



ANEXO 1

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

1. Título del proyecto

Estimación de la huella hídrica verde y azul de los cultivos alimenticios de la región de Puno mediante métodos indirectos durante el periodo 2010 al 2022

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Ingeniería	Recursos naturales y medio ambiente	Recursos hídricos

3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

4. Tipo de proyecto

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

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Mamani Luque Oscar Raúl
Escuela Profesional	Ingeniería Agrícola
Celular	999 992009
Correo Electrónico	omamanil@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	Gonzales Gonzales Víctor Andrés
Escuela Profesional	Ingeniería Agronómica
Celular	950 926151
Correo Electrónico	Victorgonzales@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	Aguilar Ramos Eustaquio Victoriano
Escuela Profesional	Ingeniería Agronómica
Celular	974 751954
Correo Electrónico	eustaquiovar@hotmail.com



I. Título

Estimación de la huella hídrica verde y azul de los cultivos de la región de Puno mediante métodos indirectos.

II. Resumen del Proyecto.

El trabajo de investigación tiene como problemática el desconocimiento cuantitativo del volumen de agua verde y azul necesaria para la producción de los cultivos en el ámbito de la región de Puno. Los objetivos específicos son: a) Estimar la evapotranspiración de referencia mediante el método de Hargreaves y Samani, b) estimar la evapotranspiración real de los cultivos y c) Estimar la huella hídrica verde y azul de los cultivos en el ámbito de la región de Puno, durante el periodo 2010 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, estimar la evapotranspiración real de los cultivos y estimar la huella hídrica verde y azul de los cultivos, mediante métodos indirectos. Los resultados de la investigación nos darán a conocer la cantidad de agua necesaria para producir los cultivos en el ámbito de la región de Puno, durante el periodo de 2010 al 2022; los mismos que serán de utilidad para los agricultores, los funcionarios de las agencias agrarias, Autoridades locales del agua y de las empresas privadas

III. Palabras claves

Evapotranspiración, cultivos, huella hídrica, región Puno

IV. Justificación del proyecto

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).

El agua interviene en muchas 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)

Según 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 secano o bajo riego.

Los cultivos alimenticios son indispensables en la Región Puno, existe la necesidad de realizar un estudio sobre la medición de la huella hídrica agrícola de los cultivos alimenticios, que nos permita cuantificar el volumen de agua requerido, sea directa o indirectamente para la producción de estos cultivos en las provincias de la región de Puno.

Las preguntas a responder en la investigación son:

Pregunta general:

¿Cuánto es huella hídrica verde y azul en los cultivos alimenticios de la región de Puno estimados mediante métodos indirectos durante el periodo del 2010 al 2022?

Preguntas específicas:

- ¿Cuánto es la evapotranspiración de referencia en el ámbito de la región de Puno, estimado mediante el método de Hargreaves y Samani?
- ¿Cuánto es la evapotranspiración real de los cultivos alimenticios de la región de Puno, estimados mediante métodos indirectos?.
- ¿Cuánto es la huella hídrica verde y azul de los cultivos alimenticios estimados mediante métodos indirectos?.

V. Antecedentes del proyecto

Antecedentes a nivel nacional:

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. Los cinco cultivos con mayor huella hídrica resultaron ser los del café, la papa, el arroz, la alfalfa y la caña de azúcar, siendo los tres últimos los de mayor requerimiento de agua azul y, a su vez, los de menor valor económico. Sin embargo, los requisitos de agua azul y verde varían considerablemente por región y de acuerdo con el tipo de clima y con el rendimiento de la producción (MINAGRI, 2015).

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 papa es de 4,864.2 m³ /ha, para un periodo vegetativo de 5 meses, mientras que para el cultivo de quinua es de 6,057 m³ /ha para un periodo vegetativo de 6 meses. La huella hídrica del cultivo de papa es de 300.71 l/kg, considerando un



rendimiento de 16,175.64 kg/ha, mientras que para el cultivo de quinua es de 5,689.92 m³ /ha considerando un rendimiento de 1334.19 kg/ha.

