

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LOS  
PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LEVANTO,  
AMAZONAS**

**Autor: Bach. Milagritos Del Pilar Salon Huaman**

**Asesor: Ing. Rolando Salas López**

**Registro: (.....)**

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2023**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL



## ANEXO 3-H

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

#### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Salon Huaman, Milagritos Del Pilar  
DNI N°: 72784953  
Correo electrónico: 7278495362@untrm.edu.pe  
Facultad: Ingeniería Civil y Ambiental  
Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

#### Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

#### 2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

"Evaluación de la Huella Hídrica de los Principales Cultivos Agrícolas de Levanto, Amazonas"

#### 3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Salas Lopez, Rolando  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 42670675  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) https://orcid.org/0000-0003-2184-6761

#### Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_  
DNI, Pasaporte, C.E N°: \_\_\_\_\_  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) \_\_\_\_\_

#### 4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)  
4.05.11. Recursos Hídricos, 4.01.06. Agronomía

#### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

#### 6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 14 / marzo / 2023

MuuPSH  
Firma del autor 1

\_\_\_\_\_  
Firma del autor 2

[Firma]  
Firma del Asesor 1

\_\_\_\_\_  
Firma del Asesor 2

## **DEDICATORIA**

### ***A MI FAMILIA***

*Dedico este trabajo a mi madre  
y hermano por el apoyo que me  
brindan cada día durante todos  
los proyectos y metas que me he  
propuesto.*

*A mi padre que desde el cielo  
ilumina mi camino para seguir  
adelante y cumplir mis  
objetivos.*

### ***PROFESORES A MIS AMIGOS***

*A mis profesores de la UNTRM por  
los conocimientos brindados durante  
mi desarrollo profesional.*

*A mis amigos del presente y el pasado  
que en muchas ocasiones me han  
apoyado de manera incondicional.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarme cada día en cada paso que doy y ser mejor persona

A mi asesor Ing. Rolando Salas López, por todo el apoyo incondicional brindado durante mi etapa de estudiante y también en el desarrollo de la tesis.

A los docentes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y miembros del jurado evaluador, por todos los conocimientos compartidos y experiencias vividas durante mi formación profesional.

Finalmente, a mi familia, compañeros y amigos que me apoyaron para poder concluir satisfactoriamente con mis estudios y los éxitos logrados.

*Gracias*

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana**

*Rector*

**Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres**

*Vicerrector Académico*

**Dra. María Nelly Luján Espinoza**

*Vicerrectora de Investigación*

**Ph.D. Ricardo Edmundo Campos Ramos**

*Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental*

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (  )/Profesional externo (  ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada "Evaluación de la Huella Hídrica de los Principales Cultivos Agrícolas de Levanto, Amazonas"; del egresado Milagritos del Pilar Salon Huaman de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 14 de marzo de 2023



Firma y nombre completo del Asesor

Rotando Salas Lopez

**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



---

**Ph.D. Martha Steffany Calderón Ríos**

Presidente



---

**M.Sc. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje**

Secretario



---

**M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina**

Vocal

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

"Evaluación de la Huella Hídrica de los Principales Cultivos  
Agrícolas de Levanto, Amazonas"

presentada por el estudiante ( )/egresado (x) Milagritos Del Pilar Salon Huaman  
de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

con correo electrónico institucional 7278495362@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 23 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 12 de mayo del 2023

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
PRESIDENTE

[Signature]  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....



# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



## ANEXO 3-5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 15 de Junio del año 2023, siendo las 4:10 horas, el aspirante: SALON HUANMAN, Milagritos del Pilar, asesorado por Rolando Salas López defiende en sesión pública presencial (  ) / a distancia ( ) la Tesis titulada: Evaluación de la huella Hídrica de los principales cultivos Agrícolas de levante, Amazonas. para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ph.D. Martha Steffany Calderón Ríos

Secretario: M.Sc. Jefferson Fibguald Reyes Farje

Vocal: M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.



Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  ) por Unanimidad (  ) / Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 5:05 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
VOCAL

[Signature]  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

## ÍNDICE

<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>AUTORIDADES UNIVERSITARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS</b> .....	<b>v</b>
<b>VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS</b> .....	<b>vi</b>
<b>JURADO EVALUADOR DE LA TESIS</b> .....	<b>vii</b>
<b>CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
2.1. Área de estudio.....	19
2.2. Flujograma metodológico .....	20
2.3. Diagnóstico del consumo de agua para la producción de papa, maíz y zanahoria... 21	
2.4. Determinación de la huella hídrica azul y verde de los principales cultivos agrícolas de Levanto .....	21
2.5. Propuesta de estrategias para la reducción de la huella hídrica agrícola en Levanto .....	26
2.6. Análisis y procesamiento de datos .....	26
<b>III. RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>

3.1. Diagnóstico del consumo de agua para la producción de papa, maíz y zanahoria...	28
3.1.1. Información general del predio.....	28
3.1.2. Fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas.....	30
3.1.3. Descripción del sistema de riego .....	32
3.1.4. Proceso productivo de los cultivos de papa, maíz y zanahoria.....	33
3.2. Determinación de la huella hídrica.....	36
3.2.1. Huella hídrica verde.....	37
3.2.2. Huella hídrica azul .....	38
3.2.3. Valor económico de la huella hídrica .....	38
3.3. Estrategias para la reducción de la huella hídrica agrícola en el distrito de Levanto .....	39
3.3.1. Nombre de la propuesta .....	39
3.3.2. Objetivos.....	39
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de la estación meteorológica Chachapoyas.....	25
<b>Tabla 2.</b> Contingencia para la variable información general del predio.....	29
<b>Tabla 3.</b> Contingencia para la variable fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas.....	31
<b>Tabla 4.</b> Contingencia para la variable descripción del sistema de riego.....	32
<b>Tabla 5.</b> Contingencia para la variable proceso productivo de los cultivos de zanahoria, papa y maíz.....	34
<b>Tabla 6.</b> Características de las variables numéricas de fuente de agua de riego para cultivos y proceso productivo de los cultivos de papa, maíz y zanahoria.....	36
<b>Tabla 7.</b> Datos meteorológicos de la estación Chachapoyas.....	36
<b>Tabla 8.</b> Datos meteorológicos de la estación Chachapoyas.....	37
<b>Tabla 9.</b> Huella hídrica verde de papa, maíz y zanahoria.....	37
<b>Tabla 10.</b> Huella hídrica azul de papa, maíz y zanahoria.....	38
<b>Tabla 11.</b> Valor económico de la huella hídrica de la papa, maíz y zanahoria.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del área de estudio.....	19
<b>Figura 2.</b> Superficie agrícola en el distrito de Levanto según el MIDAGRI (2022).....	20
<b>Figura 3.</b> Flujograma metodológico para evaluar la HH del cultivo de papa, maíz y zanahoria.....	20
<b>Figura 4.</b> Proceso de determinación del Kc en las diferentes fases fenológicas de los cultivos.....	24
<b>Figura 5.</b> Dendrograma del análisis de conglomerado de la información general del predio, método Ward (Distancia: (Jaccard (sqrt(1-S))) – 1,53:3 grupos).....	28
<b>Figura 6.</b> Análisis de correspondencias múltiples para la variable información general del predio y la asociación de los grupos formados.....	30
<b>Figura 7.</b> Análisis de correspondencias múltiples para la variable fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas.....	31
<b>Figura 8.</b> Análisis de correspondencias múltiples para la variable descripción del sistema de riego.....	33
<b>Figura 9.</b> Análisis de correspondencias múltiples para la variable proceso productivo de los cultivos de zanahoria, papa y maíz.....	35
<b>Figura 10.</b> Huella hídrica verde y azul para los cultivos de papa, maíz y zanahoria.....	38

