



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

- 1. Título del proyecto**  
“EVALUACIÓN DIACRÓNICA DE LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE COTA DEL LAGO TITICACA Y LA INFLUENCIA SOBRE LA BIODIVERSIDAD ACUÁTICA, 2023”
- 2. Área de Investigación:** Medio Ambiente  
Línea de Investigación: Calidad Ambiental  
Disciplina OCDE: Recursos Naturales
- 3. Duración del proyecto (meses):** 12 meses
- 4. Tipo de proyecto:** Multidisciplinario
- 5. Datos de los integrantes del proyecto:**

<b>Apellidos y Nombres</b>	Dr. GILMAR GAMALIEL GOYZUETA CAMACHO
<b>Escuela Profesional</b>	Biología
<b>Celular</b>	951823040
<b>Correo Electrónico</b>	<a href="mailto:ggoyzueta@unap.edu.pe">ggoyzueta@unap.edu.pe</a>

<b>Apellidos y Nombres</b>	Dr. EDMUNDO GERARDO MORENO TERRAZAS
<b>Escuela Profesional</b>	Biología
<b>Celular</b>	951677041
<b>Correo Electrónico</b>	<a href="mailto:emoreno@unap.edu.pe">emoreno@unap.edu.pe</a>

<b>Apellidos y Nombres</b>	M.Sc. MARTHA ELIZABETH APARICIO SAAVEDRA
<b>Escuela Profesional</b>	Biología
<b>Celular</b>	974403503
<b>Correo Electrónico</b>	<a href="mailto:maparicio@unap.edu.pe">maparicio@unap.edu.pe</a>

<b>Apellidos y Nombres</b>	Dra. MARÍA ISABEL VALLENAS GAONA
<b>Escuela Profesional</b>	Biología
<b>Celular</b>	958242448
<b>Correo Electrónico</b>	<a href="mailto:mvallenas@unap.edu.pe">mvallenas@unap.edu.pe</a>

<b>Apellidos y Nombres</b>	MSc. MARISOL ROJAS BARRETO
<b>Escuela Profesional</b>	Biología
<b>Celular</b>	951061770
<b>Correo Electrónico</b>	<a href="mailto:mrojas@unap.edu.pe">mrojas@unap.edu.pe</a>



**I. Título:**

**“EVALUACIÓN DIACRÓNICA DE LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE COTA DEL LAGO TITICACA Y LA INFLUENCIA SOBRE LA BIODIVERSIDAD ACUÁTICA, 2023”**

**II. Resumen del Proyecto:**

Se realizará una evaluación diacrónica de la disminución de los niveles de cota de agua del lago Titicaca y la influencia sobre la biodiversidad acuática, que se realizará durante los meses de enero a diciembre del 2023. Se plantea las siguientes interrogantes de investigación: ¿Cuál será el impacto ambiental de la disminución del nivel de cota de agua del lago Titicaca sobre la biodiversidad del ecosistema? Los objetivos planteados son: Evaluar periodos diacrónicos de la disminución mensual/anual de los niveles de cota de agua del lago Titicaca por derivación de sus aguas. Determinar la influencia de la disminución mensual/anual de los niveles de cota de agua del lago Titicaca sobre la biodiversidad acuática. La metodología que se plantea para la ejecución por los tres objetivos es; se aplicará la evaluación de hábitat y el índice numérico HSI, Adaptado de Rodríguez, 1,987, y se efectuará el Método del Enfoque de Sistemas. El costo presupuestal del trabajo de investigación está cifrado en S/.32,135.00, cuyo financiamiento será por cuenta de los investigadores. La dedicación por parte de los investigadores está calculada en 600 horas (10 horas por 60 días). Los resultados esperados son brindar información real y actualizada del nivel de impacto sobre la disminución del nivel de cota del agua del lago Titicaca y su influencia en la biodiversidad. Tipo de Investigación; Explicativa. Diseño de la Investigación; Causa – efecto. Carácter de la investigación; Diacrónico. Se realizará una estadística paramétrica y no paramétrica.

**III. Palabras claves (Keywords):** Biodiversidad, influencia, lago Titicaca, nivel de cota.

**IV. Justificación del proyecto:**

La disminución del nivel de cota de agua del lago Titicaca que se tiene en los últimos años, y que al 17 de enero del 2023 registra 3,808.51msnm según, SENAMHI, (2023), registro que muestra 1.50 m por debajo de la cota normal, resulta preocupante cuando influye directamente sobre el desarrollo de vida de la



biodiversidad acuática, considerando que existe una dinámica funcional entre el balance hídrico y la presencia de recursos acuáticos, en suma, las condiciones de hábitat a partir del cual depende la vida de las cadenas alimentarias y la existencia de la flora y fauna silvestre acuática, que además brinda beneficios a la población del anillo circunlacustre peruano-boliviano, contribuyendo al desarrollo local, regional y binacional.

Es también importante considerar que la biodiversidad del lago Titicaca, contribuye con el desarrollo económico de la región, ya que provee condiciones para el establecimiento de las poblaciones humanas, caso de las islas de los Uros, islas de Taquile, Amantani, entre otras, a través del cual se da primordialmente la actividad turística, promoviendo además fuente alimenticia al desarrollo de la actividad ganadera e incluso por el aporte termorregulador en la agricultura.

En la actualidad, se conoce del cambio climático como un problema mundial a consecuencia de la alteración de las temperaturas del planeta que refiere el calentamiento global, información que se analiza en las cumbres mundiales sobre el cambio climático, como la COP 27 realizada en Egipto noviembre 2023, información que sustenta que se tenga temperaturas adicionales que provocan la evaporación del nivel de aguas del lago Titicaca, sumado al trasvase de sus aguas hacia Bolivia desde el año 2008 hasta la fecha actual, lo que se refleja en el nivel de cota actual del lago, pese a tener precipitaciones en los últimos 20 años mayores al promedio histórico como lo refiere Goyzueta, G. (2020).

