

Universidad de Huánuco

Facultad de Ingeniería

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

TESIS

INFLUENCIA DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS Y SU
RELACIÓN CON LA HUELLA HÍDRICA DEL DISTRITO DE
CHAVINILLO - HUÁNUCO - PERIODO JULIO - SETIEMBRE 2019.

Para Optar el Título Profesional de :
INGENIERA AMBIENTAL

TESISTA

Bach. ESPINOZA MACHUCA, Jhersi Jhosselin

ASESOR

Mg. CALVO TRUJILLO, Heberto

Huánuco- Perú
2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día 28 del mes de Octubre del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Hg. Simón Edmundo Calvo Vargas (Presidente)
Hg. Frank Erick Camara Llano (Secretario)
Bla. Alejandro Rolando Duran Nieve (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 1245-2019-D-FI-UOH para evaluar la Tesis intitulada:

"Influencia de los Cultivos Agrícolas y
su relación con la Huella Hídrica del Distrito
de Chavinillo - Huánuco - Período Julio - Setiembre
2019"

presentada por el (la) Bachiller Jhony Jhosselyn Espinoza Machuca para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental

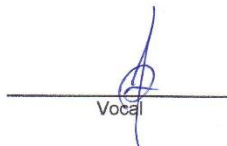
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 14 y cualitativo de Buena (Art 47)

Siendo las 16:20 horas del día 28 del mes de Octubre del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Presidente


Secretario


Vocal

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico esta tesis, a la memoria de mi abuelita Grimalda Jara Araujo; quien fue una parte esencial durante mi formación y quien con su amor supo apoyarme en cada decisión, así mismo dedico a mis padres, a mis hermanas y a mi sobrina Alisson, quienes son mis grandes tesoros y fuente de mi inspiración.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más.

A mis padres Eugenio Espinoza Julca y Rosa Machuca Jara, gracias por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, y sus consejos que han sabido guiarme y que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida, a mis hermanas Katherine Espinoza Machuca y Sherly Espinoza Machuca por estar siempre presentes, acompañándome y por su apoyo incondicional.

Así mismo agradezco mi asesor al Mg. Heberto Calvo Trujillo por brindarme su apoyo en la elaboración de la presente tesis.

También agradezco a mis jurados al Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva, al Ing. Simeón Calixto Vargas y al Mg. Frank Cámara Llanos, por apoyarme con sus sugerencias durante la revisión de mi tesis.

Finalmente agradezco a todos los docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo motivaron a desarrollarme profesional en la Universidad de Huánuco.

INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN.....	X

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16

CAPITULO II.

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.2. BASES TEÓRICAS	25
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	35
2.4. HIPÓTESIS	36
2.5. VARIABLES.....	37

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	37.
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	37
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	37

CAPITULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.1.1. Enfoque.....	39
3.1.2. Alcance	39
3.1.3. Diseño.....	39
3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	40
3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	43

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS	45
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	54

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	59
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS.....	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes de uso consuntivo (Kc) de los principales cultivos de la Sierra.....	42
Tabla 2. Evapotranspiración de referencia del distrito de Chavinillo	45
Tabla 3. Kc promedio de los cultivos	48
Tabla 4. ETc de los principales cultivos durante el periodo vegetativo (mm)	49
Tabla 5. Requerimiento de agua de los principales cultivos (m ³).....	49
Tabla 6. Consumo de agua virtual de los principales cultivos durante el periodo vegetativo (L/kg)	52
Tabla 7. Variables agrícolas económicas y el valor económico del agua virtual de los principales cultivos agrícolas.	53
Tabla 8. ANVA para consumo de agua virtual de los cultivos agrícolas.....	54
Tabla 9. Prueba de LSD Fischer para consumo de agua virtual de los principales cultivos agrícolas.	54
Tabla 10. Prueba de t-student para valor económico del agua virtual	55
Tabla 11. Métodos numéricos de correlación	56
Tabla 12. Contraste entre los cultivos agrícolas y la huella hídrica	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de una huella hídrica, según Pegram et al (2015).	33
Figura 2. Variación de la evapotranspiración durante los meses de registro del distrito de Chavinillo.	46
Figura 3. Superficie sembrada promedio de los principales cultivos agrícolas del distrito de Chavinillo, 2003 – 2018	47
Figura 4. Producción promedio de los principales cultivos agrícolas del distrito de Chavinillo, 2003 - 2018	47
Figura 5. Rendimiento promedio de los principales cultivos del distrito de Chavinillo, 2003 - 2018	48
Figura 6. Kc total de los principales cultivos del distrito de Chavinillo.	50
Figura 7. Requerimiento de agua de los principales cultivos del distrito de Chavinillo.	50
Figura 8. Consumo de agua virtual total de los principales cultivos del distrito de Chavinillo	52
Figura 9. Valor económico del agua virtual total de los principales cultivos agrícolas del distrito de Chavinillo.....	53

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la influencia de los cultivos agrícolas y su relación con la huella hídrica se realizó el estudio en la jurisdicción del distrito de Chavinillo. La investigación se desarrolló en el marco del enfoque Cuantitativo, de alcance experimental y bajo el diseño experimental. El procedimiento para determinar la huella hídrica de productos agrícolas fue el propuesto por Mallma (2015), el cual consistió en determinar el consumo de agua virtual y su valor económico mediante la determinación de la evapotranspiración y el requerimiento del cultivo, a su vez se utilizó datos de producción, superficie sembrada y rendimiento de los cultivos cebada, haba grano seco, maíz amiláceo, papa, papa amarilla y trigo de un periodo de 16 años proporcionado por la Agencia Agraria de Chavinillo. Los resultados del estudio determinan que los cultivos agrícolas influyen en el consumo de agua virtual y su valor económico, registrándose de 376.08, 360.90 y 351.01 L/kg de haba grano seco, maíz amiláceo y papa (blanca y amarilla) respectivamente; y en el valor económico del agua virtual registrándose los mayores valores en haba grano seco, papa y trigo con S/. 1.08, 2.75 y 1.50 por metro cúbico respectivamente. Estos resultados permiten recomendar continuar con las investigaciones de huella hídrica en otros distritos de Yarowilca y provincias de Huánuco, así como en otros cultivos de la región.

Palabras clave: evapotranspiración, coeficiente de cultivo, agua virtual, cultivos agrícolas

ABSTRACT

In order to determine the influence of agricultural crops and their relationship with the water footprint, the study was conducted in the jurisdiction of the Chavinillo district. The research was carried out within the framework of the Quantitative approach, experimental in scope and under the experimental design. The procedure to determine the water footprint of agricultural products was the one proposed by Mallma (2015), which consisted of determining the virtual water consumption and its economic value by means of evapotranspiration determination and the crop requirement, in turn data from production, planted area and yield of barley crops, dried beans, starchy corn, potatoes, yellow potatoes and wheat for a period of 16 years provided by the Agricultural Agency of Chavinillo. The results of the study determine that agricultural crops influence virtual water consumption and its economic value, registering 376.08, 360.90 and 351.01 L / kg of dry grain beans, starchy corn and potatoes (white and yellow) respectively; and in the economic value of virtual water registering the highest values in dry bean, potato and wheat beans with S / . 1.08, 2.75 and 1.50 per cubic meter respectively. These results allow us to recommend continuing water footprint research in other districts of Yarowilca and Huanuco provinces, as well as in other crops in the region.

Keywords: evapotranspiration, crop coefficient, virtual water, agricultural crops

INTRODUCCIÓN

La huella hídrica del sector agrícola se entiende como el consumo de agua requerido durante el periodo vegetativo del cultivo, y que representa el 90% de la huella hídrica a nivel nacional; su estudio conlleva a la eficiencia del recurso hídrico, el impacto que genera al medio ambiente e identificar oportunidades para mejorar.

El estudio de la huella hídrica proporciona información indispensable, sobre todo en zonas como Chavinillo donde existe una época donde el recurso hídrico es escaso, de tal manera se generará conciencia del uso responsable del agua y fomentar el diálogo entre los distintos sectores de la población

El presente trabajo de investigación comprende de cinco capítulos, los cuales se mencionan a continuación:

Capítulo I: considera el problema de la investigación, descripción del problema, la formulación, el objetivo general y específicos, justificación, limitaciones y la viabilidad del estudio.

Capítulo II: enmarca el marco teórico, donde se considera los antecedentes (internacionales, nacionales y locales), las bases teóricas, definiciones conceptuales, las hipótesis, las variables y la operacionalización de variables

Capítulo III: respecto a la metodología de la investigación, en el que se fundamenta en el tipo de investigación (enfoque, alcance y diseño), las técnicas e instrumentos de recolección de datos y técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

Capítulo IV: referido a los resultados, donde se trata el procesamiento de resultados y el contraste de la hipótesis.

Capítulo V: se basa en la discusión de los resultados, en el que se presenta la contrastación de los resultados del trabajo de Investigación.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El agua es un elemento complejo y fascinante (Camargo & Camacho, 2019), fundamental insustituible, para la vida y actividades económicas de todos los compuestos (Blanco, 2017), que mediante el ciclo hidrológico ha circulado por 3800 millones de años, sin embargo en los últimos 100 años, esta circulación ha sido interrumpida por las actividades humanas (Simon, 2018).

El problema no es la escasez, sino de disponibilidad (Amaury, 2009), debido a que la mayoría del agua no está en una forma o un lugar que permita disponer de ella (Simon, 2018), porque del 97.2% del agua en el planeta Tierra solo el 1.2% es superficial proveniente de los ríos, lagos y otras formas de agua de superficie (Gómez, 2018), y que un 70% de esta agua es consumida por la agricultura a nivel mundial (Del Valle, 2017; Simon, 2018; Camargo & Camacho, 2019), pero solo el 40% del agua dulce es absorbida por las plantas (Camargo & Camacho, 2019), por lo que para producir alimentos se requiere altas cantidades de agua entre 2.000 y 5.000 l/persona/día (Del Valle, 2017).

La agricultura, es entonces una de las actividades que mayor consumo de agua requiere, motivo por el cual es necesario conocer el volumen de agua requerido para producir alimentos (Tolón, Lastra, & Fernández, 2013), dicha necesidad hídrica es posible satisfacerla, no solo con obras de irrigación e hidráulicas, es mediante el agua virtual (Arrequin & López, 2007), a lo que en

agricultura se conoce como huella hídrica, el cual constituye un concepto actualmente en evolución (Pegram, *et al.*, 2015).

En el Perú, se ha realizado el primer reporte nacional de la huella hídrica, con el apoyo de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación – COSUDE (Pegram, *et al.*, 2015), y un trabajo de investigación efectuado para la región Junín (Mallma, 2015). En Huánuco, aún no se han efectuado trabajos de investigación concernientes al tema en estudio.

El Distrito de Chavinillo, presenta aproximadamente 1064 hectareas de cultivos agrícolas sembrados, el cual representa el 5.12% de la extensión superficial, esto demuestra que la actividad agrícola es restringida, por la topografía de la superficie y la escasez de agua en épocas de verano y otono, lo que limita la producción de los cultivos en la zona y por ende determinar la huella hídrica permitirá proponer políticas públicas que propicien un uso eficiente del mismo para el bienestar de la sociedad y el desarrollo económico de la Región y del Distrito de Chavinillo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general

¿Cuál es la influencia de los cultivos agrícola y su relación con la huella hídrica del Distrito de Chavinillo - Huánuco, periodo julio – setiembre 2019?

1.2.1. Problemas específicos

- ¿Existen diferencias de los principales cultivos agrícolas en el consumo de agua virtual del Distrito de Chavinillo?

- ¿Existen diferencias de los principales cultivos agrícolas en el valor económico de agua virtual del Distrito de Chavinillo?
- ¿Qué relación tienen los principales cultivos con el consumo de agua virtual y valor económico del agua virtual?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de los cultivos agrícolas y su relación con la huella hídrica del Distrito de Chavinillo - Huánuco, periodo julio – setiembre 2019

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la influencia de los principales cultivos agrícolas en el consumo de agua virtual del Distrito de Chavinillo.
- Determinar el efecto de los principales cultivos en el valor económico del agua virtual del Distrito de Chavinillo
- Establecer la relación tendrán los principales cultivos con el consumo de agua virtual y valor económico del agua virtual

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La actividad agrícola en el Distrito de Chavinillo se encuentra limitada por la disponibilidad de agua, y se hace escaso en las estaciones de verano y otoño, periodo en donde los agricultores no efectúan siembras de cultivos que demandan gran cantidad de agua como la papa, sin embargo en las estaciones de primavera e invierno, la agricultura se desarrolla normalmente, cultivándose 17 cultivos aunque con limitaciones, contribuye al desarrollo productivo.

No obstante, la producción agrícola del Distrito de Chavinillo podría ser mayor si se implementan políticas que conlleven al aprovechamiento del recurso hídrico. En ese sentido, considerando la escasa disponibilidad de agua para la producción agrícola en el Distrito de Chavinillo, es necesario conocer el volumen de agua requerido que permita producir los cultivos en función a un volumen productivo deseado, a lo que actualmente se conoce como huella hídrica.

Por las razones expuestas, el presente trabajo de investigación es importante, ya que permitirá conocer la huella hídrica que requiere para la producción agrícola en el Distrito de Chavinillo, no solo favorecerá a entender el consumo por los cultivos, sino que servirá para la mejora de la gestión de los recursos hídricos.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación se visitaron los centros poblados que tengan mayor relevancia agrícola, debido al tiempo y al costo de las visitas a los predios.

El estudio evaluó al agua virtual de los principales cultivos del Distrito de Chavinillo, los cuales se definieron por la mayor área sembrada.

La evaluación de la huella hídrica no empleó el método directo, por el costo de los lisímetros.

Los datos meteorológicos recopilados provieron de la estación meteorológica de Jaca Chico, por tener un historial de registro más de 20 años, ya que el de Puca – Puca es una estación automatizada con poco tiempo de registro.

El trabajo de investigación se desarrolló en el ámbito del Distrito de Chavinillo.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio adoptó el modelo propuesto por Mallma (2015) por presentar condiciones semejantes a la zona de estudio

Accesibilidad a los datos meteorológicos del SENAMHI de la Estación Jacas Chico

Apoyo del personal profesional de la Agencia Agraria de Chavinillo para la identificación de los cultivos principales.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacional

Novoa *et al* (2016) en su estudio titulado “Variabilidad de la huella hídrica del cultivo de cereales, río Cachapoal, Chile”. **Objetivo:** Evaluar los efectos de la variabilidad climática en el consumo de agua para la producción agrícola de cereales, a través del cálculo de la huella hídrica”. **Metodología:** se consideró tres escenarios de precipitación: (a) año húmedo, (b) año normal y (c) año seco, y bajo dos condiciones de rendimiento (constante y disminución de 20%, proyectando el efecto de cambio climático), en tres secciones de la cuenca del río Cachapoal. Además, se calculó el agua virtual y la productividad aparente del agua para evidenciar el efecto de la variabilidad climática en la productividad del consumo del agua en el cultivo de cereales. **Resultados:** El análisis de percentiles determinó que el año 2005 correspondió a húmedo, 2006 a normal y 2007 a seco. La huella hídrica de los cereales, bajo un rendimiento constante, fue mayor en el año húmedo con 1 064 m³/ton; en cambio, con una disminución del rendimiento, fue mayor en el año seco (1 633.9 m³/ton). Para ambas condiciones, la mayor huella hídrica azul se estimó en un año seco y la mayor huella hídrica verde en un año húmedo. Sin embargo, no se observaron diferencias entre las secciones de la cuenca. En un año húmedo se habría exportado la mayor cantidad de agua virtual con 14 325 000 m³/año, y se habría

producido la menor productividad aparente del agua, 92.8 \$/m³, información fundamental para determinar sistemas agrícolas sustentables. **Conclusión:** se requiere en Chile de mayor innovación tanto tecnológica como de metodologías de gestión del agua, creación de capacidades, organización social, marcos legales adecuados y desarrollo de instituciones, como la Superintendencia del Agua, propuesta por el actual gobierno, en el contexto de la Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015.