## RESUMEN

En la producción de cultivos se requiere gran cantidad de agua y fertilizantes, que a su vez se convierten en contaminantes de cuerpos de agua. Por ello, determinar la huella hídrica (HH) de un cultivo permite conocer el consumo de agua durante toda la etapa fenológica. El objetivo de este trabajo fue evaluar la HH de los cultivos de papa, maíz y zanahoria en el distrito de Levanto (Amazonas). Se aplicó una encuesta para conocer el estado actual del uso y consumo de agua desde la siembra hasta la cosecha de los cultivos agrícolas. Posteriormente, se determinó el valor de la HH verde (HHV) y HH azul (HHA) de la papa, maíz y zanahoria mediante datos de suelo, meteorológicos y características fenológicas de cada cultivo. Los resultados reportaron que el agua de riego utilizado tiene como fuente el reservorio municipal y es conducido a través de tubería, con un sistema de riego deficiente. A su vez, el cultivo de maíz presentó la HHV más alta (472 mm), seguida de la zanahoria (213.80 mm) y papa (134.10 mm). Por su parte, la HHA fue mayor en el cultivo de papa (275.50 mm), seguido del maíz (161.70 mm) y zanahoria (67 mm). De acuerdo a los resultados obtenidos se diseñó una estrategia para mejorar el sistema de riego de al menos 30% de pequeños y medianos productores agrarios del distrito de Levanto al 2025.

**Palabras clave:** Agricultura; Biodiversidad; Cropwat; Hidrología; Teledetección.

## **ABSTRACT**

Crop production requires a large amount of water and fertilizers, which become pollutants in bodies of water. Therefore, determining the water carbon footprint (HH) of a crop allows us to know the water consumption during the entire phenological stage. The objective of this study was to evaluate the HH of potato, corn and carrot crops in the district of Levanto (Amazonas). A survey was applied to know the current state of the use and consumption of water from sowing to harvesting of agricultural crops. Subsequently, the value of the green HH (HHV) and blue HH (HHA) of potato, corn and carrot was determined using soil and meteorological data and phenological characteristics of each crop. The results reported that the irrigation water used comes from the municipal reservoir and is conducted through pipes, with a deficient irrigation system. Additionally, the corn crop showed the highest HHV (472 mm), followed by carrot (213.80 mm) and potato (134.10 mm). On the other hand, the HHA was higher in potato crop (275.50 mm), followed by corn (161.70 mm) and carrot (67 mm) crops. According to the obtained results, a strategy was proposed to improve the irrigation system of at least 30% of small and medium agricultural producers in the district of Levanto by 2025.

**Keywords:** Agriculture; Biodiversity; Cropwat, Hydrology; Remote sensing.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los recursos hídricos están siendo impactados por el crecimiento urbano y las actividades económicas (Fridman et al., 2021; Mekonnen & Hoekstra, 2012). Esto debido a que es difícil lograr un equilibrio entre el requerimiento de agua y la disponibilidad hídrica (Sun, 2022). La agricultura es el sector que consume aproximadamente 2500 km<sup>3</sup>/año a nivel mundial (Rothausen & Conway, 2011). El uso de agua para riego está asociado con la disminución de la oferta hídrica de los cuerpos de agua superficial y subterráneos y con los mayores niveles de estrés hídrico (Fridman et al., 2021). Además, puede disminuir la disponibilidad hídrica para la seguridad alimentaria (Parkinson et al., 2019). Para evaluar cuanto de agua se consume en el ámbito agrario se calcula la huella de agua, conocida como huella hídrica (HH) de los cultivos en los diferentes lugares de producción (Zheng et al., 2020).

El sector agrario en todo el mundo consume aproximadamente el 70% de huella hídrica y está relacionada con el consumo de agua requerida durante las fases fenológicas del cultivo (Ayala et al., 2016; Camargo & Camacho, 2019; Mohanty et al., 2018). La HH incluye tres partes: la huella azul (HHA) (aguas dulces de la superficie y del subsuelo), la huella hídrica verde (HHV) (aguas provenientes de las precipitaciones que no se vierte en escorrentía) y la huella hídrica gris (HHG, agua utilizada para diluir los contaminantes) (Hoekstra & Mekonnen, 2012). La HH está relacionada con el consumo y tipos de agua que requiere el cultivo para su producción, además, es considerado como un indicador ambiental. En el sector agrario, la HH del cultivo reporta si el agua consumida proviene de la lluvia o es de fuente superficial o subterránea, junto con sus respectivos volúmenes y proporciones (Masud et al., 2018; Zhuo et al., 2016). También, puede estimar si la HH del cultivo es la adecuada o si varía regionalmente. Estos resultados pueden ayudar a tomar medidas para reducir el consumo de agua en la producción de cultivos y mejorar el manejo del agua. La evaluación de esta HH sobre todo en la agricultura está asociada a los tipos de fuentes hídricas de las cuales depende el cultivo para su crecimiento, entonces se puede evaluar por separado la HHV, HHA y HHG (Vale et al., 2019).

Para determinar la HH, se estima la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) indirectamente mediante un patrón que emplea información del clima, las características del suelo y las cualidades de los cultivos a manera de insumo (Mirzaie-Nodoushan et al., 2020; Nezamoleslami & Hosseinian, 2020). Existen varias alternativas para modelar la



evapotranspiración y el desarrollo de los cultivos. Los patrones utilizados con frecuencia son del tipo CROPWAT expuesto por FAO (Casella et al., 2019) (Morábito et al., 2015; Sokolow et al., 2019). Otros autores consideran que la estimación de la HH también se puede realizar utilizando tecnología geoespacial (Yuguda et al., 2020; Zheng et al., 2020). Entre ellos, la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten procesar datos del clima, suelo, uso y tipo de suelo, a menor y gran escala permitiendo la interpretación de los resultados a nivel local, regional e internacional.

Al sur de Italia calcularon las HHV y HHA de los cultivos agrícolas obtuvieron como resultado para el trigo un aproximado de 686 m<sup>3</sup>/año de HHV (Casella et al., 2019). En Heilongjiang, una de las ciudades más productivas de China, calcularon las huellas de agua para 13 cultivos como son: trigo, arroz, maíz, girasol, alfalfa, entre otros; utilizando el software CROPWAT 8.0. Los resultados reportaron que el consumo de HHA de 2.567 m<sup>3</sup>/ton y HHV de 624 m<sup>3</sup>/ton (Ding et al., 2019). Otro estudio en China mostró que el promedio total de la HH para el trigo fue de 1.036 m<sup>3</sup>/año, de maíz fue de 0.774 m<sup>3</sup>/año y del girasol fue 1.510 m<sup>3</sup>/año (Luan et al., 2018). En Brasil, HHV en cultivos de frijol, arroz, centeno cebolla y cebada fue de 5701 m<sup>3</sup>/ton, este valor es mayor a lo calculado para los cultivos de maíz, café, banano, patata, manzana, mandioca y naranja que alcanzaron un consumo de agua de 2541 m<sup>3</sup>/ton (da Silva et al., 2016).

