

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU-2021.

1. Título del proyecto

Estimación de la huella hídrica verde y azul del cultivos de quinua (Chenopodium quinoa willd.) mediante métodos indirectos, en la Región Puno.

2. Área de Investigación

Área de	Línea de Investigación	Sub línea
Ingeniería.	Recursos naturales y medio ambiente	Recursos hídricos

3. Duración del proyecto

12 meses.

4. Tipo de proyecto.

Multidisciplinario.

5. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	MAMANI LUQUE OSCAR RAUL
Escuela Profesional	INGENIERIA AGRICOLA
Celular	951 513000
Correo Electrónico	omamanil@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	GONZALES GONZALES VICTOR ANDRES
Escuela Profesional	INGENIERIA AGRONOMICA
Celular	950 926151
Correo Electrónico	Vigogo09@hotmail.com

Apellidos y Nombres	AGUILAR RAMOS EUSTAQUIO VICTORIANO
Escuela Profesional	INGENIERIA AGRONOMICA
Celular	974 751954
Correo Electrónico	eustaquiovar@hotmail.com

I. Título.

Estimación de la huella hídrica verde y azul del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa willd.) mediante métodos indirectos, en la Región Puno

II. Resumen del proyecto.

La investigación tiene como problemática cuantificar el volumen de agua necesaria para la producción del cultivo quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en el ámbito de la región Puno. Los objetivos específicos son: Estimar la evapotranspiración real del cultivo de papa durante su periodo vegetativo, mediante métodos indirectos en el ámbito de región Puno y Estimar la huella hídrica verde y azul del cultivo de papa, durante el periodo 2000 al 2020. La metodología utilizada es obtener información meteorológica del Servicio nacional de meteorología e hidrología e información de los cultivos de instituciones públicas. Estimar la evapotranspiración de referencia mediante el método indirecto de Penman Monteith con apoyo del software CROPWAT, estimar la evapotranspiración real del cultivo de quinua mediante métodos indirectos. y estimar la huella hídrica agrícola verde y azul del producto quinua mediante métodos indirectos. Los resultados de la investigación nos darán a conocer la cantidad de agua necesaria para producir una tonelada de quinua en el ámbito de la región Puno durante el periodo de 2000 al 2020; los mismos serán de utilidad para los agricultores, los funcionarios de las agencias agrarias de la región y las empresas privadas.

III. Palabras clave.

Evapotranspiración real, cultivo, huella hídrica, quinua,

IV. Justificación.

El crecimiento de la población mundial ha ocasionado un incremento en la demanda global del agua, provocando un aumento en la presión sobre los recursos hídricos, específicamente sobre su cantidad y calidad; esto ha originado que casi el 40% de la población mundial, así como algunos ecosistemas, sufran escasez de agua y degradación (Pfister *et al.*, 2011).

Si bien, el agua interviene en un sin número de actividades y procesos, sociales, culturales, energéticos, agrícolas, económicos, etc., la agricultura es un factor clave y determinante, porque la producción de alimentos y otros productos agrícolas absorben aproximadamente el 70% de las captaciones de agua dulce, a nivel mundial, de ríos y napas subterráneas (FAO, 2015)

Hoekstra (2009) en el marco de la reunión de expertos en Delft en 2002, presentó el concepto de huella hídrica como un mecanismo para evidenciar y visibilizar los vínculos entre el consumo y el agotamiento del agua.

Se prevé que la seguridad hídrica se convierta en una causa directa de graves conflictos y que afectará en mayor medida a las poblaciones vulnerables, como ya se constata en diversos países. (World Wildlife Fund, 2014).

En nuestro país y en particular en la región Puno, la medición de la huella hídrica agrícola y su análisis resulta sumamente útil para informar de manera eficiente sobre el uso del agua, generar conciencia sobre la necesidad de un uso adecuado y fomentar el diálogo entre los distintos sectores de los gobiernos locales y de la población para llegar a propuestas de un mejor uso del agua.

La determinación de la huella hídrica nos permitirá conocer el volumen de agua dulce usada a lo largo de la producción de los cultivos. Servirá de herramienta de soporte para una mejor planificación de proyectos productivos y toma de decisiones acertadas para la sostenibilidad del recurso hídrico. Además, ayudará a tomar medidas tales como priorizar productos con menor demanda de agua, reducir el consumo de aquellos que requieren una mayor demanda, o exigir la implantación de sistemas más eficientes en gestión del agua, ya sea en casos puntuales como agricultura en seco o bajo riego.