Con el presente trabajo de investigación se pretende obtener información sobre la real magnitud del problema ambiental que se suscita por la disminución de cota del nivel de agua del lago Titicaca, impactando sobre la biodiversidad, en desmedro del ecosistema y las poblaciones circunlacustres, que a su vez afecte al desarrollo regional y del país.

#### **V. Antecedentes del proyecto:**

Goyzueta, G. (2020), realizó investigaciones sobre las alteraciones de hábitat y disminución de biodiversidad (macrófitos y aves) en el lago Titicaca – Perú ocasionado por el descenso del nivel de agua a consecuencia del trasvase a Bolivia por la compuerta de regulación del río Desaguadero. A través del Índice de Idoneidad del Hábitat aplicado al Titicaca estableció que existe dependencia entre



hábitat y biodiversidad en el Titicaca en la cota 3,810 msnm, indica que con lluvias por encima de lo normal 765 mm los últimos 19 años (2,001 – 2,019), el nivel de agua en últimos 11 años registró una cota debajo de 3,809 msnm, con más de 1 metro de desnivel desde el año 2008. El descenso de nivel de agua 3,808.54 m, (diciembre 2,019), impactó en disminución de biodiversidad (macrófitos y aves) del Titicaca.

Becker et al. (2,018), registran niveles medios mensuales del lago Titicaca desde el año 2,001 al 2,018, en la Estación Hidrométrica de Desaguadero (ORLT) para la ALT, con datos de los niveles medios mensuales, teniendo datos de un nivel máximo entre los meses de abril o mayo y un nivel mínimo en los meses de diciembre o enero, en cotas Ref. Bolivia, se obtiene que el 36.4% por encima de la media y 63.6% por debajo del valor promedio, finalmente el comportamiento de los niveles del lago Titicaca, registrados en la ORLT Desaguadero, presenta una tendencia descendente.

Goyzueta G. (2,006), al realizar un estudio sobre "macrófitas del lago Titicaca (sitio Ramsar), condición de hábitat para la presencia de aves silvestres acuáticas neotropicales", determina por el Índice de Evaluación de Hábitat, que el área de totorales y llachall total califica entre 59 a 63, siendo un hábitat bueno para el desarrollo de aves silvestres acuáticas en el lago Titicaca, contrario al área de espejo de agua calificado con 37 siendo un hábitat malo, establece 37 especies en 16 familias para las tres áreas evaluadas; la densidad poblacional de aves en área de totorales 3.1 ind/ha; área de llachal - total 8.3 ind/ha, área de espejo de agua 0.01 ind/ha; el Índice de diversidad de Simpson registra en el área de llachal - total 94 %; área de total 93%; área de espejo de agua 41%, concluyó que del área total del lago Titicaca, 8,562 km<sup>2</sup>, 1,086 km<sup>2</sup> de área de macrófitos son determinantes para la existencia de aves silvestres.

Dejoux e Iltis, (2,015), indican que los niveles del lago Titicaca registran un promedio de altitud del cero de la escala limnigráfica de 3,809.93 msnm para los años 1,914 a 1,989. La fluctuación anual es determinada por el juego de los aportes y de las pérdidas en agua. El máximo anual de altura está generalmente centrado



en abril, al final del período de lluvias y del aporte elevado de los tributarios. El mínimo interviene generalmente en diciembre, justo antes de las lluvias importantes del año. Para este mismo periodo, la amplitud interanual de variación del nivel fue de 6.37 m, con un mínimo minimorum de -3.72 m en diciembre de 1,943 y un máximo maximorum de 2.65 m en abril de 1,986, con relación al cero de la escala limnimétrica. El nivel máximo alcanzado fue de 3,812.54 m en abril de 1,986, y el nivel mínimo fue alcanzado en diciembre de 1943 con un valor de 3,806.23 m

Marina de Guerra del Perú, (1,986), establece los niveles de referencia del lago Titicaca, considerando como parámetro la Cota Absoluta o Nivel de Referencia del lago Titicaca, Nivel "0" en 3809.92, con relación al nivel medio del mar (NMM).

McDermid y Winter, (2,017), refieren que la influencia de factores antropogénicos en el clima del mar de Aral, uno de los lagos más grande del mundo, concluyeron que tuvo intensa actividad de pesca, navegación, servicios ecosistémicos, aporte a la agricultura, sin embargo, el hombre interfirió el flujo de ríos aportantes para favorecer la agricultura intensiva, llevando rápidamente a la desecación del mar de Aral, quedando a partir del 2,014 solo el 10% de su extensión total, obteniendo resultados en calentamiento de temperatura, reducciones en evapotranspiración que alteraron la relación humedad del suelo regional y temperatura superficial, contribuyendo al cambio climático global, investigación coincidente con Rafikov y Gulnora, (2,014), que determinaron cambios en las condiciones hidrológicas e hidroquímicas en el mar de Aral, que la regulación del flujo del río Amu Darya y las cuencas del río Syr Darya con fines agrícolas desde 1961 son las grandes causas de alteración del mar de Aral, así mismo, White, (2,013), indicó que la expansión zarista rusa en Asia Central, seguida por la expansión soviética de la industria algodonera y prácticas de irrigación insostenibles, afectaron la economía regional y salud humana.

