

ANEXO 1

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

1. Título del proyecto

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HIDRICA AZUL EN LA PRODUCCION DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*
Aellen) EN CONDICIONES DE CIP-ILLPA, PUNO**

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Ingeniería y Tecnología	Producción y Productividad	Agricultura-Recursos hídricos

3. Duración del proyecto (meses)

Doce meses

4. Tipo de proyecto

Individual	X
Multidisciplinario	
Director de tesis pregrado	

5. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Huanca Quiróz Elisbán Uriel
Escuela Profesional	Ingeniería Agronómica
Celular	951 498849
Correo Electrónico	elisbanhuanca@unap.edu.pe

I. Título

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HIDRICA AZUL EN LA PRODUCCION
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*
Aellen) EN CONDICIONES DE CIP-ILLPA, PUNO**

II. Resumen del Proyecto de Tesis

La quinua y cañihua son los principales granos alto andinos de consumo de los

pobladores de la Región Puno, proyectándose a ser alimentos potenciales de carácter nutracéutico y funcional para la humanidad presente y en el futuro. Sin embargo, la producción y la productividad actual no son los adecuados. El presente proyecto será para las condiciones de CIP-ILLPA, Puno (2021). Se plantea como objetivos específicos: Obtener la evapotranspiración y precisar el rendimiento del cultivo de quinua y cañihua en grano; determinar la huella hídrica azul del cultivo de quinua y cañihua en grano. La metodología a emplear para especificar la evapotranspiración y el rendimiento del cultivo de quinua y Kañiwa es vía lisímetro NFC. La cuantificación de la huella hídrica azul será de acuerdo al procedimiento de evaluación de HH propuesta por Hoekstra *et al.* en 2011, donde: $HH = \frac{RAC}{Y}$, (HH : Huella hídrica ; RAC: Requerimiento de agua del cultivo ; Y: rendimiento del cultivo). En el proceso del trabajo de investigación, la estadística a utilizarse será el descriptivo e inferencial. Los resultados esperados del presente trabajo sentarán las bases para investigaciones posteriores acerca de los factores, las herramientas y las estrategias de respuesta que intervienen para formular adecuados sistemas de producción de los granos andinos en la región, en un escenario futuro de uso eficiente del agua de los cultivos vía agricultura de riego complementario tecnificado.

III. Palabras claves

Palabras clave: Evapotranspiración, cultivo quinua, huella hídrica azul, cañihua, rendimiento.

IV. Justificación del proyecto

En la Región Puno, los granos andinos como quinua y cañihua se constituyen en alimentos básicos de sus habitantes. Sin embargo, la siempre persistencia de la adversidad climática (ocurrencia de sequías, heladas, granizadas,..), y la no adopción de tecnologías adecuadas son causas de los indicadores no satisfactorios de producción y productividad (Apaza, 2010); lo que conlleva a bajas eficiencias de uso del agua en los cultivos y probable una huella hídrica no adecuados, evidenciándose la demanda insatisfecha de los granos andinos.

Mujica *et al.* (2001), argumenta que la explosión demográfica de la actualidad acelera la

mayor demanda de alimentos, y se requiere con urgencia producir cultivos de calidad, altamente nutritivos y sanos como es la quinua y cañihua; por lo que, es de necesidad darse un especial atención en el campo de la investigación en los cultivos en referencia a fin de no sólo asegurar cosechas sino obtener buenos rendimientos sea en grano y en broza. Se remarca, la necesidad de conocer en la agricultura del altiplano peruano indicadores claves en el contexto del uso eficiente de agua en los granos andinos para plantear estrategias adecuadas vía conocimiento de la huella hídrica azul en la producción de quinua y cañihua en la región Puno: caso en condiciones de CIP-ILLPA, ámbitos de gran potencial de producción de quenopodiáceas vía agricultura de riego complementario tecnificado.

Por los argumentos expuestos, el presente proyecto de investigación propone responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuánto será la evapotranspiración del cultivo de quinua y cañihua en las condiciones de CIP-ILLPA, Puno ?
- ¿Cuál será el rendimiento del cultivo de quinua y cañihua de acuerdo a la variedad en la zona de Illpa, Puno ?
- ¿Cuánto será el indicador de huella hídrica azul en la producción de quinua y cañihua en las condiciones de CIP-ILLPA, Puno ?