El cultivo de quinua es un cultivo alimenticio indispensable en la Región Puno, existe la necesidad de realizar un estudio sobre la medición de la huella hídrica agrícola del cultivo de quinua, que nos permita cuantificar el volumen de agua requerido, sea directa o indirectamente para la producción de una tonelada de quinua en la región Puno.

V. Antecedentes.

A nivel nacional.

Según WWF Perú (2013), la huella hídrica promedio nacional para la quinua para el periodo 2001-2012 fue de 3841.47 m³/t, considerando un rendimiento promedio nacional de 1,19 t/ha. Del total, se estimó que la huella hídrica verde corresponde a 3067 m³/t (80%), la huella hídrica gris 535 m³/t (14%) y la azul 211 m³/t (6%). Al contrastar los resultados con la altura a la que se cultiva la quinua se determinó que los mínimos de agua están entre los 2500 y 4100 msnm, donde generalmente se cultiva bajo el sistema de seco.

Esto se debe a que el agua almacenada en el suelo proveniente de la lluvia suele ser suficiente para cubrir las demandas hídricas de la quinua, sin embargo esto hace que la quinua sea un cultivo muy vulnerable a cambios en la precipitación.

Charaja (2017) realizó un trabajo de investigación para conocer la variación de la evapotranspiración de los cultivos papa, quinua y alfalfa durante su periodo vegetativo en la cuenca del lago Titicaca peruano; los resultados de ETo por el método Penman Monteith son: 105.05, 94.78, 101.50, 98.37, 96.70, 87.10, 92.82, 104.73, 113.99, 126.02, 124.54, 117.26 para los meses de enero a diciembre de ambos métodos. La evapotranspiración del cultivo de quinua, para un periodo vegetativo de 150 días, varía de 311.0 a 547.6 mm estimado mediante el método de Penman-Monteith y mediante el método tanque clase A varía de 242.5 a 501.1 mm.

Geerts *et al.*, (2008) mencionan que en el altiplano, la fecha de siembra varía entre inicios de septiembre y finales de noviembre, de acuerdo con la duración del ciclo de cultivo de las diferentes variedades y el clima local, especialmente cuando el suelo está lo suficientemente húmedo para la germinación.

El periodo vegetativo del cultivo de cultivo de quinua blanca se ha considerado un periodo de 150 días tal como mencionan en Tapia y Fried (2017), FAO (2016), Ministerio de Agricultura (2013), FAO (2002), Condori *et al.* (2010) y Mujica *et al.* (2001).

MINAGRI (2015), el análisis de la huella hídrica del sector agropecuario del Perú se centró en 16 productos que caracterizan la producción, el consumo interno y la comercialización (exportaciones e importaciones) nacionales: pollo, huevos, leche y alfalfa, papa, arroz, caña de azúcar, ganado vacuno, maíz, soya, trigo, algodón, alcachofa, espárrago, uva, **quinua**, palta y café.

Mallma y Mejia (2015) determinaron la huella hídrica de los principales productos agrícolas de la sierra central del Perú, el requerimiento de agua para el cultivo de quinua es de 6,057 m³/ha para un periodo vegetativo de 6 meses. La huella hídrica del cultivo de quinua es de 5,689.92 l/kg considerando un rendimiento de 1334.19 kg/ha.

En la región de Puno, Flores (2013) realizó un estudio comparativo de fórmulas de evapotranspiración de referencia en el cual dando como métodos que más se ajustan a la región de Puno al método de Penman - Monteith y Hargreaves – Samanies.

Los datos del MINAG-OEEE (2013) señalan que los departamentos con mejores rendimientos son Arequipa (2,034 kg/ha), Junín (1,216 kg/ha), Puno (1,198 kg/ha), Apurímac (1,153 kg/ ha) y La Libertad (1,080 kg/ha). Para el 2012 el rendimiento promedio nacional es alrededor de 1,148 kg/ha, con una variación de -1.1% en comparación al mismo periodo del año 2011. Se destaca el rendimiento del departamento de Arequipa que es aproximadamente de 2,834 kg/ ha, el mejor a nivel nacional. Los departamentos que mantienen rendimientos por encima del promedio nacional son además de Arequipa, Apurímac, Tacna, Junín, La Libertad y Ayacucho. Puno como principal productor del país mantiene rendimientos de 1,100 kg/ ha (MINAG-OEEE 2013).

A nivel internacional.

