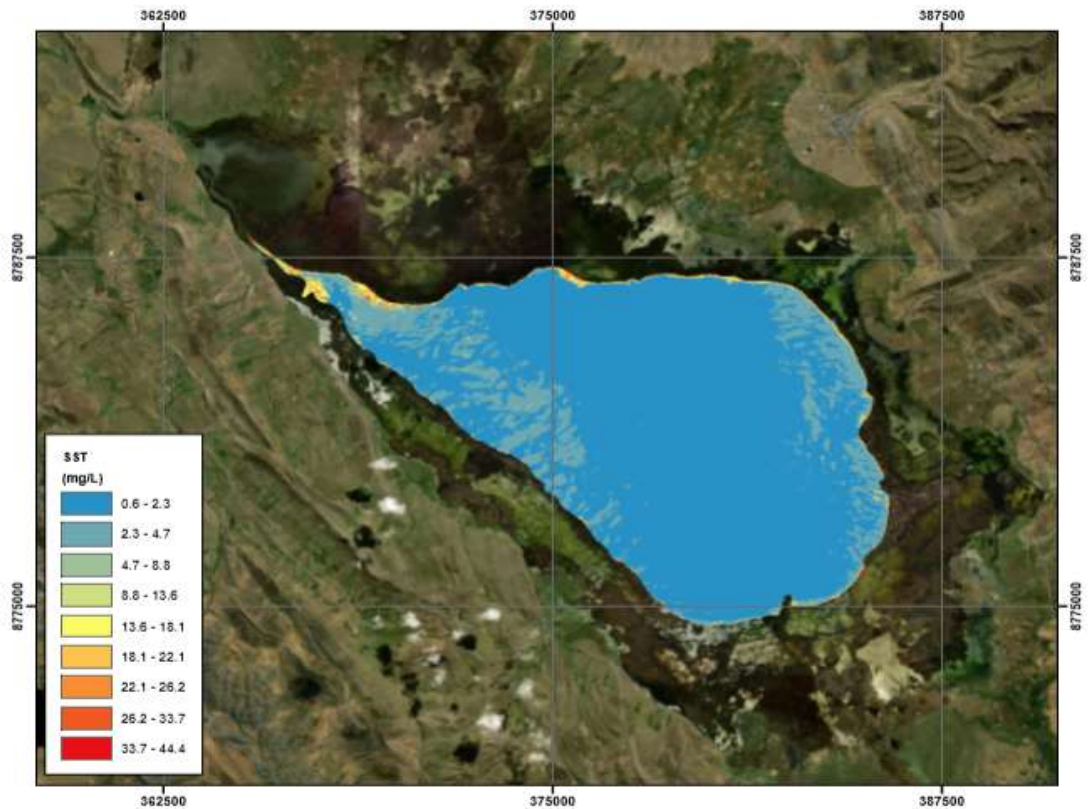


Figura 428. Promedio de las Predicciones Espaciales de SST del año 2017



Los resultados obtenidos en el estudio referente a la evaluación de los parámetros de calidad de agua del lago Chinchaycocha y los niveles de reflectividad de superficie del satélite Landsat 8, se determinó que la mayoría de los parámetros estudiados tiene un porcentaje menor de $R^2 > 0.63$, donde los modelos estadísticos son significativos ($p < 0.05$) y que mejor se adaptaron a los parámetros CE, SST, pH, OD y temperatura, evaluados in situ de cada año presentado, así como los coeficientes de determinación (R^2) y los índices estadísticos (BIC, AICc) estuvieron acorde con el estudio en general.

El análisis de regresión mostro relaciones relativamente altas en la reflectancia de las bandas espectrales del satélite Landsat 8 y los parámetros de calidad de agua medidos en el lago Chinchaycocha. Los parámetros medidos in situ versus los estimados en el caso de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) del agua presento un valor de R^2 de 0.92718, relacionándose con la banda b5. La Conductividad Eléctrica (CE) se relacionó con las bandas b2, b3, b4 y b6 dando un valor de R^2 de 0.8522. El pH se relacionó con las bandas b3, b4, b5 y b6 con un R^2 de 0.7697. El Oxígeno Disuelto (OD) se relacionó con las bandas b1, b3, b4, b5 y b7 con un valor de 0.8577. La temperatura se relacionó con las bandas térmicas del sensor TIRS b10 y b11, presentados un R^2 de 0.6307. Respeto a los resultados de las regresiones lineales se hizo una valoración estadística donde los resultados mostrados fueron las óptimas.

La calibración del modelo ajustado de los parámetros de calidad frente a la reflectividad de superficie, se efectuó aplicando el factor R^2 ajustado dentro de un intervalo de confianza del 95%. Debido a que bajo ciertas condiciones de viento (8.0 a 13.8 m/s), el primer metro de agua se encuentra bien mezclado, ha sido posible establecer una relación entre las temperaturas del agua in situ y la temperatura superficial estimada a partir de Landsat 8 (Ding y Elmore, 2015). De ello concluimos que las temperaturas promedio presentadas difieren en un rango de 10 A 14 °C en la zona de estudio por lo tanto tal como nuestros resultados para la correlación con los niveles de reflectividad no fueron representativo, se tuvo que predecir temperaturas, máximas, mínimos y promedios para una correlación adecuada.

La correlación entre la reflectividad de superficie con los datos hallados in situ de cada parámetro de calidad de agua, entre los años 2017 al 2019 fueron en base a los datos de la reflectividad de superficie de las bandas espectrales utilizadas del satélite por año, R², p, nubosidad, etc.

En un estudio realizado en cuerpos de agua dulce, se encontró una relación entre la turbidez, sólidos suspendidos totales y la reflectancia de la banda roja, los ajustes lineales tuvieron valores de R² entre 0.6 y 0.84 (Brezonik et al., 2005). Para nuestra investigación también se utilizó a banda roja específicamente el NIR que nos dio un valor de R² = 0.9718 lo cual tiene mucha significancia en modelo estadístico aplicado.

Cualquier objeto que tenga una temperatura superior al cero absoluto (-273.15 °C), emite energía electromagnética en la región de infrarrojo térmica, es decir entre los 3 y 14 μm del espectro electromagnético (Cortes-Aguilar, 2015). Las bandas 10 y 11 del sensor TIRS miden energía infrarroja emitida por la superficie de la tierra o los cuerpos de agua entre los 10.60 y 12.51 μm y preservan una alta sensibilidad que permite separar la temperatura de superficie de la temperatura atmosférica, precisamente solo las bandas térmicas b10 y b11 se relacionaron directamente con la temperatura para el desarrollo de la ecuación lineal. Sin embargo, la regresión lineal aplicada no fue la esperada, ya que hubo poco porcentaje de correlación, estos resultados infieren en cambios climáticos repentinos en la zona de estudio y cambios drásticos de vientos.

La estimación de pH en cuerpos de agua a partir de los valores de reflectancia de las imágenes Landsat 8 y modelos lineales que utilizan proporciones de bandas como (5/10) con un R² de 0.86 (Theologou et al., 2015) o mediante un modelo más complejo con las bandas verde, rojo, NIR y SWIR (Gonzales-Márquez et al., 2018). Precisamente de las bandas mencionadas se utilizó las bandas b3, b4, b5y b6 donde hubo una mejor correlación de R²= 0.7697.

A la fecha existen pocas investigaciones que describen la estimación de la concentración de oxígeno disuelto a partir de las imágenes del satélite Landsat 8. Sin embargo, Gonzales-Márquez et al. (2018), encontraron una relación entre la concentración de Oxígeno Disuelto y las bandas aerosol costero, verde, rojo, NIR

y SWIR a través de un modelo de regresión lineal de 8 termino, Esto puede estar directamente relacionada entre el oxígeno disuelto y la temperatura.

