



## 1. Título del proyecto

RELACION ENTRE EL NIVEL HIDRICO DEL LAGO Y CAMBIO CLIMATICO GLOBAL: UNA EVALUACION DEL LAGO TITICACA DE LA REGION DE PUNO

## 2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Ciencias de la Ingeniería	Recursos Hídricos	Oceanografía, Hidrología y Recursos Hídricos

## 3. Duración del proyecto.

01 de enero 2021 al 31 de diciembre de 2021 (12 meses )

## 4. Tipo de proyecto

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

## 4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	EDUARDO FLORES CONDORI
Escuela Profesional	INGENIERIA AGRICOLA (UNA-PUNO)
Celular	951458600
Correo Electrónico	eflores@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	EDUARDO LUIS FLORES QUISPE
Escuela Profesional	INGENIERIA AMBIENTAL (UNAM-MOQUEGUA)
Celular	951484558
Correo Electrónico	efloresq@unam.edu.pe

### I. Título:

RELACION ENTRE EL NIVEL HIDRICO DEL LAGO Y CAMBIO CLIMATICO GLOBAL: UNA EVALUACION DEL LAGO TITICACA DE LA REGION DE PUNO

### II. Resumen del Proyecto

El nivel hídrico del lago Titicaca está condicionado principalmente por la intensidad de las precipitaciones pluviales que se dan en cada época del año de manera anual. Por lo tanto es necesario investigar la relación que existe la lluvia con el nivel hídrico del lago; el objetivo es determinar cuál es la relación entre el nivel hídrico del lago y cambio climático global en el lago Titicaca de la región de Puno; la metodología para el desarrollo



del trabajo para los tres objetivos específicos se desarrollara mediante estimadores de máxima verosimilitud, donde el nivel será ( $Y_i$ ) que es la variable dependiente y los elementos climáticos serán variables independientes: precipitación, temperatura, humedad relativa, radiación solar; para el análisis de tendencia se efectuara por el método de Kendall y la relación entre el caudal ( $Q_i$ ) de los ríos tributarios con el nivel hídrico ( $N_i$ ) del lago; la investigación es de tipo correlacional y la interpretación de los parámetros se efectuara de acuerdo a los resultados y su respectivo signo y la interpretación de los coeficientes de determinación y correlación y esta operación se realizara previa calibración y validación de los modelos obtenidos de estimadores de máxima verosimilitud. Los resultados obtenidos servirán como referencia para los tomadores de decisión para el manejo integral de los recursos hídricos en la vertiente del lago Titicaca; ya que el lago mas alto y navegable del mundo se viene contaminándose por las acciones antrópicas de los pobladores de la hoya del Titicaca.

### III. Palabras claves (Keywords)

Nivel hídrico del lago, precipitación pluvial, ríos tributarios, tendencial de datos

### IV. Justificación del proyecto

En el curso de los últimos 100 años hubo ascensos y descensos del nivel del lago en relación al espejo del lago actual, que han dado lugar a los fenómenos de transgresión y regresión lacustres, respectivamente. Siendo el ecosistema acuático del Lago Titicaca el cuerpo receptor del agua proveniente de las precipitaciones pluviales de toda la cuenca, y, consecuentemente su calidad influye en la biota y correspondientemente en la cadena trófica del Lago Titicaca. Así, se ven afectados de modo directo por la presión sobre los recursos en que se constituyen o de modo indirecto por la calidad ambiental del entorno en que viven (Ministerio del Ambiente, 2014).

La región Puno, es una de las zonas más sensibles y perturbadas por la variabilidad climática con implicancias en las actividades del sector agropecuario, hidroeléctrico, minero, etc. (Sanabria, Marengo, & Velarde, 2010), en el que estima incrementos entre 2 hasta 4 °C y un máximo al norte del Lago Titicaca de 6 °C. Los parámetros de temperaturas máximas y mínimas en la ciudad de Puno, registran cambios importantes en sus tendencias durante el periodo 1972 a 2011. Los parámetros termo pluviométricos de las series históricas de las temperaturas extremas (máximas y mínimas) presentan incrementos de 2,1 y 0,9 °C y las precipitaciones pluviales presentan una disminución de 15,80 mm/año. El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano,



el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar (IPCC, 2007).