En la cuenca de Mantaro (Perú), evaluaron la HH de los cultivos de café, cacao, papa y maíz utilizando Cropwat y Climwat. Los resultados reportaron que la HHV estuvo representada por 17, 5.9, 21.7 y 6.8 hm<sup>3</sup>/periodo, respectivamente, y la HHA 0, 11, 3.4 y 3.7, respectivamente (Arevalo et al., 2016). En el norte del Perú evaluaron el consumo de agua agrícola en papa, olluco, zanahoria, alverja y maíz. Para ello, consideraron la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) y el requerimiento hídrico del cultivo (k<sub>c</sub>). Los resultados reportaron que la huella de agua verde de los cinco cultivos (papa, olluco, zanahoria, alverja y maíz) fue de 7652.8 m<sup>3</sup>/t (Mallma, 2015).

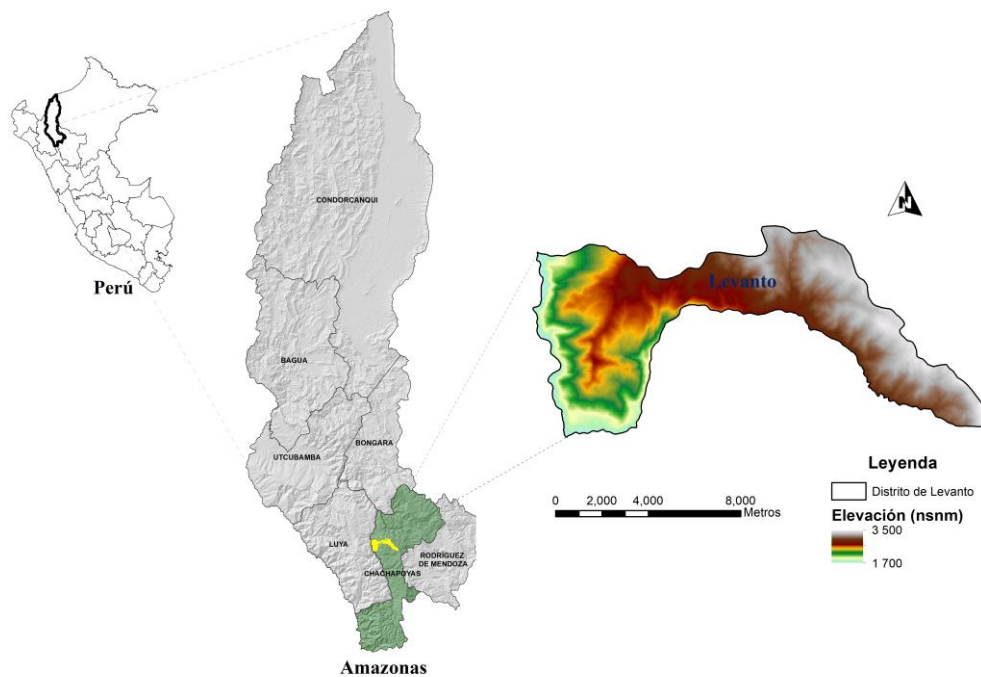
El distrito de Levanto es considerado como una de las zonas productivas del departamento de Amazonas, abastece con el 40 % de su producción a los centros de venta de Chachapoyas (DRA, 2018). Sin embargo, en los últimos años, los efectos del cambio climático afectado la calidad y cantidad del recurso hídrico (DRA, 2018). Es por ello, que el objetivo principal fue evaluar la HH de la papa, maíz y zanahoria en el distrito de Levanto. Se aplicó una encuesta para i) conocer el uso y manejo del agua en la producción

de los principales cultivos agrícolas (papa, maíz y zanahoria), ii) determinar la HHA y HHV de los principales cultivos de papa, maíz y zanahoria y iii) formular una estrategia para el manejo sostenible de la HH agrícola.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

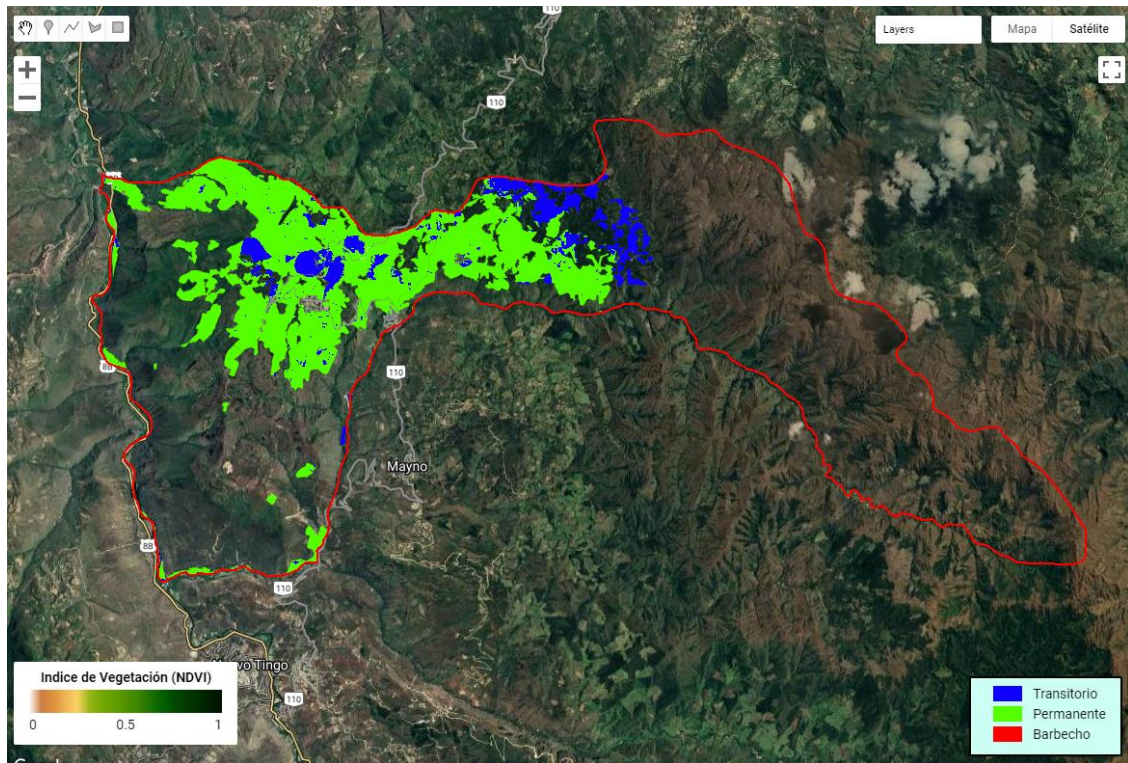
### 2.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra localizado en la provincia de Chachapoyas (Amazonas) al norte del Perú (Figura 1). Se ubica al sur de Chachapoyas con una superficie de 7 493.07 ha con un rango altitudinal entre 1700 a 3500 msnm. El distrito se enmarca entre las zonas de vida de bosque seco y bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bsMBT y bhMBT). Se caracteriza por presentar climas que varían desde “Muy Húmedo y Templado”, “Frío Húmedo y Templado Cálido” y “Ligeramente Húmedo y Templado Cálido” (GRA & IIAP, 2010), con temperatura y precipitación promedio anual de 16.5 °C y 800 mm, respectivamente (Rascón et al., 2020). Levanto tiene como núcleo poblacional principal a la ciudad del mismo nombre y una población total de 803 habitantes (INEI, 2020).