V. CONCLUSIONES

Los modelos estadísticos generados por imágenes Landsat8 son una herramienta útil para monitorear los parámetros de calidad del agua en el lago Chinchaycocha. Existen muchas relaciones entre los estándares de calidad del agua y los niveles de reflectancia de la superficie.

La validación de los modelos analizados, demuestra que pueden ser utilizados para valorar la variación temporal de los parámetros estudiados a excepción de la temperatura superficial del agua ya que esta se mostraron indiferentes relativamente con niveles de reflectividad emitidas del satélite por los puntos muestreados; así también, existen algunas discrepancias en los monitoreos de la sólidos suspendido totales y la temperatura como inferencia de los bajos valores de este parámetro y las condiciones de viento de la sierra de Junín, por lo que ocasiona errores relativos en la determinación de estos parámetros.

El análisis de los modelos de regresión lineal obtenidos mediante lo niveles de reflectividad de superficie del satélite landsat 8 con los datos de monitoreo in situ, permitió estudiar y determinar la calidad de agua del lago Chinchaycocha de los últimos 3 años.

Se consiguió elaborar mapas con las distribuciones de niveles de los parámetros de calidad de agua donde se llegó a determinar que en el año 2017,2018 y 2019 en los puntos establecidos a monitorear existen niveles óptimos de calidad de agua dentro de los ECAS. De igual forma se nota que estos niveles varían de acuerdo a las zonas fronterizas con los centros poblados alrededores del lago Chinchaycocha. Donde este nivel de calidad de agua se incrementa gracias al proceso de teledetección.

VI. RECOMENDACIONES

La presente investigación permitió adquirir conocimientos sobre las características fisicoquímicas del agua, así cómo se relaciona con los niveles de reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 para adquirir modelos que nos permiten predecir espacialmente la calidad del lago Chinchaycocha.

Se recomienda realizar los monitoreos de acuerdo a la fecha que pasa el satélite por la zona de estudio para que exista mejores resultados en futuras investigaciones.

Se debe realizar más puntos de muestreos para analizar la calidad de agua, sobre todo en los puntos cercanos a localidades cercanas al lago, para así estar acorde con la información que arroja el modelamiento de este estudio.

Realizar mayor análisis para los datos de monitoreo, es decir, plantear ecuaciones para la variación multiespectral de la calidad de agua y así predecir con mejores resultados.

Ampliar el estudio de investigación, modelamiento de contaminantes a fuentes de agua cercanas a lago Chinchaycocha.

Se recomienda aplicar imágenes producto de todas las bandas del satélite y que cuenten con información óptima para poder procesar de forma óptima, así mismo realizando las correlaciones correspondientes se tendrán óptimos resultados.

VII. REFERENCIAS

1. AGUIRRE, Raúl. Conceptos de Geomática y Estudios de caso en México. [En línea]. México, 2009. [Fecha de consulta: 4 noviembre del 2019]. Capítulo 1. Bases físicas de la Percepción Remota. Disponible en: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/18/18/53-1> ISBN: 978-607-02-09734
2. AGUIRRE. Raúl. Hyperspectral optical analysis of Zumpango Lake, Mexico. [En línea]. México, 2013. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2019] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n84/n84a4.pdf> ISSN: 0188-4611
3. AMADO, J. Modelo Predictivo de la calidad del agua en reservorios de Chihuahua-México usando la percepción remota. [En línea]. México. [Fecha de consulta: 2 de diciembre del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/302503911_Modelo_Predictivo_de_la_calidad_del_agua_en_reservorios_de_Chihuahua-Mexico_usando_la_percepcion_remota
4. ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. [En línea]. Perú, 2016. [Fecha de consulta: 17 noviembre del 2019]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
5. ANA. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338. [En línea]. Perú, 2009. [Fecha de consulta: 11 noviembre del 2019]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/5.-_reglamento_de_la_ley_de_recursos_hidricos_0_2.pdf
6. ANA, Guía para la Evaluación de los Recursos Hídricos. [En línea]. Perú, 2013. [Fecha de consulta: 19 noviembre de 2019]. Disponible en:

- https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.259_guia_evaluacion_rr.hh__0.pdf
7. AVIÑA, Rosa. Estimación de parámetros ambientales a partir de imágenes landsat 8 y mediciones in situ, bahía de la paz. Tesis (Maestra de ciencias). Baja California Sur: Centro de investigaciones biológicas del noreste, SC, 2018. Disponible en: http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2734/1381%20avi%C3%B1a_r%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 8. BERDUGO, Anderson y REALES, Gabriel. Análisis multiespectral de imágenes satelitales para evaluar variaciones espacio – temporales en la calidad del agua del embalse el Guájaro Atlántico. Tesis (Ingeniero ambiental). Barranquilla: Facultad de ciencias ambientales, 2016. Disponible en: <http://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/325/1.042.448.544-1.043.874.467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 9. BONANSEA, Matias. [et al.]. Concentración de clorofila-a y límite de zona fótica en el embalse Río Tercero (Argentina) utilizando imágenes del satélite CBERS-2B. [En línea]. 2012. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2018]. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n3/v7n3a06.pdf> ISSN = 1980-993X
 10. BOVOLO, L. BRUZZONE, f, y SOLANO Y. Comprehensive Remote Sensing. [En línea]. Estados Unidos, 2018. Capítulo 2.08: Multitemporal Analysis of Remotely Sensed Image Data. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489103380> ISBN: 978-0-12-803221-3
 11. BRICEÑO, I, [et al.]. Determinación de calidad de agua en el Lago Vichuquén, con imágenes de satélite Landsat 8, sensor OLI, año 2016, Chile. [En línea]. Chile, 2018. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/114907/10126-42791-2-PB.pdf?sequence=4&isAllowed=y> ISSN: 1133-0953

12. CAMPOS, Irene. Saneamiento Ambiental. [En línea]. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a distancia, 2000. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2019] Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA48&dq=parametros+de+calidad+del+agua&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiN9O60uafmAhUELLkGHcLYBmIQ6AEIKzAA#v=onepage&q=parametros%20de%20calidad%20del%20agua&f=false>
ISBN: 9968-31-069-7
13. CHENG, J. Y LIANG, S. Comprehensive remote sensing. [En línea]. Estados Unidos, 2018. Capítulo: 5.10 - Land-Surface Emissivity. [Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489103744>
ISBN: 978-0-12-803221-3
14. CHUVIECO, Emilio. Teledetección ambiental, la observación de la Tierra desde el espacio. [En línea]. 3ªed. Editorial Ariel, S.A. Barcelona, España, 2008. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2019] <https://books.google.com.pe/books?id=aKsNXCVcTcQC&pg=PA43&dq=fundamentos+de+la+teledetecci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiqn8WnqKbmAhVzILkGHRT6BnAQ6AEINDAC#v=onepage&q=fundamentos%20de%20la%20teledetecci%C3%B3n&f=false>
15. CEAMANOS, Xavier y Valero, Silva. Optical Remote Sensing of Land Surface. [En línea]. 2017. Capítulo 4. Processing Hyperspectral Images. 2015. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781785481024500041>
ISBN: 978-1-78548-102-4
16. CREVOISIER, C. Comprehensive Remote Sensing. [En línea]. 2018. Capítulo 7.11. Use of Hyperspectral Infrared Radiances to Infer Atmospheric Trace Gases. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489103963>
ISBN: 978-0-12-803221-3