V. Antecedentes del proyecto

La quinua como la cañihua, son los granos andinos más nutritivos del altiplano Perú Bolivia, debido a su contenido y calidad proteica, pero es uno de los menos estudiados. “Sin embargo, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha ganado prominencia en todo el mundo en los últimos años y, de repente, Perú se ha convertido en un actor importante en el mercado mundial de la quinua” (Bedoya-perales *et al.*, 2018). Muy probable que la cañihua en un tiempo no lejano esté en condiciones similares. También se afirma, que la cañihua y la kiwicha tienen usos múltiples y variados, los cuales debidamente aprovechados y transformados pueden cambiar radicalmente su situación actual de sub-utilizados. En la cañihua habría que aprovechar mejor sus cualidades excepcionales de alto contenido de hierro tanto en

sus hojas como granos, alta cantidad y calidad de su fibra, usos forrajeros, y cualidades harineras para obtener el mejor pan integral, sobre todo para aquellas personas que no soportan el gluten del trigo. Su cultivo ahora está aislado a zonas agrestes y frías (Jacobsen *et al.*, 2003).

Por otro lado, Chirinos (2018) reporta que para un ecotipo local de quinua en Ccaje-Juli (2015–2016) resultó, que empleando lisímetros de drenaje bajo tres dosis de riego con el fin de determinar la evapotranspiración mediante un balance hídrico (método de Thornthwaite y Mather), el consumo de agua del cultivo fue de 446, 290 y 166 mm con un rendimiento de 5,47; 2,9 y 1,51 t ha⁻¹ respectivamente; siendo la eficiencia del uso de agua de 1,23; 1,00 y 1,20 kg m⁻³.

En la Región Puno, a la fecha estudios sobre determinación de huellas hídricas en los cultivos aún es insignificante; sin embargo, con fines de fomentar una agricultura de riego con enfoque de uso eficiente del agua, se han iniciado investigaciones puntuales sobre necesidades del agua de riego en algunas especies como en quinua, maca, papa, cañihua, oca, etc. Para ello es de necesidad profundizar estudios sobre evapotranspiración y rendimiento de los cultivos, ya que la huella hídrica es función de la evapotranspiración y rendimiento.

Al respecto, Huanca y Coaquira (2010), Huanca y Quispe (2011), en los primeros experimentos realizados en CIP-ILLPA, “Determinación de la evapotranspiración bajo el sistema lisímetro NFC” se obtuvieron que la Eficiencia de Uso del cultivo de quinua y cañihua para la producción en grano, fueron de 1,77 y 1,18 kg m⁻³ respectivamente; valores que son congruentes por estar en condiciones sin déficit de humedad en la zona de raíces de los cultivos.

De las investigaciones sobre productividad del agua en el cultivo de quinua en Bolivia, “de los resultados de campo, estudios y observaciones anteriores en los campos de los agricultores, se derivaron valores indicativos para el requisito de riego neto, rendimientos esperados y eficiencias de uso del agua para diversas condiciones de gestión, aplicaciones de riego y para diferentes tipos de años. Se cree que los rendimientos de quinua se pueden estabilizar en 1,2 hasta 2 Mg ha⁻¹ con

la ayuda de DI (riego deficitario) aplicando solo la mitad del agua de riego requerida para el riego completo” (Geerts *et al.*, 2008). Para cañihua una alternativa similar puede ser factible en Puno.

Mallma y Mejía (2015) en su investigación señala, que las cantidades de agua virtual entre los productos varían por las cantidades comercializadas y están de acuerdo a las cosechas agrícolas que a su vez depende de factores como el clima, requerimiento del consumidor y de la tecnología empleada en la producción. Así, el uso de un kg de quinua en la ciudad metropolitana implica la transferencia de 5689,92 litros de “agua virtual” desde el departamento de Junín, en donde se produce las cosechas.