Rios & Navarrete (2017) en su estudio “Huella hídrica y productividad económica del agua en Nogal Pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México”. **Objetivo:** Determinación de la huella hídrica y la productividad del capital y del trabajo en el cultivo del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) producido en FIM, Coahuila, municipio perteneciente al Distrito de Riego 017. **Metodología:** Se utilizaron los modelos matemáticos de productividad del suelo, de la productividad del capital invertido y de la huella hídrica en términos físicos. **Resultados:** al comparar FIM con el DR017, indican que la productividad del agua en términos físicos fue de 0,064 kg.m³ vs 0,075 kg.m³, indicando que FIM fue 16% menos productivo en el uso del agua. Asimismo el nogal empleó 15,73 m³.kg⁻¹ vs 13,25 m³.kg⁻¹ respectivamente. Un hm³, produjo USD 10.921 de ganancia y 17,00 empleos vs USD 86.178 y 14,70. El costo del agua al productor fue en extremo bajo: USD 0,0006 vs USD 0,0096. La Relación Beneficio/Costo fue 1,097 vs 2,138. La productividad del suelo fue de 0,94 ton.ha⁻¹ vs 1,28 ton.ha⁻¹, mientras la ganancia por hectárea fue

USD 161 vs USD 1.462. Un millón de USD de inversión de capital generó 151 empleos vs 194 empleos. Una hora de trabajo produjo 1,62 kg de nuez vs 2,23 kg de nuez, así como USD 0,28 y USD 2,55 de ganancia respectivamente, para todos los indicadores, en FIM y el DR017. **Conclusión:** Las ventajas de evaluar la productividad del agua de riego mediante el uso de metodología basada en ecuaciones matemáticas explícitas utilizadas para evaluar las huellas hídricas física, económica y social son, en primer lugar la certeza de saber el origen de lo que arroja el modelo de salida en función de los datos de entrada, así como la replicabilidad en otras condiciones diferentes a las de este estudio, algo que no puede lograrse utilizando metodologías implícitas de la huella hídrica.

Barragan & Siachoque (2017) en la tesis “Evaluación de la huella hídrica de los sistemas de producción agrícola y pecuario predominantes en la microcuenca La Plata (Ibagué, Tolima)”. **Objetivo:** Evaluar la Huella Hídrica de los sistemas de producción agrícola y pecuario predominantes en la microcuenca La Plata (Ibagué, Tolima). **Metodología:** La metodología para el cálculo de la Huella Hídrica utilizada en el presente trabajo se basó en el empleo del software CROPWAT 8.0 FAO (2010), el cual utiliza el método Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos y el agua requerida para producir un bien o servicio, es decir, el agua para riego y para consumo doméstico basado en datos del cultivo, de suelos, climáticos, teniendo en cuenta el equilibrio suelo-agua al día según el abastecimiento de agua y la gestión del recurso. **Resultados:** Los

resultados indicaron que la HH de los sistemas de producción agrícola es de $6.628,64 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$. El Café (*Coffea arabica* Linneo) es el que genera mayor HV. El sistema de producción que mayor HG produce es el de Mora (*Rubus glaucus* Benth). Además, el análisis de sostenibilidad evidenció que la microcuenca presenta un estado crítico o “hotspot” ambiental por competencia de agua verde. **Conclusión:** Los resultados e indicadores permitieron crear estrategias de respuesta para mejorar la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico, con el ánimo de contribuir a su uso eficiente.

2.1.2. Nacional

Vilca (2019) en su tesis doctoral “Huella hídrica de cultivos andinos de la región uno comercializados en la Región Arequipa”. **Objetivo:** determinar la huella hídrica de los principales cultivos andinos de la región Puno comercializados en la región Arequipa. **Metodología:** incluyó información del clima, plantas y suelo, calculando el consumo de agua por cultivo, mediante el software Cropwat versión 8.0. Se formuló un modelo que permitió determinar la huella hídrica de cultivos andinos, que incorpora la evapotranspiración de referencia, coeficiente de cultivo, superficie de terreno, rendimiento de cultivo y volumen de comercialización. **Resultados:** El cultivo de papa tuvo la mayor huella ($6,660.69 \text{ m}^3 / \text{ha}$), el tarwi tuvo la menor huella ($3,750.45 \text{ m}^3 / \text{ha}$). Los demás cultivos tuvieron valores intermedios como oca ($5,449.75$), olluco ($4,762.52$), haba ($4,091.39$), quinua ($6,179.58$), kañiwa ($5,466.55$), cebada ($4,159.33$) y mashua ($5,387.82 \text{ m}^3 / \text{ha}$). El volumen de agua virtual estimado procedente de la región Puno que

ingresa a la región Arequipa, fue también mayor para la papa (145,175,163.13 m³/año) y menor para mashua (1,098,284.76 m³/año). El valor económico del agua virtual estimado procedente de la región Puno que ingresa hacia la ciudad de Arequipa, fue mayor para la papa (60,247,692.70 de soles/año) y menor para mashua (455,788.17 de soles/año). Se concluye que, a partir de la determinación de la huella hídrica es posible demostrar que existe un tránsito importante de agua virtual de la región Puno hacia la ciudad de Arequipa contenida en los cultivos andinos comercializados

Mallma (2015) en su tesis doctoral “Huella hídrica de los principales productos agrícolas de la región Junín que son comercializadas en el mercado de la ciudad de Lima”. **Objetivo:** Evaluar la huella hídrica de los principales productos agrícolas que se comercializan desde la región Junín al mercado de la ciudad de Lima. **Metodología:** Se desarrolló un modelo conceptual que inicia con datos meteorológicos de la zona, en base a estos datos se estimó la evapotranspiración de referencia (ET_o), eligiéndose luego los cultivos a los cuales se asignaron los valores del coeficiente de cultivo (K_c) según estudios realizados en dicha zona. Con ello, se ha determinado la evapotranspiración del cultivo (ET_c), que conjuntamente con la superficie del terreno (por unidad de hectárea), sirvió para estimar el requerimiento de agua del cultivo (RAC). Con este resultado y el rendimiento de cada cultivo (RC) se ha determinado el contenido de agua virtual (V) de cada producto agrícola, el cual es expresado en litros de agua virtual por kilo del producto. Con éste valor y la cantidad

de producto comercializado (Ej) se estimó el agua virtual que es transferida (AVt) hacia el mercado de la ciudad de Lima. **Resultados:** los valores de agua virtual de los productos agrícolas como la papa, trigo, choclo, maíz grano, haba verde, haba grano, arveja verde, alcachofa, zanahoria, cebolla, ajo, cebada, quinua y olluco, fluctúan entre 0,008 a 75,52 Hm³, siendo la huella hídrica total de 161,28 Hm³/año para los 14 cultivos estudiados. Los valores de agua virtual de cada uno de los productos varían, entre un año y otro, en sus cantidades comercializadas; y depende de la producción en la región Junín, la que a su vez está condicionada, esencialmente, a factores como el clima, la demanda del consumidor y la tecnología empleada en los sistemas de producción. **Conclusiones:** los resultados indican que los volúmenes de agua virtual entre productos varían por las cantidades comercializadas. Así por ejemplo, el consumo de un kilo de papa en la ciudad de Lima implica la transferencia de 290,92 litros de “agua virtual” desde la región de Junín, donde se produce este producto.

Peña (2017) “en su tesis “Análisis de sostenibilidad ambiental a través de la cuantificación de la huella hídrica verde de la actividad agrícola en la subcuenca del río Achamayo de la localidad de Ingenio-2016”. **Objetivo:** Analizar la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica verde de la actividad agrícola, a través de su cuantificación, en la subcuenca del río Achamayo en la localidad de Ingenio - 2016. **Metodología:** Se utilizó los datos proporcionados por la estación meteorológica de “Ingenio” entre enero del 2011 hasta diciembre del 2015, para poder cuantificar la Huella Hídrica verde mediante el

programa CROPWAT y luego analizarla para poder determinar el uso actual del agua proveniente de las precipitaciones en la agricultura. Se utilizó el método sistémico para analizar sus interacciones entre la cantidad de agua de lluvia en la zona, la demanda hídrica de los productos vegetales y su sostenibilidad ambiental a lo largo del tiempo. **Resultados:** La huella hídrica verde total calculada de los cinco cultivos estudiados suma 7 652.8 m³/t. **Conclusiones:** Existe un gran consumo de agua verde por parte de las tierras dedicadas a cultivos en la subcuenca del río Achamayo, que podrían, a un plazo aún desconocido, disminuir los recursos hídricos para los seres humanos y los ecosistemas aguas abajo, así como una pérdida de ecosistemas naturales por la expansión de la frontera agrícola, lo cual hace insostenible esta actividad desde el punto de vista de la huella hídrica verde.

Cerpa (2018) en su tesis “Determinación de la huella hidrica del cultivo de cebolla, de la comisión de usuarios Pucchun del distrito de Mariscal Cáceres-2018”. **Objetivo:** Determinar la huella hídrica, que cantidad de recurso hídrico azul, verde y gris demanda en el periodo vegetativo de la primera campaña agrícola (marzo-julio) del cultivo de cebolla en la Comisión de Regantes Pucchun, Distrito Mariscal Cáceres, Provincia de Camaná y Departamento de Arequipa. **Metodología:** Se empleó la metodología del Manual de Evaluación de la huella hídrica y el uso del software CROPWAT 8.0. Además se consideró para el cálculo del índice de grado de presión, las categorías de índice de uso de agua desarrollado por IDEAM. **Resultados:** Este

trabajo de investigación se realizó en 3 fases: La primera fase se determinó el diagnóstico de consumo de agua, donde se obtuvo como resultado 17712 m³/Ha. En la segunda fase se calculó las huellas hídricas, las cuales se obtuvieron para la huella hídrica total de 108.8 m³/Ton, para la huella hídrica azul 76.28 m³/Ton, huella hídrica verde 0.43 m³/Ton y la huella hídrica gris 32.1 m³/Ton. Finalmente en la tercera fase se realizó un cálculo de índice de presión ejercida con respecto a la oferta disponible del recurso hídrico en donde se obtiene los porcentajes de 36.74%, 0.21%, 15.46% y 52.41% (huella hídrica azul, verde, gris y total), situados en el orden respectivo “Alto, Moderado, muy bajo y muy alto”.

Rojas y Muñoz (2018) en la investigación “Análisis económico de la huella hídrica del banano orgánico en Sullana para los años 2000 al 2014”. **Objetivo:** Cuantificar la huella hídrica de la fase agrícola del cultivo de banano orgánico y del convencional para los principales distritos de la provincia de Sullana-Piura desde el año 2000 al 2014. **Metodología:** Para este estudio se escogió seis distritos bananeros de la provincia de Sullana: Marcavelica, Sullana, Salitral, Querecotillo, Ignacio Escudero y Miguel Checa. Los cuales son los mayores productores de banano orgánico de la provincia de Sullana. Para calcular la huella hídrica azul (irrigación) y verde (precipitación) se utilizará el software CROPWAT 8.0 de la FAO, que es un programa informático para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos y las necesidades de riego en base a datos del suelo, el clima y las cosechas. Se colectaron datos climatológicos (precipitación,

temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad de viento y horas de sol), del valle del río Chira provenientes de la estación meteorológica Mallares del distrito de Marcavelica. **Resultados:** Durante las evaluaciones se determinó la mayor área cultivada de banano con 2124.95 de banano orgánico, un rendimiento que oscila entre 36 a 86 t/ha. La evapotranspiración promedio fue de 1809.mm/año, la huella hídrica de agua azul es de 18059.0 m²/ha/año; la huella hídrica total del 2000 al 2014 fue de 314 m³/T.

2.1.3. Local

A nivel local no se evidencian antecedentes referidos al tema de investigación, por lo que el estudio a realizar se convierte en una de las primeras referencias. Razón por el cual es de suma importancia realizar el presente trabajo de investigación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Cultivos agrícolas

Papa

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) constituye el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz y el trigo en términos de consumo humano (Centro Internacional de la Papa - CIP, 2015). Dicho cultivo requiere de temperaturas menores de 25 °C y una cantidad total de lluvia es de 500 mm a 1200 mm (Egúsquiza, 2000).

Cebada

Es un cultivo estratégico e importante para sus pobladores, ya que permite cubrir las necesidades alimenticias de un 93% de pobladores a nivel nacional, además constituye una fuente de ingresos al comercializar los excedentes. La producción de esta especie es realizado en secano entre los meses de noviembre y diciembre (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, 2010).

Haba

Cultivo de importancia para la economía de los productores, como así también es imprescindible para la seguridad alimentaria de los productores del área rural; el cual requiere de una provisión continua y óptima humedad para un buen desarrollo y producción, puesto que el cultivo requiere agua de manera indispensable en las siguiente etapas Macollaje, Floración, Formación de Vainas y Llenado de Grano (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, 2011).

Maíz

Cereal que es legado de nuestros antepasados, que cuanto una amplia diversidad genética, posee bajo potencial productivo, especialmente los maíces de altura; por lo que requiere de una temperatura media de 14 °C.; durante el ciclo vegetativo del cultivo (agosto a abril), una humedad relativa entre 57 y 72 % y la precipitación promedio anual de 600 mm (Jara, 2012).

Trigo

Especie vegetal que es una fuente importante de alimento e ingreso para las familias campesinas. Su producción se destina mayormente al autoconsumo; razón de ello es que la tecnología empleada en su manejo es bajo; Se puede cultivar bajo condiciones de secano o riego; siendo la temperatura ideal para su crecimiento entre 10 y 24 °C (tejada, 2008).

2.2.2. Aspectos agrícolas productivos

Producción agrícola

Es la actividad principal de cualquier sistema económico que está organizado para la satisfacción de las necesidades humanas (Días, 2013). La producción agrícola se caracteriza por su alto grado de rigidez en el proceso productivo, y por la inestabilidad en los rendimientos, de suerte que el nivel de producto planeado es impredecible su fundamento en la explotación del suelo o de los recursos que éste origina en forma natural o por la acción del hombre (Bejarano, 2011).

En el periodo enero – setiembre del 2017, los productos de la agricultura tuvieron un crecimiento de 1,2%, básicamente por la mayor producción obtenida de la papa 6% en Huánuco, Cusco e Ica (Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI, 2017).

Superficie cosechada

Según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, la superficie agrícola cultivada asciende a 3 millones 790 mil 351 hectáreas, los

departamentos que tienen la mayor cantidad de hectáreas cultivadas son San Martín, Junín y Cajamarca, en conjunto, estos tres departamentos concentran poco más de la cuarta parte de la superficie cultivada del país (26,7%). (Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, 2013).

Rendimiento

Según el INEI (2017) el rendimiento los principales cultivos en el 2016 fue el siguiente: el arroz de 7.99 t.ha⁻¹, El maíz amiláceo ascendió a 1,30 toneladas por hectárea cosechada respecto al año 2016; El maíz choclo, el rendimiento del producto se vio mejorado en 2.68%, obteniendo 8.82 t.ha⁻¹, la caña de azúcar, obtuvo en promedio 120.27 t.ha⁻¹ y la papa de 14.73 t.ha⁻¹

2.2.3. Disponibilidad de agua

Es la abundancia de agua disponible que posee un país o región para ser usada en sus procesos de desarrollo. La estimación de la oferta de agua debe tener en cuenta, tanto la cantidad disponible como su calidad para su aprovechamiento por parte de la sociedad y los ecosistemas (Aparicio, 1993).

El Perú, país privilegiado por su oferta hídrica, dispone de un volumen anual promedio de 2 046 287 millones de metros cúbicos de agua, ubicándose entre los 20 países más ricos del mundo con 72,510 metros cúbicos/habitante/año; no obstante, su orografía define tres vertientes hidrográficas que desequilibran su distribución espacial,

concentrando el 97,7% del volumen en la vertiente del Atlántico (Fernández, 2012).