17. DOÑA, Carolina, [et al.]. Empirical Relationships for Monitoring Water Quality of Lakes and Reservoirs Through Multispectral Images. México, 2014. [En línea]. México, 2014. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2018]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Carolina_Dona_Monzo/publication/263128455_Empirical_Relationships_for_Monitoring_Water_Quality_of_Lakes_and_Reservoirs_Through_Multispectral_Images/links/552fee740cf27acb0de84f04.pdf
 ISSN: 2151-1535
18. FIGUEROA, Edgar. [et al]. Estimación de parámetros relativos a la calidad del agua mediante percepción remota en la laguna de Bustillos, Chihuahua, Mexico. [En línea]. México, 2015. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2018] Disponible en:
<http://www.selper.org.mx/images/Memorias2015/assets/m008.pdf>
19. GONZÁLEZ, Luis. [et al.]. Use of LANDSAT 8 images for depth and water quality assessment of El Guájaró reservoir, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences* [En línea]. 2016. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2019]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981117303802>
 ISSN: 0895-9811
20. HERNÁNDEZ, R; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2003). Metodología de la Investigación, (4ª ed.). México: Mc Graw-Hill.
21. HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C, y BAPTISTA, M. Metodología de la investigación. 5ta ed. México: Mc Graw Hill, 2010. 613 pp. ISBN: 978-607-15-0291-9
22. HERNÁNDEZ, H. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. [En línea]. 5 ed. México: Marcela I. Rocha Martínez, 2010. [Fecha de consulta: 30 de noviembre del 2019]. Disponible en:
https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
 ISBN: 978-607-15-0291—9

23. INSTITUTO del Mara del Perú. Estimación de concentración de clorofila-a en el lago Titicaca usando imágenes satelitales MERIS. Perú, 2016. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/3111/1/Informe%2043%283%29-1.pdf>
ISSN: 0378-7702
24. INSTITUTO geográfico agustín codazzi. Descripción y corrección de productos Landsat 8. Colombia, 2013. Disponible en: <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
25. JIANG, B. y LIANG, S. Comprehensive remote sensing. [En línea]. Estados Unidos, 2018. Capítulo: 5.13 - Land Surface Net Radiation. [Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489103768>
ISBN: 978-0-12-803221-3
26. Ji, L. y Gong, p. Comprehensive remote sensing. [En línea]. Estados Unidos, 2018. Capítulo: 4.11 - Surface Water. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489103604>
ISBN: 978-0-12-803221-3
27. LEÓN, Barocio, [et al.]. Productividad primaria del fitoplancton en la zona eufótica del Sistema de la Corriente de California estimada mediante imágenes del CZCS. [en línea]. México, 2007. [fecha de consulta: 30 de noviembre de 2019]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v33n1/v33n1a6.pdf>
28. LOEB, N. [et al.]. Comprehensive remote sensing. [En línea]. Estados Unidos, 2018. Capítulo: 5.03 - Earth's Top-of-Atmosphere Radiation Budget. [Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489103677>
ISBN: 978-0-12-803221-3
29. LÓPEZ, Mery y MADROÑERO Sandra. Estado trófico de Un Lago Tropical De Alta Montaña: Caso Laguna De La Cocha. [En línea]. Colombia, 2015.

- [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v25n2/v25n2a02.pdf>
30. MARKHAM, B. [et al.]. Comprehensive Remote Sensing. [En línea]. Estados Unidos, 2018. Capítulo: 1.03 Landsat Program. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489103136> ISBN: 978-0-12-803221-3
31. MARTÍNEZ, J y PILAR, M, Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente Red Nacional de Teledetección Ambiental. [En línea]. España, 2010. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2019]. Disponible en: http://www.aet.org.es/files/guia_teledeteccion_medio-ambiente_pliego.pdf
32. MENDOZA, M. Modelamiento hidrológico espacialmente distribuido. [En línea]. México, 2002. [Fecha de consulta: 16 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n47/n47a4.pdf>
33. MINAGRI, ANA, Séptimo monitoreo de la calidad del agua superficial del lago Chinchaycocha - noviembre 2018. [En línea]. Perú, 2019. [Fecha de consulta: 11 de noviembre del 2019]. Disponible en: https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/DGGAE/ARCHIVOS/OFICIOS%202019/DGAAE/Oficio%20N%C2%B0%200110_2019_MEM_DGAAE.pdf
34. MINAM. Plan de Manejo Ambiental Sostenible 2012-2016. [En línea] Perú, 2012. [Fecha de consulta: 2 de diciembre del 2019]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12918/RS_005-2017-MINAM.pdf
35. MINAM. Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha 2017-2021. [En línea]. Perú, 2017. [Fecha de consulta: 2 de diciembre del 2019]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12918/RS_005-2017-MINAM.pdf
36. MINAM. Protocolo: ortorectificación de imágenes satelitales Landsat. [En línea]. Perú, 2014. [Fecha de consulta: 26 de noviembre del 2019]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp->

- content/uploads/sites/18/2013/10/Protocolo-ortorectificacion-imagenes-Landsat.pdf
37. MINAM. Aprueban estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas y establecen Disposiciones Complementaria. [En línea]. Perú, 2014. [Fecha de consulta: 26 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
 38. NASA Landsat Science. [En línea]. 2019. [Fecha de consulta: 26 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>
 39. NASA Landsat Science. Landsat 8. [En línea]. [Fecha de consulta: 25 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>
 40. NASA Landsat Science. Science. [En línea]. [Fecha de consulta: 25 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/science/>
 41. OSE, K, Corpetti, T, y Demagistri, L. Optical Remote Sensing of Land Surface. [En línea]. USA. Elsevier Ltd. 2017. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Capítulo 2. Multispectral Satellite Image Processing. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781785481024500028>
ISBN: 978-1-78548-102-4
 42. PERDOMO, Alexander. Predicción de parámetros físico químicos de calidad del agua mediante el uso de sensores remotos: caso de estudio embalse del Neusa. Tesis (Magister en ciencias ambientales). Colombia, 2015. Disponible en: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1751/T069.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 43. RAMOS, Raudel, SEÚLVEDA, Rubén, Y VILALOBOS, Francisco. Agua en el medio ambiente. [En línea]. México, 2003. [Fecha de consulta: 5 de noviembre del 2019]

- Disponible en :<https://books.google.com.pe/books?id=b8l-xhcHPEYC&pg=PA65&dq=parametros+de+calidad+del+agua&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiN9O60uafmAhUELLkGHcLYBmIQ6AEIaTAJ#v=onepage&q=parametros%20de%20calidad%20del%20agua&f=false>
ISSBN: 970-722-141-0
44. ROY, D. [et al.]. Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity. *Remote Sensing of Environment*. [En línea]. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425715302455>
ISSN: 0034-4257
45. RUBIO, Héctor, [et al.]. Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en chihuahua, México. [En línea]. México, 2014. [Fecha de consulta: 5 de noviembre del 2019] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
46. SCHOWENGERDT, Robert. *Remote Sensing (Third edition)*. [En línea]. Capítulo 1.3 - Sensor Models. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en:
ISSN: 978-0-12-369407-2
47. SHARAF, N. et al. Using Landsat and *in situ* data to map turbidity as a proxy of cyanobacteria in a hypereutrophic Mediterranean reservoir. [En línea]. Libano, 2019. [Fecha de consulta: 11 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954118300980?via%3Dihub>
48. Science for a changing world (USGS). *Landsat(L8) Data Users Handbook* [en línea]. Estados Unidos: Department of the interior U.S Geological Survey .2016, [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>
49. SOBRINO, Raquel. Aplicación de la teledetección y modelos de regresión en la caracterización del lago de Sanabria. Tesis (Ciencias ambientales).

- Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:grado-Ciencias-Camb-Rsobrino/Sobrino_Navas_Raquel_TFG.pdf
50. TYEPEZ, S. et al. Retrieval of suspended sediment concentrations using Landsat-8 OLI satellite images in the Orinoco River (Venezuela). [En línea]. Venezuela, 2018. [Fecha de consulta: 13 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631071317301293>
 51. UNIVERSIDAD de Chile. Procesamiento digital de imágenes. 2011. Disponible en: <http://www.gep.uchile.cl/Publicaciones/Tratamiento%20Digital%20de%20Im%C3%A1genes%20-%20Jaime%20Hern%C3%A1ndez%202011.pdf>
ISBN: 978-956-353-324-8
 52. UNIVERSIDAD de Valladolid. E. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite landsat. Disponible en: <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>
 53. USGS. Landsat 8 (L8) Data users handbook. [En línea]. 2019. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2019] Disponible en: https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1574_L8_Data_Users_Handbook-v5.0.pdf
 54. USGS. Productos Landsat Science. [En línea]. 2019. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2019]. Disponible en : https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-surface-reflectance?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con
 55. USGS. Landsat 8 (8) calibration and validation (CAL/VAL) algorithm description document (ADD). [En línea]. 2015. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2019] Disponible en: https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/LSDS-649-Landsat-8_CalVal_Algorithm-Description-Document.pdf

56. U. USGS (U.S. Geological Survey). 2014. Earth Resources Observation and Science Center (EROS). Disponible en: <http://glovis.usgs.gov>.
57. USGS. Landsat 8 surface reflectance code (LASRC) product guide. [En línea]. USA, 2019. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en: https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1368_L8_SurfaceReflectanceCode-LASRC_ProductGuide-v2.pdf
58. VERMOTE, E. [et al.]. Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product. [En línea]. USA, 2016. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425716301572?via%3Dihub>
59. XIONG, X, [et al.]. Comprehensive Remote Sensing. [En línea]. Estados Unidos, 2018. Capítulo 1.13. Optical Sensors-VIS/NIR/SWIR. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489103252>
ISBN: 978-0-12-803221-3
60. ZOZAYA, B. Fototoxicidad (2). Reflectividad de la luz solar en grandes superficies. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*. [En línea]. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0365669111005399>
ISSN :0365-6691

ANEXOS

Anexo 1: Declaratoria de Originalidad de Autores



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Nosotros, DIAZ LOYOLA EDWARD KELVIN Y LLAVE BARTUREN WILLY ANTHONY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LA REFLECTIVIDAD DE SUPERFICIE DEL SATÉLITE LANDSAT 8 EN EL LAGO CHINCHAYCOCHA – JUNÍN", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda citatextual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
EDWARD KELVIN DIAZ LOYOLA DNI: 77568700 ORCID: 0000-0001-8710-6710	
WILLY ANTHONY LLAVE BARTUREN DNI: 74611863 ORCID: 0000-0002-9965-9678	

Anexo 2: Matriz de consistencia

"Estimacion de parametros de calidad de agua y su relacion con la reflectividad de superficie del satelite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha - Junin"								
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			UNIDAD DE MEDIDA	
Problema General	Objetivo general	Hipótesis		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCIONES		INDICADORES
¿Cuál es la relación entre los parámetros de calidad de agua y los niveles de reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín?	Evaluar la relación entre los parámetros de calidad de agua y los niveles de reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín.	Existe una relación entre los parámetros de calidad de agua y los niveles de reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín.	VARIABLE INDEPENDIENTE	Parametros de calidad de agua La calidad del agua es el conjunto de especificaciones, concentraciones, sustancias orgánicas e inorgánicas, la composición y estado de la biota presentes en el cuerpo de agua. (CAMPOS, 2000).	Para la determinación de la calidad de agua se tuvo en cuenta los parámetros físicos, químicos y biológicos que comprende el análisis del Lago Chinchaycocha, provincia y distrito de Junín.	Parametros de calidad de agua	conductividad electrica	µs/cm
							temperatura	°K
							oxigeno disuelto	mg/L
							solidos suspendudostotal	mg/L
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	Reflectividad de superficie Mide la cantidad de radiación solar que refleja la superficie terrestre hacia el sensor. Se considera adimensional. (USGS, 2019).	Se obtendrán imágenes y datos mediante la percepción remota que será realizada a través de Software como Envi, QGIS, ArcGIS y Excel.	Bandas espectrales	pH	Adimensional
¿Qué relación existe entre los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua con la reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín?	Demostrar la relación entre los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua con la reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín.	Existe una relación entre los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua con la reflectividad de superficie del satélite Landsat 8 en el lago Chinchaycocha – Junín.					aerosol	Adimensional
							azul (visible)	
							verde	
							rojo	
¿Cuáles serán las correlaciones entre el monitoreo in-situ y los datos proporcionados por el Satélite Landsat 8 para la estimación de los parámetros de calidad de agua en el lago Chinchaycocha - Junín?	Identificar las correlaciones entre el monitoreo in-situ y los datos proporcionados por el satélite Landsat 8 para la estimación de los parámetros de calidad de agua en el Lago Chinchaycocha – Junín.	Existe una correlación entre el monitoreo in-situ y los datos proporcionados por el satélite Landsat 8 para la estimación de los parámetros de calidad de agua en el lago Chinchaycocha – Junín.					NIR	
							SWIR1	
			SWIR2					
			TIRS 1					
			TIRS 2					

Anexo 3: Cronograma de ejecución

Etapas y Actividades	Abril, mayo junio y julio				Agosto				Setiembre				octubr e				Noviemb re				Dic iem bre	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Trabajo de Pre campo																						
1.- Recopilación de Información																						
2.- Análisis Documental																						
3.- Análisis Bibliográfico																						
4.- corrección de información																						
Trabajo de Campo																						
1.-Ubicación de las zonas de trabajo, estudio de parámetros y toma de muestras de agua para analizar en laboratorio																						
Trabajo de Pos campo																						
1.- Análisis de las muestras de agua en laboratorio																						
2.- Descarga y Recopilación de Datos (imágenes satelitales)																						
3.- Composición de imágenes Satelitales																						
4.- Generación de mapas temáticos																						
5.- Comparación de resultados																						
6.- Informe Preliminar																						
7.- Informe Final																						

Anexo 4: Solicitud aprobada por el SERNANP para realizar el monitoreo del lago Chinchaycocha

FORMULARIO - F 4.2 A
SOLICITUD DE APROBACIÓN AUTOMÁTICA

Sumilla: Autorización para realizar investigación en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE, hasta por el periodo de dos (04) meses.

Señor:
Bigo. Maykol Fernando Rodriguez Zegarra
Jefe de la Reserva Nacional de Junín
SERNANP

Presente -

Yo, Edward Kelvin Diaz Loyola identificado con DNI 77568700 con domicilio para estos efectos en la Urb. Ciudad Mariscal Cáceres Mz. 19 Lt. 32 Jr. Urdaneta, Distrito de San Juan de Lurigancho, Provincia Lima y Departamento de Lima.

