



## ANEXO 1

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

#### 1. Título del proyecto

Evaluación de la calidad de agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno, Perú.

#### 2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Medio ambiente	Recursos naturales	Ciencias Naturales

#### 3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

#### 4. Tipo de proyecto

<u>Individual</u>	<input type="checkbox"/>
<u>Equipo</u>	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>Director de tesis pregrado</u>	<input type="checkbox"/>

#### 4. Datos de los integrantes del proyecto

<b>Apellidos y Nombres</b>	Villafuerte Prudencio Nazario
<b>Escuela Profesional</b>	<b>Ingeniería Química</b>
<b>Celular</b>	950954344
<b>Correo Electrónico</b>	nvillafuerte@unap.edu.pe
<b>Apellidos y Nombres</b>	Teves Ponce Luz Marina
<b>Escuela Profesional</b>	<b>Ingeniería Química</b>
<b>Celular</b>	983194501
<b>Correo Electrónico</b>	ltevep@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)

Evaluación de la calidad de agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno, Perú.

- 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)



La ejecución del presente proyecto de investigación se llevará a cabo en la ciudad de Puno, Perú, durante el año 2021. El material experimental serán las muestras de agua de lluvia, recolectada en 4 puntos de muestreo. El objetivo principal es determinar la calidad de las aguas de lluvia en la ciudad de Puno, mediante la determinación fisicoquímica y microbiológica. Para las determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas se aplicarán los métodos de análisis estándar utilizados para el agua de consumo humano. Los resultados esperados son, que las aguas de lluvia se puedan aprovechar para uso doméstico en los Barrios Marginales de la Ciudad de Puno, que no cuentan con abastecimiento de agua potable.

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

Calidad de agua, agua de lluvia, análisis fisicoquímico, análisis microbiológico

**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)**

La actual crisis del agua que aqueja al planeta, manifestada en la pérdida considerable del recurso hídrico obliga el aprovechamiento de otras fuentes alternativas como el agua de lluvia que abunda, para el caso del Perú, en algunos periodos del año.

La calidad de agua de lluvia en el Perú no se ha estudiado a fondo, se desconocen en varias localidades sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas que dependen de los diversos componentes presentes en el aire por actividades antrópicas y condiciones naturales.

**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)**

El agua de lluvia de la ciudad de Ibagué, Colombia es una potencial fuente alternativa de abastecimiento para consumo humano, especialmente cuando se deteriora la calidad del agua del río Combeima por elevados niveles de turbiedad, que obliga la suspensión del servicio (Ospina & Ramirez , 2014).

El uso de aguas de lluvia no está sujeto a cobranzas, al contrario de otros tipos de aguas. Además de ser accesible a todos, independientemente de la condición social o económica, puede contribuir por dos cuestiones principales relacionadas al agua: i) disminución de la demanda de agua de abastecimiento , por el almacenamiento del agua de lluvia en cisternas o reservorios, preservando los manantiales superficiales y subterráneos, y ii) disminución de los picos de volumen de agua en los lechos de los ríos, mediante la retención temporal de los volúmenes de agua de lluvia, captados en las superficies impermeables de los terrenos y almacenados en reservorios , disminuyendo la magnitud de la inundaciones urbanas (Costa, Gomes, & Anco, 2014).



La implementación de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para conocer su calidad, se realizaron análisis microbiológicos y fisicoquímicos basados en la normatividad vigente en México. Los resultados microbiológicos mostraron diversos tipos de bacterias como bacilos, cocos y coliformes, entre ellos *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*, mientras que los fisicoquímicos reportaron concentraciones bajas de Sólidos Suspendidos Totales (8,9 mg/L), Demanda Biológica de Oxígeno (2,7 mg/L), Demanda Química de Oxígeno (6,7 mg/L) y Carbón Orgánico Total (1,9 mg/L) (Rojas, Gallardo, & Martínez, 2012).