En tanto, en el trabajo “Huella hídrica de Cultivos Andinos de la Región Puno comercializados en la Región Arequipa” Vilca & Aranibar (2018), en particular para cañihua calculó un contenido de agua virtual de 6906,57 L kg⁻¹, valor relativamente alto por considerar muy probable en el proceso de obtención de la huella hídrica al agua azul, a pesar de que en la región Puno en la actualidad el cultivo es practicado aún bajo un sistema “secano” (agricultura pluvial).

ANA-WWF-PERÚ (2015) en su primer reporte nacional de la huella hídrica del Perú, indica que los tres primeros cultivos con mayor huella hídrica son el café, la quinua y el maíz amiláceo con 10348, 4265 y 3055 m³/tm respectivamente.

En tanto, para contabilizar la Huella Hídrica en el trabajo “Estimación de la Huella Hídrica y de Carbono en los cultivos comunitarios de Quínoa (*Chenopodium quinoa* wild) correspondientes a la zona central de los andes ecuatorianos”, se aplicó la metodología del Manual de Evaluación de Water Footprint Network y el procedimiento de cálculo del Manual de Evaporación de cultivo: FAO; los datos fueron procesados en el programa Cropwat 8.0. Los resultados reportaron una Huella hídrica de 356,49 y 98,49 m³/t en Pucara y Mijipamba respectivamente. La importancia de este tipo de estimaciones radica en contribuir con un desarrollo sostenible e impulsar al eco-etiquetado de productos andinos ligados a la certificación orgánica (Ramírez-Cando *et al.*, 2017).

El indicador “Huella Hídrica” es una herramienta de evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos; es útil para cuantificar los flujos de agua virtual, de las importaciones y de las exportaciones. La metodología aplicada fue por lo desarrollado por Chapagain y Hoekstra, adaptada a las condiciones del comarca del Poniente Almeriense-España. Como conclusiones se cita: existe un alto valor de Agua Virtual exportada, por lo que la huella hídrica es muy pequeña. Este hecho, junto a la alta eficiencia hídrica y el alto rendimiento monetario, justifican el uso intensivo del agua y los aportes externos necesarios en condiciones de invernadero (Tolón *et al.*, 2013).

En la investigación denominada “Aplicación de biol y riego por goteo en diferentes cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la estación experimental Choquenaira” (UMSA-La Paz); donde los factores en estudio fueron el fertirriego en tres cultivares de cañahua, siendo uno de los variables en consideración el rendimiento; los resultados básicos mostraron, que las familias de la región pueden incrementar sus ingresos económicos con el uso de materiales locales para la obtención de biol, el cual permite obtener mayores rendimientos en menor tiempo (2096,3 kg ha⁻¹ en promedio), que sumado a la aplicación de riego por goteo se puede alcanzar el uso eficiente del agua de riego que es tan escasa en la Región (Ramírez *et al.*, 2016).

En la investigación “Evaluación de la dinámica del nitrógeno en el sistema suelo - planta bajo condiciones de riego por goteo y secano en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* willd), en el altiplano central de Bolivia”; el mayor rendimiento en grano fue obtenido con una dosis de 120 kg de N ha⁻¹ y con aplicación de riego por goteo, un rendimiento de 2707 kg grano ha⁻¹ (Caballero, 2015).

VI. Hipótesis del trabajo

El indicador de huella hídrica azul de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y cañihua en grano (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) vía lisímetro son los adecuados en condiciones de CIP-ILLPA, Puno

VII. Objetivo general

Cuantificar la huella hídrica azul de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en condiciones de CIP-ILLPA - Puno

VIII. Objetivos específicos

- 1) Obtener la evapotranspiración del cultivo de quinua y cañihua para las condiciones de CIP-ILLPA, Puno
- 2) Precisar el rendimiento del cultivo de quinua y cañihua para las condiciones de CIP-ILLPA
- 3) Determinar la huella hídrica azul de la producción de quinua y cañihua en grano para las condiciones de CIP-ILLPA, Puno

IX. Metodología de investigación

En la obtención de evapotranspiración y precisión de los rendimientos de los cultivos de quinua y cañihua.