Ante usted respetuosamente expongo:

Que, de conformidad con el procedimiento N° 4 del Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del SERNANP, solicito autorización para realizar la investigación titulada "Estimación de parámetros de calidad del agua y su relación con la efectividad de superficie del satélite landsat 8 en el lago Chinchaycocha-Junin", la misma que no se encuentra los supuestos:

- El ingreso a ámbitos de acceso restringido¹
- La colecta o extracción de muestras biológicas.
- Alteración del entorno o instalación de infraestructura en el caso de áreas naturales protegidas de administración nacional.
- Uso de equipo o infraestructura de ANP de administración nacional.
- Investigación en predios privados²

Dicha investigación se realizara en el ámbito de la reserva nacional de Junín, en el Lago Junín o Lago Chinchaycocha, según las coordenadas consignadas en el Plan de Investigación las cuales fueron verificadas en el Geoportal del SERNANP, por el plazo 4 meses para lo cual de acuerdo a lo especificado en el TUPA de SERNANP se adjunta los requisitos respectivos.

Finalmente, declaro no haber incumplido compromisos anteriores derivados de autorizaciones emitidas y por tanto no estar incluido en el registro de investigadores inhabilitados del SERNANP y tengo pleno conocimiento de los alcances del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM y las Disposiciones Complementarias del SERNANP, en relación a las obligaciones y compromisos que asumo de otorgarme una autorización investigación.

Por lo expuesto, agradeceré a usted acceder a lo solicitado.

Lima, 27 de setiembre del 2019.

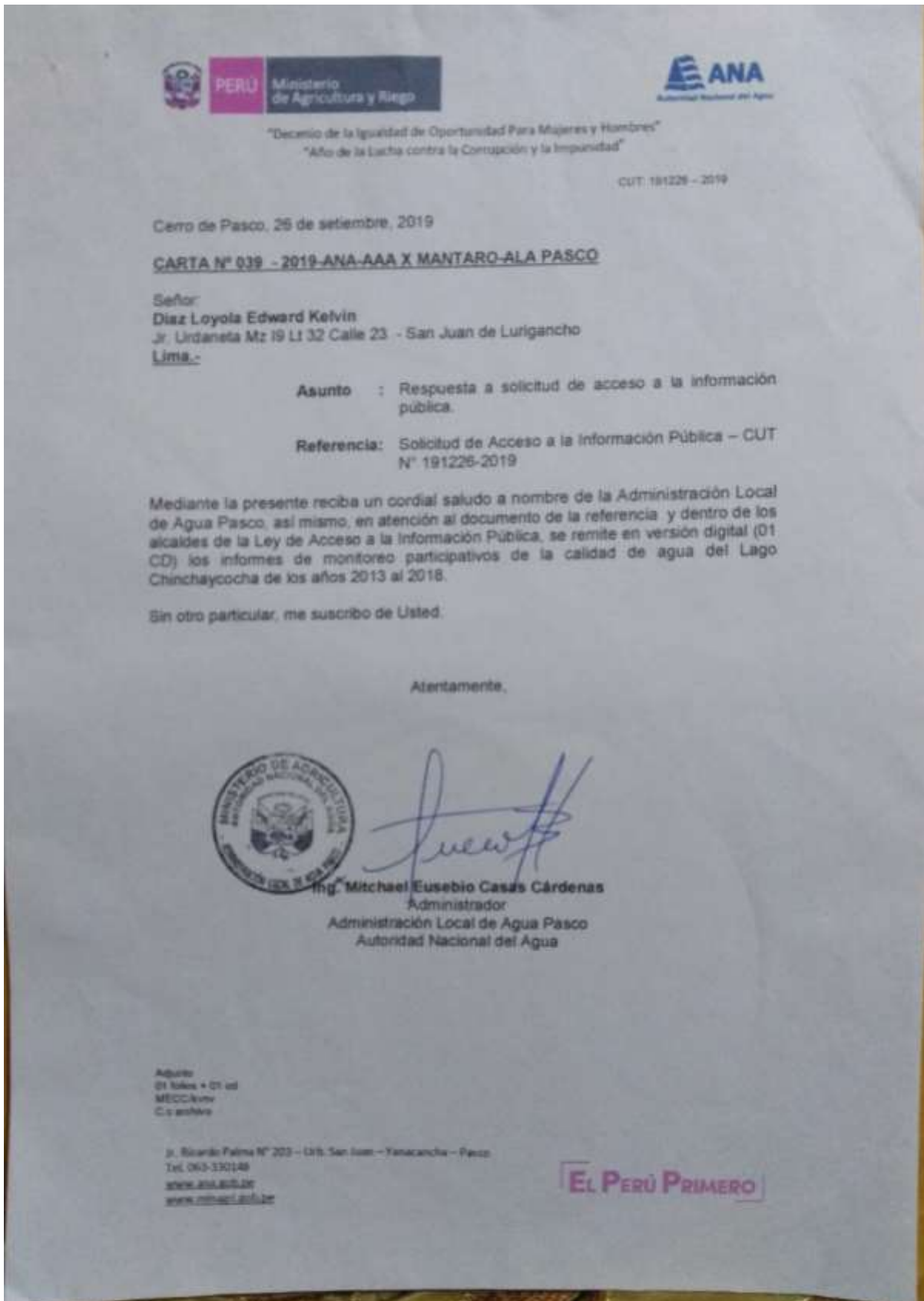
SERNANP
Cualquier documento referente a este procedimiento deberá mencionar el N° de expediente TUPA
Expediente - TUPA
10 172 - 2019

Edward Kelvin Diaz Loyola
DNI 77568700
Contactarme a
Teléfono móvil: 940540764
E-mail: eduloyola777@gmail.com

Declaro bajo juramento que toda la información proporcionada es veraz, así como los documentos presentados son auténticos, en caso contrario, me someto al procedimiento y a las sanciones previstas en la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General.

¹ Ámbito de acceso restringido son aquellos ámbitos zonificados como zona silvestre y zona de protección estricta, o aquellos ámbitos especificados como tal en el plan maestro del ANP o sobre los que se haya establecido una reserva territorial, grupos de contacto inicial o grupos de aislamiento voluntario.
² Investigación en predios privados incluye el ingreso a comunidades nativas o campesinas.

Anexo 5: Información de Monitoreo de calidad de agua del Lago Chinchaycocha proporcionada por ALA - PASCO



Anexo 6: Galería de fotos: visitas de campo





Anexo 7: Tablas de resultados de los parámetros de la calidad del agua

TEMPERATURA							
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018	2019
15.4	14.09	14.09	15.19	11.39	15.41	13.164	13.1
13.1	14.77	14.77	14.18	13.33	13.6	14.445	14.5
10.8	14.09	14.09	11.95	9.02	13.844	16.01	15.5
14.4	12.92	12.92	13.04	10.6	13.867	14.423	13.6
13.2	13.72	13.72	14.86	11.94	14.948	16.52	13.2
15.5	13.09	13.09	14.28	12.34	12.89	15.69	15.1
11.5	13.97	13.97	15.37	12.79	13.16	16.04	14.8
15.22	13.96	13.96	13.6	11.6	13.418	14.321	14.1
11.1	13.79	13.79	13.9	12.25	13.241	14.934	14.3
10.4	13.85	13.85	13.4	12.2	13.163	14.531	13.1

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES							
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018	2019
19.27	21.19	22	1	4	3	21	5
3	3	1	1	2	2	2	2
3	3	1	1	2	2	2	2
3	3	1	1	2	2	2	2
3	3	1	6	2	2	2	2
3	3	1	3	2	2	2	2
3	3	1	2	2	2	4	2
3	3	1	1	2	2	2	2
3	3	2	1	2	2	2	2
3	3	1	1	2	2	2	2

