



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

Análisis espectral de la calidad de agua del lago Titicaca utilizando datos satelitales y datos in situ

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE

3. Duración del proyecto (meses)

10

4. Tipo de proyecto

Individual	<input checked="" type="radio"/>
Multidisciplinario	<input type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	QUISPE AYMACHOQUE JULIO PEDRO
Escuela Profesional	Cs. FISICO MATEMATICAS
Celular	952802907
Correo Electrónico	pquispe@unap.edu.pe

- I. Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

Análisis espectral de la calidad de agua del lago Titicaca utilizando datos satelitales y datos in situ

- II. Resumen del Proyecto de Tesis (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

El deterioro del estado trófico de las aguas continentales, pantanos (embalses) y lagos, ha sido un problema creciente en los últimos años. El crecimiento del volumen considerable de aguas residuales proveniente de las zonas urbanas, así como la minería y la piscicultura (específicamente crianza de trucha) sin supervisión, han hecho que lago Titicaca se está degradando sosteniblemente en el tiempo. La eutrofización es el proceso de contaminación de mayor



relevancia de las aguas del lago Titicaca; este proceso está provocando el incremento de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo que se manifiesta con el aumento de la turbidez y el cambio de su color hacia el verde, debido a un aumento en la abundancia de fitoplancton. Las consideraciones expuestas nos llevan a plantear la siguiente interrogante: ¿Es posible hacer un análisis espectral de la calidad de agua del lago Titicaca utilizando datos satelitales y datos in situ? Esta interrogante nos permite plantear el siguiente objetivo: Hacer un análisis espectral de la calidad de agua del Lago Titicaca utilizando datos satelitales y datos colectados in situ. Para lo cual, se hará: una introducción a las Observaciones por Teledetección para el Monitoreo de la Calidad del Agua en lagos y estuarios, una recopilación de información base sobre el lago y estuarios y la calidad del agua de estos, una introducción a los satélites y sensores recientes relevantes al monitoreo de la calidad del agua; una comparación de algunos instrumentos científicos lanzados en órbita por la NASA como MODIS y VIIRS, entre otros para el monitoreo de la calidad del agua. Para el procesamiento de Imágenes con SeaDAS, realizaremos: un resumen del Procesamiento de Imágenes y el procesamiento de imágenes de MODIS Y VIIRS en el lago Titicaca utilizando el software SeaDAS/Ocean Color Science Software (OCSSW). Para el monitoreo de la Calidad del Agua en base a MODIS y VIIRS en el lago Titicaca, se considera:

la importancia de ecosistemas de las áreas de estudio y la correspondiente demostración del monitoreo de la calidad del agua, incluyendo temperaturas de la superficie del lago, concentración de clorofila-a. Finalmente, se hará la comparación de resultados y el análisis, descripción y comparación de la simulación de la calidad de agua del lago Titicaca de los resultados con datos satelitales y los datos insitu. Mediante la utilización de la teledetección como herramienta complementaria se pretende estudiar la distribución espacial y la dinámica de los parámetros de calidad de agua del Lago Titicaca en dos temporadas de los años 2017, 2018 y 2019, mediante el procesamiento de imágenes de MODIS y VIIRS utilizando el software SeaDAS a la vez evaluar la calidad de datos generados por satélites, junto con los datos in situ y laboratorio.

III. Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Calidad de Agua, Datos Satelitales, Monitoreo, Procesamiento de Imágenes, SeaDAS.

IV. Justificación del proyecto (Describa el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

El aumento de nutrientes y sedimentos en las aguas del Lago Titicaca es una gran preocupación ya que ocasiona una baja en el nivel de oxígeno disuelto en el agua (hipoxia) una causa principal de la destrucción de organismos bénticos y peces. A ello se suma la poca información espacio - temporal de indicadores de calidad de agua que incluyen Temperatura, Salinidad de agua (Ph), Oxígeno



Disuelto, Nitrógeno, fósforo, Concentración de Clorofila-a, Turbidez entre otros parámetros.

La Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia, desarrollaron el Noveno Monitoreo Binacional (Perú – Bolivia) de la calidad de agua superficial de Lago Titicaca, desarrollado entre el 28 de octubre al 10 de noviembre del 2019; arribaron a la siguiente conclusión: La Conductividad Eléctrica tuvo mayor frecuencia superando el ECA-4 (1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en los 45 puntos (100%) con un promedio general de 1 324 $\mu\text{S}/\text{cm}$; el Nitrogeno Total presenta afectación en 15 de 45 puntos superando el valor del ECA-4 (0,315 mg/L), con un promedio de 0,646 mg/L; el Fósforo Total representa el 24 % (11 puntos) de afectación superando el ECA-4 (0,035 mg/L), el rango registrado es de 0,009 a 0,917 mg/L, y una media general de 0,123 mg/L; la Clorofila A se presenta afectado solo en los 6 puntos de monitoreo de la Bahía Interior de Puno, con un rango de 0,025 a 0,0462 mg/L, con un promedio de 0,034 mg/L, estos valores corresponden a la categoría de Eutrofico (25 – 75 $\mu\text{gCl}/\text{L}$) según OCDE (1982), dado que presenta los 6 puntos por encima del ECA-4 (0,008 mg/L); la afectación por DBOs en el Lago Titicaca se produce en la Bahía Interior de Puno, con 5 de 6 puntos incumpliendo el ECA (5 mg/L, con un promedio de 5,667; el Lago Titicaca presentó PH (ECA 4: 6.5 – 9) en un rango entre 7.60 a 9,54, la Bahía Interior de Puno presenta un promedio de 9,08 más alto de lo registrado en abril 2019 (8,98) y es la más afectada con 3 de 6 puntos, los demás puntos no sufrieron afectación.

La contaminación del lago Titicaca, está restringida a zonas localizadas (Bahía de Puno y Reserva Nacional del Lago Titicaca), siendo la bahía de Puno, probablemente la zona más contaminada, donde se perciben los síntomas de aguas de muy baja calidad y alta peligrosidad, temperaturas del agua del Lago muy altas (hasta 20 $^{\circ}\text{C}$), baja transparencia (menor de 0.5 m), concentración alta de nutrientes (nitrógeno y fósforos disueltos), sobresaturación de oxígeno disuelto en las aguas superficiales, DBOs más elevada y niveles de oxígeno disuelto bajos (3 mg/L en la superficie y 0 en la profundidad a 1 m), presencia de grandes volúmenes de Lemna, signo de eutrofización e indicadora de polución y turbidez en el agua causada por materiales sólidos, causando alteraciones en los mecanismos fotosintetizadores. Estas y otras evidencias demuestran que la eutrofización de la bahía interior de Puno, se encuentra altamente contaminada, llegando a un fuerte nivel de stress ambiental.

Mediante la utilización de la teledetección como herramienta complementaria se pretende estudiar la distribución espacial y la dinámica de los parámetros de calidad de agua del Lago Titicaca en dos temporadas de los años 2017, 2018 y 2019, mediante el procesamiento de imágenes de MODIS y VIIRS utilizando el software SeaDAS a la vez evaluar la calidad de datos generados por satélites, junto con los datos in situ y laboratorio.

- V. Antecedentes del proyecto (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

Briceño, I., Pérez, W., San Miguel, D. y Ramos, S. (2018). "Utilizan la teledetección como herramienta complementaria para estudiar la distribución espacial y la dinámica de los parámetros de calidad de agua del Lago Vichuquén en dos temporadas del año 2016 mediante la utilización de dos imágenes de satélite del sensor OLI de Landsat 8, en conjunto con datos in situ y laboratorio. Se



estimó a partir de modelos de regresión lineal múltiple método por pasos los parámetros Chl-a y ZSD. Los resultados indican que el estado trófico del lago Vichuquén corresponde a un nivel eutrófico en verano y mesotrófico en otoño. Los análisis de laboratorio establecen para la temporada de verano y otoño que los datos de la Chl-a oscilan entre los 14,1 y 5,5 $\mu\text{g/l}$ y para la ZSD entre los 3,7 y 2,5 m respectivamente. El aumento de los niveles de eutrofización del Lago Vichuquén se ve influenciado en primer lugar por la estacionalidad y en segundo lugar por los diferentes usos de suelo que aceleran este tipo de procesos tales como las plantaciones forestales de pino radiata y eucalipto, las actividades agrícolas y las áreas urbanas circundantes al lago. El error medio cuadrático para cada variable y cada temporada varió en Chl-a en verano y otoño es 0,74 y 0,01 $\mu\text{g/l}$ y la ZSD 0,16 m respectivamente”.