La presencia de la corriente peruana (localmente conocida como la Corriente de Humboldt), la cordillera de los Andes y la selva amazónica han creado una gran diversidad de climas dentro del país, originando tres grandes regiones naturales la costa, la sierra y la selva. La precipitación media anual en la costa es de aproximadamente 44 mm, en la sierra de 600 mm y en la selva de 3 000 a 4 000 mm (Ordoñez y Vera, 2010; Laclette y Zúñiga, 2012).

Ríos y lagos

Por su orografía, el Perú se divide en tres grandes vertientes o macrocuencas (Rojas, 2010; MINAM, 2009). La vertiente del Pacífico, (62 cuencas), con disponibilidad de agua 2,18% entre diciembre y marzo. Los ríos de mayor aporte al escurrimiento superficial con su caudal medio anual son: Santa (158.20 m³/s). Tumbes (196.10 m³/s) y Chira (117.20 m³/s) (Laclette y Zúñiga, 2012; Ordoñez y Vera, 2010).

La vertiente del Atlántico o del Amazonas, se encuentra dividido en tres sub-cuencas: el del río Marañón (18 cuencas), del río Ucayali (9 cuencas); en total componen 84 cuencas hidrográficas con un sistema de ríos que se encuentra en la vertiente oriental de los Andes y transporta agua al río Amazonas, con una disponibilidad de agua en la Selva Baja del 97.26% entre noviembre y marzo, mientras que en la Selva Alta todo el año. En esta vertiente destacan los ríos Huallaga con

3 796,4 m³/s que tributa al río Marañón, Ucayali con 13,375.2 m³/s y Marañón con 15 436,2 m³/s (Torres, 2011; Ordoñez y Vera, 2010),

La vertiente del Lago Titicaca, con 13 cuencas, dispuestos en forma radial, confluye en el Lago Titicaca, con una disponibilidad de agua del 0.56% entre diciembre y marzo. Los ríos de la vertiente tienen un caudal equivalente a 221.9 m³/s entre ellos destacan, el Ramis (88.2 m³/s) e llave (40.1 m³/s); solo el 77% de la cuenca y lago pertenecen al Perú (Laciette y Zúñiga, 2012; Ordoñez y Vera, 2010).

Glaciares

La vertiente del Pacífico concentra el 73% del número total de glaciares. En la vertiente del Atlántico, 16.9%, mientras que en la vertiente del Titicaca se agrupan 2.5% de la superficie glaciar (ANA, 2010).

Acuíferos

En la vertiente del Pacífico se estima una reserva explotable anual entre 35 000 y 40 000 MMC. La insuficiencia de estudios hidrogeológicos, en la vertiente del Atlántico y del Titicaca, dificulta la identificación de las nuevas áreas favorables para la explotación se a pesar de que se presume un gran potencial de reservas explotables de agua subterránea; sin embargo, (Mendoza, et al., 2010).

Humedales

Son ecosistemas permanentes o temporales imprescindibles en el planeta en los que se desarrollan y sustentan especies acuáticas y terrestres únicas o endémicas de plantas (Gil, 2005). El Perú cuenta

con 11 humedales reconocidas como Sitios Ramsar a nivel mundial: Lago Titicaca (Puno), Pantanos de Villa (Chorrillos, Lima), Reserva Nacional (Junín), Lagunas de Mejía, Laguna del Indio-Dique Los españoles, Bofedales y Laguna de Salinas (Arequipa), Reserva Nacional de Paracas (Ica), Reserva Nacional Pacaya Samiria (Nauta, Loreto), Humedal Lucre-Huacarpay (Cusco), Complejo del Abanico del río Pastaza (Loreto), Manglares (Tumbes) (Morey 2010).

2.2.4. Huella hídrica

El agua necesaria para producir los alimentos que consumimos, se necesitarían 4.3 m³ agua al día o 1570 m³ de agua año/persona para una dieta requerida de 2700 calorías diarias a cada persona, dicha cifra supera la disponibilidad de agua de más de 40 países (Parada, 2012).

El concepto de huella hídrica fue introducido por Hoekstra en el 2003, que tuvo un auge en los años 90 (Parada, 2012; Alcaide, Martínez, & Willaarts, 2015), el cual trata de capturar en unos pocos números gran parte de la complejidad del ciclo hidrológico, tanto en el uso directo, referida al agua consumida o utilizada en los procesos productivos; como indirecto, agua contenida en las materias primas y en los productos y servicios que intervienen en el proceso productivo (Alcaide, Martínez, & Willaarts, 2015).

La potencialidad del concepto de huella hídrica va más allá de la aplicación agrícola, se basa en dos factores. Primero, en la información proporcionada de los requerimientos de agua de todos los bienes y servicios, permitiendo cuantificar la cantidad de agua necesaria para

producir una cantidad de un determinado producto. Segundo, en que puede ser relacionada con el comercio (alcanzando todo su potencial), permitiendo analizar la información de los flujos de agua virtual entre regiones (Tolón, Lastra, & Fernández, 2013).

Componentes de la huella hídrica

Pegram *et al* (2015) indican que el uso del agua debe entenderse en un contexto local, por tratarse de un recurso local. En tal sentido, se entiende que según la actividad a realizarse y al consumo se distinguen los siguientes componentes:

- **Uso directo e indirecto del agua:** Un caso de uso directo, es su empleo en los procesos de fabricación (ejem. un tejido de algodón), mientras que el uso indirecto, ocurre en el riego aplicado para hacer crecer la planta de algodón, por lo que en este último existe un mayor consumo de agua.
- **Extracción consuntiva y no consuntiva del agua:** se considera al uso consuntivo de agua (evapotranspirada), incorporada en un producto, o devuelta a una cuenca distinta, o en un momento distinto del cual fue extraída; sin embargo, excluye el uso no consuntivo o agua que regresa a la misma cuenca y que se encuentra disponible para usos de otros consumidores en la parte más baja de la cuenca.
- **Agua azul, verde y gris:** el azul es extraída de una fuente natural, superficial o subterránea (en ocasiones requiere instalaciones de almacenamiento y de distribución); la verde es extraída del suelo no saturado mojado por la lluvia, que no

discurre hacia canales o reservorios, que puede ser absorbida por las raíces de las plantas y con un costo nulo; el gris es el volumen teórico que se requeriría para diluir o asimilar una carga de contaminantes en base a concentraciones en el entorno natural y a estándares de calidad de agua del ambiente.

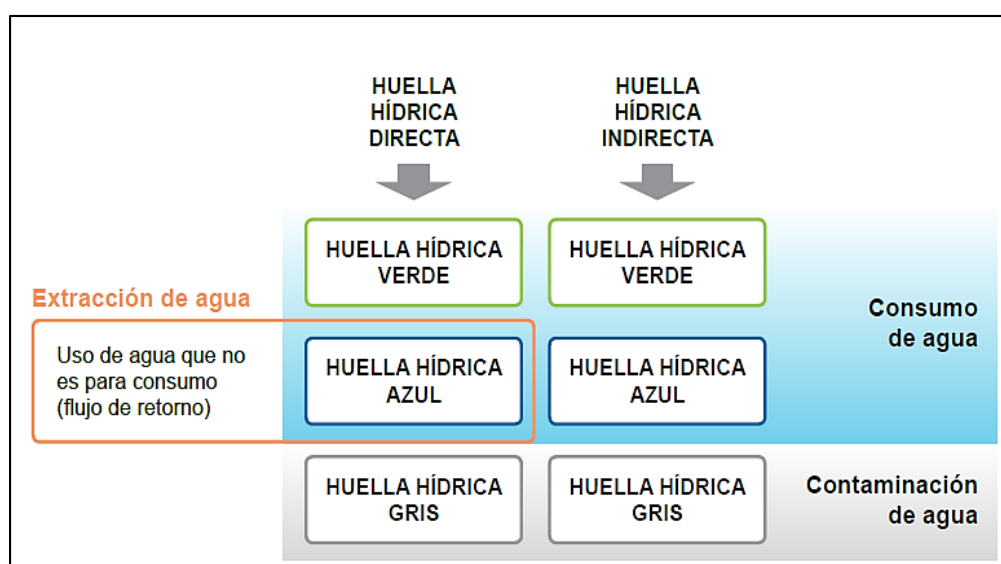


Figura 1. Componentes de una huella hídrica, según Pegram *et al* (2015).

Cuantificación de la huella hídrica

Zárate, Poulussen, & Kuiper (2017) proponen una metodología para la cunatificación de una huella hídrica agrícola:

- a) El cálculo de la huella hídrica en la cuenca presupone la estimación de la evapotranspiración (ET) de todos los cultivos distribuidos geográficamente en la cuenca, bajo diferentes condiciones climáticas y de precipitación, así como de diferentes condiciones de riego.

b) Determinación del agua azul y verde que se encuentra en función al requerimiento hídrico del cultivo y a la precipitación efectiva, y para determinar en sus componentes se siguen las siguientes ecuaciones:

$$ET_{\text{azul}} = \min (\text{Riego neto total}, \text{Requerimiento de riego})$$

$$ET_{\text{verde}} = \min (\text{Requerimiento hídrico de cultivo}, \text{Precipitación efectiva})$$

Mallma (2015) en su tesis doctoral propone una metodología para la cuantificación del agua virtual en la agricultura, considera aparte de la evapotranspiración y el requerimiento hídrico del cultivo (K_c), al volumen de producción, la superficie cosechada y el rendimiento de los cultivos y la comercialización del producto para obtener el volumen de huella hídrica.

Herramientas para cuantificar la huella hídrica

Existen programas de cálculo que podrían emplear en la cuantificación de la huella hídrica como son el CROPWAT (software disponible públicamente desarrollada por la FAO), programas de SIG (Sistemas de Información de Geográfica), y Aquacrop-GIS (FAO). También es también posible emplear bases de datos globales de evapotranspiración real, como por ejemplo MODIS, a partir de datos satelitales. Asimismo, es posible con Water Footprint Network, empleado como herramienta para analizar la sostenibilidad de las huellas hídricas (Zárate, Poulussen, & Kuiper, 2017).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Huella hídrica

Indicador que permite identificar el volumen de agua requerido, sea directa o indirectamente, a través de la cadena de suministro, para elaborar un producto (Pegram *et al.*, 2015).

Indicador ambiental que sirve para cuantificar nuestro impacto sobre los recursos hídricos, o, en otras palabras, el volumen de agua dulce que consumimos en el desarrollo de cualquier actividad humana (Alcaide, Martínez, & Willaarts, 2015)

Evapotranspiración

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo (FAO, 2006).

Coefficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección (FAO, 2006)

Producción agrícola

El concepto de producción agrícola es aquel que se utiliza en el ámbito de la economía para hacer referencia al tipo de productos y beneficios que una actividad como la agrícola puede generar (Olalla, 2011).

Superficie cosechada

Es aquella superficie donde se encuentra instalada el cultivo (sembrada o trasplantada) durante el tiempo el mes de referencia, pudiendo estar en asociatividad con cultivos transitorios y/o permanentes bajo riego o secano (Sistema integrado de estadística agraria – SIEA, 2018).

Rendimiento

Es el número de plantas, que al ser cosechadas, son pesadas y este volumen inferido en unidad de superficie, expresado en kg/ha (SIEA, 2018).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. General

La influencia y relación de los cultivos agrícolas con la huella hídrica será positiva en el Distrito de Chavinillo - Huánuco, periodo julio – setiembre 2019.

2.4.2. Específicos

- Los principales cultivos agrícolas influyen en el consumo de agua virtual del Distrito de Chavinillo.
- Los principales cultivos agrícolas influyen en el valor económico del agua virtual del Distrito de Chavinillo.
- Existe relación entre el consumo de agua virtual y valor económico del agua virtual.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Variable independiente

Cultivos agrícolas

2.5.2. Variable dependiente

Huella hídrica

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de variables se muestra a continuación:

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente Cultivos agrícolas	Principales cultivos	Producción
		Rendimiento
		Superficie cosechada
Dependiente Huella hídrica	Volumen de agua virtual	Contenido de agua virtual
	Valor económico del agua	Valor económico del agua de los principales cultivos agrícolas

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque

Cuantitativo, porque *“utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”* (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 7).

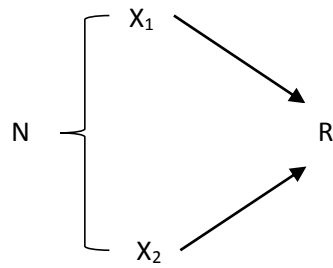
3.1.2. Alcance

Experimental porque *“se analizan las relaciones entre una o más variables independientes y una o más dependientes, y los efectos causales de las primeras sobre las segundas”* (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 152), además identificó y relacionó con los impactos que estos proporcionan a la prestación de servicios de agua y alcantarillado.

3.1.3. Diseño

La Investigación fue NO EXPERIMENTAL porque son *“estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”* (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 149).

Por lo que el esquema de la investigación fue el siguiente:



Donde:

N: principales cultivos

X1: variable dependiente

X2: variable independiente

R: relación de variables

3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fase de campo

El estudio contempló una fase de campo donde se visitaron a los predios de los agricultores con la finalidad de identificar los cultivos principales del Distrito de Chavinillo. Para ello, se contó con el apoyo de la Agencia Agraria de Chavinillo, quienes cuentan con un mapa de zonificación de la actividad agrícola del Distrito.

Por otro lado, se acudió a la base de datos del SENAMHI Huánuco, con la finalidad de obtener los datos meteorológicos de la Estación de Jacas Chico con un periodo de 16 años de registro. Las variables meteorológicas a recabar fueron temperatura máxima, temperatura mínima, y humedad relativa.

Fase de gabinete

Evapotranspiración potencial (ET_o)

Con los datos meteorológicos recopilados se determinó la evapotranspiración potencial o de referencia, mediante la ecuación de Le Roy Salazar recomendada por Mallma (2015) y Vilca (2019), dicha ecuación dio buenos resultados en los trabajos realizados en la Sierra Central por el Plan Meris y el Ministerio de Agricultura. La ecuación es la siguiente:

$$ET_o = MF \times TMF \times CH \times CE$$

$$CH = 0,166 (100 - HRM)^{1/2}$$

$$CE = 1,00 + \frac{0,04E}{2000}$$

Dónde:

MF = Factor mensual de evapotranspiración, se determina de la Tabla, en función a la latitud del lugar (mm).

TMF = Temperatura media mensual (°F),

CH = Factor de humedad relativa media mensual, se determina para valores igual o mayores a 64 % de humedad relativa,

HRM = Humedad relativa media mensual (%),

CE = Factor de corrección por elevación.

E = Altitud media (m.s.n.m.).

Producción, superficie sembrada y rendimiento de los cultivos

Identificados los principales cultivos del Distrito de Chavinillo, se solicitó a la Agencia Agraria de Chavinillo la información de la producción mensual y superficie sembrada de los cultivos del periodo 2018

Coefficiente de cultivo (Kc)

Los valores de Kc se determinaran de acuerdo a la publicación de Baldomero (2010), el cual considera a cultivos similares como la papa, maíz choclo, haba verde, arveja verde, trigo, cebolla y zanahoria y por las condiciones climáticas similares.

