



## ANEXO 1

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

#### 1. Título del proyecto

Impactos de la sequía en la calidad del agua superficial de la cuenca del río llave

#### 2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Recursos Naturales y Medio Ambiente	Recursos Hídricos	1.05.11 Oceanografía, Hidrología, Recursos hídricos

#### 3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

#### 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	Laqui Vilca Wilber Fermín
Escuela Profesional	Ingeniería Agrícola
Celular	990088187
Correo Electrónico	wlaqui@unap.edu.pe

##### I. Título

Impactos de la sequía en la calidad del agua superficial de la cuenca del río llave

##### II. Resumen del Proyecto de Tesis

La cuenca del río llave en el extremo sur de la región Puno, es una cuenca aparentemente rica en recursos hídricos, sin embargo, los resultados del balance hídricos señalan lo contrario. A esto, se suma que esta cuenca está sujeta a un régimen climático difícil para el establecimiento de poblaciones, animales y plantas, tanto por su severidad como por sus variaciones significativas. Las sequías son los eventos extremos más frecuentes, así como los que producen los daños más graves en la cuenca, debido a las alteraciones en la cantidad y calidad del agua, en razón a ello, este estudio centró sus esfuerzos en la evaluación del impacto de las sequías en la calidad del agua de la cuenca del río llave, a fin que los resultados



obtenidos constituyan una herramienta para la toma de decisiones en la Gestión de Riesgo de Desastres.

### III. Palabras claves (Keywords)

Sequías, sequia hidrológica, calidad del agua, llave

### IV. Justificación del proyecto

Las sequías se presentan en casi todas las zonas climáticas, aun cuando las características de cada región son diferentes (Mishra & Singh, 2010). Las sequías pueden desarrollarse en periodos cortos (meses) o periodos largos de tiempo (años) por diferentes situaciones o causas, las que dependen de las características climáticas propias de cada región, inclusive del uso del agua, del uso del suelo y de las diferentes actividades económicas que se desarrollan (Carbone, Forneron, & Piccolo, 2015; Mishra & Singh, 2010; Van Loon, 2015; Wilhite & Pulwarty, 2005).

La sequía se percibe como uno de los desastres naturales más costosos y menos entendidos, dada la dificultad para definir su comienzo y fin, su lento desarrollo y las múltiples facetas que posee a nivel regional (NDMC, 2016). La sequía afecta el nivel de precipitación, almacenamiento de agua subterránea, la disponibilidad de humedad del suelo y la calidad del agua (Tallaksen & Lanen, 2004; Peña-Guerrero et al., 2020).

Junto a la calidad del suelo y otros indicadores biofísicos, la calidad del agua cada vez más llama la atención como un indicador integral de la calidad de los suelos y los ecosistemas (Cairns et al, 1993). La calidad del agua sería un indicador adecuado e ideal para la gestión sostenible del territorio si se selecciona, mide y evalúa adecuadamente, ya que existen muchos paralelismos entre las definiciones multi-disciplinarias de la calidad del agua y la gestión sostenible del territorio. La calidad del agua es la capacidad de un recurso específico de agua, debido a su composición química, atributos físicos, biológicos y socioeconómicos, para funcionar dentro de los ecosistemas naturales o gestionados, en la productividad sustentable de cultivos y animales, en el manejo y mantenimiento de la calidad del suelo y contribuir a la mejora de salud humana y habitats de los ecosistemas acuáticos. La gestión sostenible del territorio, por el contrario, implica una gestión exitosa de los recursos terrestres (incluidos los recursos hídricos) de modo que los cambios en las necesidades humanas se satisfacen, a medida que mientras manejamos el territorio y conservamos sus recursos (Ochola, 2003).

Teniendo en consideración que la cuenca del río llave está expuesta a la ocurrencia de permanentes sequías, este estudio permitirá mejorar el conocimiento del impacto de las sequías en la calidad del agua.

### V. Antecedentes del proyecto

En Chile, Peña-Guerrero et al. (2020), evaluaron el impacto de las sequías en la calidad del agua y su implicancia en la producción agrícola en la cuenca del río Maipo. A partir de la determinación del índice estandarizado de precipitación (SPI) e índice estandarizado de caudales (SSI) se determinaron los niveles de sequía meteorológica e hidrológica que se presentaron en la cuenca de estudio, los que fueron relacionados con los parámetros de la calidad del agua medida en nueve estaciones de control, determinando la existencia de un alto grado de correlación entre las sequías meteorológicas e hidrológicas, lo que denota la dependencia de



los caudales de la precipitación del año previo. Asimismo, determinaron una alta correlación entre el nivel de sequía y parámetros de la calidad del agua.