German, A., Argañara, J., Lighezzolo, A. y Ferral, A. (2018). “En este trabajo se utiliza información satelital para realizar un análisis de la evolución anual de la calidad de agua del embalse San Roque, Córdoba, y su relación con la ocurrencia de incendios, precipitaciones y crecimiento urbano para el período 2001-2016. La calidad de agua se evalúa a partir de una serie temporal de clorofila-a generada con datos MODIS-TERRA y validada previamente para el cuerpo de agua en estudio. El área construida y quemada se calcula a partir de la clasificación de imágenes LANDSAT-TM/ETM+/OLI para la cuenca. La precipitación acumulada se obtiene a partir de los productos de la misión TRMM de la NASA. Se analiza también la variable temperatura en el agua del embalse, obtenida a partir de datos MODIS-TERRA. Por último, se realizan análisis de correlación entre las variables mencionadas”.

Aguirre, R. (2013). “En este trabajo se presenta un análisis espectral del Lago de Guadalupe utilizando imágenes SPOT y datos colectados in situ. Las mediciones fueron realizadas en los meses de febrero y septiembre de 2006. Las variables medidas incluyen temperatura, pH, clorofila a, transparencia Secchi y datos satelitales, cuasisimultáneos, obtenidos de imágenes SPOT. Este cuerpo de agua es eutrófico, con valores básicos de pH (6.8 – 11.3) y altas concentraciones de clorofila-a (6.9-112.4 $\mu\text{g l}^{-1}$) y valores bajos de transparencia Secchi. Térmicamente, el lago es cálido monomítico. Los resultados indican un alto grado de eutrofización, debida principalmente a la presencia de fitoplancton, vegetación sumergida y flotante. La distribución de la vegetación es cuasi-homogénea en el embalse a excepción de un punto de muestreo”.

François, J., Cottam, A., Gorelick, N y Belward, A. Aquí, utilizando tres millones de imágenes satelitales Landsat, han cuantificado los cambios en las aguas superficiales globales durante los últimos 32 años con una resolución de 30 metros. Registraron los meses y años en que el agua estuvo presente, dónde cambió la ocurrencia y qué forma tomaron los cambios en términos de estacionalidad y persistencia. Entre 1984 y 2015, el agua superficial permanente desapareció de un área de casi 90 000 kilómetros cuadrados, aproximadamente equivalente a la del lago Superior, aunque se formaron nuevos cuerpos de agua superficial permanente que cubren 184 000 kilómetros cuadrados en otros lugares. Todas las regiones continentales muestran un aumento neto de agua permanente, excepto Oceanía, que tiene una pérdida neta fraccionaria (uno por ciento). Gran parte del aumento se debe al llenado de los embalses, aunque el cambio climático también está implicado.

De La Hoz, C. Gotilla, C. (2009). “Usan imágenes con una frecuencia de toma diaria, por el sensor Modis del satélite Terra, complementada con información recopilada en estaciones de medición dentro del cuerpo de agua, permitiendo realizar análisis geoestadístico por medio de técnicas Kriging para construir un modelo que sustente la predicción en la evolución en el tiempo de la concentración de clorofila, como un parámetro indicador de la eutrofización en el lago y el cual presenta una mejor correlación entre la respuesta espectral en las imágenes y los datos medidos. Se utilizaron imágenes adquiridas en el periodo 2001 al 2003, fechas coincidentes con la disponibilidad de muestreos realizados en el lago. El modelo diseñado anticipa el comportamiento espacial de la clorofila en el cuerpo de agua, resultado que respaldará a las autoridades ambientales venezolanas tomar las acciones necesarias a fin de reducir el proceso de eutrofización que viene presentando este cuerpo de agua”.

Ayala, C. y Herrera, M. (2019). “Este artículo presenta algoritmos empíricos para su estimación que utilizan los datos del sensor Operational Land Imager (OLI, por sus siglas en inglés), del satélite



Landsat 8/LCDM. Los datos se tomaron en el lago Chinchaycocha, pues el mismo presenta sustancias nutritivas que generan el aumento de la producción de algas y otras plantas acuáticas, las cuales deterioran la calidad del agua. Se obtuvieron ecuaciones empíricas para estimar la clorofila a partir de la relación en los valores de reflectividad, con la utilización del método de Chávez, entre las bandas 3 y 5 del sensor OLI; la transparencia mediante el disco de secchi, por la de la influencia en las bandas 3 y 4, y partículas totales suspendidas de la influencia en la banda 5; todo lo cual arrojó como resultado mapas del lago Chinchaycocha donde se muestran los valores de estos parámetros de calidad del agua. La investigación valida la efectividad de las técnicas utilizadas”.