Tabla 1. Coeficientes de uso consuntivo (Kc) de los principales cultivos de la Sierra

Cultivos	Días desde la siembra a la cosecha														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Papa	0.18	0.23	0.30	0.40	0.53	0.70	0.84	0.94	1.01	1.05	1.07	1.04	0.95	0.80	0.50
Choclo	0.26	0.30	0.35	0.42	0.51	0.62	0.73	0.83	0.91	0.97	1.01	1.02	1.00	0.93	0.80
Haba verde	0.24	0.30	0.36	0.44	0.54	0.67	0.77	0.86	0.93	0.96	0.99	1.00	0.96	0.88	0.76
Arveja verde	0.30	0.34	0.40	0.48	0.60	0.71	0.80	0.87	0.93	0.96	0.97	0.97	0.94	0.86	0.77
Trigo	0.25	0.36	0.50	0.65	0.78	0.90	0.98	1.04	1.09	1.11	1.12	1.08	0.98	0.94	0.51
Cebolla	0.28	0.34	0.42	0.52	0.62	0.71	0.78	0.84	0.84	0.91	0.92	0.92	0.90	0.85	0.74
Zanahoria	0.34	0.41	0.51	0.60	0.70	0.81	0.90	0.97	0.97	1.07	1.09	1.09	0.96	0.96	0.80

Fuente: Baldomero (2010)

Evapotranspiración del cultivo

De acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo ETc se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ETo y el coeficiente del cultivo Kc:

$$ETc = f(Kc, ETo)$$

Requerimiento de agua de los cultivos (RAC)

Esta variable el cual está en función de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la superficie del terreno (ST), para ello se consideró en base a una hectárea.

$$RAC = ET_c \times ST \times 10$$

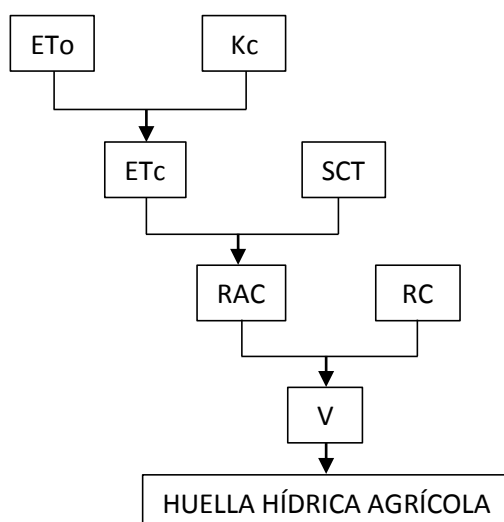
Consumo de Agua Virtual (V)

El contenido de agua virtual, se determinará en función del requerimiento de agua del cultivo (RAC) y el rendimiento del cultivo (RC).

$$V = (RAC / RC) \times 100$$

3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El procedimiento siguió una secuencia analítica con el cual se logró a determinar la cantidad de agua empleada para producir un kilogramo de cierto producto agrícola, para ello se empleó el modelo conceptual de Mallma (2015) y Vilca (2019), cuyo modelo se representa a continuación:



Dónde:

ET_o : Evapotranspiración de referencia.

K_c : Coeficiente de cultivo.

ET_c : Evapotranspiración del cultivo.

SCT : Superficie cosechada del terreno.

RAC : Requerimientos de agua del cultivo.

RC : Rendimiento del cultivo.

V : Contenido en agua virtual.

El análisis de la información se realizó mediante la estadística paramétrica, para ello se efectuó un ANOVA de un solo factor al 95% de confianza y las medias se compararán mediante la prueba de LSD Fischer al 5% de margen de error para el consumo de agua virtual. Por otro lado se realizó la prueba de t-student de una muestra para la variable valor económico del agua virtual. Finalmente para determinar la relación de estas variables se procedió a realizar el análisis de correlación con los métodos numéricos lineal, exponencial, logarítmica, cuadrática y potencial.

El análisis de la información meteorológica se efectuó mediante el aplicativo de Excel GD – 669, desarrollado por el Ing. Jaime Núñez Mosqueira.

El procesamiento de la información se realizó mediante el software estadístico INFOSTAT V. 2018.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. Análisis de la evapotranspiración de referencia del distrito de Chavinillo

El distrito de Chavinillo presenta una evapotranspiración poco variable al tener un coeficiente de variabilidad de 17.65 y 17.62% en la ETo / mes y en la ETo / día respectivamente. En promedio, la evapotranspiración en el distrito de Chavinillo es de 69.00 mm/mes y de 2.27 mm/día, y al año presenta de 828.01 mm. En los meses octubre y de diciembre se evidencia la mayor evapotranspiración con 86.89 y 88.73 mm, tal como se evidencia en la Tabla 2 y Figura 2.

Tabla 2. Evapotranspiración de referencia del distrito de Chavinillo

MESES	Eto (mm/mes)	Eto (mm/día)
ENE	74.97	2.42
FEB	60.20	2.15
MAR	62.79	2.03
ABR	61.61	2.05
MAY	56.21	1.81
JUN	53.20	1.77
JUL	58.79	1.90
AGO	67.70	2.18
SET	75.51	2.52
OCT	86.89	2.80
NOV	81.43	2.71
DIC	88.73	2.86
Promedio	69.00	2.27
Suma	828.01	27.21
Desv. Estand.	12.18	0.39
Coef. Var. (%)	17.65	17.02

Fuente: Datos SENAMHI. Elaboración del tesista

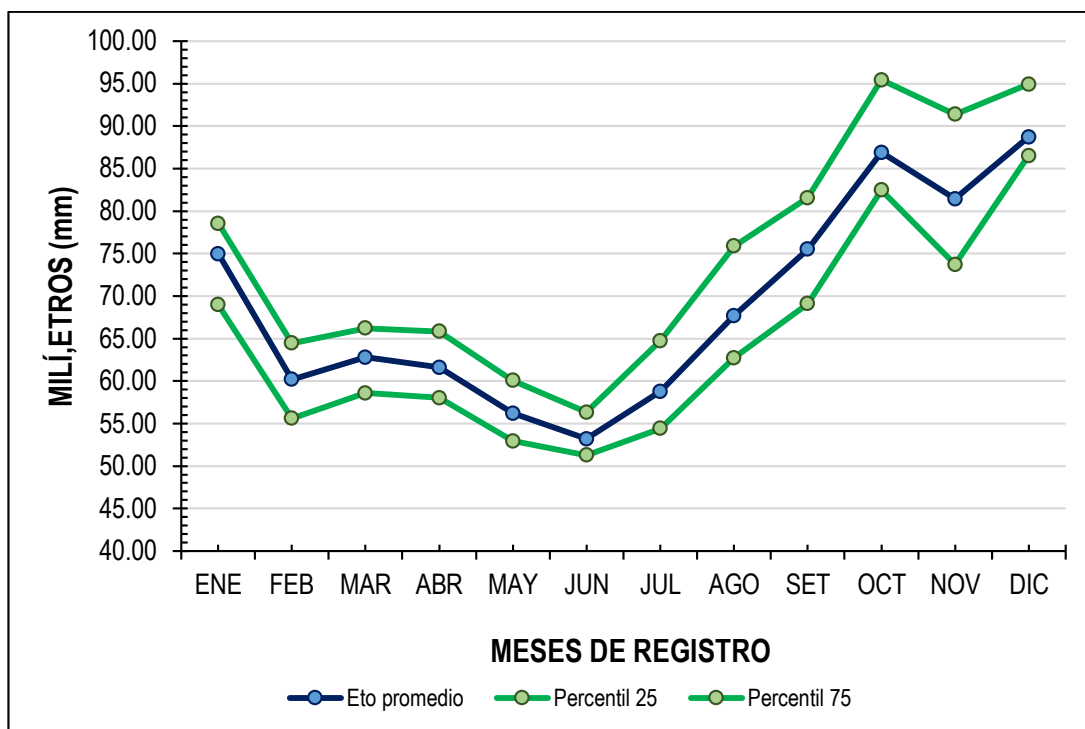


Figura 2. Variación de la evapotranspiración durante los meses de registro del distrito de Chavinillo.

4.1.2. Análisis del productivo del sector agrícola

En el distrito de Chavinillo se registran seis cultivos importantes por la frecuencia de siembra de los pobladores y su alta demanda en el mercado, tal como se evidencia en la Figura 3,4 y 5 de donde la papa blanca y el trigo destacan en la superficie sembrada promedio con 240.08 y 185.00 hectáreas. En la producción, los cultivos de papa blanca y amarilla se imponen frente al resto con 2 838.56 y 821.49 toneladas, asimismo obtienen un rendimiento promedio de 12 101.13 y 5 872.44 kg.ha⁻¹

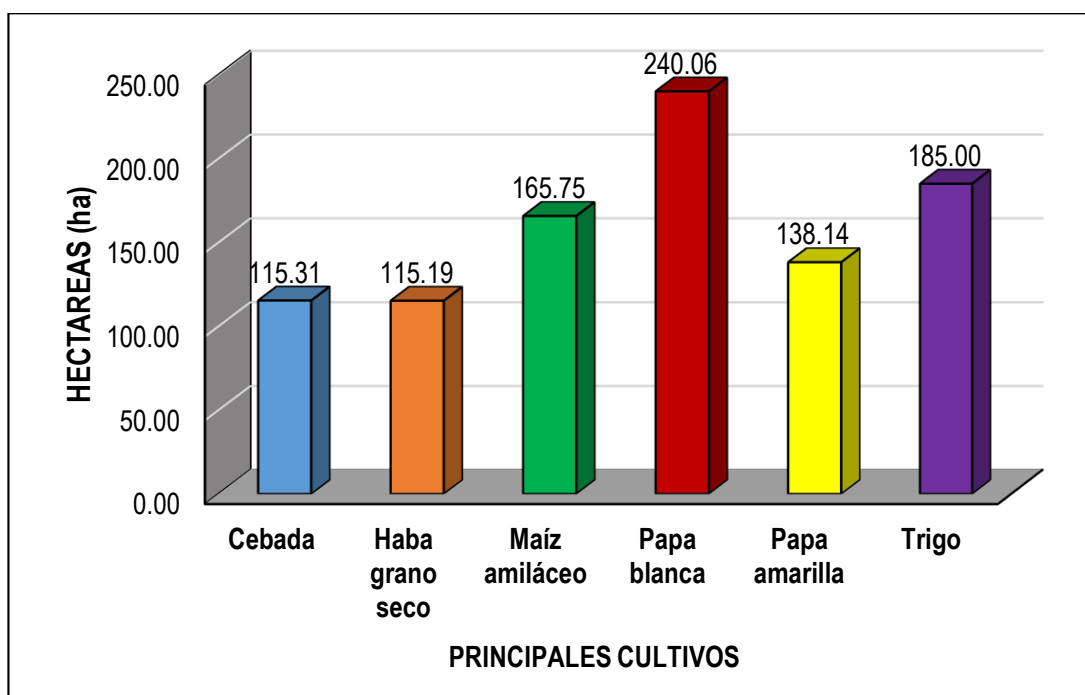


Figura 3. Superficie sembrada promedio de los principales cultivos agrícolas del distrito de Chavinillo, 2003 – 2018

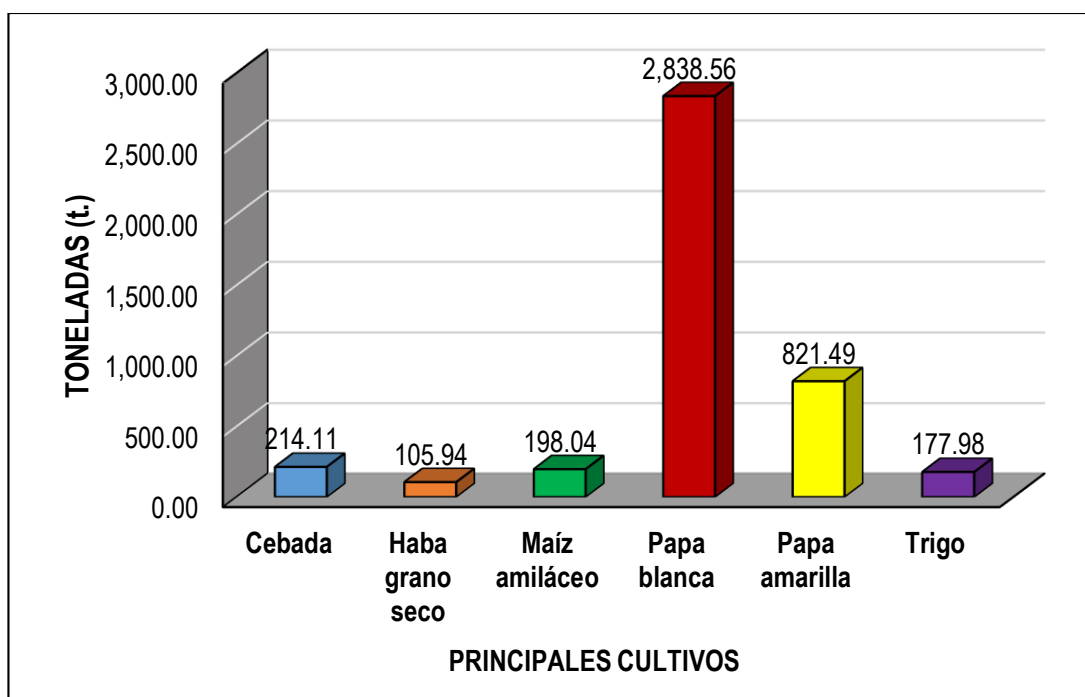


Figura 4. Producción promedio de los principales cultivos agrícolas del distrito de Chavinillo, 2003 - 2018

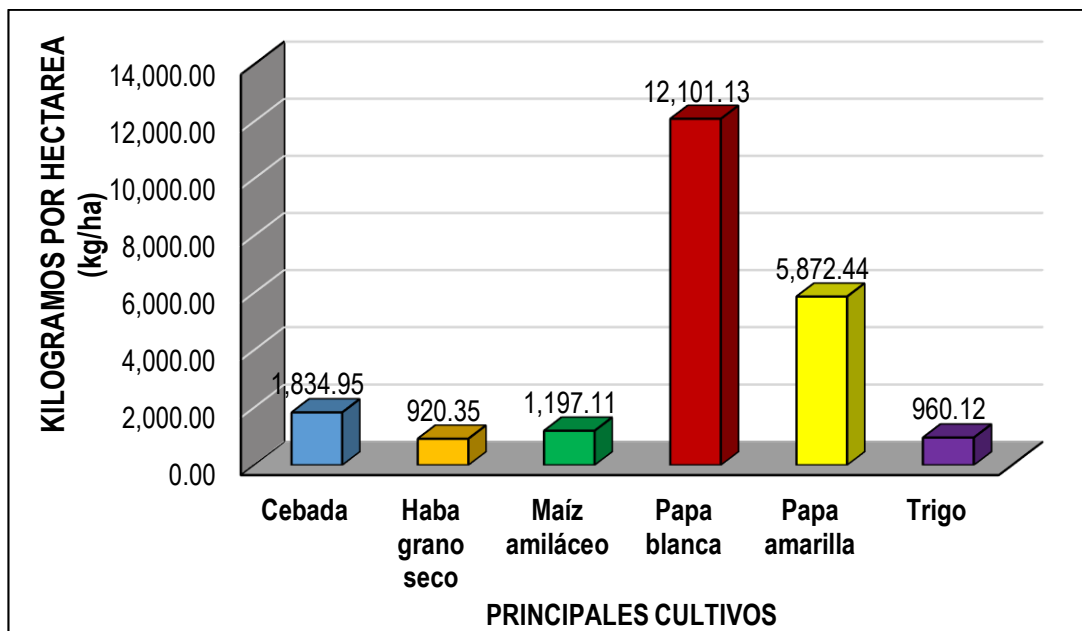


Figura 5. Rendimiento promedio de los principales cultivos del distrito de Chavinillo, 2003 - 2018

4.1.3. Determinación del consumo de agua virtual

4.1.3.1. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

De acuerdo con la Tabla 4 el cultivo de haba grano seco ostenta una mayor ETc con 346.13 mm en todo el ciclo del cultivo, la papa blanca y la amarilla presentan el mismo valor con 323.05 mm. El cultivo de cebada es el que menor valor de ETc registra con 219.42 mm. La Figura 6 muestra el ETc total de los cultivos agrícolas.