Antecedentes a nivel internacional:

En Colombia, Gonzales (2016) estimó la huella hídrica de los cultivos de papa y pastos para el periodo 2009 – 2014 para dos grupos de agro ecosistemas analizados. Los agricultores arrendatarios sólo siembran papa y el valor promedio estimado de huella hídrica para este cultivo es de 430,2 m³ /ha. Los propietarios obtienen una cosecha de papa al año y el valor promedio estimado de huella hídrica por ciclo de cultivo de papa es de 422,2 m³ /ha.

Rodríguez et al., (2014), mencionan que para el desarrollo del estudio, el agua empleada para el riego de cultivos es extraída de pozos profundos, cuyos valores de extracción oscila de 80 a 120 m³ /ha. Los resultados obtenidos después de la realización del estudio muestra que el valor de la huella hídrica fue igual a WF= 323.99 m³ / t;.

Rodríguez et al. (2014) realizaron una investigación cuyo objetivo es cuantificar el huella hídrica de la producción de papa en el sureste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), la huella hídrica de papa en esta región fue de 323.99 m³ /tn.

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 (Mekonnen et al., 2011).

Gonzales (2011) en la república de Cuba realizó el cálculo de la huella hídrica de la cosecha de la papa en la empresa cultivos varios Horquita. La huella hídrica del cultivo de la papa es de 199.21 m³/ton, internacionalmente de 287 m³ /ton.

La cantidad estimada de agua requerida para producir papa (seca) se requiere 630 litros/kg. La agricultura mundial consume aproximadamente el 70% del agua dulce extraída por año, solo alrededor del 17% de las tierras de cultivo del mundo se riega, pero esta tierra irrigada produce el 40% del alimentos del mundo (Pimentel et al., 2004).

Revisión bibliográfica.

Evapotranspiración.

La evapotranspiración se define como la pérdida de humedad contenida en el suelo cuando está cubierto por vegetación, cuando este se encuentra saturado. La superficie del suelo se encuentra cubierta por vegetación y que de acuerdo con la especie vegetal, se incluya un factor que define la evapotranspiración potencial. Sin embargo el agotamiento de la humedad en el suelo y el déficit afecta la diferencia entre evapotranspiración potencial y real, pues la velocidad de agotamiento de la humedad en un suelo saturado, disminuye logarítmicamente debido a las variaciones de la profundidad radicular, densidad, pendiente del suelo y humedad atmosférica (Allen et al., 2006).

Para determinar la tasa de evapotranspiración de una vegetación en particular, hay que considerar cuatro factores críticos: La humedad del suelo, el tipo de



planta, la etapa de desarrollo de la planta y el clima. Dentro del clima hay cuatro parámetros meteorológicos que afectan a la tasa de evapotranspiración: radiación solar, velocidad del viento, humedad y temperatura (Brown, 2014).

Evapotranspiración real del cultivo.

Se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo se define como necesidades de agua del cultivo, por tanto, la necesidad de riego básicamente representa la diferencia entre la necesidad de agua del cultivo y la precipitación efectiva. Las diferencias en la anatomía de las hojas, características de las estomas, las propiedades aerodinámicas, e incluso el albedo, ocasionan que la evapotranspiración del cultivo difiera de la evapotranspiración del cultivo de referencia bajo las mismas condiciones climáticas (Allen et al., 2006).

El proceso de evapotranspiración es de gran importancia para muchas disciplinas, ya que ayuda en muchas áreas como por ejemplo al diseño de sistemas de riego, programación de sistemas de riego, estudios hidrológicos y de drenaje. En la práctica, para conocer la tasa de evapotranspiración de un cultivo, es necesario en primer lugar conocer la evapotranspiración potencial o de referencia (ET_o) y por medio de la aplicación de coeficientes del cultivo (K_c), se puede estimar la evapotranspiración real del cultivo (ET_c) (Irmak y Haman, 2014).

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:

$$HH \text{ cultivo} = HH_{\text{verde}} + HH_{\text{azul}} + HH_{\text{gris}} \text{ (m}^3 \text{ / ton).}$$



VI. Hipótesis del trabajo

La huella hídrica verde y azul nos permitirá conocer las necesidades hídricas de los cultivos alimenticios de la región de Puno.