Para obtener la evapotranspiración de los cultivos de quinua y cañihua (ETc) a nivel experimental, será de acuerdo a la información obtenida por el método de lisímetro de tipo nivel freático constante (NFC) instalado en CIP-ILLPA-UNA (Huanca y Coaquira, 2009; Huanca y Quispe, 2011); así en el tanque de cultivo se dispuso de un techo móvil de agrofilm (250 micras), con el propósito de proteger

de las precipitaciones pluviales para que ésta no se considere en el balance hídrico del sistema. La obtención de ETc en función al tiempo, fue “in situ” por las lecturas en el limnómetro; y el suceso de las fases fenológicas del cultivo fue vía observación directa verificando los cambios anatómicos, morfológicos de las plantas en la parcela experimental.

En la precisión del “rendimiento de los cultivos de quinua y cañihua” los materiales e instrumentos pertenecen a los componentes del sistema Lisímetro Nivel Freático Constante (LNFC) en la relación Suelo-agua-planta-atmósfera.

En la “Cuantificación de la huella hídrica azul del cultivo quinua y de cañihua” los materiales e instrumentos empleados serán: Registro de resultados del procesado de evapotranspiración, requerimiento de agua y rendimiento de los cultivos. Además, el equipo de cómputo y el Software para el modelo de evaluación de HHa agrícola que se optarán serán: Excel, SPSS y otros.

El método para cuantificar la HH será de acuerdo al Manual de evaluación de la huella hídrica agropecuaria propuesta por Hoekstra *et al.* (2011). Se aclara de la situación experimental de lisimetría (cultivos bajo riego) en CIP-ILLPA está considerado como huella hídrica azul, que hace referencia al uso consuntivo del agua de riego, proveniente de fuente de agua de origen subterráneo, para el caso manantial (ecuación 1):

$$HHa = RAC / Y \quad (1)$$

Donde:

HH_{blue} : huella hídrica azul (m³ kg⁻¹).

RAC : componente azul en el uso del agua (m³ ha⁻¹).

Y : rendimiento del cultivo (kg ha⁻¹).

La secuencia a seguir de acuerdo al Manual de evaluación de la huella hídrica (Hoekstra *et al.* 2011), es de importancia en la actualidad, definiendo como una

norma global en el entendido que tales indicadores son de impacto en el uso del agua en la agricultura, para luego diseñar políticas adecuadas para el uso eficiente del agua en los granos andinos.

Los análisis estadísticos para el trabajo de investigación serán de acuerdo a los objetivos establecidos, siendo principalmente la estadística descriptiva (prom., σ , CV) en todo el procesado del trabajo, y la estadística inferencial si acaso fuere necesario.

X. Referencias)

- ANA-WWF-PERÚ. (2015). *Huella Hídrica del Perú Sector Agropecuario-Perú* (p. 115). <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/197>
- Apaza, V. (2010). *Manejo y mejoramiento de kañiwa* (INIA- Puno & CIRNMA. (eds.)).
http://www.nuscommunity.org/uploads/tx_news/Libro_Manejo_y_Mejoramiento_Kañiwa.pdf
- Bedoya-perales, N., Mujica, A., Talamini, E., Pumi, G., Padula, A., & Alegre, P. (2018). Quinoa Expansion in Peru and Its Implications for Land Use Management. *Sustainability - MDPI*, *i*. <https://doi.org/10.3390/su10020532>
- Caballero, A. (2015). *Evaluación de la dinámica del nitrógeno en el sistema suelo-planta bajo condiciones de riego por goteo y secano en el cultivo de la quinua (Chenopodium quinoa willd.), en altiplano central de Bolivia.*
<file:///C:/Users/hp/Documents/RIEGO POR GOTEO QUINUA UMSA.pdf>
- Chirinos Ortiz, T. (2018). *Efecto de la dosis de riego en el consumo y eficiencia de uso del agua de un ecotipo local de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en Ccaje, 2015 – 2016.* *051, 631–644.*
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2018.3.87>
- Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Vacher, ..., R., M., J., M., R., H., B., M., R., M., J., C., & C, T. (2008). Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa. *European Journal of Agronomy*, *28(3)*, 6–8.