En el futuro por el posible cambio climático la vulnerabilidad y las condiciones de vida en general serían afectadas, principalmente la actividad agropecuaria que es el principal sustento de la población; trayendo como consecuencia la crisis de la seguridad alimentaria, debilitación de nuestras propias estructuras organizativas y gobierno, rompiendo la relación de equilibrio ecológico, socioeconómico y espiritual. (MINAM, 2013). En las últimas décadas, los efectos biofísicos del cambio climático sobre la agricultura inducen cambios en la producción y precios, que se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes del mercado realizan ajustes de forma autónoma, modificando sus combinaciones de cultivos, uso de insumos, nivel de producción, demanda de alimentos, consumo de alimentos y comercio. Sin embargo, todos los cambios fenológicos de las plantas no son simples indicadores del cambio climático. Tienen una importancia ecológica crítica puesto que afectan la habilidad competitiva de las diferentes especies, su conservación, y, por tanto, la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Si la norma es la variabilidad climática, entonces la productividad agrícola, la disponibilidad de agua y el nivel de riesgo ambiental son también variables; la variabilidad climática provoca cambios significativos en las respuestas de los sistemas biofísicos y socioeconómicos, es decir, la variabilidad climática es la causa (Martelo, 2006).

En muchos casos, las actividades agrícolas en nuestra región de Puno, presentan alta vulnerabilidad por ubicarse en la sierra del Perú y/o ser realizadas en momentos cuyas condiciones climáticas no son las más adecuadas para los procesos biológicos, o para manipular el suelo, de modo que se reduce la productividad del organismo, o se degrada la tierra. Por otro lado, para un mismo nivel de amenaza dado por la variabilidad climática, una región será más vulnerable que otra según las características socio tecnológicas bajo las que se desarrolla la producción.

## V. Antecedentes del proyecto

Según Bustamante, citado por (Guzman, 2013), para algunas zonas del país, los principales efectos relacionados a la variación de la temperatura y precipitación serán visibles en las variaciones en la temperatura diurna, incrementos en la temperatura máxima, intensificando el ciclo hidrológico, debido a las altas tasas de evaporación,



cambios en la estacionalidad y cantidad de precipitación, así como frecuentes sequías o inundaciones.

(**Velasquez, 2011**), señalaron que la temperatura tiene un gran efecto en el desarrollo de varios procesos fisiológicos de los cultivos, que pueden aumentar o disminuir la producción de los cultivos, de la misma manera puede provocar la propagación de malas hierbas y plagas. La precipitación caracterizada por presentar una variabilidad espacial y temporal, además de ampliar las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y la disminución de la producción a largo plazo.

El clima es el principal factor que determina las pautas mundiales de la vegetación, su estructura, la productividad y la mezcla de especies animales y vegetales. Muchas plantas se pueden reproducir y crecer con éxito únicamente dentro de un rango específico de temperaturas, y responder a determinadas cantidades y patrones estacionales de precipitación, de igual manera pueden verse desplazadas debido a la competencia con otras plantas, o incluso pueden sobrevivir si el clima cambia. (**Baldini, 2015**) refiera a los modelos climáticos como un conjunto de ecuaciones que describen diversos procesos físicos, como los cambios en la presión atmosférica o la radiación solar. Este modelo divide a la atmósfera del planeta y el océano en una grilla tridimensional. El conocimiento actual de los procesos climáticos más relevantes es incompleto, de manera que sólo son aproximaciones a la realidad, esto por la capacidad actual limitada de grillas que ofrecen las computadoras, así como el desconocimiento de los ciclos de carbono y concentraciones de los demás gases de efecto invernadero, y por último la tasa de emisiones de origen antrópico. Los modelos globales de clima son representaciones matemáticas de la naturaleza, sus componentes e interacciones, con un grado de complejidad tal que solo computadores poderosos (llamados de supercomputadoras) pueden ser usados. En los modelos, la superficie de la tierra es dividida en cajas o grillas, de dimensiones regulares. Los modelos globales trabajan con resoluciones espaciales muy bajas, con una grilla de 300 a 500km de extensión en latitud y longitud. (**Sanabria, Marengo, & Valverde, 2009**).