Quezada, M. (2020). “La presente tesis fue demostrar que el uso de imágenes satelitales puede determinar los valores de calidad de agua de los ríos Neshuya y Aguaytía. Diferentes autores han propuesto métodos haciendo uso de imágenes satelitales, en esta investigación estamos usando el método de correlación y regresión múltiple. Los parámetros evaluados fueron Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD), Demanda Química de Oxígeno (COD), Carbono Orgánico Total (TOC), Índice de Permanganato (COD_{mn}) y Nitrógeno Amoniacal. El análisis de los datos mostró que BOD, COD y TOC tiene un coeficiente de correlación igual a uno es decir tienen una correlación perfecta con la reflectancia de la imagen. Esto quiere decir que se puede determinar los parámetros de calidad de agua haciendo uso de las imágenes satelitales”.

Wu, M., Zhang, W., Wang, X. y Luo, D. (2007). Este estudio tiene como objetivo aplicar el espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (datos MODIS) para monitorear los parámetros de calidad del agua, incluida la clorofila-a, la profundidad del disco secchi, el fósforo total y el nitrógeno total en el lago Chaohu. En este artículo, se aplicaron análisis de regresión multivariable, redes neuronales de retropropagación (BP), redes neuronales de función de base radial (RBF) y algoritmos genéticos-propagación inversa (GA-BP) para investigar las relaciones entre los parámetros de calidad del agua y las combinaciones de bandas MODIS.

Gidudu, A., Letaru, L. y Kulabako, R. (2021). Desarrollaron primero modelos a partir de reflectancias in situ y Chl a in situ, que cuando se aplicaron a las bandas MODIS tuvieron un pésimo desempeño ($R^2 = 0.03$). Luego procedieron a derivar modelos empíricos comparando directamente las bandas MODIS con Chl a in situ en función de los datos recopilados en noviembre de 2014 y julio de 2015. El conjunto de datos de marzo de 2015 no se pudo usar debido a la cobertura de nubes, por lo que no se pudieron obtener coincidencias. El mejor modelo derivado ($R^2 = 0,88$) se basó en la relación 488 nm/645 nm, y luego se utilizó para determinar el estado trófico del lago Victoria utilizando el índice de estado trófico Chl a de Carlson (TSI).

Doña, C., Bin, B., Caselles, V., y Sanchez, J. (2014). El objetivo de este trabajo es desarrollar un algoritmo integrado para la fusión de datos y minería de imágenes satelitales de teledetección para generar estimaciones diarias de algunos parámetros de calidad del agua de interés, como las concentraciones de clorofila a y la transparencia del agua, que se aplicarán para la evaluación de la Albufera hipertrófica de Valencia. Los datos de teledetección del espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS) y las imágenes de Landsat Thematic Mapper (TM) y Enhance Thematic Mapper (ETM_p) se fusionaron para llevar a cabo una evaluación integral de la calidad del agua en tiempo casi real a diario. Las imágenes Landsat son útiles para estudiar la variabilidad espacial de los parámetros de calidad del agua, debido a su resolución espacial de 30 m, en comparación con la baja resolución espacial (250/500 m) de MODIS.

Alessandro, A., Giardino, C., y Zilioli, E. (2001). Los elementos fundamentales en este marco de garantía de calidad son la calibración radiométrica del sensor y los modelos de corrección atmosférica, que se analizan brevemente en el documento. Con el fin de evaluar la precisión de las técnicas operativas actuales para recuperar parámetros básicos de los datos satelitales, como la radiación y la reflectancia del agua que sale del agua, se organizó un experimento en el marco de la teledetección satelital para monitoreo de lago (SALMON), un proyecto de investigación cofinanciado por la Unión Europea. Se llevó a cabo una serie de campañas de medición radiométrica y atmosférica desde barcos en el lago Iseo y el lago Garda (Italia) junto con muestreo limnológico. Cuatro Landsat-5 Thematic Mapper (TM) se adquirieron escenas durante diferentes estaciones y se realizaron mediciones in situ simultáneas.