VII. Objetivo general

Estimar la huella hídrica verde y azul de los cultivos alimenticios de la región de Puno mediante métodos indirectos durante el periodo del 2010 al 2020

VIII. Objetivos específicos

- Estimar la evapotranspiración de referencia en el ámbito de la región de Puno, mediante el método de Hargreaves y Samani.
- Estimar la evapotranspiración real de los cultivos alimenticios de la región de Puno, mediante métodos indirectos.
- Estimar la huella hídrica verde y azul de los cultivos alimenticios mediante métodos indirectos.

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 de los cultivos, la población de la información meteorológica a considerar son 20 estaciones meteorológicas ubicadas en el ámbito de la región de Puno y el rendimiento de los cultivos de las 13 provincias de la región de Puno.

Muestra

La muestra a considerar por estación meteorológica es de 10 años de registro histórico de los parámetros temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación. La muestra del rendimiento de los cultivos alimenticios de 10 años.

Descripción de los métodos.

Evapotranspiración de referencia, Metodo de Hargreaves – Samani.

El método indirecto Hargreaves y Samani emplea datos meteorológicos mensuales de temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura media. Según Hargreaves y Samani, (1985) este método utiliza la siguiente ecuación:

$$HG = HC R_a \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} + HT \right) (T_{\max} - T_{\min})^{HE}$$

Donde:

HG es la evapotranspiración de referencia (mm/d)

Ra es la radiación extraterrestre (mm/d).



Tmax es la temperatura máxima diaria (°C)

Tmin es la temperatura mínima diaria (°C)

HC es el coeficiente empírico de Hargreaves (0.0023)

HT es el coeficiente empírico de temperatura (17.8)

HE es el exponente empírico de Hargreaves (0.5).

Variables:

Variable dependiente: Evapotranspiración de referencia (ETo).

Variables independientes: Temperatura máxima, temperatura mínima, radiación extraterrestre y coeficientes empíricos.

Evapotranspiración real del cultivo.

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

$$ETc = Kc * ETo$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/mes)

Kc = Coeficiente de cultivo.

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/mes).

Variables:

Variable dependiente: Evapotranspiración real (ETc).

Variables independientes: Evapotranspiración de referencia (ETo) y Coeficiente de cultivo (Kc).

Huella hídrica

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

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

Donde:

HH cultivo = Huella hídrica del cultivo (m³/kg)

RAC = Requerimiento de agua del cultivo (m³/ha)

RC = Rendimiento del cultivo (kg/ha)

Variable dependiente: Huella Hídrica cultivo.

Variables independientes: Requerimiento de agua del cultivo, Rendimiento del cultivo y 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.



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
- Feijó, 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.
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1(2): 96-99.
- 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 Assessment 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 del proyecto



Los resultados serán utilidad para:

- Formular proyectos de riego superficial y presurizado.
- Funcionarios de las agencias agrarias de la región Puno, 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 agrícolas.

Como contribución de la investigación, los resultados nos permitirá conocer los volúmenes de agua de agua necesarios para producir los cultivos en la región de Puno.

XII. Impactos esperados

i. 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 de los cultivos en el ámbito de la región de Puno, durante el periodo de 2010 al 2020.

ii. 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.

iii. Impactos sociales

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

iv. Impactos ambientales

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

XIII. Recursos necesarios.

Infraestructura:

Facultad de Ingeniería Agrícola, laboratorio de cómputo.

Equipos:

- Computadora y laptop.
- Equipo de impresión.
- Cámara fotográfica.



- Software: Office, Arc GIS, HIDROESTA Y CROPWAT.
- Humano:
- Docentes de las Facultades de Ingeniería Agrícola y Ciencias Agrarias.
 - Personal de apoyo: Especialistas y administrativos.

XIV. Localización del proyecto.

La investigación se realizará en el ámbito de la región de Puno (13 provincias).

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 13 estaciones, 4 variables)	años	520	12	6,240
3	Varios	Unidad	1	1000	1,000
	Servicios				
4	Pasajes	Unidad	6	100	600
5	Alimentación	Unidad	6	50	300
6	Alojamiento	Unidad	6	50	300
7	Materiales de escritorio	Varios	1	500	500
8	Imprevistos	Unidad	1	300	500
Total (S/.)					9,440