Ramírez, Vilches, Lizano, Pinzón y Sandoval (2017) realizaron una investigación en Ecuador, con el objetivo de estimar dos indicadores de Impacto Ambiental, huella hídrica y huella de carbono, generados por el cultivo de quinoa en las comunidades de Pucará y Mijipamba. Los resultados reportaron una Huella hídrica de 356,49 y 98,49 m³/t en Pucara y Mijipamba respectivamente.

Geerts et al (2009), según el estudio del estado de arte de la quinua en el mundo, los resultados para la quinua del altiplano boliviano, en base con la capacidad de soportar el estrés hídrico, que relacionan al rendimiento por consumo de agua, arrojan valores de 3333 y 6666 m³/ton.

Mekonnen y Hoekstra (2010) en los reportes de huella hídrica de los cultivos en Ecuador, para el cultivo de quinua tiene valores de HH verde igual a 5545 m³/ha.

Mekonnen y Hoekstra (2011) mencionan que teniendo en cuenta las huellas hídricas de los cultivos primarios, la huella hídrica promedio mundial por tonelada es: cultivos de azúcar (aproximadamente 200 m³ /ton), vegetales

(300 m³/ton), raíces y tubérculos (400 m³/ton), frutas (1000 m³/ton), cereales (1600 m³/ton) y cultivos oleaginosos (2400 m³/ton). La huella hídrica varía en diferentes cultivos por categoría de cultivo y por región de producción

Huella Hídrica

El concepto de huella hídrica fue introducido por primera vez por Arjen Hoekstra en el Instituto para Educación en Agua de la UNESCO en el 2002, y fue luego desarrollado por la Universidad de Twente en los Países Bajos y por la Red de Huella Hídrica (WFN por sus siglas en inglés), este concepto de huella hídrica fue propuesto como un indicador alternativo a la medición de uso de agua (WWF, 2013).

El termino de huella hídrica se define como el volumen de agua dulce usado de manera directa o indirecta para la producción de bienes y servicios consumidos por individuo o por grupo de individuos, proporcionando así una idea de los bienes que más impacto generan en el recurso hídrico y donde se puede alcanzar un ahorro de este recurso; este consumo está cuantificado como el volumen total de agua consumido, evaporado o contaminado (Haro, 2012).

La Huella hídrica se expresa en términos de unidades de volumen de agua incorporada por unidad de masa producida (m³/t), unidades de volumen de agua incorporadas por unidad de tiempo (m³/año) o en unidades de volumen de agua incorporadas por unidad de producto (m³/unidad) (Hoekstra *et al.*, 2011 y Garrido *et al.*, 2010).

La huella hídrica es un indicador que permite identificar el volumen de agua requerido, sea directa o indirectamente, a través de la cadena de suministro, para elaborar un producto. Este indicador se puede utilizar para analizar la eficiencia del consumo de agua en relación a la disposición del recurso en un área geográfica determinada. En otras palabras, nos puede ayudar a determinar si usamos el recurso sosteniblemente, de tal manera que nos permita satisfacer las necesidades de la población local, de la producción económica del lugar y del reabastecimiento del ecosistema. Además, si insertamos factores económicos, nos indicará si el uso del agua tiene mayor rentabilidad en lugares determinados (MINAGRI, 2015).

Según Cardona y Congote (2013), los datos requeridos para calcular la huella hídrica agrícola son:

1. Parámetros climáticos, se pueden utilizar datos de estaciones meteorológicas cercanas al área en estudio: Temperatura media y máxima, % de humedad, velocidad del viento, insolación y precipitación media
2. Parámetros del cultivo: Etapas, duración de las etapas, altura del cultivo, profundidad radicular, agotamiento crítico y fracción de respuesta de rendimiento.
3. Datos de producción: • Área sembrada y producción anual.
4. Datos edáficos: Humedad del suelo disponible total, tasa máxima de infiltración de la precipitación, profundidad radicular máxima, agotamiento inicial de humedad del suelo y humedad del suelo inicialmente disponible.
5. Información de fertilizantes y pesticidas: Tasas de aplicación fracción de lixiviación.
6. Estándares de calidad de agua.
7. Concentraciones normales de sustancias tóxicas.

Componentes de la Huella Hídrica.

La huella hídrica azul hace referencia al agua superficial y subterránea extraída para cubrir las necesidades del cultivo que no pueden ser cubiertas con la lluvia. Hace referencia al agua de riego proveniente de fuentes hídricas superficiales y subterráneas. Con su incorporación en el proceso productivo es evaporada, de manera que no retorna a la cuenca de origen y no está disponible para otros usos en ese lugar, por lo que se afirma que tiene un alto costo de oportunidad (Lovarelli *et al.*, 2016).