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio.

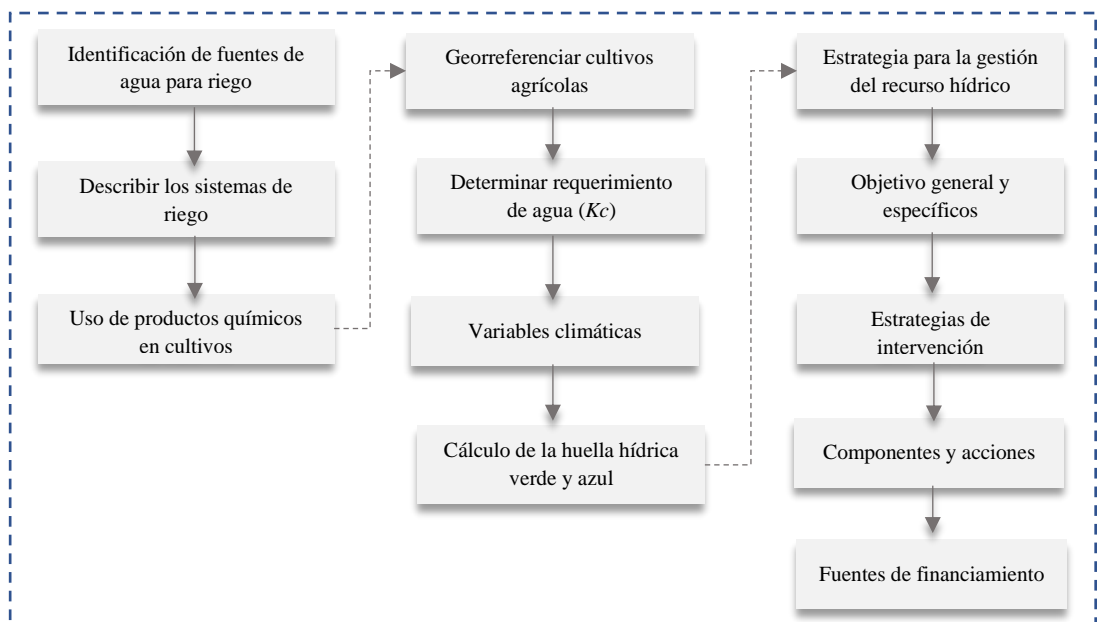
En el distrito se desarrollan las actividades de agricultura (Guevara, 2016), ganadería (Vásquez et al., 2016) y turismo en menor escala (Aguilar et al., 2018). Entre los principales cultivos que se cultivan encontramos a la papa y maíz en mayor escala, seguido de cultivos de hortalizas como la zanahoria y pastos cultivados (Guevara, 2016). La superficie agrícola del distrito es de 1 382.31 ha y se distribuye al centro y noroeste del distrito (Figura 2).



**Figura 2.** Superficie agrícola en el distrito de Levanto según el MIDAGRI (2022).

## 2.2. Flujograma metodológico

El proceso metodológico se presenta en la Figura 3, donde se observan los pasos para evaluar la huella hídrica del cultivo de papa, maíz y zanahoria en el distrito de Levanto.



**Figura 3.** Flujograma metodológico para evaluar la HH del cultivo de papa, maíz y zanahoria.

### **2.3. Diagnóstico del consumo de agua para la producción de papa, maíz y zanahoria**

El diagnóstico para conocer la demanda de agua en el área de estudio se realizó mediante preguntas estructuradas en una encuesta con la finalidad de identificar las características de la parcela de los productores a través de la obtención de información relacionada con el predio, fuentes de agua de riego, sistema de riego y proceso productivo para los cultivos de zanahoria, papa y maíz. La encuesta que se utilizó en el estudio fue validada por el juicio de expertos, el cual fue un grupo conformado por cinco profesionales con conocimientos relacionados al tema de huella hídrica y cultivos agrícolas. Estos profesionales han leído y evaluado las preguntas propuestas en la encuesta en base a criterios relacionados con la forma y el contenido.

La encuesta se aplicó de manera personalizada a cada productor con un total de 23 preguntas abiertas y cerradas a 52 productores agrícolas (Vásquez, 2021). Los resultados de la encuesta fueron procesados utilizando el software estadístico Infostat y el cuestionario se muestra en el Anexo 1. Se aplicó estadística multivariada exploratoria a través de Análisis de Componentes Principales (PCA) y la identificación de grupos a través del análisis de conglomerados y técnicas de agrupación (Rocha-Rodríguez et al., 2016; Sarabia et al., 2011).

### **2.4. Determinación de la huella hídrica azul y verde de los principales cultivos agrícolas de Levanto**

#### **a) Recolección de datos**

Se utilizó el software de código abierto Cropwat v. 8.0 para realizar la estimación de la HHV y HHA (FAO, 1998). Además, del software de SIG ArcGIS v. 10.5 para la construcción de mapas temáticos. Fue necesario obtener información espacial de red vial, límites políticos (distrital, provincial y departamental) y carta nacional 13H. Además, del modelo digital de elevación de 30 metros de resolución (Hennig et al., 2007).

En campo se realizó el recorrido para identificar las parcelas de papa, maíz y zanahoria. Para ello, se utilizó un equipo GPS que permitió georreferenciar los cultivos y registro fotográfico (Chuvienco, 2016; Wang et al., 2017). Adicionalmente, se tomaron muestras de suelo de cada cultivo que fueron analizados en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNTRM. Este muestreo se

realizó mediante la técnica del Zigzag, donde se extrajo 1 kg de tierra por cada cultivo. Las muestras fueron colectadas de la siguiente manera: en la parte baja del distrito para el cultivo de zanahoria, en la parte media para el cultivo de la papa y en la parte alta para el cultivo de maíz. Luego fueron enviados al laboratorio de aguas y suelos donde se realizó los análisis de fertilidad y caracterización.

Los datos meteorológicos utilizados para la determinación de HHV y HHA se obtuvieron de la Estación Meteorológica Chachapoyas administrada por el SENAMHI. Adicionalmente, se complementaron con datos descargados desde el software de Climwat 2.0. La información espacial y los mapas cartográficos se trabajaron en el Datum WGS 1984 y UTM, Zona 18 Sur.