OXIGENO DISUELTO

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018	2019
3.13	5.71	5.4	6.74	9	8.206	5.655	5.89
3.03	6.98	6.15	6.55	6.24	8.097	6.419	6.36
3.2	7.39	5.88	6.17	6.44	7.921	6.64	6.77
3.78	7.09	6.54	6.64	6.92	7.177	6.135	6.24
2.83	6.98	6.2	5.98	7.1	7.229	6.064	6.66
3.58	6.91	6.27	6.14	7.19	6.581	6.615	6.67
2.96	6.45	5.75	6.28	7.25	6.451	6.67	7.17
3.52	7.21	6.65	6.25	7.1	7.004	6.262	6.35
3.08	6.99	6.26	6.34	7.21	7.456	6.738	6.87
3.05	6.71	6.8	6.13	7.03	7.259	6.269	6.33

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018	2019
255.5	257.5	240.5	253.6	254.3	299.9	400	327.3
244.9	232.6	233.1	245.6	260	284.3	288.4	304.2
256.2	252.3	254.6	258.1	280.9	290.7	291.7	322.4
264.7	253.5	247.4	252.4	280.9	283.1	262.4	293.1
261.5	251.9	260.6	230.7	279.7	287.9	284.2	314.9
274.3	255.3	260.3	257	283.6	286.4	291.7	320.7
270.4	255.6	258.5	258.6	279.3	275.4	288.6	327.8
272.5	257.5	252.8	253.4	281.9	286.3	233.3	264.2
267.7	256.8	261.8	259.7	277.6	286.1	289.1	318.8
274.7	255.9	257.1	254.7	274.3	284.6	282.5	311.7

POTENCIAL DE HIDROGENO							
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018	2019
8.39	8.06	9.47	8.74	9.02	8.87	8.253	8.059
8.3	8.26	8.65	8.45	8.65	8.637	8.146	7.989
8.47	8.17	8.04	8.67	8.58	8.647	8.444	8.324
8.7	8.49	8.32	8.93	8.71	8.786	8.421	8.264
8.37	8.58	8.4	8.82	8.79	8.762	8.538	8.367
8.67	8.65	7.77	8.96	8.75	8.833	8.592	8.355
8.42	8.56	8.39	8.9	8.76	8.736	8.459	8.243
8.68	8.55	8.5	8.99	8.82	8.858	8.54	8.386
8.37	8.64	8.79	8.98	8.78	8.798	8.412	8.393
8.43	8.6	8.45	8.5	8.78	3.836	8.531	8.365

Anexo 8: Pruebas Estadísticas

Prueba de hipótesis

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ ≠ 0

Valor T Valor p

2.14 0.058

Selección de términos escalonada ph

Términos candidatos: b3; b4; b5; b6

	----Paso 1----		----Paso 2----		----Paso 3----		----Paso 4----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constante	8.72		8.946		9.280		8.7755	
b3	49	0.675	36.1	0.704				
b4	-105	0.570	-78	0.563	-28.1	0.215		
b5	86	0.697	32.6	0.348	20.47	0.062	8.09	0.003
b6	-44	0.805						
S	0.148342		0.136332		0.127878		0.134595	
R-cuad.	76.97%		76.66%		76.04%		69.67%	
R-cuad.(ajustado)	58.55%		64.99%		69.20%		65.88%	
Cp de Mallows	5.00		3.07		1.20		0.59	
AICc	23.28		8.42		-0.32		-3.96	
BIC	-2.90		-5.07		-7.11		-7.05	

α a entrar = 0.15; α a retirar = 0.15

Selección de términos escalonada CE

Términos candidatos: b2; b3; b4; b6

	----Paso 1----		----Paso 2----		----Paso 3----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constante	316		326		368.8	
b2	2338	0.716	2096	0.668		
b3	-6869	0.510	-7407	0.253	-5140	0.111
b4	5520	0.720	6577	0.037	5949	0.017
b6	265	0.944				
S	16.0133		14.6261		13.7679	
R-cuad.	85.22%		85.20%		84.70%	
R-cuad.(ajustado)	73.39%		77.80%		80.33%	
Cp de Mallows	5.00		3.01		1.17	
AICc	116.92		101.93		93.26	
BIC	90.73		88.44		86.47	

Selección de términos escalonada OD

Términos candidatos: B1; B3; B4; B5; B7

	----Paso 1----		----Paso 2----		-----Paso 3-----		-----Paso 4-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constante	28.9		22.5		16.71		11.96	
B1	-345	0.185	-283	0.189	-203.9	0.067	-90.2	0.142
B3	-182	0.525						
B4	495	0.265	244	0.098	240	0.076	75.3	0.008
B5	-348	0.384	-182	0.501	-58.4	0.187		
B7	415	0.489	222	0.639				
S	0.337464		0.319581		0.298930		0.323782	
R-cuad.	85.77%		84.05%		83.26%		77.08%	
R-cuad.(ajustado)	67.99%		71.29%		74.88%		70.53%	
Cp de Mallows	6.00		4.48		2.71		2.44	
AICc	67.49		38.63		24.12		18.26	
BIC	13.61		12.45		10.63		11.47	

α a entrar = 0.15; α a retirar = 0.15

Selección de términos escalonada T°

Términos candidatos: B10; B11

	-----Paso 1-----		-----Paso 2-----	
	Coef	P	Coef	P
Constante	225.0		212.8	
B10	0.65	0.601	0.2566	0.006
B11	-0.43	0.750		
S	0.565688		0.533282	
R-cuad.	63.07%		62.49%	
R-cuad.(ajustado)	52.52%		57.80%	
Cp de Mallows	3.00		1.11	
AICc	29.42		23.57	
BIC	22.63		20.48	