Una de las consecuencias del calentamiento global es el derretimiento de los hielos a nivel de los casquetes polares y glaciares, lo que incorpora un volumen de agua en estado líquido a los mares, adicional a los sistemas de flujo que se observan en el ciclo global del agua (**Schlesinger, 2000**). Esto parece estar provocando un aumento del nivel del mar y con ello una afectación considerable a las líneas costeras de muchos países, lo cual no solo tiene consecuencias en la pérdida física de territorios y los cambios en los



ecosistemas asociados, sino también impactos socioeconómicos y socioambientales, debido a que la mitad de la población mundial vive cerca de las costas y está asociada a ella cultural y económicamente (**Watson, Zinyowera, & Dokken, 1997**). En este sentido, América Latina presenta particulares riesgos en las costas llanas y zonas estuarinas, siendo las regiones más afectadas el istmo de Centro América, Venezuela, Argentina y Uruguay, por reducción de los espacios costeros y cambio de su diversidad biológica, afectando infraestructuras productivas y de servicio (puertos, ciudades, carreteras e industrias) e incluso generando daños considerables sobre suelos agrícolas y sumideros de aguas subterráneas, por intrusiones de agua salada (**Watson, Zinyowera, & Dokken, 1997**).

La máxima profundidad del lago es la fosa de Soto que alcanza 284 m de profundidad en las proximidades de la isla del mismo nombre, ubicada frente a Conima en el lago Mayor; esto implica el nivel de subsidencia del block Titicaca como efecto del levantamiento de la altiplanicie del Titicaca; mientras que el lago Menor alcanza escasamente 41 m de profundidad máxima, esta es la fosa de Chua, localizada frente a la población del mismo nombre y 5 m de profundidad media. Los estudios batimétricos del fondo lacustre demuestran que la mayor profundidad a 250 m entre Perú y Bolivia, se encuentra frente al litoral NE, aproximadamente entre las latitudes de Moho en el Perú y Ancoraimes en Bolivia (provincias de Moho y Camacho), donde en el extremo nororiental se encuentra la fosa de Soto. Además, las gradientes batimétricas más fuertes se encuentran en esta parte del lago Titicaca; mientras que las gradientes suaves se localizan hacia el N (Huancané), golfo de Puno, golfo de Pomata y lago Huiñaymarca, con isobatas inferiores a 150 m. (**Ministerio del Ambiente, 2014**).

El nivel hídrico del lago Titicaca está condicionado principalmente por la intensidad de las lluvias que se dan en cada época del año de manera interanual. Algunos estudios han asociado teleconexiones en la variabilidad de las lluvias en el altiplano o en los Andes sur peruanos con eventos El Niño (EN) y La Niña (LN) o eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur). Trabajos como los de (**Aceituno, 1988**); (**Aceituno-Montecinos, 1993**). Estos estudios regionales sobre la influencia de los eventos ENOS, en algunas regiones altiplánicas, reportan bajos promedios de precipitación y temperaturas altas, en asociación con el Índice de Oscilación del Sur (SOI), considerado como fase caliente/fría (El Niño/La Niña). Rome-Gaspaldy y Ronchail (1998), describen que en Perú durante EN, la pluviosidad es deficitaria en los Andes del sur, aunque muchos períodos secos del Altiplano no están relacionados a eventos ENOS. La ocurrencia puede darse en cualquier