**b) Determinación de la evapotranspiración (ET<sub>o</sub>)**

Se utilizó el método FAO Penman-Monteith para determinar la ET<sub>o</sub>. Esto se determina definiendo el cultivo de referencia como una altura supuesta de 0,12 m, una resistividad superficial fija de 70 s m<sup>-1</sup> y un albedo de 0,23. El método FAO Penman-Monteith calcula ET<sub>o</sub> de la siguiente manera:

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

Donde:

- ET<sub>o</sub>** : Evapotranspiración de referencia (mm día-1)
- R<sub>a</sub>** : Radiación extraterrestre (mm día-1)
- R<sub>n</sub>** : Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m<sup>-2</sup> día-1)
- g** : Constante psicrométrica (kPa °C-1)
- T** : Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
- D** : Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C-1)
- u<sub>2</sub>** : Velocidad del viento a 2 m de altura (m s-1)
- e<sub>a</sub>** : Presión real de vapor (kPa)
- G** : Flujo del calor de suelo (MJ m<sup>-2</sup> día-1)
- e<sub>s</sub>** : Presión de vapor de saturación (kPa)
- e<sub>s</sub>-e<sub>a</sub>** : déficit de presión de vapor (kPa)

En la ecuación se utilizan registros climatológicos estándar de radiación solar, temperatura del aire, humedad y velocidad del viento. Para que los resultados de los cálculos estén garantizados, las mediciones climáticas deben realizarse a una altura de dos metros (o equivalente) sobre una superficie de hierba verde expansiva, cubierta con tierra y con una cantidad suficiente de agua (FAO, 1998).

**c) Cálculo de la precipitación efectiva**

Desde una perspectiva de producción agrícola, la precipitación efectiva se refiere a la cantidad de lluvia que las plantas pueden utilizar de manera eficiente. Esto significa que no toda la precipitación está disponible para los cultivos, ya que parte se pierde por escorrentía superficial (ES) y percolación (PP) (FAO, 1998). Todas las opciones de lluvia se refieren al cálculo de la lluvia efectiva a partir de los datos de lluvia. Para el estudio, usamos datos de precipitación mensual de la estación meteorológica Chachapoyas y calculamos la precipitación efectiva utilizando el método del Servicio de Conservación de Suelos del USDA: La ecuación desarrollada por el USCS, la precipitación efectiva se puede calcular de acuerdo a datos mensuales de lluvia:

$$P_{ef} = P_{mensual} * (125 - 0.2 * P_{mensual}) / 125 \quad \text{para mensual} \leq 250 \text{ mm}$$

$$P_{ef} = 125 + 0.1 * P_{mensual} \quad \text{para } P_{mensual} > 250 \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

Valores decadiarios de lluvia:

$$P_{ef}(dec) = P_{dec} * (125 - 0.6 * P_{dec}) / 125 \quad \text{para } P_{dec} \leq (250 / 3) \text{ mm}$$

$$P_{ef}(dec) = (125 / 3) + 0.1 * P_{dec} \quad \text{para } P_{dec} > (250 / 3) \text{ mm} \dots\dots\dots (3)$$

**d) Cálculo del factor Kc**

El coeficiente de rendimiento (Kc) incluye los efectos de las características que diferencian el cultivo del cultivo de referencia. Según el método del factor de rendimiento, la evapotranspiración del cultivo (ETc) se calcula en condiciones estándar multiplicando la evapotranspiración de referencia del cultivo (ETo) por Kc. Kc está influenciado principalmente por el tipo de cultivo, seguido por el clima y la evaporación del suelo. Por otro lado, Kc para un cultivo en particular varía con la etapa de crecimiento del cultivo porque la cubierta del suelo, la altura del cultivo y el área foliar cambian a medida que se desarrolla el cultivo.

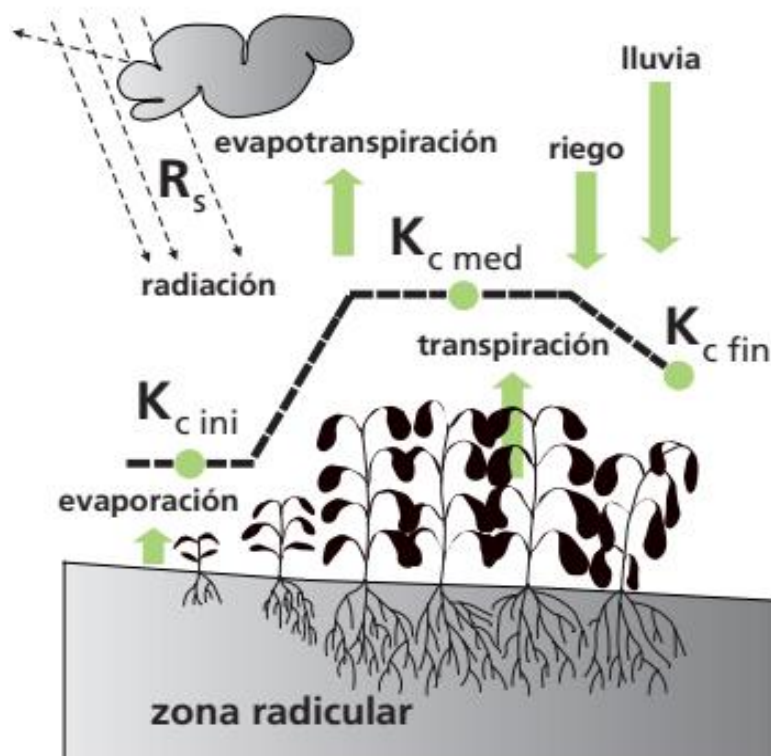
El software CROPWAT 8.0 requiere valores de  $K_c$  para cultivos tempranos, en desarrollo, intermedios y finales (cosecha). Se interpolan los valores de  $K_c$  para el desarrollo y etapas posteriores.

**Fase inicial (Ini):** Durante esta fase, el área foliar es pequeña y la evaporación ocurre principalmente en forma de evaporación del suelo. Por lo tanto, los valores iniciales de  $K_c$  son más altos cuando el suelo está húmedo por riego o lluvia y más bajos cuando la superficie del suelo está seca.

**Fase de desarrollo (Des):** A medida que las plantas se desarrollan y cubren gradualmente el suelo, la evaporación se vuelve más limitada y la transpiración se convierte gradualmente en el proceso predominante de consumo de agua.

**Fase media (Med):** En esta fase el  $K_c$  alcanza su máximo valor.

**Fase tardía (Fin):** Los valores de  $K_c$  al final de la temporada de crecimiento (cosecha) reflejan las prácticas de manejo del cultivo y del agua. Este valor es alto si el cultivo se realiza con riego frecuente y recién cosechado. Si el cultivo está viejo y seco antes de la cosecha, el valor de  $K_c$  será bajo debido a la baja conductividad de la superficie de la hoja.



**Figura 4.** Proceso de determinación del  $K_c$  en las diferentes fases fenológicas de los cultivos.



**e) Determinación de la huella hídrica verde y azul**

Se realizó el análisis de huella hídrica verde y azul para el cultivo de zanahoria, papa y maíz en 1382,31 hectáreas de tierra cultivable ubicadas en el distrito de Levanto. Asimismo, se recolectó información de las variables hidroclimáticas durante los 12 meses de crecimiento de los cultivos de la estación meteorológica Chachapoya (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características de la estación meteorológica Chachapoyas.