En promedio, el agua de lluvia es ligeramente ácida (pH = 5,89) lo que sugiere la presencia de especies ácidas o ligeramente ácidas. No se evidencian la presencia de Pb, pero las concentraciones de los metales traza Cu ( $23,47 \pm 13,97 \mu\text{g/L}$ ), Cd ( $4,72 \pm 3,29 \mu\text{g/L}$ ) y V ( $11,25 \pm 6,75 \mu\text{g/L}$ ) son elevadas y se encuentran por encima del rango de concentración reportado por otros sitios del mundo. Lo anterior indica que la actividad antropogénica es uno de los principales fuentes responsables de la presencia de estos metales (Doria, 20017).

Uno de los intentos para abordar el problema de los recursos hídricos es aprovechar el potencial del volumen de agua de lluvia con un sistema de recolección de agua de lluvia. El objetivo principal de este estudio fue investigar el efecto de la diferencia de duración de los datos de la lluvia y el periodo de tiempo para evaluar el sistema de recolección de agua de lluvia. El análisis se realizó considerando 15, 5, 3, 2 años, año promedio del sistema de recolección de agua el año húmedo y año seco para la ciudad de Palembang en Sumatera Sur (Imroatul C. Juliana, 2017).

La gran variabilidad temporal y espacial de la calidad del agua de lluvia, dificulta la evaluación preliminar de su explotación económica. El objetivo del artículo fue establecer los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de diferentes fuentes de agua de lluvia, y a partir de los resultados obtenidos determinar las posibilidades de su uso seguro en los hogares. Se identificaron en el agua contaminación bacteriana significativa, disminución del pH y aumento de la turbidez, dependiendo de los parámetros del techo lavado por la lluvia y la intensidad y frecuencia de la precipitación (Zdeb, Zamorska, Papciak, & Slys, 2020).

Este estudio evaluó el desempeño de los sistemas de recolección de agua de lluvia instalados para servicios públicos seleccionados en las provincias del norte de Vietnam, donde el agua de lluvia se recolectaba, se almacenaba en tanques de acero inoxidable y se trataba con una unidad de filtración compleja y un sistema de desinfección ultravioleta (UV) (sistema completo). Los resultados de una operación de más de 5 años muestran que el agua de lluvia sin tratar no se podía usar directamente para beber ya que estaba contaminada con bacterias (coliformes totales TC = 200-300 UFC / 100 ml, *Pseudomonas aeruginosa* PA = 40-160 CFU / 100 ml) y turbidez = 2-4 NTU. La mayoría de los metales pesados detectados se encontraron por debajo de los límites estándar. El fenol y sus derivados se detectaron ocasionalmente como más altos que el valor estándar ( $1 \mu\text{g} / \text{L}$ ). Después del tratamiento, todos los parámetros cumplieron con los estándares del agua potable. Los costos de capital de los sistemas de agua de lluvia fueron de aproximadamente US \$ 200 /  $\text{m}^3$  y US \$ 180 /  $\text{m}^3$  para un sistema completo y un sistema simplificado (sin unidad de filtración compleja), respectivamente, mientras que los costos de operación y mantenimiento (O&M) fueron de 3 centavos / L y 0,8 centavos / L en promedio para un sistema completo y uno simplificado, en consecuencia (Hijo H. Tran, 2020).



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

H.G: La calidad del agua de lluvia de la ciudad de Puno se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.  
 HE1: Los parámetros físicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno no sobrepasan los límites máximos permisibles.  
 HE2: Los parámetros químicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno no sobrepasan los límites máximos permisibles.  
 HE3: Los parámetros microbiológicos y parasitológicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno no sobrepasan los límites máximos permisibles.

**VII. Objetivo general**

Determinar la calidad del agua de lluvia de la ciudad de Puno, Perú

**VIII. Objetivos específicos**

- 1.- Determinar los parámetros físicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno
- 2.- Determinar los parámetros químicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno
- 3.- Determinar los parámetros microbiológicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno.