Zubieta et al. (2021) analizaron el impacto del cambio climático en las sequías meteorológicas, hidrológicas y agrícolas en el Sistema Hídrico TDPS, determinando que en el periodo actual en esta región ocurrió distintos eventos de sequías, por lo que es una región propensa a la ocurrencia de este tipo de fenómenos climáticos extremos. Asimismo, determinaron que el cambio climático potenciará la ocurrencia de eventos de sequías, mostrando incrementos en su intensidad, duración y frecuencia.

Condori et al. (2021) determinaron el impacto de las sequías meteorológicas en la región Puno, a partir de la estimación del índice estandarizado de precipitación encontraron que los periodos de mayor intensidad de las sequías se registraron en los años 1982/83, 1989/90 y 1991/92 donde escalaron a niveles de severo y extremo. Sin embargo, a partir de las estadísticas de pérdidas de la Dirección Regional Agraria de Puno, no se puede afirmar que las sequías generaron pérdidas, por lo contrario, indican que las mayores pérdidas económicas se registraron en años donde no se presentaron episodios de sequías.

## VI. Hipótesis del trabajo

Existe una alta correlación entre la ocurrencia de eventos de sequías y los parámetros básicos de la calidad del agua superficial de la cuenca del río llave.

## VII. Objetivo general

Evaluar el impacto de las sequias en la calidad del agua superficial de la cuenca del río llave.

## VIII. Objetivos específicos

- Determinar la distribución espacial de las sequías meteorológicas en la cuenca del río llave y explorar su relación con las sequías hidrológicas.
- Evaluar el impacto de las sequías hidrológicas en los parámetros básicos de la calidad del agua superficial.

## IX. Metodología de investigación

### 9.1. Estimación de la sequía meteorológica

Las sequias meteorológicas se determinaron mediante el método de Índice de Precipitación Estandarizada (Standardized Precipitation Index, SPI), (Karavitis, Alexandris, Tsismelis, & Athanasopoulos, 2011; McKee et al., 1993) resultando idóneo en la caracterización de la severidad de las sequías meteorológicas. Se basa en registros de precipitación mensual a largo plazo que se ajustan a una distribución de probabilidad gamma. Esta distribución se transforma entonces en una distribución normal, con media cero (Şen, 2015a).

En la Tabla 1, se presentan la clasificación de los valores del índice de precipitación estandarizada (SPI), su correspondiente Categoría.

Tabla 1: Clasificación del SPI por Categorías



Valor SPI	Categoría
2.00 o mayor	Extremadamente húmedo
1.50 a 1.99	Muy húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo
0 a 0.99	Ligeramente húmedo
0 a -0.99	Ligeramente seco
-1.00 a -1.49	Moderadamente seco (sequía moderada)
-1.50 a -1.99	Muy seco (sequía severa)
-2.00 o menor	Extremadamente seco (sequía extrema)

Los datos a usarse para el cálculo de SPI provendrán de estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y la base de datos PISCO ('Peruvian Interpolation of the SENAMHIs Climatological and Hydrological Stations') (Aybar, 2019).

### 9.1. Estimación de la sequía hidrológica

El índice estandarizado de caudales (SSI) será utilizado de igual manera al SPI para la estimación de la sequía hidrológica para caudales mensuales, para la calificación de las categorías de sequías hidrológica se empleará las categorías de la sequía meteorológica.

## X. Referencias

- Aybar, C., Fernández, C., Huerta, A., Lavado, W., Vega, F., & Felipe-Obando, O. (2019). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. *Hydrological Sciences Journal*, 1-16. doi:10.1080/02626667.2019.1649411
- Cairns, J; McCormick, P; Niederlehner, B. 1993. A proposed framework for developing indicators of ecosystems health. *Hydrobiologia*; 236: 1-44.
- Carbone, M. E., Forneron, C. F., & Piccolo, M. C. (2015). Impacto de los eventos de sequía en la region de la cuenca hidrografica de la laguna Sauce Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Investigaciones Geográficas*, 63, 131-142.
- Condori-Apaza, V., Mamani-Luque, O., Alfaro-Alejo, R., Laqui, W. & Condori, W. (2021). Analysis and impact of meteorological droughts in the agriculture of Puno region, Peru. *E3S Web Conf.*, 304 (2021) 03002. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130403002>
- Karavitis, C. A., Alexandris, S., Tsesmelis, D. E., & Athanasopoulos, G. (2011). Application of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Greece. *Water*, 3(3), 787.
- McKee, T. B., Doesken, J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Paper presented at the Eight Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1–2), 202-216. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>
- NDMC. (2016). Drought Basics. The National Drought Mitigation Center. Retrieved from <http://drought.unl.edu/>
- Ochola, W; Kerkides, P; Argyrokastritis, I. 2003. Water quality: an indicator for sustainable land management?. *European Water* 3/4: 17-24.