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Nombre	Chachapoyas
Latitud	6°14'4.29" S
Longitud	77°51'12.24" O
Altitud	2360 m.s.n.m.
Distrito	Chachapoyas
Provincia	Chachapoyas
Departamento	Amazonas

La determinación de las huellas verde y azul se realizó mediante CROPWAT 8.0, la cual se realizó utilizando información secundaria del área sembrada y las características de los cultivos evaluados (Paraquive et al., 2018).

Se utilizó los datos publicados por la FAO en la guía para de determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (FAO, 2006). Este método se ha utilizado en varios estudios porque la FAO lo recomienda como el método de cálculo estándar para calcular la ETo en comparación con otros métodos (Ramírez et al., 2022).

La determinación de la huella verde y azul se calculan con base en la fórmula ETo de "Penman-Monteith". Según la ecuación 2, la huella hídrica total (*HH, proc*) viene dada por la suma de los componentes verde y azul en unidad de volumen por unidad de masa (m<sup>3</sup>/t).

$$HH\ proc = HH\ proc,\ verde + HH\ proc,\ azul \dots\dots\dots (4)$$

La estimación de la huella hídrica verde se calcula por el requerimiento de agua de lluvia (*CWU verde*) en m<sup>3</sup>/ha y el rendimiento del cultivo (*Y*) en t/ha expresada en m<sup>3</sup>/t (Shtull-Trauring & Bernstein, 2018) como se muestra en la ecuación 3.

$$HH \text{ proc, verde} = \frac{CWU_{verde}}{Y} \dots\dots\dots (5)$$

Por su parte, la HHA (*HH proc, azul*) se determinó considerando la cantidad de agua superficial o subterránea para riego que demanda el cultivo (Hoekstra et al., 2011). Se determinó mediante la división entre requerimiento de agua azul del cultivo (*CWU azul*) en m<sup>3</sup>/ha y el rendimiento del cultivo (Y) en t/ha, expresada en m<sup>3</sup>/t según la ecuación 4 (Shtull-Trauring & Bernstein, 2018).

$$HH \text{ proc, azul} = \frac{CWU_{azul}}{Y} \dots\dots\dots (6)$$

El cálculo del consumo de agua verde para el cultivo (*CWU verde*) se realizó en base a la evapotranspiración diaria (*Et*, mm/día) proveniente de la lluvia en toda la etapa fenológica del cultivo (ecuación 5).

$$CWU \text{ verde} = 10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET \text{ verde} \dots\dots\dots(7)$$

Por su parte, para la estimación del requerimiento del agua azul (*CWU azul*), se estimó en base la diferencia entre las precipitaciones efectivas y la evapotranspiración del cultivo (Ramírez et al., 2022).

**2.5.Propuesta de estrategias para la reducción de la huella hídrica agrícola en Levanto**

La propuesta se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos de la HH siguiendo la propuesta metodológica de Cruz (2018). La estrategia se planteó en base a un nombre específico, objetivos, ámbito de acción, estrategia de intervención componentes y acciones.

**2.6.Análisis y procesamiento de datos**

Se realizó el análisis estadístico con el software Infostat. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y Tukey HSD para comparar las medias según los resultados de la encuesta aplicada. Se realizó el análisis de

conglomerados y el análisis de correspondencia múltiples para las variables cualitativas.

La estimación del valor económico de la HH se realizó según la ecuación propuesta por Shtull-Trauring & Bernstein (2018), la cual se describe a continuación:

$$EWP = \frac{PM}{WFE} \left( \frac{\text{soles}}{m^3} \right) \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

**EWP:** Es el valor económico de la huella hídrica.

**PM:** Precio final del producto agrícola.

**WFE:** Huella hídrica total (verde y azul)

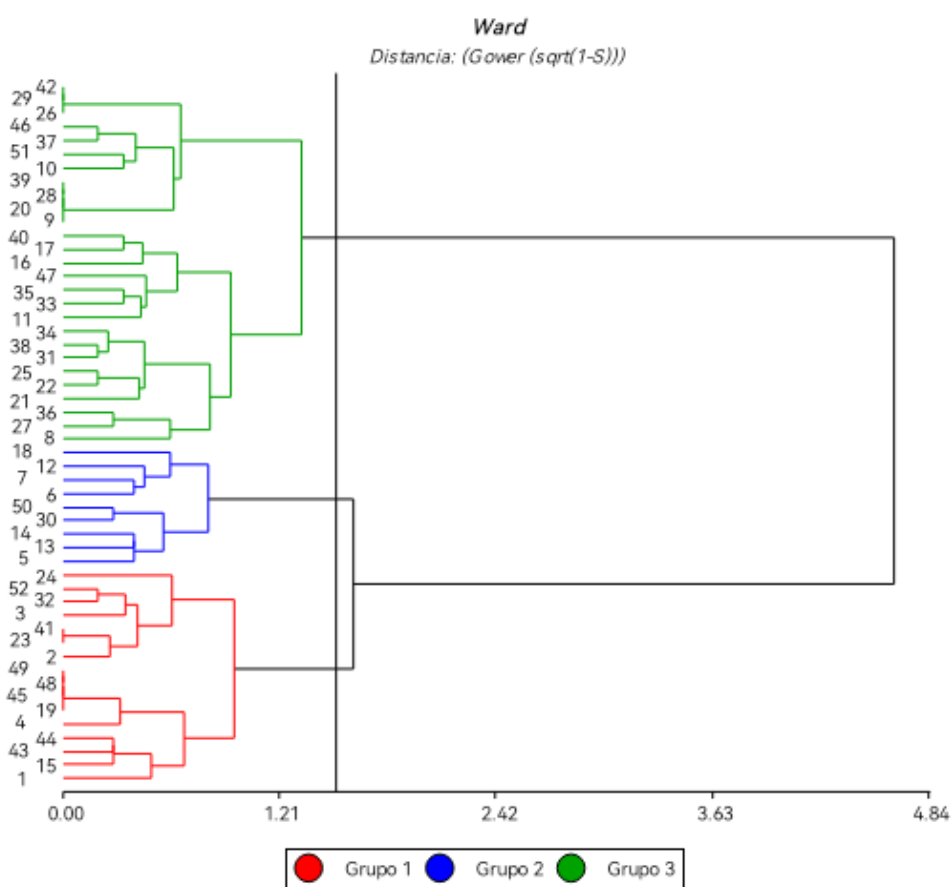
### III. RESULTADOS

#### 3.1. Diagnóstico del consumo de agua para la producción de papa, maíz y zanahoria

Se aplicaron 52 encuestas para obtener información sobre el consumo de agua, la cual estuvo dividida en cuatro secciones principales, a saber, i) información general del predio, ii) fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas, iii) descripción del sistema de riego y iv) proceso productivo de papa, maíz y zanahoria. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

##### 3.1.1. Información general del predio

El análisis de conglomerado de las características de información general del predio, reporta que las fuentes de agua que utilizan para riego, el sistema de riego y los procesos productivos de la zanahoria, papa y maíz, se presenta en la Figura 5, donde muestra la conformación de 3 grupos que comparten características similares. Donde el primer grupo 1 se conforma por 16 personas, el grupo 2 por 9 personas y el grupo 3 por 37 personas.