período y estarían más relacionados a la circulación atmosférica que a las condiciones superficiales del Pacífico. Por su parte, Lagos et al. (2008), describen la variabilidad de las lluvias relacionadas con eventos ENOS; encuentran que el comportamiento de las lluvias presenta diferentes regímenes en los Andes y están moderadamente correlacionados con la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 4 (Pacífico Ecuatorial Central). **(Lavado, Ronchail, Labat, Guyos, & Espinoza, 2012)** plantean que las lluvias y los caudales en el norte de la vertiente del Pacífico peruano y en la vertiente del lago Titicaca, son influenciadas de manera inversa por la variabilidad del ENOS. Así, durante El Niño, las lluvias y caudales están sobre sus valores normales en la costa norte, mientras que en la vertiente del Titicaca y al este de los Andes se presentan sequías hidrológicas. En tal sentido, la cuenca hidrográfica del Titicaca tiene gran importancia para la zona del Altiplano (Perú-Bolivia) por ser el afluente hídrico del lago Titicaca y la variabilidad está determinada por los patrones de precipitación. **(Espino, Alburqueque, & Chura, 2017).**

## VI. Hipótesis del trabajo

Existe relación directa entre el nivel hídrico del lago y cambio climático global en el lago Titicaca de la región de Puno

## VII. Objetivo general

Determinar cuál es la relación que existe entre el nivel hídrico del lago y cambio climático global en el lago Titicaca de la región de Puno

## VIII. Objetivos específicos

Evaluar cual es la relación que existe entre el nivel hídrico del lago y los elementos climáticos en el lago Titicaca de la región de Puno

Relacionar el nivel hídrico de lago con el caudal de ríos afluentes tributarios del lago Titicaca de la región de Puno.

Analizar el comportamiento de la variación de la tendencia del nivel hídrico respecto al calentamiento global del lago Titicaca de la región de Puno.

## IX. Metodología de investigación

### 9.1. Relación del nivel del lago y elementos climáticos:

Y = nivel hídrico del lago

Xi = elementos climáticos (precipitación, temperatura, humedad, evaporación, entre otros)



Para determinar los parámetros del modelo, se aplicará la estimación por máxima verosimilitud cuyo modelo general está dado por:

$$Y = f(X_1, \dots, X_k, \beta_1, \dots, \beta_p) + \varepsilon \quad (14)$$

Donde  $\varepsilon$  está distribuido en forma normal y satisface todas las otras suposiciones del modelo de regresión lineal básico. Entonces, para cada una de las N observaciones en  $Y_i$  y las  $X_i$  correspondientes, se puede escribir la distribución de probabilidad de  $Y_i$ , dadas las  $X_i$  y  $\beta$ , como:

$$f(Y_i, X_i, \beta) = \left[ \frac{1}{2\pi\sigma^2} \right]^{1/2} \exp \left[ \left( -\frac{1}{2\sigma^2} \right) (Y_i - f(X_{1i}, \dots, X_{ki}, \beta_1, \dots, \beta_p)) \right]^2$$

Donde exp representa la función exponencial. Entonces, la función log-verosimilitud para todas las N observaciones está dada por:

$$\begin{aligned} \text{Log}L &= \sum f(Y_i, X_i, \beta) \\ &= -\left(\frac{N}{2}\right) \log 2\pi - \left(\frac{N}{2}\right) \log \sigma^2 - \left(\frac{1}{2\sigma^2}\right) \sum (Y_i - f(X_{1i}, \dots, X_{ki}, \beta_1, \dots, \beta_p)) \end{aligned}$$

(Todas las sumatorias son calculadas sobre las observaciones  $i = 1, 2, \dots, N$ .)

Al diferenciar la última ecuación con respecto a cada una de las  $\beta$  y  $\sigma^2$ , igualando a 0 y resolviendo, obtendremos un sistema de  $p+1$  ecuaciones no lineales con  $p+1$  incógnitas. Si las ecuaciones no son lineales, el proceso de solución es más complejo y se debe usar un procedimiento numérico.