Baidya *et al.* (2,014), indican del impacto de desecación del mar de Aral en temperaturas del aire superficial en verano a cambios drásticos de los últimos 50 años con imágenes satelitales LANDSAT, que muestran 80 % de reducción de superficie del lago. Sugirieron variabilidad climática a gran escala y el cambio de uso de tierra en cuencas de Amu Darya y Syr Darya contribuyendo al calenta



Aral y balance hídrico.

Yao *et al.* (2,018), refieren sobre el impacto de cambios batimétricos en el régimen hidrológico de un lago aluvial, Poyang, que en los últimos años disminuyó drásticamente el nivel del agua en el lago, coincidiendo con la erosión del lecho. La influencia batimétrica se extendió a todo el lago debido al efecto de vaciado, alternando la distribución del nivel del agua en aproximadamente 14.4% al nivel más bajo en otoño del 2,006.

Gao *et al.* (2,019), manifiestan sobre la presencia de trazas de metales en la Reserva de las Tres Gargantas; acumulación en la fase de construcción y embalse, con disminución en etapa de operación; un nivel por encima de lo normal de Hg y Cd, Hu *et al.*, (2,018), indicaron que los embalses afectan significativamente el régimen hidrológico y el ecosistema del río aguas abajo y del lago en conexión, caso del lago de agua dulce más grande de China, lago Dongting.

Wu *et al.* (2,018), evidenciaron que el agua extraída en China es una vía de apoyo al desarrollo de la región, sin embargo, existe el agua extraída no autorizada (36 extracciones) del lago Dianchi (sexto de agua dulce más grande de China), que impactó en su balance hídrico, representando 19.5 % de la producción total del lago (1,999 – 2,011), ocasionando disminución sustancial del nivel y caudal del agua, aumento de la contaminación con tendencia a eutrofización, se dieron floraciones tóxicas de cianobacterias, y escasez de agua aguas abajo.

Xiao *et al.* (2,018), dieron a conocer que los lagos brindan grandes beneficios económicos, recreativos y estéticos a la población humana, siendo afectados por el cambio climático, en Twin Cities de Minnesota, EE.UU., muchos lagos han estado en niveles históricamente bajos, por tendencia a altas evaporaciones, White Bear Lake descendió 1.5 m del 2,003 al 2,013, análisis retrospectivos informan que la evaporación aumentó en 3,8 mm año<sup>-1</sup>, impulsado por aumento en la velocidad del viento y la gradiente de presión de vapor en la superficie del lago.

Lei *et al.* (2,018), refirieron que a final de la década de 1,990 lagos de la meseta sur del Tibet se han reducido considerablemente, la disminución hídrica del Paiku Co se atribuyó a la tendencia de condiciones más secas en la región del Himalaya, registró un nivel medio y máximo de 41.1 m y 72.8 m, variable en el periodo estacional anual, en una escala de varios años disminuyó 3.7 + - 0.3 m.



Howard y Gerber, (2,018), manifiesta que las cuencas de los grandes lagos (GLB) de África y Norteamérica tienen grandes reservas de agua subterránea, las cuales ocasionalmente drenan a los lagos, dichas aguas resultan contaminadas por zonas urbanas, por contaminantes químicos (sales de carreteras, fertilizantes, pesticidas), combustibles, desagües, y de toda actividad urbana, alterando la calidad de agua de los lagos, lo que debe merecer una atención por los gestores ambientales.

Kolding y Zwieten, (2,012), citan en estudios de lagos y embalses de Asia y África, que fluctuaciones del nivel de agua causan influencia en el régimen hidrodinámico, ingreso y movilización de nutrientes, afectando la productividad de comunidades biológicas, los lagos poco profundos y embalses artificiales tienen cambios más notorios en el nivel del agua, pero también el más alto rendimiento de peces por unidad de área.

Klump *et al.* (2,018), establecen que Green Bay, sobre el lago Michigan, “estuario” de agua dulce más grande del mundo, en su cuenca hidrográfica dio una agricultura intensiva sobre un tercio de la cuenca del Michigan y brindó un tercio del fósforo total del lago, tiene al río Fox como afluente principal, el río más industrializado de América del Norte, por fábricas de papel, ocasionando un extremo deterioro de calidad de agua, pérdida de usos ecológicos, ahora es modelo de sistema para remediar y restaurar grandes lagos por investigaciones de tóxicos, biogeoquímica, hábitat, biodiversidad y procesos ecológicos.

Xie *et al.* (2,018), indican que el río Shenzhen y la cuenca profunda de China tuvieron calidad de agua superficial fuertemente correlacionada con la composición del paisaje y la fragmentación del hábitat, según anchos de zonas ribereñas, se mostró que la composición del paisaje es más contribuyente a la variación en la calidad del agua.

Liao *et al.* (2,018), aplican estrategias de restauración y mitigación, caso West Virginia, indicando que las corrientes impactadas por extracción de energía y desarrollo residencial deterioraron más que los impactados por solo el desarrollo residencial o solo extracción de energía.