Mohsen, A., Elshemy, M. y Zeidan, B. (2020). El objetivo principal de este estudio es evaluar la capacidad de la teledetección para evaluar el estado de la calidad del agua del lago durante el período comprendido entre agosto de 2010 y agosto de 2013. Se utilizó la técnica de teledetección para recuperar y predecir los registros de parámetros de calidad del agua del lago a través de la período de evaluación (agosto de 2010 a agosto de 2013). Se utilizó la técnica de regresión multilínea por pasos para correlacionar las mediciones de campo de los parámetros de calidad del agua y la reflectancia de las imágenes de teledetección, y luego se validaron los modelos derivados.

Rubio, R., Orejarena, J. y Domínguez, J. (2007). "El conjunto de datos de clorofila obtenido por el radiotelespectrómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS) producido por tres algoritmos, (HPLC empírico, el OC3M y semianalítico) fue comparado con datos tomados in situ en los bancos de Salmedina en el Mar Caribe colombiano. Todos los algoritmos sobreestiman la clorofila in situ, con un error mayor del 35%. Las estimaciones de concentración de clorofila más cercanas comparadas con los datos in situ, fueron producidas por un algoritmo semianalítico con un error cuadrático medio RMS del 39%. Estos resultados indican que para las aguas costeras del Caso 2 en el mar Caribe colombiano, el análisis semianalítico es la mejor aproximación, pero es necesario un algoritmo bio-óptico local para mejorar la precisión de las mediciones de clorofila-a con mediciones del MODIS en el área".

VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

Los datos satelitales y datos insitu permiten hacer un análisis espectral de la calidad de agua del Lago Titicaca.

VII. Objetivo general

Hacer un análisis espectral de la calidad de agua del Lago Titicaca utilizando datos satelitales y datos colectados in situ.

VIII. Objetivos específicos

- Identificar datos satelitales recientes útiles para el monitoreo de la calidad del agua.
- Procesar imágenes de MODIS y VIIRS utilizando SeaDAS para obtener datos de concentración de clorofila-a y temperatura superficial.
- Obtener datos de clorofila-a y temperatura superficial del Monitoreo Binacional de Calidad de Agua del Lago Titicaca 2017-2019.
- Comparar los valores obtenidos a partir de imágenes satelitales con los datos obtenidos por la red de monitoreo de la calidad de agua superficial del Lago Titicaca 2017-2019.
- Estimar la calidad del agua del lago Titicaca al año 2030.

IX. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

Primero. - Se hará una introducción a las Observaciones por Teledetección para el Monitoreo de la Calidad del Agua en lagos y estuarios.

Para ello se:

- Recopilara información base sobre el lago y estuarios y la calidad del agua de estos



- Se hará introducción a los satélites y sensores recientes relevantes al monitoreo de la calidad del agua
- Se hará una comparación de algunos instrumentos científicos lanzados en órbita por la NASA como Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), The Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) entre otros para el monitoreo de la calidad del agua.
- Adquisición de datos MODIS y VIIRS

Segundo. - Para el procesamiento de Imágenes con SeaDAS, realizaremos:

- Un resumen del Procesamiento de Imágenes.
- Procesamiento de imágenes de MODIS Y VIIRS en el lago Titicaca utilizando el software SeaDAS/Ocean Color Science Software (OCSSW).

Tercero. - Monitoreo de la Calidad del Agua en base a MODIS y VIIRS en el lago Titicaca, para ello se considera:

- Importancia y ecosistemas de las áreas de estudio
- Demostración del monitoreo de la calidad del agua, incluyendo temperaturas de la superficie del lago, concentración de clorofila-a y temperatura superficial.

Cuarto. - Comparación de resultados

- Análisis, descripción y comparación de la simulación de la calidad de agua del lago Titicaca de los resultados con datos satelitales y los datos insitu.

X. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

Esta investigación contribuye en el análisis de la contaminación del Lago Titicaca y su constante comportamiento en el transcurso del tiempo

XI. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Uso de datos satelitales y software de la NASA para estudios de esta envergadura

ii. Impactos económicos

El componente contaminación del Lago Titicaca es desde ya un problema de años atrás y su comportamiento y real situación conllevarían a mitigar y prevenir futuro crecimiento del mismo, o que disminuiría los costos mal utilizados a la fecha.

iii. Impactos sociales

La contaminación es un problema social de olores nauseabundos, visual a los turistas y demás.

iv. Impactos ambientales

La mitigación es un deseo de todos, un ambiente sano, limpio y que demuestre en un futuro la calidad de vida.