**Figura 5.** Dendrograma del análisis de conglomerado de la información general del predio, método Ward (Distancia: (Jaccard (sqrt(1-S)))) – 1,53:3 grupos).

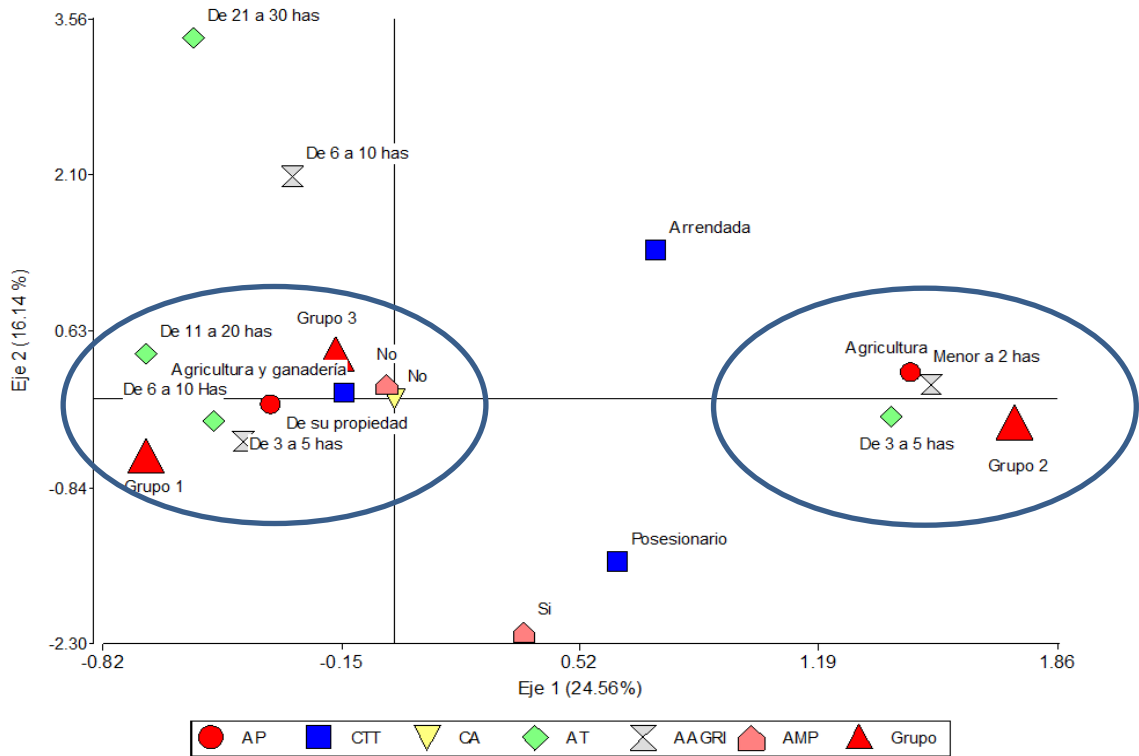
La Tabla 2, nos presenta la asociación de la información general del predio con respecto a los grupos conformados, donde de 6 variables son significativas para la distinción de grupos tales como la actividad principal, la asistencia o capacitación al productor, la superficie del predio y el espacio disponible para la agricultura. Además, se puede observar que, el 81% de los encuestados tienen como actividades la ganadería y agricultura, el 83% la condición de sus terrenos es de su propiedad, la totalidad de agricultores no recibe capacitación o asistencia técnica en el manejo de sus cultivos. Por otro lado, con respecto al área de terreno que posee el agricultor el 48% posee de 6 a 10 ha y un mínimo porcentaje de 21 a 30 ha (2%), el área de terreno dedicado a la agricultura en su mayoría es de 3 a 5 ha, finalmente para la ampliación de sus terrenos en su mayoría no realizan ni tala ni quema.

**Tabla 2.** Contingencia para la variable información general del predio.

Variable	Criterio	Grupos conformados			Total %
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
Actividad principal p<0.0002	Agricultura	0	6	4	19
	Agricultura y ganadería	16	3	23	81
Condición de tenencia de sus tierras p<0.9720	Arrendada	1	1	2	8
	De su propiedad	13	7	23	83
	Posesionario	2	1	2	10
¿Recibe usted capacitación o asistencia técnica en manejo de cultivos agrícolas? p<0.0083	No	16	9	27	100
Área de terreno que posee p<0.0011	De 11 a 20 ha	4	0	7	21
	De 21 a 30 ha	0	0	1	2
	De 3 a 5 ha	1	8	6	29
	De 6 a 10 ha	11	1	13	48
Área de terreno disponible para la agricultura p<0.0007	De 3 a 5 ha	15	3	17	67
	De 6 a 10 ha	1	0	5	12
	Menor a 2 ha	0	6	5	21
Para ampliar sus áreas de terreno realiza la tala o quema p<0.7317	No	15	8	26	94
	Si	1	1	1	6

El análisis de correspondencias múltiples con un porcentaje acumulado de 40.7 % (Figura 6), nos muestra que el grupo 1 y 3 se caracteriza por presentar una actividad de agricultura y ganadería, con terrenos de condición propietarios, de 11 a 20 ha

como parte de su terreno que poseen y disponible para la agricultura entre 3 a 5 ha y no realizan ni tala ni quema para ampliar sus áreas. La figura también nos muestra que el grupo 2 alberga a los que un pequeño grupo su actividad principal solo es la agricultura, de 3 a 5 ha área de terreno que poseen y menor a 2 ha disponible para la agricultura.



**Figura 6.** Análisis de correspondencias múltiples para la variable información general del predio y la asociación de los grupos formados. AP= Actividad principal, CTT=Condición de tenencia de sus tierras, CA= capacitación o asistencia técnica en manejo de cultivos agrícolas, AT= Área de terreno que posee, AAGRI= disponibilidad de área de terreno para agricultura, AMP= para la ampliación de su terreno realiza tala o quema.