Tabla 3. Kc promedio de los cultivos

Cultivos	Kc
Papa	0.71
Trigo	0.82
Haba grano	0.67
Maíz	0.73
Cebada	0.63

Fuente: Elaboración del tesista

Tabla 4. ETc de los principales cultivos durante el periodo vegetativo (mm)

CULTIVO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	SUMA
Cebada grano	-	-	55.90	47.23	37.93	39.56	38.81	219.42
Haba grano seco	58.21	54.56	59.45	50.23	40.33	42.07	41.28	346.13
Maíz amiláceo	63.43	59.44	64.77	54.73	43.95	45.84	-	332.15
Papa blanca	61.69	57.82	63.00	53.23	42.74	44.58	-	323.05
Papa amarilla	61.69	57.82	63.00	53.23	42.74	44.58	-	323.05
Trigo		66.77	72.76	61.47	49.36	51.49	-	301.86
SUMA	245.02	296.41	378.87	320.11	257.05	268.12	80.09	1,845.67

Fuente: Elaboración del tesista

Tabla 5. Requerimiento de agua de los principales cultivos (m³)

CULTIVO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	SUMA
Cebada grano	-	-	558.98	472.29	379.26	395.59	388.12	2,194.23
Haba grano seco	582.15	545.59	594.47	502.28	403.34	420.71	412.76	3,461.29
Maíz amiláceo	634.28	594.45	647.71	547.26	439.46	458.38	-	3,321.53
Papa blanca	616.90	578.16	629.96	532.27	427.42	445.82	-	3,230.53
Papa amarilla	616.90	578.16	629.96	532.27	427.42	445.82	-	3,230.53
Trigo	-	667.73	727.56	614.73	493.63	514.89	-	3,018.55
SUMA	2,450.24	2,964.08	3,788.66	3,201.09	2,570.51	2,681.21	800.87	18,456.66

Fuente: Elaboración del tesista

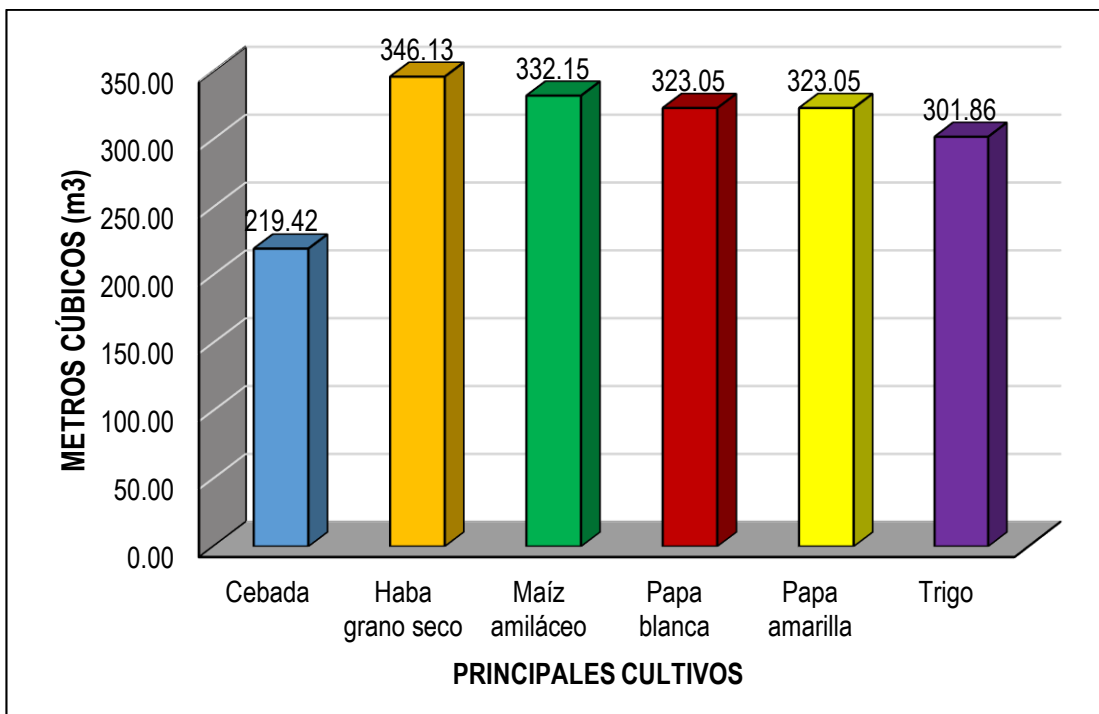


Figura 6. Kc total de los principales cultivos del distrito de Chavinillo.

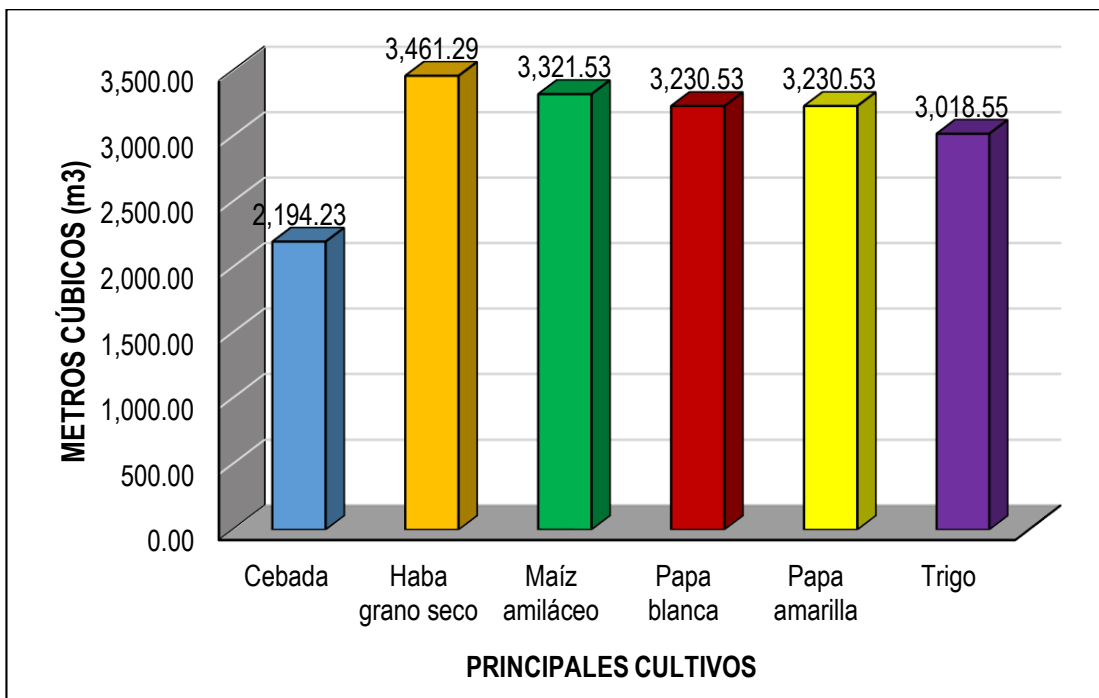


Figura 7. Requerimiento de agua de los principales cultivos del distrito de Chavinillo.

4.1.3.2. Requerimiento de agua del cultivo

La Tabla 5 reporta el requerimiento de agua de los principales cultivos del distrito de Chavinillo, siendo el cultivo de haba grano seco el que mayor agua requiere en todo el ciclo de la planta con 3,461.29 m³, seguido por el maíz amiláceo con 3,321.53 m³, la papa blanca y amarilla ostenta el mismo requerimiento de agua, y el cebada el menor requerimiento con 2,194.23 mm. La Figura 7 se observa el Requerimiento de agua del cultivo durante el ciclo de la planta.

4.1.3.3. Consumo de agua virtual

En la Tabla 6 se observa el consumo de agua virtual durante el ciclo del cultivo y Figura 8 representa el consumo total de agua virtual, donde el cultivo de haba grano seco registra 376.08 L/kg, seguido del cultivo de trigo y maíz amiláceo con 360.90 L/kg; la papa blanca y amarilla registran un mismo valor de 351.01 L/kg; el menor consumo de agua virtual presenta la cebada con 119.58 L/kg; en total se estima que el consumo de agua virtual en seis cultivos del distrito de Chavinillo es de 1 886.57 L/kg.

Tabla 6. Consumo de agua virtual de los principales cultivos durante el periodo vegetativo (L/kg)

CULTIVO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	SUMA
Cebada grano			30.46	25.74	20.67	21.56	21.15	119.58
Haba grano seco	63.25	59.28	64.59	54.57	43.82	45.71	44.85	376.08
Maíz amiláceo	68.92	64.59	70.38	59.46	47.75	49.81		360.90
Papa blanca	67.03	62.82	68.45	57.83	46.44	48.44		351.01
Papa amarilla	67.03	62.82	68.45	57.83	46.44	48.44		351.01
Trigo		72.55	79.05	66.79	53.64	55.95		327.98
SUMA	266.23	322.06	381.38	322.23	258.76	269.90	66.00	1,886.57

Fuente: Elaboración del tesista

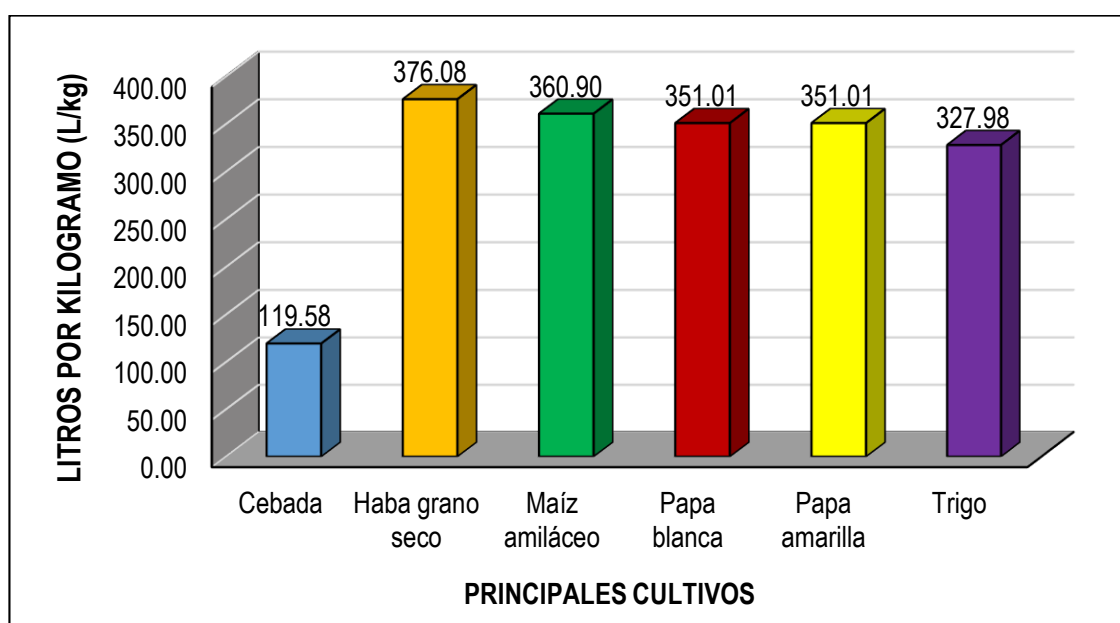


Figura 8. Consumo de agua virtual total de los principales cultivos del distrito de Chavinillo

4.1.4. Determinación del valor económico del agua

Según la Tabla 7 y Figura 9 muestran el valor económico del agua de los principales cultivos del distrito de Chavinillo, donde la papa blanca ostenta el mayor valor de agua virtual con S/. 2.75 soles por metro cúbico, seguido por el trigo y haba grano seco con S/. 1.50 y 1.08 soles

/ metro cúbico. Los cultivos de maíz amiláceo, papa amarilla y cebada registran valores por debajo de S/1.00 sol por metro cúbico.

Tabla 7. Variables agrícolas económicas y el valor económico del agua virtual de los principales cultivos agrícolas.

Cultivo	Precio (S./kg)	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	Ingreso (S/.)	Costo de producción (S/.)(*)	Rentabilidad (S/.)	Req. agua cultivo (m ³ /ha)	Valor econ. agua (S/./m ³)
Cebada grano	1.17	1834.95	2143.45	3085.39	941.95	2194.23	0.43
Haba grano seco	1.90	920.35	1749.81	5487.02	3737.21	3461.29	1.08
Maíz amiláceo	1.68	1197.11	2015.63	4359.48	2343.85	3321.53	0.71
Papa blanca	0.50	12101.13	5990.06	14877.18	8887.12	3230.53	2.75
Papa amarilla	0.68	5872.44	3993.26	6020.34	2027.09	3230.53	0.63
Trigo	1.57	960.12	1511.59	6035.08	4523.50	3018.55	1.50

Fuente: Elaboración del tesista. (*) Datos DRA Huánuco. Elaboración del tesista

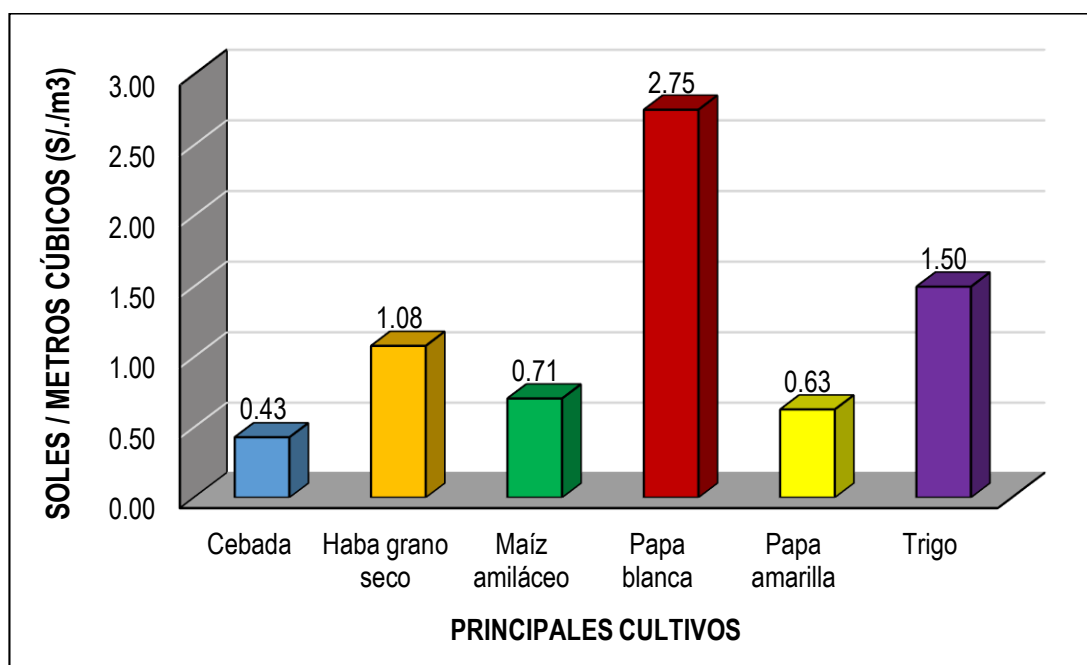


Figura 9. Valor económico del agua virtual total de los principales cultivos agrícolas del distrito de Chavinillo.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.2.1. Contraste de la hipótesis específica 1

H0: Los principales cultivos agrícolas del Distrito de Chavinillo tendrán igual consumo de agua virtual.

H1: Los principales cultivos agrícolas del Distrito de Chavinillo tendrán un consumo diferente de agua virtual.

Tabla 8. ANVA para consumo de agua virtual de los cultivos agrícolas.

FUENTE DE VARIABILIDAD	gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Cultivos	5	1.720	0.344	78.918**	2.55	3.73
Error experimental	29	0.126	0.004			
TOTAL	34	1.846				

CV = 19.76%

Fuente: Elaboración del tesista

Tabla 9. Prueba de LSD Fischer para consumo de agua virtual de los principales cultivos agrícolas.