Wikipedia, (2,014), muestra que el mar de Aral, salado o mar interior de Asia central está situado al suroeste de Kazajstán y al noroeste de Uzbekistán, cerca del



mar Caspio. Antes era uno de los cuatro lagos más grandes del mundo. Los ríos que desembocan en él son el Sir Daria al norte y el Amu Daria al sur, los cuales, durante las últimas décadas, han visto reducido su caudal debido a la utilización de sus aguas para riego. También, resalta que en la década de 1980, transcurrieron varios años durante los cuales no llegó al mar de Aral apenas agua procedente de estos ríos. Como consecuencia, el volumen del mar de Aral ha disminuido en casi un 70% desde 1980, provocando la división del lago en dos partes en 1988: el Gran mar de Aral al sur (en ruso Bol'shoye Aral'skoye More), que recibe agua del Amu Daria, y el Pequeño mar de Aral (en ruso Máloye Aral'skoye More) al norte, que se abastece del Sir Daria. Además, la salinidad de las aguas del lago se ha triplicado afectando a la vida animal y vegetal de la zona. Wikipedia, (2014), indica que la actividad pesquera también ha cesado casi por completo, y las aguas, antes cristalinas, se han plagado de esturiones, carpas y arenques. Las orillas, hoy estériles, están deshabitadas, y esto ha provocado que varias poblaciones y grandes ciudades como la de Aral'sk y Muynak, que antes de 1960 estaban situadas en sus orillas, se hayan trasladado a varios kilómetros del agua. Por otra parte, la desecación de parte del lago ha favorecido la sedimentación de sales en su antiguo fondo, que debido a la acción erosiva del viento son la causa principal de la mayoría de las tormentas de sal y polvo que se producen en la antigua Unión Soviética. En 1992 la superficie total de los dos lagos se había reducido a 33.670 km<sup>2</sup>, Cita, que en 1994 Kazajistán, Kirguizistán, Tayikistán, Turkmenistán y Uzbekistán acordaron trabajar unidos en un proyecto común de recuperación del mar de Aral. Cada uno de ellos destina un 1% del presupuesto anual a esta causa, y además algunos acordaron, en principio, reducir el volumen de agua destinada a riego.

Jubete, (2004), refiere que, en 1990 para recuperar la diversidad de aves, las aguas de un río volvieron a inundar 300 ha de una laguna en el interior de España La Nava. Las obras realizadas en esta primera intervención anularon los desagües de la red de canales y acequias existentes, trabajos de restauración dentro y fuera del vaso lagunar, actividades de gestión y uso público. En la comarca de Tierra de Campos, nos enseña ahora que decisiones políticas tan arriesgadas como la destrucción de un enclave natural tan importante como la Nava deben contar con informes serios y rigurosos sobre cuáles son las perspectivas de futuro.



Montes et al., (1,995) & Van Vessen et al. (1,997), establecen que las condiciones naturales que albergan los humedales del altiplano peruano se describen como características especialmente sensibles a cambios provocados por agentes externos. Tal peculiaridad de los humedales (lagos o lagunas) y el Titicaca las ha conformado como uno de los ambientes más amenazados a escala mundial ante la intensa degradación del medio que viene siendo provocada por el hombre.

Rocha, (2,002), indica que la pobreza de plantas superiores en el lago Titicaca está, tal vez, ligada a las variaciones frecuentes del nivel del lago, tanto a escala estacional como a una escala pluriannual. De este hecho, las superficies relativas de las asociaciones vegetales se modifican, los grupos se reparten en superficies nuevas según las preferencias de las especies dominantes. La luz disponible para su desarrollo aparece a primera vista, como el elemento principal que interviene en esta dinámica. Algunas asociaciones pueden incluso desaparecer completamente cuando la altura del agua se vuelve muy elevada. Todo esto afecta a las poblaciones de vida acuática.

Otálora & Torres, (2,012), dan a conocer que la conservación es la gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de tal suerte que produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero que mantenga su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras. La conservación es positiva y abarca la protección, el mantenimiento, la utilización sostenible, la restauración y la mejora del entorno natural. La conservación de los recursos vivos está relacionada específicamente con las plantas, los animales y los microorganismos, así como con los elementos inanimados del medio ambiente de los que dependen aquellos. También, citan que la diversidad biológica es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. Así mismo, definen que el hábitat es el lugar o tipo de ambiente en el que existen naturalmente un organismo o una población.

Otálora & Torres, (2,012) refieren que el uso sostenible de la diversidad biológica, es la utilización de los componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasione la disminución a largo plazo de la diversidad biológica con



lo cual se mantienen las posibilidades de ésta de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones actuales y futuras. Decisión 391. Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos. El uso sustentable de la diversidad biológica promueve su conservación, ya que, en muchos casos, ofrece incentivos para la conservación y la restauración por los beneficios sociales, culturales y económicos que la gente obtiene de ese uso.

UICN, (2,012), establece en la última década las categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN, que han sido usadas para evaluar un número creciente y más variado de taxones que viven en una gran variedad de hábitats. Además, los continuos avances tecnológicos han proporcionado nuevas posibilidades para mejorar el análisis de los datos. Por lo tanto, resulta necesario que la Lista Roja de la UICN se adapte para mantener y potenciar aún más su utilidad como una herramienta para la conservación. Sin embargo, también es esencial que las reglas centrales para evaluar el riesgo de extinción a través de la Lista Roja de la UICN se mantengan estables para poder comparar cambios temporales en el estatus de la Lista Roja. Indica que la categoría Casi Amenazado (NT) es un taxón evaluado que no satisface actualmente los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en un futuro cercano.

MINAM, (2,012), también determina sobre la diversidad biológica del Perú, dando a conocer que es uno de los diez países de mayor diversidad biológica del mundo, lo cual se expresa en la riqueza de ecosistemas, especies y recursos genéticos. Al respecto, veamos algunas cifras:

- 84 de las 117 zonas de vida del planeta se encuentran en el Perú.
- Segundo lugar en diversidad de aves, con 1,816 spp.
- 128 de las áreas más importantes para la observación de aves (IBA).
- Quinto lugar en especies de mamíferos, con 515 spp.
- Quinto lugar en especies de reptiles, con 418 spp.
- Cuarto lugar en especies de anfibios, con 449 spp.
- Primer lugar en especies de peces, cerca de 2,000 spp. de aguas marinas y continentales (10% del total mundial).
- Octavo lugar en especies de plantas con flor, con 25,000 spp. descritas.
- Primer lugar en especies de mariposas, con 3,532 spp.
- Alberga alrededor del 10% del total de orquídeas del mundo.