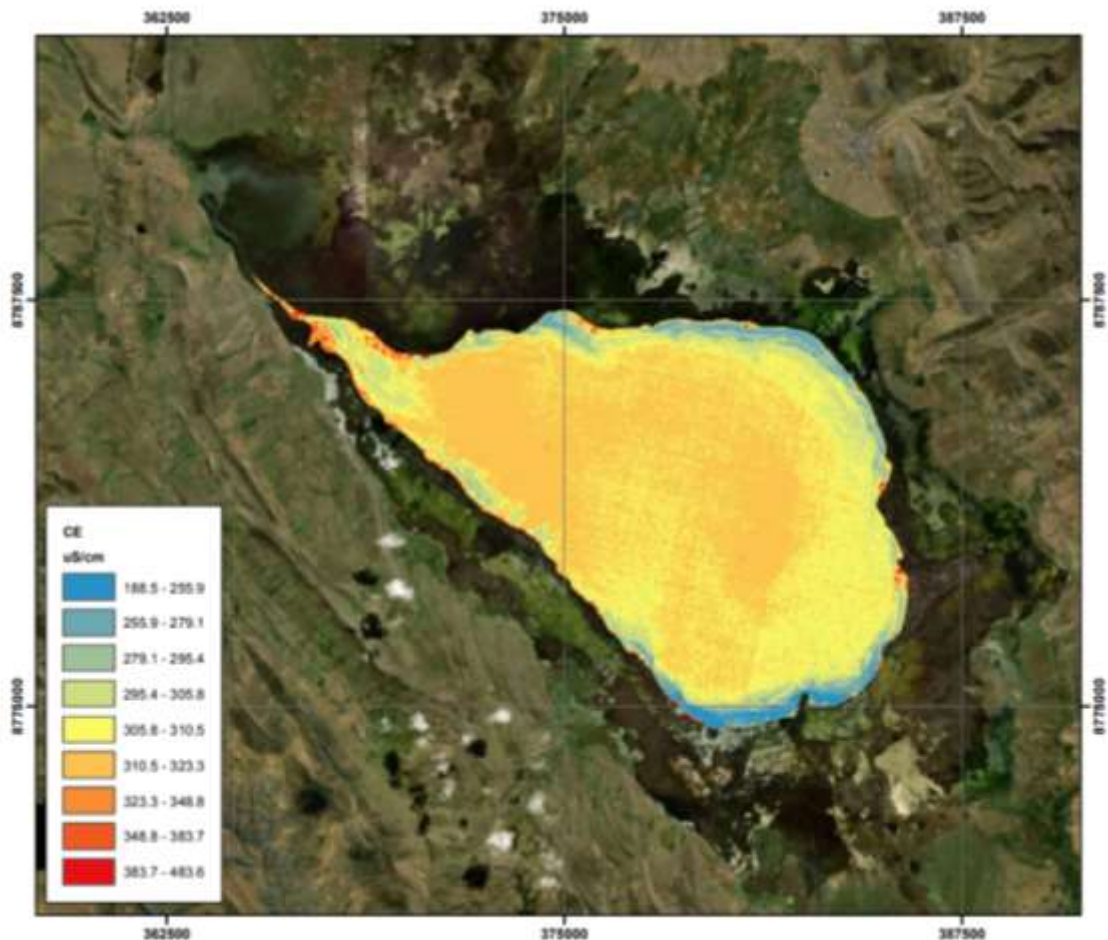
α a entrar = 0.15; α a retirar = 0.15

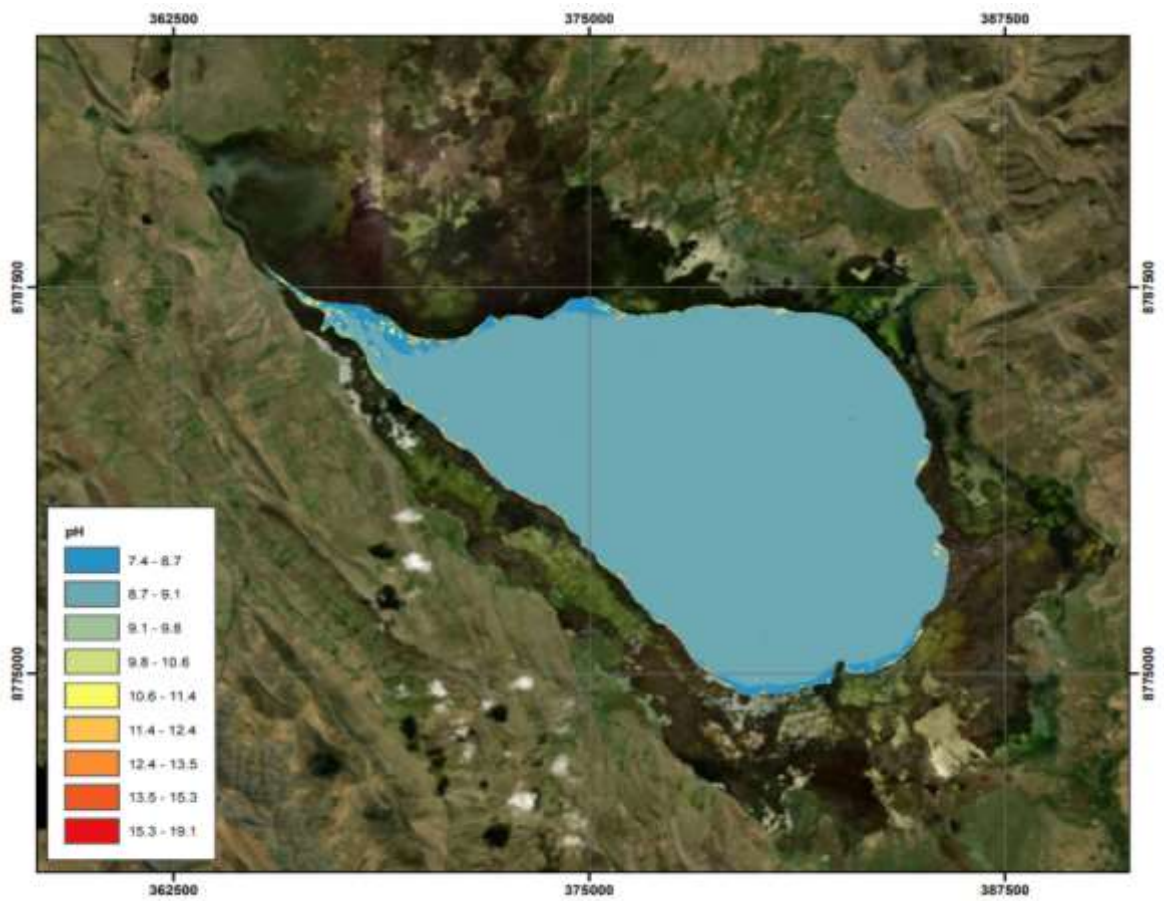
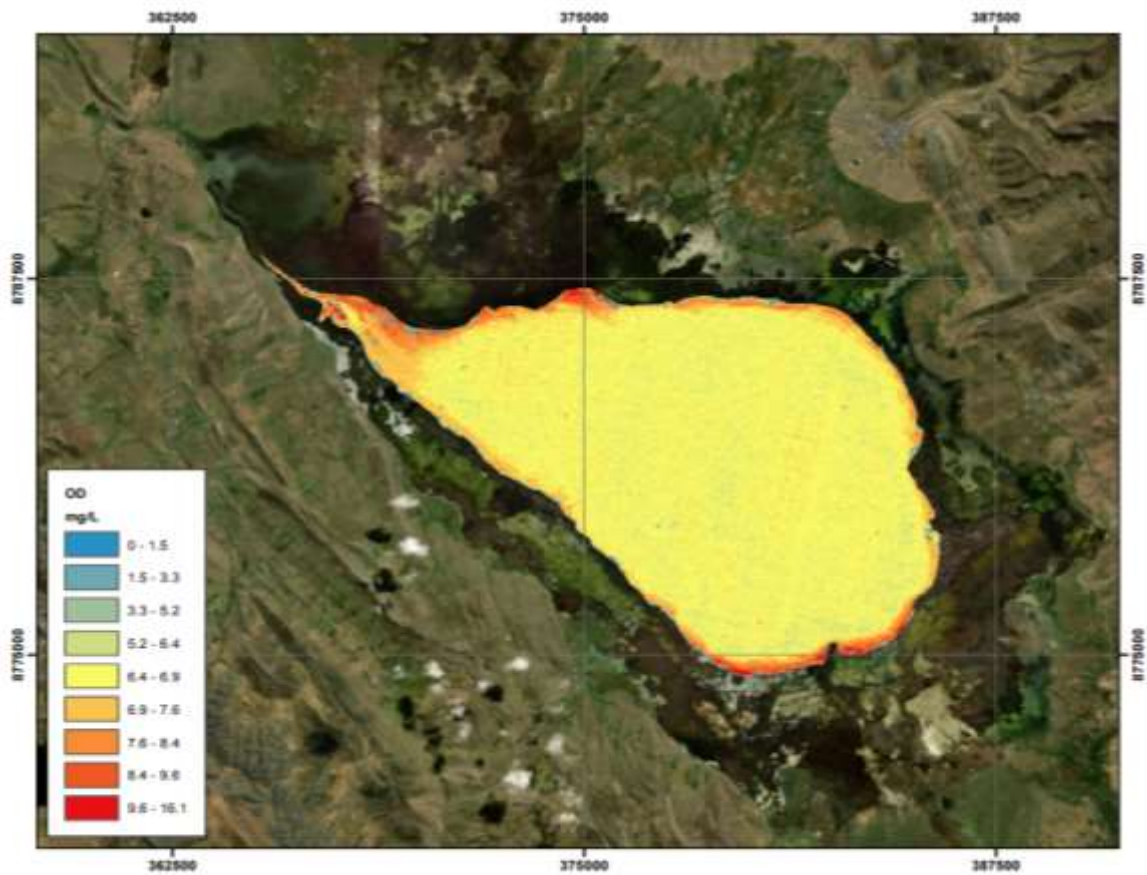
Selección de términos escalonada SST