OM	CULTIVOS	MEDIA (L/kg)	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (0.05)	
1°	Trigo	65.60	A	
2°	Maíz amiláceo	60.15	B	
3°	Papa amarilla	58.50	B	
4°	Papa blanca	58.50	B	C
5°	Haba grano seco	53.73		C
6°	Cebada grano	23.92		D

Fuente: Elaboración del tesista

Análisis e interpretación

La Tabla 8 presenta los resultados del análisis de varianza (ANVA) para consumo de agua virtual de los cultivos agrícolas, donde el Fc obtiene un valor estadístico superior a los valores de Ft al 0.05 y 0.01 de

probabilidad de error. El coeficiente de variabilidad registra un valor de 19.76% demostrando precisión en el procesamiento de la información.

La Prueba de LSD Fischer realizada en la Tabla 9 indica que el cultivo de trigo ocupa el 1° lugar del OM con una media superior de 65.60 L/kg los cultivos de maíz amiláceo, papa y papa amarilla expresan similitud en el consumo de agua virtual asimismo en entre la papa y cultivo de haba grano seco..

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, donde alguno de los principales cultivos agrícolas tendrá un mayor consumo de agua virtual del Distrito de Chavinillo.

4.2.2. Contraste de la hipótesis específica 2

H0: Los principales cultivos agrícolas no influyen en el valor económico del agua virtual del Distrito de Chavinillo.

H1: Los principales cultivos agrícolas influyen en el valor económico del agua virtual del Distrito de Chavinillo.

Tabla 10. Prueba de t-student para valor económico del agua virtual

t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
3.39	5	0.0195	1.79	0.29	2.08

Fuente: Elaboración del tesista

Análisis e interpretación

La Tabla 10 revela la Prueba de t-student para valor económico del agua virtual al 0.05 de margen de error, donde el valor Sig (bilateral) es de

0.0195 resultado que es inferior a la significancia, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna donde los cultivos agrícolas influyen en el valor económico del agua virtual.

4.2.3. Contraste de la hipótesis específica 3

H0: No existe relación entre el consumo de agua virtual y el valor económico del agua virtual.

H1: Existe relación entre el consumo de agua virtual y el valor económico del agua virtual.

Tabla 11. Métodos numéricos de correlación

Correlación	R ² (%)	R	ECUACIÓN
Lineal	14.83	0.385	$y = 0.003x + 0.109$
Exponencial	30.45	0.552	$y = 0.293e^{0.004x}$
Logarítmica	16.30	0.404	$y = 0.779\ln(x) - 3.248$
Cuadrática	24.84	0.498	$y = -0.000x^2 + 0.040x - 3.269$
Potencial	32.62	0.571	$y = 0.0073x^{0.861}$

Fuente: Elaboración del tesista

Análisis e interpretación

En la Tabla 11 se aprecia los métodos numéricos de correlación entre el consumo de agua virtual y el valor económico del agua virtual de los principales cultivos del distrito de Chavinillo, donde todos los métodos números muestran coeficientes de determinación (R²) entre 12.83 y 32.62%, lo que indica que la variabilidad del valor económico es explicada entre 12.83 y 32.62% por el consumo de agua virtual; también revelan el coeficiente correlación (R) el cual expresa correlación directa positiva en todos los métodos numerosos, sin embargo la correlación es

baja en el método lineal (0.385), y correlación moderada en los métodos números exponencial (0.552), logarítmica (0.404), cuadrática (0.498) y potencial (0.571), por lo tanto se evidencia que las variables consumo de agua virtual y el valor económico del agua virtual no expresan efectos independientes.

4.2.4. Contraste de la hipótesis general

H0: No existe influencia y relación de los cultivos agrícolas con la huella hídrica del Distrito de Chavinillo - Huánuco, periodo julio – setiembre 2019.

H1: Existe influencia y relación de los cultivos agrícolas con la huella hídrica del Distrito de Chavinillo - Huánuco, periodo julio – setiembre 2019.

Tabla 12. Contraste entre los cultivos agrícolas y la huella hídrica

CULTIVOS AGRÍCOLAS	HUELLA HÍDRICA						
	Consumo de agua virtual (Fc vs Ft)	Valor económico del agua virtual (Sig. bilateral)	Correlación (R)				
			Lineal	Exponencial	Logarítmica	Cuadrática	Potencial
Cebada grano							
Haba grano seco							
Maiz amiláceo	78.918	0.0195	0.385	0.552	0.404	0.498	0.571
Papa blanca	Vs 2.55						
Papa amarilla							
Trigo							

Fuente: Elaboración del tesista

Análisis e interpretación

En la Tabla 12 se demuestra estadísticamente que existe influencia de los cultivos agrícolas en la huella hídrica (consumo de agua virtual y valor económico de agua virtual) sin embargo estas dos variables presentan relación moderada entre sí, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1.CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se efectuó el análisis de las variables consumo de agua virtual, valor económico del agua virtual y su relación.

- Los cultivos agrícolas tuvo efecto significativo en el consumo de agua virtual según el análisis de varianza y en la prueba de LSD Fischer estableció que el cultivo de haba grano seco registró 376.08 L/kg, seguido del cultivo de trigo y maíz amiláceo con 360.90 L/kg; la papa blanca y amarilla registran un mismo valor de 351.01 L/kg; el menor consumo de agua virtual presenta la cebada con 119.58 L/kg; en total se estima que el consumo de agua virtual en seis cultivos del distrito de Chavinillo es de 1 886.57 L/kg, siendo un consumo inferior en contraste con Mallma (2015), Barragán y Siachoque (2017), Peña (2017) y Vilca (2019); este comportamiento refleja la baja actividad agrícola del distrito de Chavinillo.

Los resultados de contenido de agua virtual son inferiores al contrastarse con Mallma (2015), sin embargo coincide que el contenido de agua virtual de haba grano y maíz quienes son los mayores valores de agua virtual en comparación de los demás cultivos. La diferencia del consumo de agua virtual, está influenciado por el periodo vegetativo del cultivo y los meses de siembra.

Respecto al consumo de agua virtual del trigo y maíz el volumen total es de 0.78 L/kg, siendo un consumo inferior a lo reportado por Novoa

et al (2016), en el caso de la papa blanca y amarilla el consumo es un total de 602.02 L/kg, siendo superior a lo reportado por Vilca (2019), sin embargo al contrastarse el consumo de agua virtual en trigo y cebada, el registrado por Vilca (2019) es mayor al del estudio.

Por otro lado el consumo total de agua virtual representa aproximadamente el 0.002% de la huella hídrica promedio nacional (Pegram y Conyngam, 2015).

- La prueba de t-student determinó que existe influencia de los cultivos agrícolas en el valor económico del agua virtual, ya que es una variable ligada íntimamente a las variables económicas productivas como el rendimiento, la producción, la superficie sembrada (Cerpa; 2018; Rojas y Muñoz, 2018). La papa blanca ostenta el mayor costo con S/. 2.75 soles por metro cúbico, seguido por el trigo y haba grano seco con S/. 1.50 y 1.08 soles / metro cúbico, estos resultados son superiores al confrontarse con Mallma (2015), debido a que en el distrito de Chavinillo existe ausencia de capacitaciones y asisitencia técnica, lo que limita el uso adecuado del agua, asimismo desconocen de los procesos de instalación de un riego por aspersión y goteo, los cuales serviría para optimizar el uso del agua. El valor económico del agua virtual de la papa blanca expresa la mayor contribución, esto coincide con Mallma (2015) y Vilca (2019).
- Las variables consumo de agua virtual y valor económico del agua virtual se correlacionaron mediante métodos numéricos de correlación, determinándose que estas variables presentan correlación moderada en los métodos numéricos analizados, excepto en la lineal que es baja,

por lo que el consumo de agua virtual y el valor económico del agua virtual no poseen efectos independientes, evidenciándose la dependencia de la variables valor económico del agua virtual sobre el consumo del agua virtual, ya que la ausencia del precio del agua ha conducido a un uso irracional que acentúa de forma creciente la escasez relativa del recurso (Mallma, 2015).

CONCLUSIONES

Se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El distrito de Chavinillo presenta una evapotranspiración poco variable al tener un coeficiente de variabilidad de 17.65 y 17.62% en la ETo / mes y en la ETo / día respectivamente.
- En los meses octubre y de diciembre se evidencia la mayor evapotranspiración con 86.89 y 88.73 mm
- En el distrito de Chavinillo se registran seis cultivos importantes, como: cebada, haba grano seco, maíz amiláceo, papa, papa amarilla y trigo. La papa y el trigo destacan por presentar mayor superficie sembrada promedio con 240.08 y 185.00 hectáreas. En la producción, los cultivos de papa blanca y amarilla se imponen con 2 838.56 y 821.49 toneladas, asimismo obtienen un rendimiento promedio de 12 101.13 y 5 872.44 kg.ha⁻¹.
- El cultivo de haba grano seco ostenta la mayor ETc con 346.13 mm en todo el ciclo del cultivo, y el cultivo de cebada es el que menor valor de ETc registra con 219.42 mm.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con las investigaciones de huella hídrica en otros distritos de Yarowilca y provincias de Huánuco, así como en otros cultivos de la región.
- A las autoridades competentes, según los resultados obtenidos en la investigación efectuar actividades de planificación y gestión adecuada del recurso hídrico en el distrito.
- Concientizar a los agricultores de la cantidad de agua que se gasta para obtener un kilogramo de cada producto agrícola, con la finalidad de optimizar el uso del agua en el distrito, que en los meses de mayo a agosto existe escases de agua.
- Emplear la metodología propuesta por Mallma (2015) para estudios de huella hídrica de los productos agrícolas en la región Huánuco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, F. (1993). Fundamentos de hidrología. (En línea). Consultado el 17/01/19. Recuperado de: [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/ada moreno/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_Aparicio.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/ada%20moreno/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_Aparicio.pdf)
- Alcaide, S., Martínez, P., & Willaarts, B. (2015). Huella hídrica y agua virtual de Cantabria. Catabria.
- ANA. 2010. Recursos hídricos del Perú en cifras: Boletín técnico. (En línea) Consultado el 05/06/19. Recuperado de: http://www.ana.gob.pe/media/421484/final_boletin_opt.pdf
- Amaury, V. (2009). Agua, ciudad y derecho. Alegatos (72), 229-246.
- Arrequin, F., & López, M. (2007). Agua virtual en México. Ingeniería hidráulica en México, 22(4), 121-132.
- Baldomero, O. (2010). *Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos*. Estación Experimental INIA Santa Ana. Huancayo – Perú.
- Barragán, M. y Siachoque R. (2017). Evaluación de la huella hídrica de los sistemas de producción agrícola y pecuario predominantes en la Microcuenca La Plata, (Ibagué, Tolima). Tesis de pregrado. Universidad del Tolima.
- Blanco, F. (2017). Los recursos hídricos en el mundo: cuantificación y distribución. En *El agua: ¿fuente de conflicto o cooperación?* (págs. 21-70). España.

- Camargo, A., & Camacho, J. (2019). Convivir con el agua. *Revista Colombiana de Antropología*, 55(1), 7-25. doi:DOI: <https://doi.org/10.22380/2539472X.567>
- Cerpa, G. (2018). Determinación de la huella hídrica del cultivo de cebolla, de la comisión de usuarios Pucchun del distrito de Mariscal Cáceres-2018. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Agustín.
- Centro Internacional de la papa – CIP. (2015). Datos de patata y Cifras. Consultado 15 de setiembre de 2019 Recuperado de: <http://cipotato.org/potato/facts/>
- Del Valle, J. (2017). El agua, un recurso cada vez más estratégico. En *El agua: ¿fuente de conflicto o cooperación?* (págs. 71-118). España.
- Egúsqüiza, R. (2000). La papa: producción, transformación y comercialización. Edit. CIMAGRAF. Lima.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del Cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de los cultivos*. Roma.
- Fernández, A. (2012). Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura. (En línea). Consultado el 03/04/19 Recuperado de: http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/119/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf
- Gómez, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Rev. Fac. Med.*, 66(1), 7-8. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). Metodología de la investigación (Sexta ed.). (I. S.A., Ed.) Mexico: Mc.Graw-Hipp.Hill.
- Hurtado, C. (2011). Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos. Lima.
- Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIFAP. (2011). Manual del cultivo de haba. Bolivia.
- Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria – INIA. (2010). Cebada variedad INIA 411 San Cristóbal. Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco.
- Jara, W. (2012). Manejo del maíz amiláceo INIA 618 - Blanco Quispicanchi. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA – Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco.
- Laciette, J. y Zúñiga, P. 2012. Diagnóstico del agua en las Américas. (En línea) (Consultado el 08 de enero 2014). Disponible en: http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/agua_2012/peru.pdf
- Mendoza, Z.; Santayana, T.; Urrego, G. (2010). Recursos hídricos subterráneos en Perú. (En línea) Consultado el 06/05/19. Recuperado de <http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20HIDROGEOLOGIA/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS%20HIDROGEOLOGIA/PARTICIPANTES/Peru/Hidrogeologia%20en%20Peru.pdf>
- Mallma, T. (2015). Huella hídrica de los productos agrícolas de la región Junín comercializadas en la Ciudad de Lima. Doctoris Philosophiae, Universidad Nacional Agraria La MOLIina, Escuela de Posgrado, Lima.

- MINAM - Ministerio del Ambiente. (2009). Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible: Indicadores de Seguimiento. (En línea). Consultado el 11/05/19. Disponible en: <http://cgsolution.com/grower/pdf/completo.pdf>
- Morey, S. (2010). Los humedales. (En línea). Consultado el 08/05/19. Recuperado de: <http://www.unapiquitos.edu.pe/menus//ima/mariovargasllosa/Humedales2012a.pdf>
- Novoa, V.; Rojas, O.; Arumi, J.; Ulloa, C.; Urrutia, R. (2016). Variabilidad de la huella hídrica del cultivo de cereales, río Cachapoal, Chile. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 7(2): pp 35-50
- Olalla, F. (2011). Desertificación, Agricultura y. Madrid.
- Parada, G. (2012). El agua virtual: conceptos e implicaciones. *Orinoquia*, 16(1), 69-76.
- Pegram, G., Conyngam, S., Orr, S., Álvarez, C., Germaná, C., Riberos, J. C., Mariluz, J. P. (2015). Huella hídrica del Perú, sector agropecuario. Lima.
- Peña, A. (2017). Análisis de sostenibilidad ambiental a través de la cuantificación de la huella hídrica verde de la actividad agrícola en la subcuenca del río Achamayo de la localidad de Ingenio-2016. Tesis de pregrado. Universidad Continental.
- Ordoñez, J. y Vera, H. 2010. Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual. (En línea) (Consultado el 15 de marzo 2014). Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/hidro_ArtiBHSMultianual.pdf

- Ríos, J. y Navarrete, C. (2017). Huella hídrica y productividad económica del agua en Nogal Pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. *Estudios de Economía Aplicada*. 35(3): pp. 697-716
- Rojas, F. (2010). Recursos hídricos – Perú (2010). (En línea). Consultado el 15/05/19. Recuperado de: <http://blogcdam.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2012/03/Recursos-Hidricos-Peru-2010.pdf>
- Rojas, C. y Muñoz, M. (2018). Análisis económico de la huella hídrica del banano orgánico en Sullana para los años 2000 al 2014. Instrumentos económicos y valorización ambiental. Lima.
- Simon, A. (2018). La economía circular del agua: dirección obligatoria. *Tecnoaqua*, 108-113.
- Tejada, T. (2008). El cultivo de trigo en la sierra norte del Perú (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* L.). Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima.
- Tolón, A., Lastra, X., & Fernández, V. (2013). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. *M+A. Revista Electrónica de Medio Ambiente*, 56-86.
- Torres, L. (2011). Geografía del Perú: aspectos físicos, humanos y económicos. (En línea) (Consultado el 10 de marzo 2014). Disponible en: <http://www.lilianatorresmuga.net/wp-content/uploads/geo1.pdf>
- Vilca, J. (2019). Huella hídrica de cultivos andinos de la región uno comercializados en la Región Arequipa. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Zárate, É., Poulussen, A., & Kuiper, D. (2017). Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica. San José: IICA.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: INFLUENCIA DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS Y SU RELACIÓN CON LA HUELLA HÍDRICA DEL DISTRITO DE CHAVINILLO - HUÁNUCO, PERIODO JULIO – SETIEMBRE 2019