De esta manera, la conservación y uso sostenible de la biodiversidad se constituye en un componente fundamental de las propuestas de desarrollo sostenible y,



eventualmente, de emprendimientos económicamente rentables, socialmente viables y ambientalmente sostenibles. El Perú, en el marco de su compromiso con el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB),<sup>23</sup> se comprometió, para el año 2,010, a la reducción significativa del ritmo de pérdida de diversidad biológica como una contribución al alivio de la pobreza y como un beneficio para la vida en la Tierra. En la Cumbre de Biodiversidad de Nagoya (Japón), en 2,012, los países reconocieron que fue un compromiso difícil de cumplir debido a la ausencia de indicadores medibles desde el nivel internacional al nacional.

#### **VI. Hipótesis del trabajo:**

Existen periodos diacrónicos con disminución mensual/anual de los niveles de cota de agua del lago Titicaca por derivación de sus aguas.

Existe influencia de la disminución mensual/anual de los niveles de cota de agua del lago Titicaca sobre la biodiversidad acuática.

#### **VII. Objetivo general:**

Realizar una evaluación diacrónica de la disminución mensual/anual de los niveles de cota de agua del lago Titicaca y la influencia sobre la biodiversidad acuática, 2,023.

#### **VIII. Objetivos específicos:**

Evaluar periodos diacrónicos de la disminución mensual/anual de los niveles de cota de agua del lago Titicaca por derivación de sus aguas.

Determinar la influencia de la disminución mensual/anual de los niveles de cota de agua del lago Titicaca sobre la biodiversidad acuática.

#### **IX. Metodología de investigación:**

##### **Investigación Diacrónica:**

Se realizará un análisis de datos de los últimos 100 años, en relación a fenómenos naturales y factores antrópicos que influyen sobre el nivel de agua del lago Titicaca, y establecer una data del trasvase de agua del lago Titicaca por el río Desaguadero, los cuales serán obtenidos a partir de instituciones como la Reserva Nacional del Titicaca, SENAMHI, UNA Puno. Para ello será importante analizar la asociación que existe entre el nivel de precipitaciones, el trasvase de agua del



lago y la relación con el nivel de descenso de la cota de agua del lago.

### **Centrar los objetivos y alcances**

*Propósitos de la evaluación*, tiene en cuenta las precipitaciones pluviales, el trasvase de aguas del lago Titicaca y la dependencia con el nivel de cota del lago.

### **Selección de componentes**

*Tipos de hábitat involucrados*, el análisis se efectuará en los diferentes tipos de hábitat en estudio; totoral, llachal y espejo de agua.

*Variables estructurales*, considerará el análisis de áreas definidas como hábitat y zonas de ecotono.

*Variables poblacionales*, se observará la presencia de individuos por especie en cada tipo de hábitat.

**Documentación**, parámetro que considerará los datos obtenidos para la fase de planificación y los datos que se pueden obtener en el periodo de estudio para el cumplimiento de objetivos de la investigación, se tendrá en cuenta:

### ***Información sobre el hábitat***

### ***Consulta a especialistas***

### ***Definición de supuestos y limitaciones***

**Verificación y prueba**, ítem que permitirá llegar a las conclusiones del trabajo de investigación en base a:

### ***Datos reales***

### ***Evaluación y corrección.***

### **Procedimiento de evaluación de hábitat:**

Con las premisas mencionadas en adelante, se caracterizará a partir de un conjunto de estrategias, formatos y técnicas que evalúen la condición del hábitat presente de una o más especies o población de aves acuáticas silvestres, prediciendo los efectos de cambios ambientales pasados presentes y futuros. Esto considerará evaluar la calidad, cantidad y disponibilidad de las áreas de totorales, llachales y la dependencia con las aves silvestres en una o varias regiones del lago Titicaca considerando el carácter de investigación en el tiempo o diacrónico.

### **Sistema del diseño metodológico**

El diseño metodológico considerará 3 aspectos esenciales de análisis, un monitoreo de datos sobre el trasvase de aguas del lago Titicaca por el río Desaguadero, a partir de información del SENAMHI, revisión de datos del nivel



de cota de agua del lago Titicaca y la relación con aforo de aguas por el río desaguadero, y percepción in situ de los factores ambientales, entrevistas con autoridades, líderes y representantes de anillo circunlacustre del lago y población local.

Se realizará pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas.

## X. Referencias bibliográficas:

Acosta, C. M., Mugica, V. L., Aguilar. M. L. (2,013). Protocolo para el monitoreo de aves acuáticas y marinas. Proyecto GEF/PNUD. La Habana Cuba. Becker, F. G., Kilic, I., Aydin, G., Puarungroj, W., Boonsirisumpun, N., Gerrikagoitia, J. K., Ying, C. (2,018).

Nivel lago Titicaca ALT 2,001 al 2,018. No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Procedia Computer Science*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.15439/2019F121>. Baidya Roy, S., Smith, M., Morris, L., Orlovsky, N. y Khalilov, A. (2,014). Impact of the desiccation of the Aral Sea on summertime surface air temperatures. *Journal of Arid Environments*, 110, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.06.008>.

Braunisch, V., Coppes, J., Storch, I., Suchant, R., Nopp-Mayr, U. y Grünschachner-Berger, V. (2,018). Habitat suitability modulates the response of wildlife to human recreation. *Biological Conservation*, 227(May), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.018>.