- XII.** Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)

Cuadro N° 01. Equipos para la medición de parámetros de campo para la calidad de agua superficial

Equipo	Parámetro
PONSEL MESURE Modelo ODEON	PH Oxígeno disuelto Conductividad eléctrica
HORIBA Modelo U-50	PH Oxígeno disuelto Conductividad eléctrica
Laboratorio “ALS LS PERU S.A.C.”	Temperatura Clorofila A Oxígeno disuelto Conductividad PH Transparencia Turbiedad Aceites y Grasas Demanda Bioquímica de Oxígeno Fosforo Total Nitrógeno Total Solidos Totales Disueltos Sulfuros

Cuadro N° 02. Satelites para medir la calidad de agua del lago Titicaca.

Satelite	Parametro
Landsat, que incluye Thematic Mapper, Enhanced Thematic Mapper y Operational Land Imager (u OLI),	Calidad de agua.

Cuadro N° 03. Equipos para acceder, procesamiento y análisis de datos.

Equipo	Software
Microprocesador Intel Core i7, específicamente el INTEL CORE i7 870 2.80GHZ	OceanColor Web Sistema de análisis de datos SeaWiFS (SeaDAS)

XIII. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

El dominio de estudio es considerado toda la región donde se circunscribe al Lago Titicaca ubicado en la Región de Puno (Parte Peruana) y con La Paz (Parte Boliviana); el cual se encuentra a una altitud de 3800 m.s.n.m, con una superficie aproximada de 8400 km² y un volumen de 930 km³ siendo el segundo lago más grande y navegable en Sudamérica (Hahmenberger, 2003). La siguiente imagen ilustra la ubicación del dominio que es motivo de la presente investigación (Figura 11).

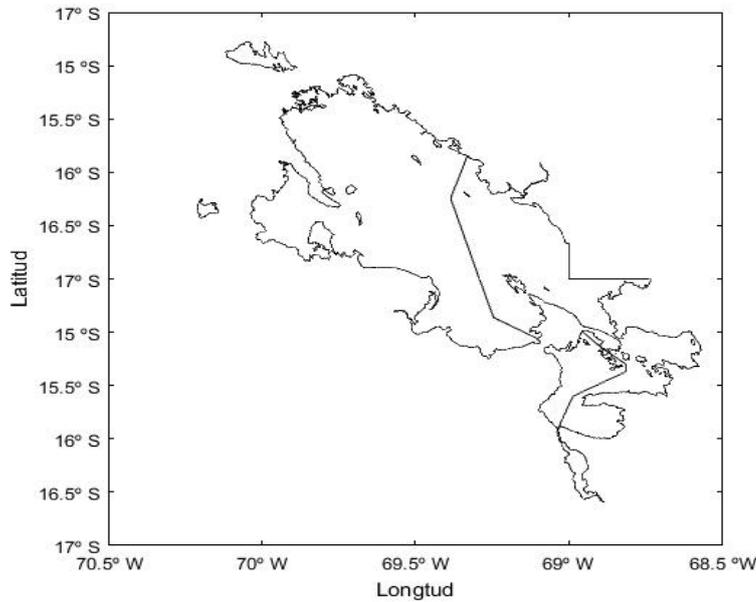


Figura N° 10. Mapa de ubicación del Lago Titicaca

XIV. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	MES - 2022							
	feb	maz	abr	may	Jun-jul	Ag-set	Oct-nov	dic
1. Búsqueda de información	X	X	X	X				
2. Observaciones por teledetección			X	X	X			
3. Acceso a información de datos In situ				X	X	X		
4. Procesamiento de Imágenes con SeaDAS					X	X	X	
5. Monitoreo de la Calidad del Agua en base a MODIS y VIIRS					X	X	X	
6. Fase analítica					X	X	X	
7. Comparación de resultados							X	
8. Fase informativa							X	X

XVI. Presupuesto

N°	Descripción	Unidad de	Costo	Cantidad	Costo Total (S/.)
		medida	Unitario (S/.)		
1	Materiales	GB	2000		S/. 2000.00
2	Equipos	U	7500		S/. 7500.00
3	Servicios	GB	1500		S/. 7500.00
4	Imprevistos	GB	2000		S/. 2000.00



TOTAL		S/. 19000.00
--------------	--	--------------