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál será la influencia de los cultivos agrícola y su relación con la huella hídrica del Distrito de Chavinillo - Huánuco, periodo julio – setiembre 2019?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Existirán diferencias de los principales cultivos agrícolas en el consumo de agua virtual del Distrito de Chavinillo?</p> <p>¿Existirán diferencias de los principales cultivos agrícolas en el valor económico de agua virtual del Distrito de Chavinillo?</p> <p>¿Qué relación tendrán los principales cultivos con el consumo de agua virtual y valor económico del agua virtual?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la influencia de los cultivos agrícolas y su relación con la huella hídrica del Distrito de Chavinillo - Huánuco, periodo julio – setiembre 2019</p> <p>Objetivo específico</p> <p>Estimar la influencia de los principales cultivos agrícolas en el consumo de agua virtual del Distrito de Chavinillo.</p> <p>Determinar el efecto de los principales cultivos en el valor económico del agua virtual del Distrito de Chavinillo</p> <p>Establecer la relación tendrán los principales cultivos con el consumo de agua virtual y valor económico del agua virtual</p>	<p>VARIABLES</p> <p>Variables</p> <p>Independiente</p> <p>Cultivos agrícolas</p> <p>Dependiente</p> <p>Huella hídrica</p>	<p>Principales cultivos agrícolas</p> <p>Volumen de agua virtual</p> <p>Valoración económica del agua virtual</p>	<p>Cuantitativo, porque “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 7)</p> <p>Experimental porque “se analizan las relaciones entre una o más variables independientes y una o más dependientes, y los efectos causales de las primeras sobre las segundas” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 152), además identificará y relacionará con los impactos que estos proporcionan a la prestación de servicios de agua y alcantarillado.</p> <p>La Investigación es EXPERIMENTAL porque “se realizan con la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 152).</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph LR X2 --> X1 X2 --> R X1 --> R </pre> <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> N: principales cultivos X1: variable dependiente X2: variable independiente R: relación de variables </div>

Fuente: Elaboración del tesista

DATOS METEOROLÓGICOS: TEMPERATURA MAXIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	12.69	11.82	11.40	11.74	11.50	12.28	11.32	11.93	11.86	13.27	14.21	12.17
2004	13.09	11.38	12.48	13.15	12.20	10.59	10.72	10.05	11.72	11.80	13.22	12.58
2005	13.04	12.27	12.07	12.97	13.35	12.49	11.91	12.73	12.21	12.19	13.46	12.47
2006	11.64	11.93	11.86	12.36	12.39	11.16	12.15	11.69	13.32	12.83	12.20	12.41
2007	12.36	12.07	11.52	12.19	12.33	12.00	11.03	11.96	11.47	12.25	12.46	12.34
2008	11.21	11.21	11.04	11.71	11.61	11.87	11.28	12.40	12.01	11.88	13.29	12.50
2009	11.60	10.95	11.15	11.45	11.69	11.71	10.53	11.84	12.38	13.19	12.59	11.91
2010	11.54	11.78	12.29	12.36	12.44	11.92	12.58	12.90	12.65	12.77	12.69	11.61
2011	10.99	10.48	11.03	11.48	11.68	11.52	11.20	12.20	11.69	11.62	13.08	11.64
2012	11.89	10.87	11.25	11.48	11.66	10.87	11.24	12.01	11.87	12.61	12.31	11.09
2013	11.76	11.08	11.17	12.22	12.08	10.23	10.13	11.21	12.93	12.21	12.90	12.05
2014	11.42	11.25	11.56	11.61	11.99	12.47	11.03	11.37	11.73	11.60	13.27	12.25
2015	11.53	11.25	11.53	11.11	11.00	11.46	11.78	12.47	13.33	13.03	13.47	11.84
2016	14.26	12.51	13.33	13.45	13.18	12.21	12.31	12.46	13.32	12.91	13.72	12.24
2017	10.36	11.29	10.97	11.33	11.35	11.50	11.16	11.94	11.75	13.37	12.97	12.04
2018	11.27	12.06	11.37	11.52	12.28	10.27	10.58	11.02	12.95	11.76	12.96	12.31
Promedio	11.92	11.51	11.63	12.01	12.04	11.53	11.31	11.89	12.32	12.46	13.05	12.09
Desv. Est.	0.96	0.57	0.64	0.70	0.63	0.74	0.68	0.72	0.66	0.62	0.53	0.40
Coef. Var	8.08	4.91	5.53	5.81	5.20	6.38	6.04	6.02	5.37	4.94	4.09	3.28
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00

Fuente: Datos SENAMHI. Elaboración del tesista

DATOS METEOROLÓGICOS: TEMPERATURA MINIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	5.92	6.01	5.29	5.23	4.73	3.39	2.20	2.81	3.40	4.63	4.97	5.66
2004	5.09	5.49	5.78	5.11	4.75	2.90	3.02	2.57	3.94	5.09	5.32	5.51
2005	5.30	5.42	5.63	5.56	4.31	3.08	1.68	2.54	3.67	4.91	4.92	4.79
2006	4.91	5.60	5.30	4.93	3.05	2.97	2.14	3.17	3.38	4.95	4.97	5.63
2007	5.59	5.34	5.32	5.16	4.69	3.34	2.69	2.72	3.60	4.35	5.08	4.91
2008	5.40	5.18	4.66	4.49	3.56	2.61	1.94	2.88	3.24	4.50	4.86	4.70
2009	4.80	4.89	4.73	4.70	3.72	2.51	1.94	2.33	3.18	4.80	5.28	5.83
2010	5.95	6.11	6.19	5.34	4.46	3.13	2.37	1.83	3.32	4.13	4.63	4.78
2011	4.75	4.41	4.69	4.27	3.49	2.29	1.45	1.88	2.99	3.88	4.07	3.80
2012	3.92	3.82	3.66	3.56	2.49	1.53	0.21	1.04	1.99	3.50	4.41	3.93
2013	4.19	4.34	4.47	3.56	3.33	3.00	2.51	2.40	2.95	4.52	4.95	5.93
2014	5.31	5.39	5.46	5.47	4.70	3.08	2.16	1.80	3.17	3.86	4.82	4.86
2015	4.78	5.21	4.78	5.18	5.14	3.71	2.40	2.23	3.17	4.71	5.57	5.92
2016	6.17	6.75	6.19	5.50	4.33	2.43	1.46	2.68	3.18	4.23	3.87	4.46
2017	4.34	4.45	4.38	4.13	3.86	2.19	0.94	1.51	2.71	2.55	3.25	2.91
2018	2.33	3.08	3.21	2.21	1.94	0.12	1.70	2.37	2.88	4.90	5.13	4.12
Promedio	4.92	5.09	4.98	4.65	3.91	2.64	1.93	2.30	3.17	4.34	4.76	4.86
Desv. Est.	0.94	0.91	0.83	0.92	0.90	0.86	0.69	0.56	0.44	0.66	0.59	0.87
Coef. Var	19.13	17.91	16.63	19.75	22.95	32.56	35.90	24.38	13.91	15.11	12.51	17.93
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00

Fuente: Datos SENAMHI. Elaboración del tesista

DATOS METEOROLÓGICOS: TEMPERATURA MEDIA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	9.31	8.91	8.35	8.49	8.11	7.84	6.76	7.37	7.63	9.31	8.91	8.35
2004	9.09	8.44	9.13	9.13	8.47	6.74	6.87	6.31	7.83	9.09	8.44	9.13
2005	9.17	8.84	8.85	9.27	8.83	7.78	6.80	7.63	7.94	9.17	8.84	8.85
2006	8.28	8.76	8.58	8.65	7.72	7.07	7.15	7.43	8.35	8.28	8.76	8.58
2007	8.98	8.70	8.42	8.68	8.51	7.67	6.86	7.34	7.53	8.98	8.70	8.42
2008	8.30	8.19	7.85	8.10	7.59	7.24	6.61	7.64	7.62	8.30	8.19	7.85
2009	8.20	7.92	7.94	8.08	7.71	7.11	6.23	7.09	7.78	8.20	7.92	7.94
2010	8.75	8.94	9.24	8.85	8.45	7.53	7.48	7.36	7.99	8.75	8.94	9.24
2011	7.87	7.50	7.91	7.89	7.59	6.92	6.37	7.03	7.41	7.87	7.50	7.91
2012	7.88	7.33	7.51	7.56	7.11	6.21	5.74	6.57	7.00	7.88	7.33	7.51
2013	7.88	7.33	7.51	7.56	7.11	6.21	5.74	6.57	7.00	7.88	7.33	7.51
2014	8.36	8.32	8.51	8.54	8.35	7.78	6.59	6.58	7.45	8.36	8.32	8.51
2015	8.15	8.23	8.15	8.15	8.07	7.58	7.09	7.35	8.25	8.15	8.23	8.15
2016	10.22	9.63	9.76	9.48	8.75	7.32	6.89	7.57	8.25	10.22	9.63	9.76
2017	7.35	7.87	7.68	7.73	7.60	6.85	6.05	6.73	7.23	7.35	7.87	7.68
2018	6.80	7.57	7.29	6.87	7.11	5.19	6.14	6.70	7.92	6.80	7.57	7.29
Promedio	8.41	8.28	8.29	8.31	7.94	7.06	6.59	7.08	7.70	8.41	8.28	8.29
Desv. Est.	0.83	0.66	0.70	0.70	0.58	0.72	0.50	0.44	0.42	0.83	0.66	0.70
Coef. Var	9.83	8.03	8.41	8.46	7.32	10.16	7.62	6.25	5.44	9.83	8.03	8.41
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00

Fuente: Datos SENAMHI. Elaboración del tesista

DATOS METEOROLÓGICOS: HUMEDAD RELATIVA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	86.93	87.56	90.04	85.33	82.99	81.55	81.23	83.01	75.48	88.11	85.00	84.51
2004	87.07	91.01	89.67	83.42	86.06	89.03	86.60	86.44	83.94	87.62	84.59	86.04
2005	84.07	89.18	89.48	87.50	85.40	89.86	92.27	90.05	91.36	91.27	91.36	90.84
2006	90.64	94.21	93.37	94.24	95.87	94.96	91.18	87.99	85.56	89.07	90.06	91.65
2007	92.98	91.60	92.67	90.39	87.30	81.91	83.95	79.65	83.40	86.08	87.84	87.43
2008	91.52	91.34	91.83	88.32	84.67	81.21	82.92	82.73	83.23	88.49	85.59	87.96
2009	89.99	92.40	91.49	89.66	85.86	84.32	86.57	82.87	82.34	82.10	83.92	89.61
2010	90.58	89.81	88.49	86.30	84.28	79.75	73.77	70.29	78.67	80.90	82.87	85.22
2011	88.92	88.64	90.18	86.19	83.66	79.16	79.47	78.83	82.26	84.41	81.42	84.55
2012	87.06	89.34	88.72	87.93	81.45	80.30	75.16	73.82	78.18	80.20	84.11	89.82
2013	87.88	90.69	90.75	82.99	85.73	86.37	82.51	88.41	80.27	85.67	81.27	85.98
2014	89.36	90.15	88.07	88.05	86.27	81.21	82.60	77.54	82.66	83.03	81.33	86.78
2015	89.96	88.61	89.96	89.21	87.50	78.98	76.49	77.87	78.82	79.53	82.15	88.93
2016	80.83	87.59	86.90	83.09	79.47	76.42	68.77	80.70	78.79	81.94	74.90	85.44
2017	88.13	86.79	89.35	86.77	86.68	81.03	76.19	79.71	84.97	80.10	82.17	85.45
2018	86.67	86.69	90.17	85.69	82.91	82.83	80.47	83.39	76.00	88.10	85.07	83.16
Promedio	88.29	89.73	90.07	87.19	85.38	83.06	81.26	81.46	81.62	84.79	83.98	87.08
Desv. Est.	2.96	2.10	1.69	2.93	3.54	4.80	6.28	5.32	4.02	3.75	3.85	2.49
Coef. Var	3.35	2.34	1.87	3.36	4.15	5.77	7.73	6.53	4.92	4.42	4.59	2.86
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00

Fuente: Datos SENAMHI. Elaboración del tesista

DATOS METEOROLÓGICOS: EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	82.39	68.23	63.19	66.83	60.98	58.31	64.01	69.26	73.86	100.74	74.13	88.84
2004	81.30	56.94	66.30	72.80	66.42	53.52	47.24	58.78	63.20	82.17	74.23	88.99
2005	90.48	63.45	66.20	63.54	57.97	55.52	47.37	44.50	57.13	60.52	62.57	66.43
2006	67.08	46.27	52.02	42.15	38.46	28.28	32.46	48.23	62.26	79.52	70.90	69.66
2007	59.62	55.63	54.36	54.48	49.71	51.15	62.98	64.30	80.76	82.57	78.25	77.60
2008	63.91	55.37	56.15	58.77	53.62	54.23	63.10	65.65	75.25	83.29	70.85	85.43
2009	69.16	51.34	57.52	55.23	50.39	52.32	57.35	57.32	73.33	85.99	91.11	89.80
2010	68.50	61.81	70.26	65.50	59.76	56.79	66.25	84.25	97.64	95.28	92.18	91.70
2011	71.84	61.75	61.70	63.38	57.83	56.01	65.59	71.28	81.32	84.92	81.11	95.11
2012	77.64	59.41	65.09	58.49	53.37	58.53	61.94	76.35	88.77	92.69	92.52	87.38
2013	75.15	55.53	58.97	69.42	63.34	51.33	51.52	64.06	59.05	88.12	78.72	94.86
2014	71.76	59.36	69.60	60.45	55.15	52.85	64.46	66.22	82.26	84.10	84.52	97.12
2015	69.14	63.60	63.00	56.59	51.63	49.90	67.65	78.55	84.23	95.90	96.97	96.65
2016	103.13	69.95	76.40	74.46	67.94	65.65	70.92	89.79	79.36	95.98	90.04	111.57
2017	72.85	67.54	63.66	61.65	56.25	50.59	62.40	75.75	78.65	77.63	92.36	91.64
2018	75.51	67.01	60.24	61.94	56.51	56.18	55.37	68.85	71.08	100.78	72.46	86.87
Promedio	74.97	60.20	62.79	61.61	56.21	53.20	58.79	67.70	75.51	86.89	81.43	88.73
Desv. Est.	10.62	6.52	6.32	7.81	7.13	7.71	9.90	12.03	11.06	10.19	10.19	10.81
Coef. Var	14.16	10.83	10.06	12.68	12.68	14.50	16.84	17.77	14.65	11.72	12.52	12.18
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00

Fuente: Datos SENAMHI. Elaboración del tesista

DATOS PRODUCTIVOS: SUPERFICIE SEMBRADA (ha)

AÑO	CEBADA	HABA GRANO SECO	MAÍZ AMILÁCEO	PAPA	PAPA AMARILLA	TRIGO
2003	98	116	165	419	--	205
2004	95.00	107.00	151.00	398.00	--	192.00
2005	108.00	84.00	161.00	230.00	35	204.00
2006	134.00	112.00	162.00	260.00	69.00	205.00
2007	130.00	116.00	169.00	232.00	99.00	193.00
2008	125.00	140.00	170.00	177.00	111.00	184.00
2009	138.00	146.00	168.00	138.00	100.00	170.00
2010	182.00	135.00	195.00	187.00	117.00	176.00
2011	125.00	151.00	172.00	162.00	157.00	190.00
2012	125.00	124.00	173.00	252.00	163.00	186.00
2013	116.00	122.00	170.00	286.00	176.00	193.00
2014	117.00	103.00	166.00	298.00	191.00	191.00
2015	91.00	95.00	161.00	238.00	180.00	188.00
2016	105.00	98.00	157.00	202.00	160.00	181.00
2017	78.00	93.00	158.00	241.00	190.00	155.00
2018	78.00	101.00	154.00	121.00	186.00	147.00
Promedio	115.31	115.19	165.75	240.06	138.14	185.00
Desv. Est.	25.90	19.93	10.17	82.49	66.03	16.48
Coef. Var	22.46	17.31	6.13	34.36	47.80	8.91
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	14.00	16.00

Fuente: Datos DRA - Huánuco. Elaboración del tesista

DATOS PRODUCTIVOS: PRODUCCIÓN (t)

AÑO	CEBADA	HABA GRANO SECO	MAÍZ AMILÁCEO	PAPA	PAPA AMARILLA	TRIGO
2003	195.00	116.00	248.00	4,583.00	--	207.00
2004	190	106	208	3,915.00	--	192
2005	215.00	84.00	241.50	2,504.00	111	205.00
2006	268.00	113.00	242.00	2382.00	413.90	205.00
2007	255.00	113.00	250.00	3554.00	519.00	191.00
2008	249.00	139.90	229.00	2846.00	651.00	181.30
2009	275.00	146.50	236.00	1988.00	606.00	171.00
2010	361.00	109.00	254.00	1566.00	416.00	177.00
2011	188.00	121.30	52.00	2650.00	1256.00	171.00
2012	215.50	100.00	104.00	2006.00	1034.00	150.00
2013	232.00	122.00	271.00	2744.00	669.00	183.00
2014	230.00	102.00	232.40	3410.00	1337.00	193.80
2015	170.20	95.00	225.40	3534.00	1284.00	183.70
2016	159.00	71.60	117.80	2218.00	711.00	163.30
2017	109.10	74.40	125.00	2716.00	1140.00	140.00
2018	114.00	81.40	132.50	2,801.00	1,353.00	133.60
Promedio	214.11	105.94	198.04	2,838.56	821.49	177.98
Desv. Est.	62.87	21.50	67.40	788.51	470.20	22.36
Coef. Var	29.36	20.29	34.03	27.78	57.24	12.56
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	14.00	16.00

Fuente: Datos DRA - Huánuco. Elaboración del tesista

DATOS PRODUCTIVOS: PRECIO (S/.)