Dourojeanni, A.C. (2,011). Trasvases de agua en el Perú. Centro Peruano de Estudios Sociales. Perú. Cobo, B. a L. y Moravec, J. W. (2,011). *Aprendizaje invisible*. Book (Vol. 43). Retrieved from <http://conservancy.umn.edu/handle/11299/144375%5Cnhttp>.

Cook, N. A., Sarver, E. A., Krometis, L. H. y Huang, J. (2,015). Habitat and water quality as drivers of ecological system health in Central Appalachia. *Ecological Engineering*, 84, 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.09.006>.

Cretaux, J. F., Letolle, R. y Bergé-Nguyen, M. (2,013). History of aral sea level variability and current scientific debates. *Global and Planetary Change*, 110, 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.05.006>.



Chen, Y., Yu, G., Zhao, T., Xiao, M. y Yao, W. (2018). Assessing the river habitat suitability and effects of introduction of exotic fish species based on aneco-hydraulic model system. *Ecological Informatics*, 45(2017), 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.04.001>.

Dejoux, C. e Ittis, A. (2015). El Lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual, Hisbol, Editorial Orstom, La Paz – Bolivia. Estepp, L. R. y Reavie, E. D. (2015). The ecological history of Lake Ontario according to phytoplankton. *Journal of Great Lakes Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2015.06.005>.

Gallina, S., Mandujano, S. y Villarreal, O. (2015). Monitoreo y manejo del venado cola blanca: Conceptos y métodos. Modelos de Idoneidad del Hábitat ( Hsi ). Instituto de Ecología, A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa. México. 220 pp.

Gao, L., Gao, B., Xu, D., Peng, W. y Lu, J. (2019). Multiple assessments of trace metals in sediments and their response to the water level fluctuation in the Three Gorges Reservoir, China. *Science of the Total Environment*, 648, 197–205. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.112>.

Godet, L., & Devictor, V. (2018). What Conservation Does. *Trends in Ecology and Evolution*, 33(10), 720–730. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.07.004>.

Gorguner, M., Kavvas, M. L. e Ishida, K. (2019). Assessing the impacts of future climate change on the hydroclimatology of the Gediz Basin in Turkey by using dynamically downscaled CMIP5 projections. *Science of The Total Environment*, 648, 481–499. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.167>.

Goyzueta, G. (2020). Alteración del hábitat y biodiversidad (macrófitos y aves) del lago Titicaca – Perú ocasionado por el trasvase de agua a Bolivia. URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14779>

Goyzueta, G. Alfaro, R. y Aparicio, M. (2009). Totorales del lago Titicaca, importancia, conservación y gestión ambiental. Puno, Perú; Editorial MERU, Diseño y Publicidad.

Goyzueta, G. (2006). Macrófitas del Lago Titicaca (Sitio Ramsar),



condición de hábitat para la presencia de aves silvestres acuáticas neotropicales.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/551>.

Goyzueta, G. (2,005). Majestuoso Lago Titicaca fuente de vida. Editorial FIMART SAC, Lima Perú. He, F. y Hu, X. S. (2,005). Hubbell's fundamental biodiversity parameter and the Simpson diversity index. *Ecology Letters*, 8(4), 386–390. Howard, K. y Gerber, R. (2,018). Impacts of urban areas and urban growth on groundwater in the Great Lakes Basin of North America. *Journal of Great Lakes Research*, 44(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2017.11.012>.

Hu, T., Mao, J., Pan, S., Dai, L., Zhang, P., Xu, D. y Dai, H. (2,018). Water level management of lakes connected to regulated rivers: An integrated modeling and analytical methodology. *Journal of Hydrology*, 562, 796–808. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.05.038>.

Huang, J., Yan, R., Gao, J., Zhang, Z. y Qi, L. (2,016). Modeling the impacts of water transfer on water transport pattern in Lake Chao, China. *Ecological Engineering*, 95, 271–279. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.074>.

Instituto Nacional de Bosques INAB (2,014). Lineamientos técnicos de manejo forestal. *Dt-000(2015)*, 62 Guatemala.

Jiang, Z., Zhao, H., Xu, B., Wang, Y. y Chen, X. (2,018). Exploring an efficient habitat index for predicting population and abundance of migratory birds in Poyang Lake Wetland, South China. *Acta Ecologica Sinica*, 38(6), 381–390. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.04.004>.

Kamar, G. (2,018). Palynology of lake Arin (Eastern Anatolia, Turkey) deposits and its relation with water level change of Lake Van: Preliminary findings. *Quaternary International*, 486, 83–88. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.020>.

Klump, J. V., Bratton, J., Fermanich, K., Forsythe, P., Harris, H. J., Howe, R. W. y Kaster, J. L. (2,018). Green Bay, Lake Michigan: A proving ground for Great Lakes restoration. *Journal of Great Lakes Research*, 8–11. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2018.08.002>.

Kolding, J. y Zwieten, P. A. M. Van. (2,012). Relative lake level



fluctuations and their influence on productivity and resilience in tropical lakes and reservoirs. *Fisheries Research*, 115–116, 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.11.008>.

Leal, A. I., Acácio, M., Meyer, C. F. J., Rainho, A. y Palmeirim, J. M. (2,019). Grazing improves habitat suitability for many ground foraging birds in Mediterranean wooded grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 270–271(October 2018), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.10.012>.

Lei, Y., Yao, T., Yang, K., Bird, B. W., Tian, L., Zhang, X. y Wang, L. (2,018). An integrated investigation of lake storage and water level changes in the Paiku Co basin, central Himalayas. *Journal of Hydrology*, 562, 599–608. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.05.040>.