## 9.2. Relación nivel hídrico del lago y los caudales de los ríos afluentes tributarios

$$Y = f(Q_1, \dots, Q_k, \beta_1, \dots, \beta_p) + \varepsilon$$

Donde:

$Y$  = nivel del hídrico del lago

$Q_i$  = caudales de los ríos tributarios con aforos registrados y del río Desaguadero

$\beta_i$  = parametros del modelo

$\varepsilon$  = error estocastico del modelo

## 9.3. Análisis de tendencia del nivel hídrico respecto al calentamiento global del lago

Se utilizará la prueba de Kendall Tau por Mann (1945) y Kendall (1975), es la prueba no paramétrica basada en el rango para evaluar la importancia de una tendencia. La hipótesis nula  $H_0$ : Hay una tendencia en la serie  $\{X_i, i = 1, 2, \dots, n\}$  la hipótesis alterna es,  $H_a$ : hay una tendencia en la serie (Galvez, 2017). El estadístico S de Tau de Kendall se define como:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i)$$

Donde  $X_j$  son los valores de datos secuenciales, n es la longitud del conjunto de datos, y:





$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \theta > 0 \\ 0 & \text{si } \theta = 0 \\ -1 & \text{si } \theta < 0 \end{cases}$$

Para  $n \geq 8$ , la estadística  $S$  es aproximadamente normal distribuido con la media y la varianza de la siguiente manera:  $E(S) = 0$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{m=1}^n t_m m(m-1)(2m+5)}{18}$$

Donde  $t_m$  es el número de vínculos de grado  $m$ . La prueba estadística estandarizada  $Z$  se

$$\text{calcula: } Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

El valor de probabilidad  $P$  de la estadística  $S$  de MK para datos de la muestra se puede estimar usando la función de distribución acumulativa normal como:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-t^2/2} dt$$

## X. Referencias

- Aceituno, P. (1988). On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part 1: surface climate. *Monthly Weather Review*, v. 116, p. 505-524.
- Aceituno-Montecinos, A. (1993). Circulation anomalies associated with dry wet periods in the South American Altiplano. *Fourth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, Hobart, Australia.
- Baldini, R. (2015). *Estimación del rendimiento futuro de caña de azúcar usando el modelo GCM-MRI y un modelo de rendimiento de cultivos*. Lima Peru: Tesis de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Agraria la Molina. 147 p.
- Espino, M., Alburqueque, E., & Chura, R. (2017). Nivel hídrico y precipitaciones del lago Titicaca en relación con las variables de macroescala del océano Pacífico. *Revista de la Universidad Ricardo Palma TRADICIÓN*, Segunda época 2017 N° 17, pp 36-43.
- Galvez, A. P. (2017). *Caracterización de la sequías Históricas y Proyectadas Bajo Escenarios de Cambio Climático en la Cuenca del Río Mantaro*. Lima Peru: Universidad Nacional Agraria la Molina, Maestría en Recursos Hídricos.
- Guzman, F. (2013). *Evaluación del impacto del cambio climático en el cultivo de café en la cuenca alta del río Sisa, provincias de Lamas (distrito Alonso de Alvarado) y El Dorado (distrito San Martín de Alao) región San Martín*. Lima peru: Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. 80 p.
- IPCC. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- Lavado, C. W., Ronchail, J., Labat, D., Guyos, L., & Espinoza, J. (2012). A basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969-2004) Pacific, Titicaca and Amazonas drainages. *Hydrological Sciences Journal*. 57 (4), p. 1-18.
- Martelo, M. t. (2006). *Impacto del cambio climático en la agricultura de Venezuela*. Caracas. Venezuela: Universidad Central de Venezuela. Departamento Ingeniería Hidrometeorológica, Facultad de Ingeniería.
- MINAM. (2013). *Línea base Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca*. Lima: Viceministerio de Gestión Ambiental.