AÑO	CEBADA	HABA GRANO SECO	MAÍZ AMILÁCEO	PAPA	PAPA AMARILLA	TRIGO
2003	0.55	0.90	0.70	0.44	--	0.75
2004	0.50	0.83	0.80	0.45	--	0.80
2005	0.50	1.00	0.80	0.22	0.39	0.80
2006	0.50	0.91	0.80	0.41	0.56	0.80
2007	0.50	1.00	0.85	0.33	0.51	0.81
2008	0.93	1.5	0.9	0.37	0.50	1.00
2009	0.83	1.24	0.89	0.46	0.85	1.03
2010	0.96	1.60	1.50	0.55	0.67	1.31
2011	1.04	2.00	2.00	0.56	0.64	1.50
2012	1.20	2.23	1.76	0.51	0.71	1.52
2013	1.53	3.00	2.00	0.63	0.85	2.00
2014	2.00	3.00	2.50	0.50	0.80	3.00
2015	1.95	3.00	2.70	0.57	0.81	2.89
2016	1.77	2.80	2.50	0.84	0.84	2.21
2017	1.88	2.64	3.48	0.69	0.75	2.33
2018	2.05	2.77	2.76	0.39	0.64	2.44
Promedio	1.17	1.90	1.68	0.50	0.68	1.57
Desv. Est.	0.60	0.87	0.90	0.15	0.27	0.79
Coef. Var	51.75	45.64	53.65	30.03	39.69	50.38
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	14.00	16.00

Fuente: Datos DRA - Huánuco. Elaboración del tesista

DATOS PRODUCTIVOS: RENDIMIENTO (kg.ha⁻¹)

AÑO	CEBADA	HABA GRANO SECO	MAÍZ AMILÁCEO	PAPA	PAPA AMARILLA	TRIGO
2003	2,000.00	1,008.70	1,503.03	10,770.86	--	1,009.75
2004	2,000.00	990.65	1,414.97	12,752.44	--	1,000.00
2005	1990.74	1000.00	1500.00	11980.86	5045.45	1004.90
2006	2000.00	1008.93	1493.83	10008.40	5998.55	1000.00
2007	1961.44	974.14	1488.10	15027.48	5295.92	989.64
2008	1992.00	995.71	1347.06	14670.10	6510.00	985.33
2009	1992.75	1003.42	1404.76	14000.00	6060.00	1005.88
2010	1983.52	807.41	1302.56	10370.86	3555.56	1005.68
2011	1504.00	803.31	302.33	14971.75	8000.00	900.00
2012	1724.00	806.45	601.16	12537.50	6343.56	806.45
2013	2000.00	1000.00	1594.12	11245.90	3801.14	948.19
2014	1965.81	990.29	1400.00	11143.79	7000.00	1014.66
2015	1870.33	1000.00	1400.00	12020.41	7133.33	977.13
2016	1514.29	730.61	750.32	9560.34	4443.75	902.21
2017	1398.72	800.00	791.14	11040.65	6000.00	903.23
2018	1,461.54	805.94	860.39	11,516.81	7,026.88	908.84
Promedio	1,834.95	920.35	1,197.11	12,101.13	5,872.44	960.12
Desv. Est.	230.02	104.24	396.30	1,757.98	2,344.95	59.54
Coef. Var	12.54	11.33	33.10	14.53	39.93	6.20
Años de reg.	16.00	16.00	16.00	16.00	14.00	16.00



Fuente: Datos DRA - Huánuco. Elaboración del tesista

COORDENADAS UTM DE LOS CULTIVOS IDENTIFICADOS

N°	Cultivo	Localidad	E	S
1	Maíz amiláceo	Gegnapatay	324158	8912948
2	Maíz amiláceo	Gegnapatay	323853	8912283
3	Papa	Anyana	325776	8913421
4	Papa amarilla	Sagragallan	325617	8913059
5	Papa amarilla	Sagragallan	324916	8912860
6	Papa	Callancas	326205	8914392
7	Papa	Callancas	324914	8912862
8	Papa	Anyana	324430	8912909
9	Trigo	Gegnapatay	324102	8912816
10	Cebada	Callancas	325832	8915338
11	Cebada	Gegnapatay	323785	8912165
12	Trigo	Sagragallan	325698	8913061
13	Papa amarilla	Callancas	326262	8914380
14	Maíz amiláceo	Anyana	324679	8913040
15	Trigo	Callancas	326363	8914709
16	Cebada	Callancas	324547	8912683
17	Maíz amiláceo	Anyana	325922	8913311
18	Maíz amiláceo	Anyana	325838	8915333
19	Haba	Callancas	326340	8914542
20	Trigo	Callancas	324160	8912950
21	Cebada	Callancas	323254	8908675
22	Cebada	Callancas	326267	8914448
23	Trigo	Sagragallan	324910	8912901
24	Papa	Sagragallan	325754	8912992
25	Papa amarilla	Sagragallan	325633	8912931
26	Papa	Huaricataj	324165	8912955
27	Papa	Huaricataj	324152	8912972
28	Papa amarilla	Sagragallan	325817	8913043
29	Papa amarilla	Sagragallan	325895	8913043
30	Maíz amiláceo	Sagragallan	325909	8913149
31	Trigo	Anyana	325921	8913459
32	Maíz amiláceo	Anyana	325772	8913363
33	Papa	Callancas	324576	8912784

Fuente: Elaboración del tesista

PANEL FOTOGRÁFICO

<p>Actividad 1: Identificación de cultivos</p>	
<p>Actividad 1: Identificación de cultivos</p>	

<p>Actividad 1: Identificación de cultivos</p>	
<p>Actividad 1: Identificación de cultivos</p>	

Actividad 1:

Identificación de cultivos



Actividad 2:

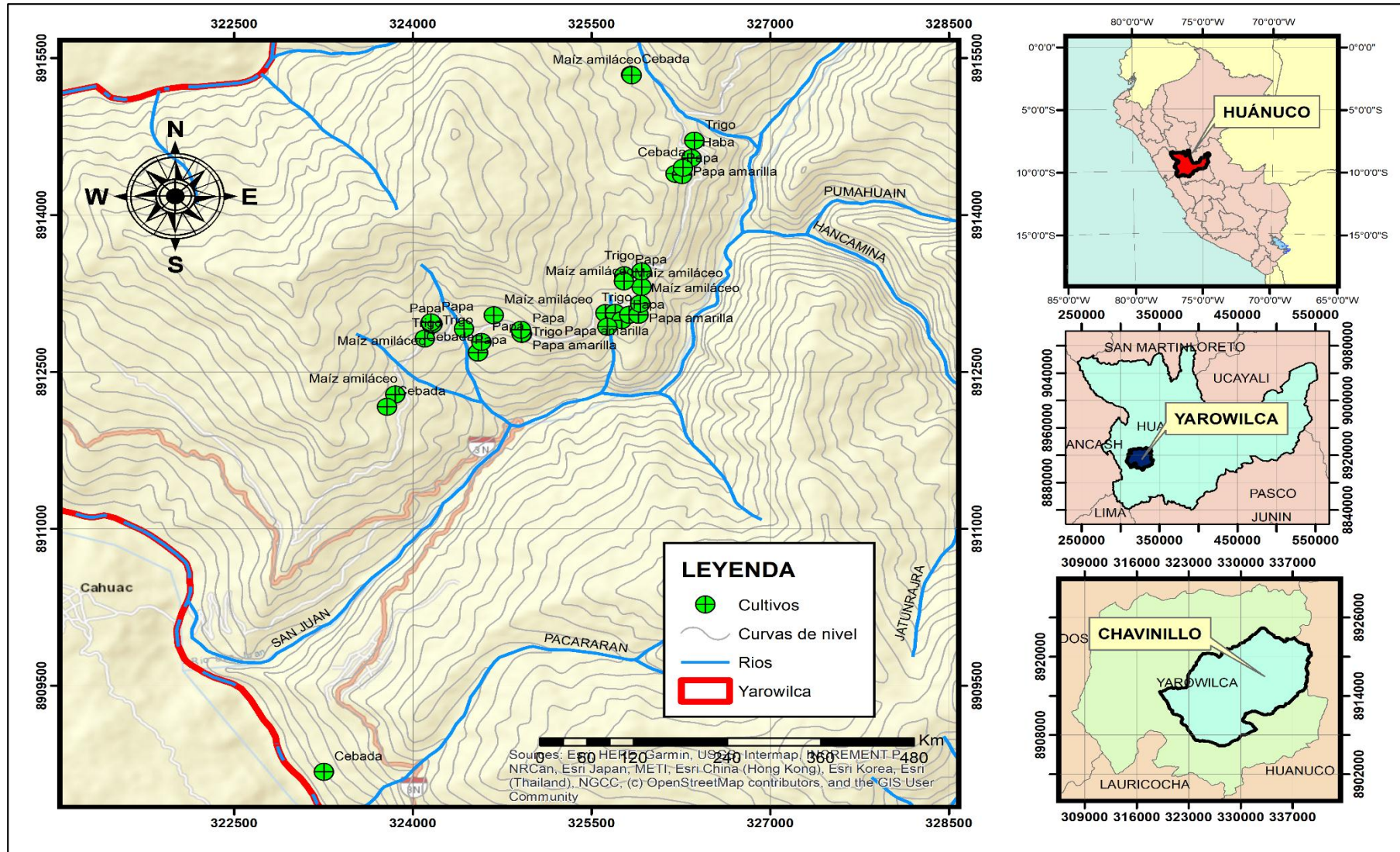
Recopilación de datos agrícolas



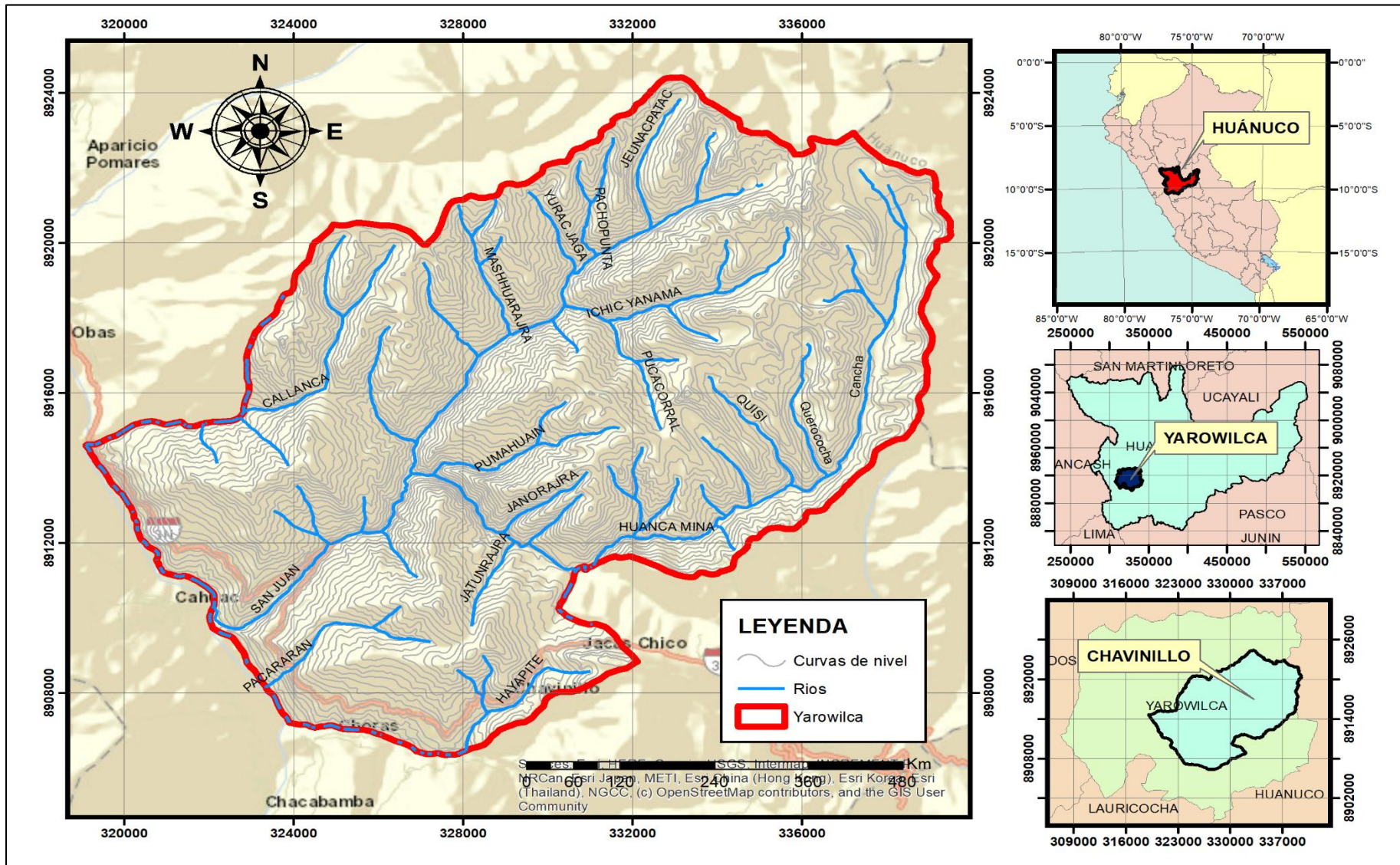
Asesoramiento



MAPA DE CULTIVOS AGRICOLAS DEL DISTRITO DE CHAVINILLO



MAPA DE RED HÍDRICA DEL DISTRITO DE CHAVINILLO



MAPA DE RED DE TRINGULACIÓN IRREGULAR DE LA SUPERFICIE DEL DISTRITO DE CHAVINILLO