Liao, H., Sarver, E. y Krometis, L. A. H. (2,018). Interactive effects of water quality, physical habitat, and watershed anthropogenic activities on stream ecosystem health. *Water Research*, 130, 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.065>.

Longyang, Q. (2,019). Assessing the effects of climate change on water quality of plateau deep-water lake - A study case of Hongfeng lake. *Science of The Total Environment*, 647, 1518–1530. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.08.031>.

Marina de Guerra del Perú (1,986). Cota absoluta o nivel de referencia del lago Titicaca, nivel “0”

Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua (2,012). Ley De Recursos Hídricos del Perú N° 29338. Perú. Cuarta edición. Ministerio del Ambiente, Sernanp (2,015). Plan Maestro de la Reserva Nacional del Titicaca 2,014 – 2,019. Lima Perú.

MINAM. (2,012). *Estado del Ambiente 2,009-2,011*. Ministerio del Ambiente. <https://doi.org/10.1166/jnn.2009.1654>.

Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural (2,015). Guía de inventario de la flora y vegetación. Lima Perú.

McDermid, S. S. y Winter, J. (2,017). Anthropogenic forcings on the



climate of the Aral Sea: A regional modeling perspective. *Anthropocene*, 20, 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.03.003>.

Na, X., Zhou, H., Zang, S., Wu, C., Li, W. y Li, M. (2018). Maximum Entropy modeling for habitat suitability assessment of Red-crowned crane. *Ecological Indicators*, 91 (December 2017), 439–446. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.013>.

Otálora, M. P. y Torres, E. T. (2012). Glosario de términos para la formulación de proyectos ambientales.

Poirazidis, K., Bontzorlos, V., Xofis, P., Zakkak, S., Xirouchakis, S., Grigoriadou, E., y Panagiotopoulou, M. (2019). Bioclimatic and environmental suitability models for capercaillie (*Tetrao urogallus*) conservation: Identification of optimal and marginal areas in Rodopi Mountain Range National Park (Northern Greece). *Global Ecology and Conservation*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00526>.

Rafikov, V. y Gulnora, M. (2014). Forecasting changes of hydrological and hydrochemical conditions in the Aral Sea. *Geodesy and Geodynamics*, 5(3), 55–58. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1246.2014.03055>.

Reheis, M. C., Adams, K. D., Oviatt, C. G. y Bacon, S. N. (2014). Pluvial lakes in the Great Basin of the western United States da view from the outcrop. *Quaternary Science Reviews*, 97, 33–57. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.04.012>.

Reist, J. D., Sawatzky, C. D. y Johnson, L. (2016). The Arctic “Great” Lakes of Canada and their fish faunas - An overview in the context of Arctic change. *Journal of Great Lakes Research*, 42(2), 173–192. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2015.10.008>.

Rocha, O. (2002). Diagnóstico de los recursos naturales y culturales de los lagos Poopo y Uro Uro, Oruro - Bolivia (para su nominación como sitio Ramsar). Convención Ramsar, WCS/Bolivia. La Paz Bolivia.

Rodriguez, R. (1987). Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre, Wildlife Society, EEUU.

Secretaría de la Convención de Ramsar (2013). Manual de la Convención



de Ramsar: Guía a la convención sobre los humedales (Ramsar, Irán, 1,971), 6a. edición. Gland (Suiza).

Wang, Y., Sun, Z. y Sun, Y. (2,018). Effects of a thaw slump on active layer in permafrost regions with the comparison of effects of thermokarst lakes on the Qinghai-Tibet Plateau, China. *Geoderma*, 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.046>.

White, K. D. (2,013). Nature-society linkages in the Aral Sea region. *Journal of Eurasian Studies*, 4(1), 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.euras.2012.10.003>.

Wu, Y., Bo, Y., Zhou, F., Tang, Q., Guimberteau, M., Ciais, P. y Dai, C. (2,018). Quantifying the unauthorized lake water withdrawals and their impacts on the water budget of eutrophic lake Dianchi, China. *Journal of Hydrology*, 565, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.017>.

UICN, (2,012). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: 34pp. Wikipedia. (2,014). Mar de Aral [https://es.wikipedia.org/wiki/Mar\\_de\\_Aral](https://es.wikipedia.org/wiki/Mar_de_Aral).

Xiao, K., Griffis, T. J., Baker, J. M., Bolstad, P. V., Erickson, M. D., Lee, X. y Nieber, J. L. (2,018). Evaporation from a temperate closed-basin lake and its impact on present, past, and future water level. *Journal of Hydrology*, 561, 59–75. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.059>.

Xie, Y., Yu, X., Ng, N. C., Li, K. y Fang, L. (2,018). Exploring the dynamic correlation of landscape composition and habitat fragmentation with surface water quality in the Shenzhen river and deep bay cross-border watershed, China. *Ecological Indicators*, 90(July 2017), 231–246. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.051>

Yao, J., Zhang, Q., Ye, X., Zhang, D. y Bai, P. (2,018). Quantifying the impact of bathymetric changes on the hydrological regimes in a large floodplain lake: Poyang Lake. *Journal of Hydrology*, 561, 711–723. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.04.035>. Zhang, Z., Zhou, J., Song, J., Wang, Q.,

Liu, H. y Tang, X. (2,017). Habitat suitability index model of the sea



cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka): A case study of Shandong Peninsula, China. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1–2), 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.001>.

Zhao, C. S., Yang, S. T., Xiang, H., Liu, C. M., Zhang, H. T., Yang, Z. L. y Lim, R. P. (2015). Hydrologic and water-quality rehabilitation of environments for suitable fish habitat. *Journal of Hydrology*, 530, 799–814. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.031>.