La huella hídrica verde corresponde al agua proveniente de la precipitación y acumulada en el suelo. Hace referencia a la reducción en la disponibilidad de agua verde por reducción del volumen disponible debido a la apropiación que hace el hombre mediante una actividad (Lovarelli *et al.*, 2016)

La huella hídrica gris corresponde al volumen de agua contaminada que se asocia con la producción de un bien, una actividad o como el volumen de agua necesario para diluir un agente contaminante, que permita lograr niveles

de calidad semejantes a los establecidos en la normatividad local (Hoekstra *et al.*, 2011).

Según Hoekstra y Chapagain (2008), la huella hídrica (HH) del crecimiento del cultivo debe ser evaluado a partir de la suma de sus tres componentes principales los cuales son diferenciados en colores: verde, azul y gris. Como resultado, la HH del cultivo se obtiene con la siguiente relación:

$$\text{HH cultivo} = \text{HHverde} + \text{HHazul} + \text{HHgris} \quad (\text{m}^3 / \text{ton}).$$

VI. Hipótesis de trabajo.

La huella hídrica del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*), se estima mediante métodos indirectos, en la Region Puno.

VII. Objetivo general.

Estimar la huella hídrica del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*.) mediante métodos indirectos, en la Region Puno.

VIII. Objetivos específicos.

Estimar la evapotranspiración real del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) mediante métodos indirectos, considerando la evapotranspiración de referencia y el coeficiente del cultivo, en la región de Puno.

Estimar la huella hídrica verde y azul del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) durante el periodo 2000 y 2020, en la región Puno.

IX. Metodología de investigación.

Población

Como la variable en estudio es la huella hídrica la misma que está en función de la evapotranspiración real de los cultivos y el rendimiento, la población de la información meteorológica a considerar son 20 estaciones meteorológicas ubicadas en el ámbito de la región de Puno. Rendimiento del cultivo de quinua de cada provincia de la región Puno.

Muestra

La muestra a considerar por estación meteorológica es de 30 años de registro histórico de los parámetros temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, horas de sol, velocidad del viento y precipitación. Rendimiento del cultivo de papa de 20 años (2001 al 2020).

Descripción de los métodos.

El uso de agua para el cultivo de papa y quinua está influenciado por el tipo de cultivo que se ha plantado y el entorno climático donde se cultiva. Estos dos factores pueden ser agrupados de manera general en parámetros de cultivo y parámetros climáticos. La cosecha está influenciada por factores tales como fertilizantes, estructura del suelo y otros, así como por el riego y la eficiencia del mismo. Al ser la huella hídrica el ratio de uso de agua para el cultivo hasta la cosecha, es, por lo tanto, una medida de la eficiencia productiva del agua. Sin embargo, permite diferenciar entre uso de agua verde o agua de lluvia y uso de agua azul o agua superficial o subterránea.

Objetivo específico 1. Estimar la evapotranspiración real del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) mediante métodos indirectos en la región Puno.

a. Evapotranspiración real del cultivo.

Según Allen *et al.* (2006), para calcular la evapotranspiración real del cultivo se utiliza la siguiente ecuación:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/mes)

K_c = Coeficiente de cultivo.

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/mes).

Variables:

- Variable dependiente : Evapotranspiración real (ET_c).
- Variables independientes : Evapotranspiración de referencia (ET_o) y Coeficiente de cultivo (K_c).

b. Evapotranspiración de referencia.

Para determinar la evapotranspiración de referencia se va a utilizar el método indirecto de Penman Montheit, para su determinación es necesario datos climáticos mensuales de temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa, velocidad del viento e insolación, según Allen *et al.* (2006) este método utiliza la siguiente ecuación:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Donde:

ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm día-1)

R_n : Radiación neta en la superficie del cultivo. (MJ m⁻² día-1)

R_a : Radiación extraterrestre (mm día-1)

G : Flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día-1)

T : Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u₂ : Velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e_s : Presión de vapor de saturación (kPa)

e_a : Presión real de vapor (kPa)

e_s – e_a : Déficit de presión de vapor (kPa)

Δ : Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)

γ : Constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

Esta ecuación por su complejidad, requiere del software CROPWAT, el mismo que ha sido elaborado por la Dirección de Fomento de Tierras y aguas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).

c. Coeficiente de cultivo.