<https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010042505>

- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*.
<http://www.hydrology.nl/images/docs/dutch/key/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf>
<http://www.waterfootprint.org/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf>
- Huanca, E., & Quispe, E. (2011). Determinación de ET y eficiencias de uso del agua en el cultivo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista Ciencias Agrarias, UNA-PUNO*, 1(2225–5176), 7.
- Jacobsen, S., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13(36), 14–24.
<https://www.redalyc.org/pdf/705/70503603.pdf>
- Mallma, T., & Mejía, J. (2015). Huella hídrica de productos agrícolas producidos en la sierra central y comercializados en Lima. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 05(01), 128–134. <https://doi.org/10.18259/acs.2015020>
- Mujica, A., Jacobsen, S.-E., J., I., & Pierre, J. (2001). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) ancestral cultivo andino, alimento del presente y de futuro. In *FAO, Cultivos Andinos* (Priemero).
http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali m/prodveg/cdrom/contenido/libro03/home03.htm
- Ramírez-Cando, L. J., Vilches, R., Lizano, R. X., Pinzón, I., Colmenares, P., & Sandoval, E. (2017). *Estimación de la Huella Hídrica y de Carbono en los cultivos comunitarios de Quínoa (Chenopodium quinoa wild) correspondientes a la zona central de los andes ecuatorianos*. 78(2), 173–182. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/ac.v78i2.1054>
- Ramirez, D., Chipana, R., & Echenique, M. (2016). Aplicación de biol y riego por goteo en diferentes cultivares de cañahua (. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz.*, 3, 30–38.
http://www.scielo.org.bo/pdf/riarn/v3n1/v3n1_a05.pdf
- Tolón, A., Lastra, X., & Fernandés, V. (2013). Water footprint and sustainability of water resources use. *Moa*, 56–86.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4814567>

Vilca, J., & Aranibar, M. (2018). Huella hídrica de cultivos andinos de la Región Puno comercializados en la Región Arequipa. *Riepg*.
<http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/1310>

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

La utilidad será en :

- Implementación de las medidas adecuadas en el Plan Regional de Recursos Hídricos, acordes con la Política y Estrategia Nacional de RRHH en el país.
- Sentar bases para el diseño, instalación y manejo de sistemas de riego complementario de alta eficiencia en los cultivos de quinua y cañihua en CIP-ILLPA y condiciones similares.
- El fomento de una agricultura de riego tecnificado con potencial de exportación rentable de la zona, dentro de un criterio de uso eficiente del agua en los cultivos, para así asegurar buenos rendimientos y huella hídrica adecuada.

XII. Impactos esperados

i. i. Impactos en Ciencia y Tecnología

En la actualidad, el “agua virtual” y la “huella hídrica” son términos relacionados a nuevos criterios de utilización del agua los cuales son aplicados a toda actividad, agropecuaria, industrial y de servicios como parámetro para medir el impacto ambiental que debería traducirse en una política internacional, nacional y regional para el uso sostenible de recursos finitos, como es el agua.

El agua virtual y la huella hídrica van ganando terreno en el campo de la investigación científica tanto de expertos, como de instituciones nacionales y ha despertado el interés de las organizaciones internacionales entre las se destaca

las Naciones a través de la FAO, la OMC y el Programa Hidrológico Internacional.

ii. Impactos económicos

iii. Impactos sociales

iv. Impactos ambientales

XIII. Recursos necesarios

Recursos humanos:

- Ejecutor : Ing°. Elisbán U. Huanca Quiroz

Docente FCA-UNA

XIV. RECURSOS MATERIALES :

- Información meteorológica de SENAMHI e INIA-ILLPA.
- Información sobre suelo, agua de riego y cultivos de quinua y qañiwa en CIP-Ilpa, Puno
- Adquisición bibliográfica
- Materiales de escritorio
- Material fotográfico
- Cómputo y programas
- Internet.
-

XV. Localización del proyecto

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en el ámbito del Centro de Investigación y Producción Ilpa de la Universidad Nacional del Altiplano, que se encuentra ubicado en:

XVI. Presupuesto

PRESUPUESTO BASE :

RESUMEN:	MONTO EN S/.
A. Personal	1000,00
B. Materiales y equipo de trabajo	1000,00
C. Acopio y análisis de datos	500,00
D. Materiales de escritorio y bibliog.	700,00
SUBTOTAL	3200,00
Imprevistos (10 %)	320,00
TOTAL :	3520,00