- Peña-Guerrero, M., Nauditt, A., Muñoz-Robles, C., Ribbe, L. & Meza, F. (2020): Drought impacts on water quality and potential implications for agricultural production in the Maipo River Basin, Central Chile, *Hydrological Sciences Journal*, DOI: 10.1080/02626667.2020.1711911
- Şen, Z. (2015a). Chapter Two - Basic Drought Indicators. In *Applied Drought Modeling, Prediction, and Mitigation* (pp. 43-105). Boston: Elsevier.
- Tallaksen, L. M., & Lanen, H. A. J. V. (Eds.). (2004). *Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater* (Developments in Water Science ed. Vol. 48). Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Van Loon, A. F. (2015). Hydrological drought explained. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2(4), 359-392. doi:10.1002/wat2.1085
- Wilhite, D., & Pulwarty, R. (2005). Drought and Water Crises. In *Drought and Water Crises* (pp. 389-398): CRC Press.
- Zubieta, R., Molina-Carpio, J., Laqui, W., Sulca, J. y Ilbay, M. (2021). Comparative analysis of climate change impacts on meteorological, hydrological, and agricultural droughts in the Lake Titicaca basin. *Water*, 13 (2), 175. <https://doi.org/10.3390/w13020175>

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

Conocer el impacto de las sequías en la calidad del agua superficial de la cuenca del río llave es de fundamental importancia para determinar las implicancias en el uso del recurso hídrico en la cuenca, así como para el planeamiento y manejo de los sistemas de recursos hídricos, siendo de utilidad para la toma de decisiones de entidades relacionadas con la gestión de los recursos hídricos y gestión de riesgo de desastres.

## XII. Impactos esperados

### i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Mejorar el conocimiento del impacto del cambio climático en la calidad del agua superficial de la cuenca del río llave.

### ii. Impactos económicos

La mejora del conocimiento del impacto de las sequías en la calidad del agua superficial permitirá a las entidades públicas y privadas efectuar una adecuada planificación de la elaboración de los planes de prevención y contingencia ante la ocurrencia de sequías, así como para su intervención con medidas de supervisión y fiscalización de las fuentes contaminantes y regulación de los vertimientos, principales condicionantes del estado de la calidad del agua de la cuenca.

### iii. Impactos sociales

La mejora del conocimiento del impacto de las sequías en la calidad del agua superficial permitirá que la población de la cuenca determine las implicancias en los usos de agua de la cuenca y efectúe la planificación del uso del agua en la cuenca.



#### iv. Impactos ambientales

La mejora del conocimiento del impacto de las sequías en la calidad del agua superficial permitirá que las entidades competentes efectúen acciones para la conservación de las fuentes de agua a través de una adecuada planificación del uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.

#### XIII. Recursos necesarios

Ejecutor  
Apoyo de profesionales especialistas en el tema del proyecto de investigación y afines

**MATERIALES DE CAMPO:**  
Sistema de posicionamiento global (GPS)  
Multiparámetro  
Cámara digital  
Cuaderno de campo  
Tablero  
Fichas técnicas  
Movilidad

**MATERIALES DE GABINETE:**  
Computadora (procesar información)  
Impresora y plotter  
Hojas bond 75 gr.  
Calculadora  
Útiles de escritorio

**SOFTWARE:**  
Software Arc GIS 10.5  
QGis  
Google Earth PRO  
R y R Studio  
Microsoft Excel 2013 394  
Microsoft Word 2013

#### XIV. Localización del proyecto

La cuenca del río llave se encuentra ubicado en los Andes del sur del Perú, en la región del Altiplano (69.4W-70.38W; 17.14S 15.8S), con área de drenaje de 7,790 km<sup>2</sup>, altitudes que van de 3805 a 5.400 metros de altitud y una altitud media de 4300 m.s.n.m

#### XV. Cronograma de actividades

Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elaboración del proyecto	X											
Presentación del proyecto	X											
Revisión bibliográfica	X	X	X									
Elaboración de instrumentos			X	X	X							
Aplicación de instrumentos				X	X	X	X	X	X			
Evaluación de resultados						X	X	X	X	X	X	X



Elaboración de artículo científico								X	X	X	X	X
Presentación de manuscrito												X
Someter manuscrito a revista indexada												X

### XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Papelería en general	Glb	800.00	1	800.00
Datos climáticos e hidrológicos	Glb	900.00	1	900.00
Viáticos	Día	100.00	8	800.00
Gastos de transporte (trabajo de campo)	Glb	2,000.00	1	2,000.00
Alquiler de multiparámetro	Glb	2,500.00	1	2,500.00
Alquiler de correntómetro	Glb	2,000.00	1	2,000.00
Capacitación en tema afín a la investigación	Und	1,000.00	1	1,000.00
<b>TOTAL</b>				<b>10,000.00</b>