- Ministerio del Ambiente. (2014). *Estado de la Calidad Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca Ambito Peruano*. Lima Peru.: Comisión Multisectorial para la Prevención y Recuperación Ambiental del Lago Titicaca y sus Afluentes ( D.S. N° 075-2013-PCM).
- Sanabria, J., Marengo, J., & Valverde, M. (2009). *Escenarios de Cambio Climático con modelos regionales sobre el Altiplano Peruano (Departamento de Puno)*. São Paulo, Brasil: Revista Peruana Geo-Atmosférica Rpga (1), 134-149 (2009).
- Sanabria, J., Marengo, J., & Velarde, M. (2010). Escenarios de Cambio Climático con modelos regionales sobre el Altiplano Peruano (Departamento de Puno) Centro de Ciencias do Sistema Terrestre-INPE. *Rodovia Presidente Dutra, Km 40, 12630-000 Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI*.
- Schlesinger, W. (2000). *Biogeoquímica: un análisis del cambio global*. Barcelona: Colección Ariel Ciencias. Editorial Ariel, S.A. 582 p.
- Velasquez, V. (2011). *Efectos del cambio climático en el sector primario de dos especies de importancia económica para el estado de México*. Tesis de Ingeniería Geógrafa. Universidad Nacional Autónoma de México. 83 p.
- Watson, R. M., Zinyowera, R., & Dokken, D. (1997). Impactos regionales del cambio climático; evaluación de la vulnerabilidad (Resumen para responsables de políticas). Informe especial de grupo de trabajo II del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). *Publicado por la Organización Petrológica Mundial (OMM) & el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Suiza. , 16 p. .*

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

Los resultados obtenidos en la presente investigación, servirá de referencia para las posteriores investigaciones relacionados a estudios de los niveles hídricos del lago Titicaca de la región de Puno. Motivar a los investigadores la aplicación de modelos matemáticos, en el área de hidrología (Variación climática y su influencia en el nivel hídrico del lago), que permitirá elevar el nivel de investigación dentro del campo de hidrología aplicada y el cambio climático global. El resultado de la investigación es posible demostrar la relación entre el nivel hídrico del lago y cambio climático global del lago Titicaca en la región de Puno y se demostrara que la presencia de sequias hidrológicas que afectan a la variación del nivel del lago y posteriormente hacer posible la regionalización de las sequias hidrológicas en la vertiente del Titicaca.

## XII. Impactos esperados

### i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Dada la creciente escala e intensidad de las amenazas (sequias hidrológicas) a la



agricultura, resulta vital desarrollar estructuras adecuadas de gobernanza de desastres y crisis incluidas políticas favorables, capacidades reforzadas y mecanismos de financiación específicos. Para ser eficaces, las estrategias para la reducción del riesgo, las respuestas humanitarias, la creación de resiliencia y la adaptación al cambio climático deben basarse en datos y evidencias que detallen las formas en que los desastres afectan a los agricultores y a los productores de alimentos en la zona de estudio.

## ii. Impactos económicos

La variación de los niveles del lago está relacionada con la sequía hidrológica, la cual produce una compleja red de impactos que abarca muchos sectores de la economía y va mucho más allá de lo que ocasiona una sequía física. Esta complejidad existe porque el agua es integral a la habilidad de la sociedad para producir bienes y proveer servicios. Los desastres naturales causan pérdidas de miles de millones de dólares EEUU anuales a los agricultores de países en desarrollo. La sequía hidrológica es la más destructiva de un amplio abanico de amenazas que incluye inundaciones, incendios forestales, tormentas, plagas de las plantas, brotes de enfermedades animales, derrames químicos y algas tóxicas. Por lo que con el conocimiento de las sequías hidrológicas y sequías meteorológicas y un pronóstico de las mismas se pueden evitar pérdidas económicas significativas puesto que con esta investigación los agricultores tendrán una referencia de cuándo, cuánto y donde cultivar.