Para determinar el coeficiente K_c del cultivo de quinua, para todo el ciclo vegetativo se obtendrá mediante la metodología propuesta por la FAO (Manual N° 56 de la Serie de Riego y Drenaje).

Objetivo específico 2. Estimar la huella hídrica verde y azul del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) durante el periodo 2001 y 2020, en la provincia de Huancane.

La huella hídrica del cultivo se determina con la siguiente relación:

$$HH \text{ cultivo} = RAC / RC$$

Donde:

HH cultivo = Huella hídrica del cultivo (m^3/kg)

RAC = Requerimiento de agua del cultivo (m^3/ha)

RC = Rendimiento del cultivo (kg/ha)

- Variable dependiente: - Huella Hídrica cultivo.
- Variables independientes: - Requerimiento de agua del cultivo.
- Rendimiento del cultivo.
- Tiempo

El rendimiento del cultivo de papa se obtendrá del Ministerio de Agricultura y Riego. Los rendimientos varían según los años, regiones y tecnologías utilizadas, así como las variedades de un mismo cultivo.

- Variable dependiente: Rendimiento del cultivo.
- Variables independientes: Producción del cultivo y Área de siembra.

Prueba estadística:

- T de Student, variación de la media.
- F de Fisher, variación de la desviación estándar.

X. Referencias.

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., y Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. *Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56*. Roma, Italia.

Brown, P. (2014). Basics of Evaporation and Evapotranspiration. *The University of Arizona - College of Agriculture and Life Sciences - Cooperative Extension*, 1–4.

Cardona, C. y Congote, B. (2013). Huella hídrica, un indicador en el uso del agua. *Tecnogestion una mirada al ambiente*, 10(01), 20-25.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT), (2015). *Huella Hídrica en Papa*. Bogotá.

Chapagain, A. K. and Hoekstra, A. Y. (2004). Water footprints of nations, Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.

FAO (2015). AQUASTAT Ecuador. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/ECU/indexesp.stm

- Feijoó, K. (2014). Expertos en huella hídrica y huella de carbono se dan cita en Bogotá. *Clima Y Sector Agropecuario Colombiano. Adaptación Para La Sostenibilidad Productiva*, 2.
- Garrido, A; Llamas, M.; Ortega, C.; Novo, P; Casado, R.; Aldaya, M. (2010). Water footprint and Virtual Water Trade in Spain: Resource Management and Policy. Fundación Marcelino Botín. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. Springer. 153 p.
- Gonzales, M. (2016). Análisis comparativo de la Huella Hídrica en agroecosistemas de la microcuenca Alto Rio Ubaté. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- Gonzales, L. (2011). Calculo de la huella hídrica en un cultivo de papa en la empresa de cultivos varios Horquita. Universidad de Cienfuegos, Facultad de ciencias económicas y empresariales. Trabajo de diploma Ingeniería Industrial. República de Cuba.
- Haro, M. (2012). *Evaluación de la Huella Hídrica por la Producción de Bioetanol en Tamazula, Jal.* Universidad Nacional Autónoma de México.
<http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5069/Tesis.pdf?sequence=1>.
- Hoekstra, A., Chapagain, A. (2008). Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. . Oxford, United Kingdom. Blackwell Publishing. 151 p.
- Hoekstra, A. (2009). Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics*, 68(7), 1963–1974. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.021>.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., y Aldaya, M. (2011). *The Water Footprint Assesment Manual*. (Earthscan, Ed.) (2nd ed.). Londres.
- Irmak, S., y Haman, D. (2014). Evapotranspiration: Potential or Reference? *U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service, University of Florida*, 1–2.
- Lovarelli, D., Bacenetti, J., y Fiala, M. (2016). Water Footprint of crop productions: A review. *Science of The Total Environment*, 548-549, 236–251. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.022>.
- Mallma, T. (2015). Huella hídrica de los productos agrícolas de la región Junín comercializadas en la ciudad de Lima. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Peru.
- Mallma, T y Mejia, J. (2015). Huella hídrica de los productos agrícolas de la

región Junín comercializadas en la ciudad de Lima. Apuntes de ciencia & sociedad, 05 (01): 128-134.
DOI:<http://dx.doi.org/10.18259/acs.2015020>

Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y.: The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 1577–1600, 2011. doi:10.5194/hess-15-1577-2011.

Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI, 2015). Huella Hídrica del Perú. Sector agropecuario. Lima-Peru.

Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E., Clark, S., Poon, E., Abbett, E., and Nandagopal, S. (2004). Water resources: Agricultural and environmental issues, *BioScience*, 54(10), 909–918.

Pfister, S., Bayer, P., Koehler, A., & Hellweg, S. (2011). Environmental Impacts of Water Use in Global Crop Production: Hotspots and Trade-Offs with Land Use. *Environmental Science & Technology*, 45(13), 5761–5768. <https://doi.org/10.1021/es1041755>.

Rodriguez, C., Ruiz de Galaterra, V., y Kruse, E. (2015). Analysis of water footprint of potato production in the pampean. Elsevier -Science direct. *Journal of production*. 90, 91-96.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.075>

Salmoral, G., Dumont, A., Aldaya, M., Rodriguez, R., y Llamas, M (2011). Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir. *Fundación Botín- Observatorio del Agua, Junio*, 91. España.

World Wildlife Fund (2014). Informe planeta vivo 2014 Resúmen. World Wildlife Fund Colombia.

World Wildlife Fund (2013). Estado del arte de la medición de la huella hídrica a nivel nacional e internacional. World Wildlife Fund Perú.

Zhuoa, L., Mekonnen, M., Hoekstra, A., y Wada, Y. (2016). Inter- and intra-annual variation of water footprint of crops and blue water scarcity in the Yellow River basin (1961–2009). *Advances in Water Resources*, 87, 29–41.

XI. Uso de los resultados y contribuciones.

La investigación nos ayudara a determinar los volúmenes de agua necesarios para producir una tonelada del producto quinua en el ámbito de la region de Puno, durante el periodo 2001 al 2020.

Los resultados serán utilidad para:

- Formular proyectos de riego superficial y presurizado.
- Funcionarios de las agencias agrarias, para realizar su planificación de las actividades agrícolas.
- El ministerio de Agricultura y Riego para planificar la ampliación la frontera agrícola bajo riego en la región de Puno.
- Instituciones públicas o privadas y agricultores que desarrollan actividades de producción de quinua en el ámbito de la región de Puno

XII. Impactos esperados.

Impactos en Ciencia y Tecnología

La huella hídrica es un indicador que permite identificar el volumen de agua requerido, sea directa o indirectamente, para la producción del cultivar quinua en el ámbito de la región de Puno, durante el periodo de 2001 al 2020.

Impactos económicos

El volumen de agua que requiere un cultivo en todo el periodo vegetativo tiene un costo; el objeto de conocer la huella hídrica de los cultivos nos permitirá planificar el uso óptimo del agua y la tendencia hacia el futuro es reducir este costo de producción, para tener mayores ingresos económicos.

Impactos sociales

Los resultados de la investigación se socializarán con las autoridades de los gobiernos distritales y provincial, con funcionarios de la autoridad local del agua, autoridades comunales y agricultores del ámbito de la región de Puno.

Impactos ambientales

La determinación de la huella hídrica del cultivo de quinua en el ámbito de la región de Puno, no produce alteraciones del medio ambiente.

XIII. Recursos necesarios.

Infraestructura:

- Facultad de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias.

Equipos:

- Computadora y laptop.
- Equipo de impresión.
- Cámara fotográfica.
- Software: Office, Arc GIS, HIDROESTA Y CROPWAT.

Humano:

- Equipo multidisciplinario.
- Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola y Facultad de Ciencias

Agrarias.

- Personal de apoyo.

XIV. Localización del proyecto.

La investigación se llevara a cabo en la region de Puno.

XV. Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	Tiempo (meses)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Revisión bibliográfica	X	X	X	X								
2. Obtención de la información meteorológica.				X	X							
3. Estimación de la evapotranspiración de referencia					X	X						
4. Determinación de los coeficientes de cultivo						X	X					
5. Estimación de la evapotranspiración del cultivo							X	X				
6. Estimación de los rendimientos de los cultivos								X	X			
7. Estimación de la huella hídrica agrícola									X	X		
8. Análisis y redacción del informe final									X	X	X	X

XVI. Presupuesto.

Nº	Rubro	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Sub total (S/.)
	Bienes				
1	Información meteorológica (10 años x 20 estaciones)	años	200	40	8,000
3	Varios	Unidad	1	500	500
	Servicios				
4	Pasajes	Unidad	26	50	1300
5	Alimentación	Unidad	26	50	1300
6	Alojamiento	Unidad	26	50	1300
7	Materiales de escritorio	Varios	1	500	500
8	Imprevistos	Unidad	1	500	500
Total (S/.)					13,400