**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)

**9.1 Diseño de la Investigación:**

Experimental

**9.2 Metodología de la Investigación:**

Deductivo – conclusión

**9.2 Técnicas e Instrumentos de Investigación:**

Como Técnica de investigación se usará las estadísticas

Como instrumentos de investigación se designará puntos de monitoreo en la ciudad de Puno que son:

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Lugar de muestreo	Barrio Bellavista	Barrio Chanu Chanu	Barrio Llavini	FIQ-UNA*
Posición	19L 0391516	19L 0391515	19L 0390575	19L 0390793
	UTM 8249281	UTM 8246388	UTM 8250478	UTM 8246388

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones con GPS





dentro de los LMP?.						
¿ Los parámetros químicos del agua de lluvia están dentro de los LMP	2.- Determinar los parámetros químicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno	Los parámetros químicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno no sobrepasan los límites máximos permisibles.	<b>Var. Independ.:</b> Alcalinidad (X3) Dureza total(X4) Calcio (X5) Cloruros (X6) Sulfatos (X7) Magnesio (X8) DBO (X9) DQO (X10) Turbiedad (X11) <b>Var. Depend.:</b> Calidad del Agua (Y)	Concentración Concentración Concentración Concentración Concentración Concentración Concentración Concentración Concentración NTU Calidad de Agua	Método Estándar	A través de las Pruebas estadísticas paramétricas de: regresión lineal y las variables
¿Los parámetros microbiológicos del agua de lluvia están dentro de los LMP	3.- Determinar los parámetros microbiológicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno.	Los parámetros microbiológicos y parasitológicos del agua de lluvia de la ciudad de Puno no sobrepasan los límites máximos permisibles.	<b>Var. Independ.:</b> Coliformes Termotolerantes (X12) Coliformes Fecales (X13) <b>Var. Depend.:</b> Calidad del Agua (Y)	NMP/100 ml NMP/100 ml Calidad de Agua	Artículos Científicos Bibliografía	A través de las Pruebas estadísticas paramétricas de: regresión lineal y las variables



- X.** Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

## Referencias

- Costa, H., Gomes, M., & Anco, P. (2014). Calidad de las aguas meteóricas en la ciudad de Itajubá, Minas Gerais, Brasil. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 9(2), 336-346. doi:10.4136/ambi-agua.1329
- Doria, C. (2017). Metales pesados (Cd, Cu, V, Pb) en agua lluvia en la zona de mayor influencia de la mina de carbón en la Guajira, Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 46(2), 37 - 44. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309051244004>
- Hijo H. Tran, H. T.-A.-A. (2020). Captación y tratamiento de agua de lluvia in situ para el suministro de agua potable: evaluación de costes y cuestiones técnicas. *Environ Sci Pollut*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07977-0>
- Imroatul C. Juliana, M. S. (2017). El efecto de ñas diferencias en la duración de los datos de lluvia y el periodo de tiempo en la evaluación del rendimiento del sistema de recolección de agua de lluvia para el uso doméstico del agua. *AIP Conference Proceedings 1903*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5011616>
- Ospina, O., & Ramirez, H. (2014). Evaluación de la calidad de agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia. *Ingeniería Ambiental*, 10(17), 125 - 138. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.812>
- Rojas, M., Gallardo, J., & Martínez, A. (2012). Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 15(1), 16 - 23. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43228285002>
- Zdeb, M., Zamorska, J., Papciak, D., & Slys, D. (2020). The Quality of Rainwater Collected from Roofs and the Possibility of Its Economic Use. *resources*. doi: <https://doi.org/10.3390/resources9020012>

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



## XII. Impactos esperados

### i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Generación de conocimiento sobre calidad de agua de lluvia de la Ciudad de Puno

### ii. Impactos económicos

Abaratamiento del recurso agua en barrios marginales de la ciudad de Puno

### iii. Impactos sociales

Los habitantes de los Barrios Marginales de la ciudad de Puno pueden ser beneficiados con el potencial de las aguas de lluvia a fin de maximizar su uso en favor del desarrollo sustentable de la ciudad.

### iv. Impactos ambientales

Aprovechamiento del agua de lluvia como recurso renovable

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

Laboratorio de Control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química y recursos FEDU.

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

En la ciudad de Puno, Perú. Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano -Puno.

## XV. Cronograma de actividades

Actividad	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Muestréos de agua de lluvia	X	X	X	X					X	X	X	
Análisis fisicoquímico y microbiológico	X	X	X	X					X	X	X	
Sistematización de la información					X	X	X	X	X	X	X	
Elaboración del informe final								X	X	X	X	X

## XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Análisis fisicoquímico	Muestras	75,00	20	1500,00





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Análisis microbiológico	Muestras	50,00	20	1000,00
Imprevistos				500,00
Total				3000,00