Zhou, Y., Guo, S., Hong, X. y Chang, F. J. (2017). Systematic impact assessment on inter-basin water transfer projects of the Hanjiang River Basin in China. *Journal of Hydrology*, 553, 584–595. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.08.039>.

## **XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto:**

Realizar una evaluación diacrónica de la disminución mensual/anual de los niveles de cota de agua del lago Titicaca que influencia sobre la biodiversidad acuática, 2023, como investigación permitirá caracterizar la situación actual del lago Titicaca y la condición de desarrollo de la biodiversidad acuática en sustento a la población humana circunlacustre, local y regional.

## **XII. Impactos esperados**

### **i. Impactos en Ciencia y Tecnología**

Generar conocimientos sustentado en el análisis ecológico.

### **ii. Impactos económicos**

La disminución de los niveles de cota de agua del lago Titicaca mantiene una relación directa con la pérdida de la biodiversidad acuática, las cuales dejar de brindar beneficios económicos a las comunidades circunlacustres, a nivel local y regional, sea con el aprovechamiento de los recursos naturales o actividades de turismo

### **iii. Impactos sociales**

Las comunidades circunlacustres que viven dependientes de la biodiversidad acuática del lago Titicaca, mejoren sus condiciones socioeconómicas a partir de



la conservación y protección, promoviendo el uso sostenible y actividades de ecoturismo, lo cual, repercute en los factores de bienestar familiar.

#### iv. Impactos ambientales

El clima del altiplano es una función directa de su altitud sobre el nivel del mar. Esta altitud influye en las condiciones atmosféricas dando la posibilidad de insolación e irradiación muy amplia debido al aire enrarecido y diáfano, con poca humedad, no existiendo difusión de calor, lo que explica que al sol la temperatura es alta y a la sombra es baja, aquí el lago Titicaca cumple la función termorreguladora del entorno ambiental, lo que se ve amenazado por la disminución del nivel de cota de agua del lago y cuerpos de agua que alteren el desarrollo de la biodiversidad, y en suma una contribución al cambio climático.

### **XIII. Recursos necesarios:**

Equipos georreferenciales y avistamiento.

GPS, largavistas, máquina fotográfica, embarcación acuática, transporte terrestre, cartas nacionales, balanza.

Gabinete para análisis de información geográfica.

### **XIV. Localización del proyecto:**

El área de estudio está establecida en el lago Titicaca, que se encuentra en el extremo norte de la meseta del Collao, entre los territorios del Perú y Bolivia. Su ubicación geográfica es 15°13'19" – 16°35'37" de latitud sur y 68°33'36" – 70°02'13" de longitud oeste. Es el lago navegable más alto del mundo, se encuentra a 3,810 msnm; en territorio peruano se extiende por las provincias de Puno, San Román, Azángaro, Huancané, Chucuito y Yunguyo, todas ellas ubicadas en el departamento de Puno; en territorio Boliviano abarca las provincias de Ingavi, Murillo, Los Andes, Aroma, Pacajes, Camacho, Omasuyos y Manco Capac, todas pertenecientes al departamento de la Paz.

Las zonas de macrófitas acuáticas (totoraes y llachales) en análisis son:

Bahía de Puno 350 km<sup>2</sup>, incluye Reserva Nacional del Titicaca.



Lago Grande 395 km<sup>2</sup> incluye Reserva Nacional del Titicaca.

Lago Pequeño 23 km<sup>2</sup>

Total Perú 763 km<sup>2</sup>

El área de espejo de agua en las tres zonas en análisis abarcará aproximadamente un área de 2,000 km.

### XV. Cronograma de actividades.

Actividad	Trimestres												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Planificación del trabajo de Investigación.	X												
Sistematización y presentación del proyecto de investigación.	X												
Compilación de datos, fuente de análisis diacrónico.		X	X	X	X								
Trabajo de campo in situ:				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Evaluación de zonas con totorales				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Evaluación de zonas de llachales				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Evaluación de lago sin macrófitas				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Entrevistas con pobladores locales				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Evaluación de niveles de cota del lago Titicaca mensual/anual				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Sistematización de datos y presentación de trabajo de investigación.												X	X

### XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
<b>Bienes y Materiales</b>				
Binoculares	Unidad	350.00	02	700.00
Máquina fotográfica	Unidad	900.00	02	1,800.00
GPS	Unidad	3,000.0	01	3,000.00
Computadora	Unidad	3,000.0	02	6,000.00
Manual de salud ambiental	Unidad	200.00	01	200.00
Cartas nacionales	Unidad	150.00	01	150.00
Material cartográfico	Unidad	200.00	Varios	200.00
CDs	Unidad	2.00	10	20.00
USB	Unidad	60.00	03	180.00
Material de impresión	Pliegos	200.00	varios	200.00
Libreta de apuntes	Unidad	5.00	03	15.00
<b>Servicios</b>				
Alquiler de vehículos terrestres	Unidad	100.00	20	5,000.00
Flete de transporte acuático	Unidad	100.00	20	5,000.00
Impresión de fotos	Unidad	25.00	10	50.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Escaneado de fotos	Unidad	1.00	100	100.00
Fotocopiado	Unidad	0.10	1000	100.00
Datos climatológicos	Unidad	20.00	6	120.00
Mapas geográficos	Unidad	50.00	3	150.00
Guías de comunidades campesinas	Unidad	25.00	10	250.00
Internet	Unidad	1.00	200	200.00
Impresión	Unidad	0.30	400	120.00
Publicación	Ejemplar	20.00	10	1,200.00
Total				S/. 32,135.00