## iii. Impactos sociales

Las sequías prolongadas en el altiplano vienen transformando los ecosistemas. Nuevas y distintas formas de sobrevivencia se han generado. Sin embargo, el impacto social de la sequía hidrológica ha obligado a generar nuevas formas de obtener el líquido elemento realizando perforaciones de posos tubulares clandestinos. El pronóstico de sequías hidrológicas y meteorológicas podría ayudar a concientizar y hacer que las personas adecuadamente este líquido vital para la sobrevivencia.

## iv. Impactos ambientales

El impacto esperado es evitar las pérdidas ambientales que son el resultado de daños a las especies de plantas y animales, hábitat silvestre, y calidad del aire y agua, incendios, degradación de calidad del paisaje, pérdida de biodiversidad, y erosión del suelo. Algunos de estos efectos son de corto plazo, y otros tardan más tiempo y algunos llegan a ser



permanentes. Una sequía extensa puede conducir a la desertificación, a incendios forestales, a corto plazo y a la degradación general de la calidad del suelo. Algunas veces los efectos son de corta duración, restableciéndose las condiciones normales de forma rápida cuando finaliza la sequía.

El hábitat silvestre puede ser degradado a través de la pérdida de humedales, lagos y vegetación. Sin embargo, muchas especies eventualmente se recuperan de esta aberración temporal. La degradación de la calidad del paisaje, incluyendo la erosión creciente del suelo, puede conducir a pérdida más permanente de productividad biológica.

### **XIII. Recursos necesarios**

Información meteorológica:

Serie de datos meteorológicos del SENAMHI-Puno

Materiales de escritorio e impresión.

Materiales y equipos de cómputo.

Software: ARC GIS, HIDROESTA, Microsoft office 2019, y otros.

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

La cuenca del lago Titicaca se encuentra en Sudamérica, al sur del Perú y el noroeste de Bolivia, entre los 14 ° 05' y 16° 50' de longitud norte y 68° 10' y 71° 05' longitud oeste. La cuenca del Lago Titicaca lado peruano, se encuentra íntegramente ubicado en el departamento de Puno, forma parte del Sistema Hídrico TDPS, con una extensión de 48 910,64 Km (67,93%) y 1 285 215,60 (3,8%) del Sistema, departamento y nacional respectivamente, tiene una disponibilidad hídrica de 9 877 hm<sup>2</sup> de los 149 589 Km<sup>2</sup> (32,70%), 71 999 Km<sup>2</sup>. En cuenca se estima una población de 1 273 014 habitantes, que representa el 91,60% y 4,18% de la población regional y nacional respectivamente, densidad poblacional de 26,03 hab/km<sup>3</sup> (MINAM, 2013).

### **XV. Cronograma de actividades**

Actividad	Trimestre del 2021			
	I	II	III	IV
1.- Revisión bibliográfica	x	x		
2.- Recopilación de información	x	x		



3.- Obtención de información meteorológica		X	X	
4.- Análisis de consistencia de la Información		X	X	
5.- Uso de los modelos de máxima verosimilitud		X	X	
6.- Pruebas estadísticas de tendencia.		X	X	
7.- Determinación de los niveles hídricos del lago			X	X
8.- Redacción del informe final				X

### XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo Total (S/.)
<b>1.- BIENES</b>				<b>9100.00</b>
1.1. Información meteorológica	años	100.00	40	4000.00
1.2. Cámara fotográfica	Unidad	1500.00	1	1500.00
1.3. Información bibliográfica y software	Varios	2000.00	1	2000.00
1.4. Tóner para Impresora	Unidad	800.00	2	1600.00
<b>2.-SERVICIOS</b>				<b>7000.00</b>
2.1. Pasajes	Unidad	200.00	10	2000.00
2.2. Alimentación	Unidad	500.00	10	5000.00
<b>3.-OTROS GASTOS</b>	<b>Unidad</b>			<b>5000.00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>21100.00</b>