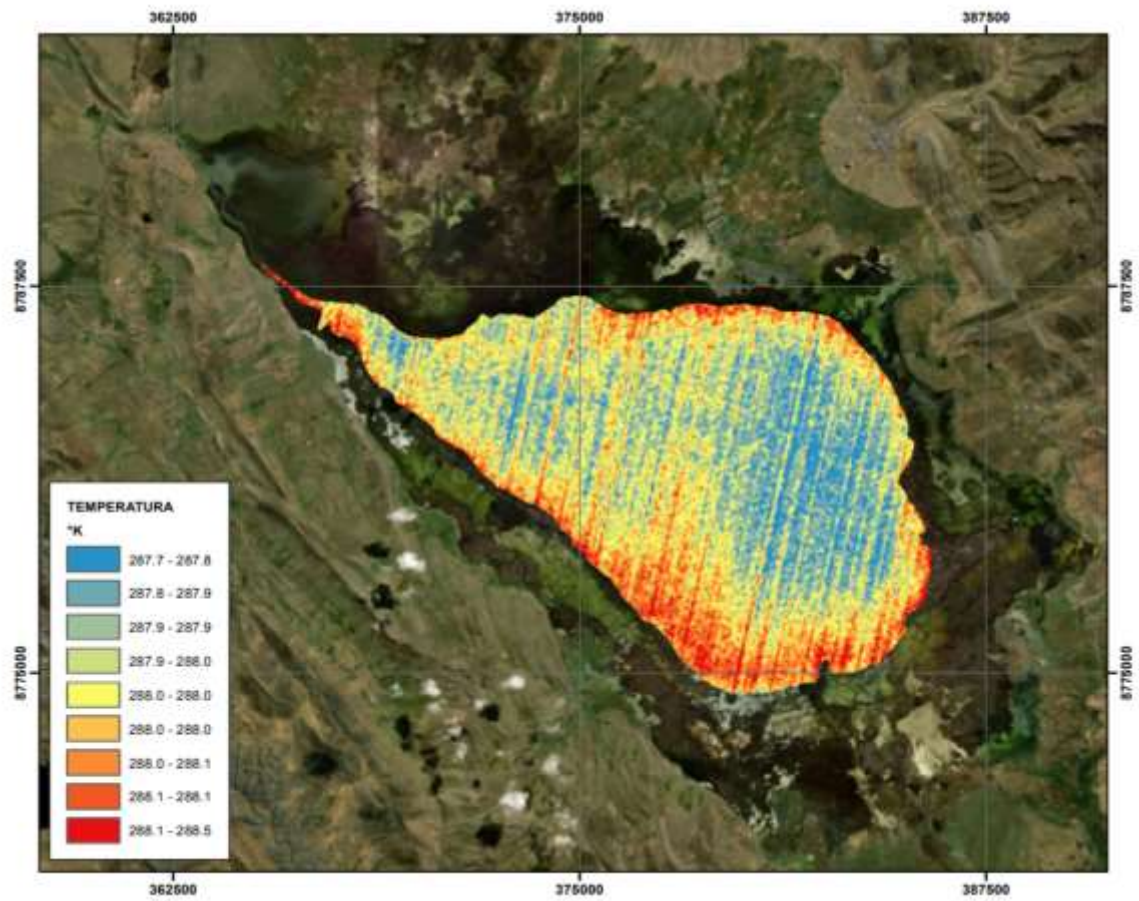
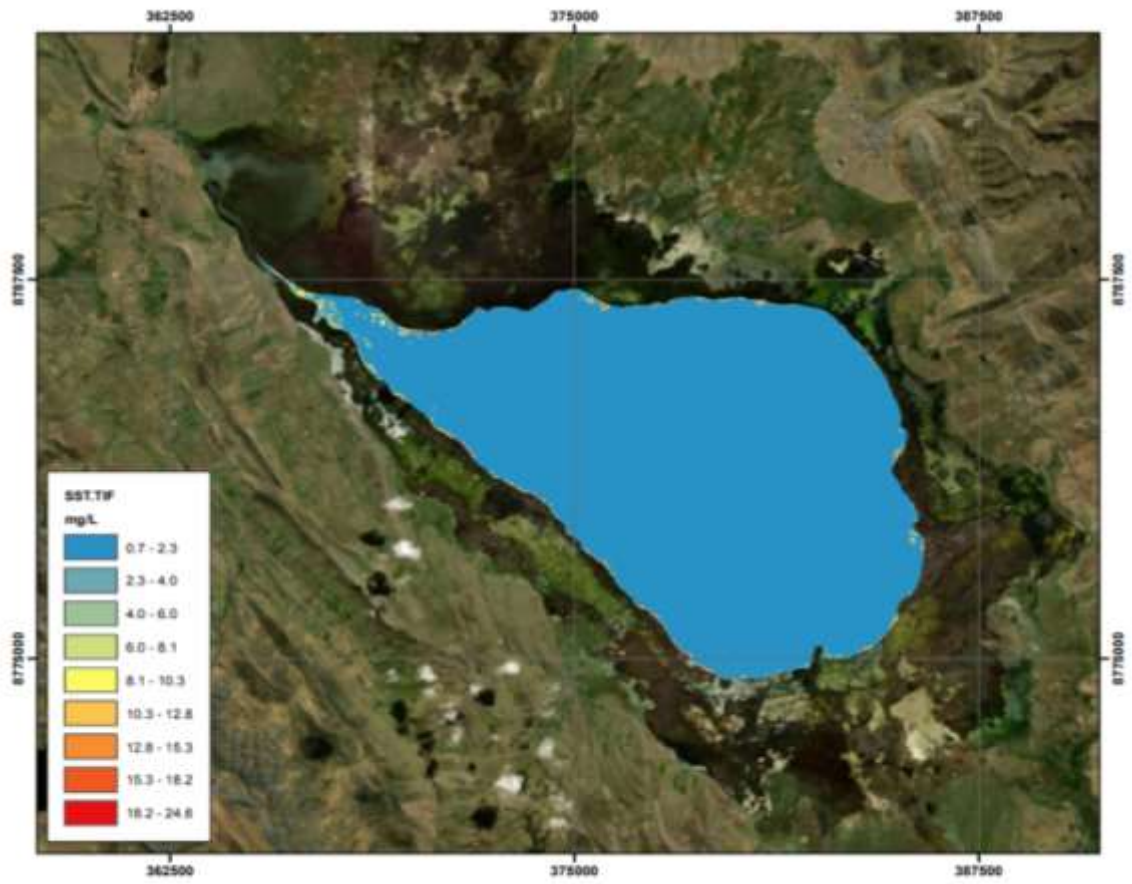
Términos candidatos: B5

	-----Paso 1-----	
	Coef	P
Constante	0.899	
B5	130.12	0.000
S	0.559166	
R-cuad.	97.18%	
R-cuad.(ajustado)	96.83%	
Cp de Mallows	2.00	
AICc	24.52	
BIC	21.43	

Anexo 9: Mapas de Promedio de las Predicciones Espaciales de los parámetros de calidad de agua del año 2018







Anexo 10: Mapas de Promedio de las Predicciones Espaciales de los parámetros de calidad de agua del año 2019