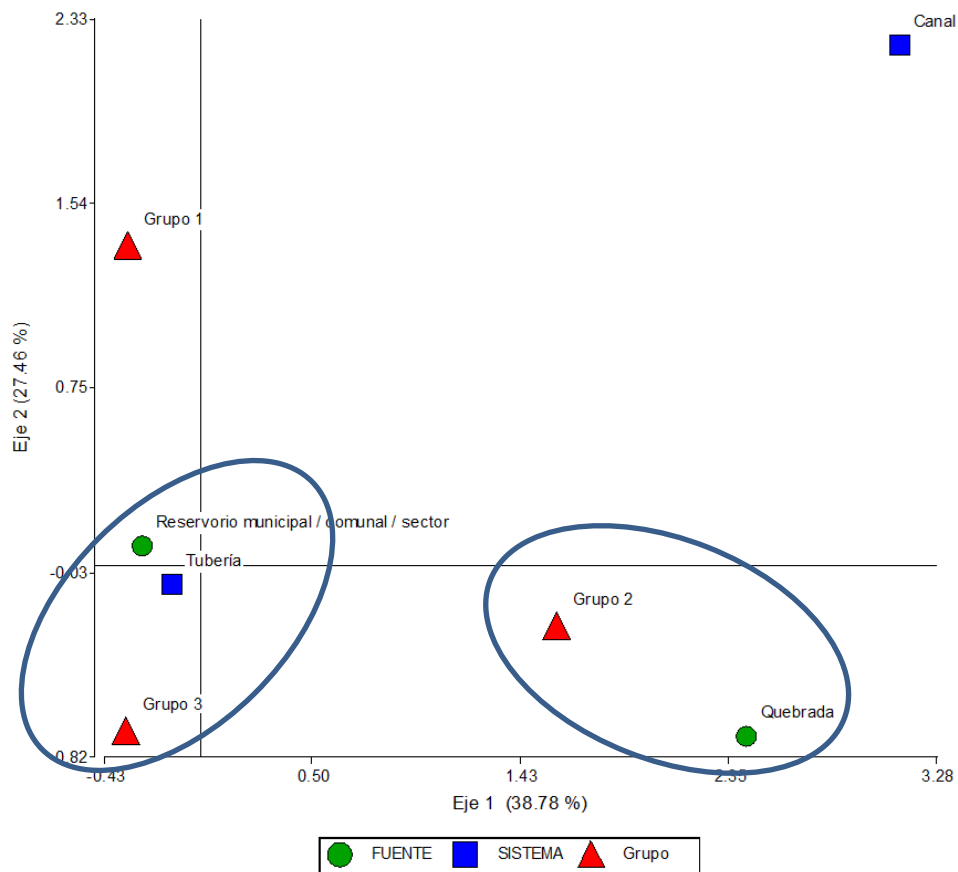
### 3.1.2. Fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas

La Tabla 3, presenta la asociación de la variable relacionado con las fuentes de agua de riego para cultivos con respecto a grupos conformados. Se encontró que el 90% de los encuestados la fuente que utiliza para su predio es proveniente de un reservorio municipal/comunal/sector y el tipo utilizado para la conducción del agua es mediante tubería (96%).

**Tabla 3.** Contingencia para la variable fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas

Variable	Criterio	Grupos conformados			Total %
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
¿Cuál es la fuente de agua que utiliza en su predio? p<0.0273	Quebrada	0	3	2	10
	Reservorio municipal/comunal/sector	16	6	25	90
¿Qué tipo de sistema de conducción del agua a su predio? p<0.2025	Canal	1	1	0	4
	Tubería	18	8	27	96

El análisis de correspondencias múltiples con un porcentaje acumulado de 66.24 % (Figura 7), nos muestra que el grupo 3 se caracteriza principalmente por tener una fuente de agua proveniente de reservorio municipal/comunal/sector mediante tubería y el grupo 2 por poseer fuente de quebrada.



**Figura 7.** Análisis de correspondencias múltiples para la variable fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas.

### 3.1.3. Descripción del sistema de riego

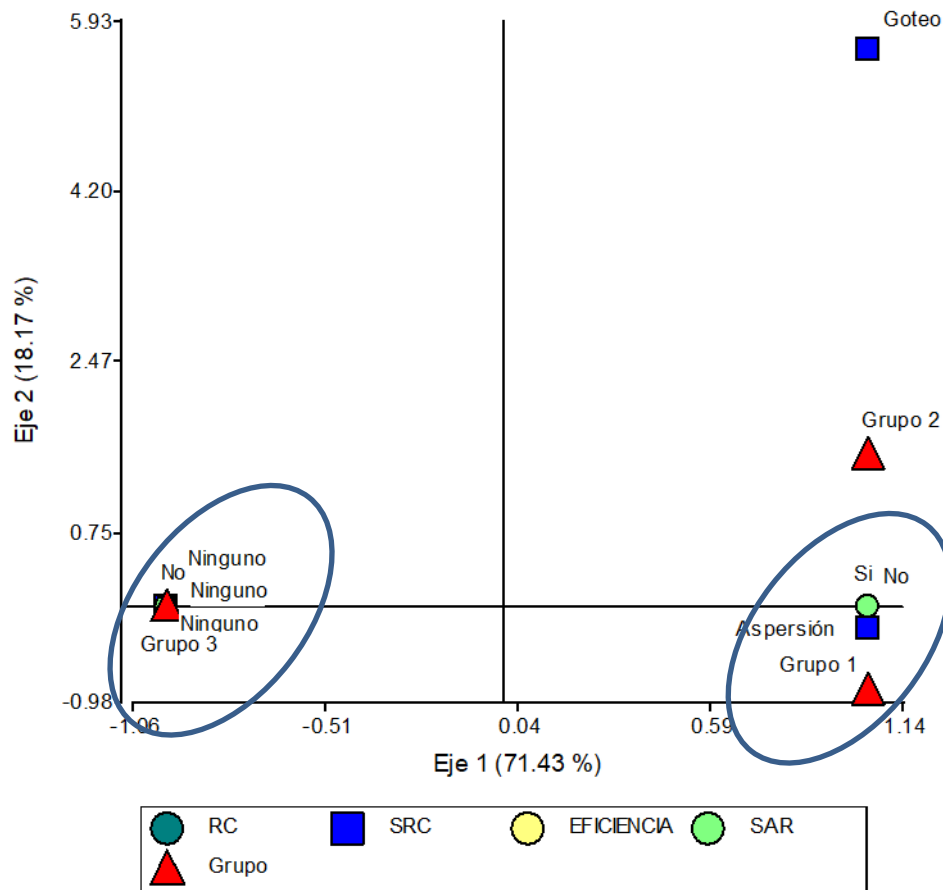
La descripción del sistema de riego, reporta que el total de criterios fueron significativos los cuales ayudaron en la conformación de los grupos. Con respecto al criterio sobre al uso del sistema de riego para los cultivos, indica que el 52% de encuestados no utilizan y el 48 % si utilizan un sistema, donde el 46% de agricultores utilizan la aspersión, un 2% el goteo y el 52 % ningún tipo de sistema. Con respecto a la eficiencia el 52 % considera que ningún sistema es eficiente mientras que el 48 % si es eficiente, además ninguno paga por el servicio de agua (Tabla 4).

**Tabla 4.** Contingencia para la variable descripción del sistema de riego.

Variable	Criterio	Grupos conformados			Total %
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
¿Utiliza sistema de riego en sus cultivos? P<0.0001	No	0	0	27	52
	Si	16	9	0	48
¿Qué tipo de sistema de riego utiliza para sus cultivos? P<0.0001	Aspersión	16	8	0	46
	Goteo	0	1	0	2
	Ninguno	0	0	27	52
¿Considera que es eficiente? P<0.0001	Ninguno	0	0	27	52
	Si	16	9	0	48
¿Paga por el servicio de agua para riego? P<0.0001	Ninguno	0	0	27	52
	No	19	9	0	48

El análisis de correspondencias múltiples con un porcentaje acumulado de 89.6 % (Figura 8), nos muestra que el grupo 3 se caracteriza principalmente por no utilizar un sistema de riego en sus cultivos, no utiliza ningún sistema de riego, y considera que ningún sistema es eficiente. Por otro lado, el grupo 1 se caracteriza por utilizar riego por aspersión y no hay un pago por el servicio de riego.





**Figura 8.** Análisis de correspondencias múltiples para la variable descripción del sistema de riego. RC= Utiliza sistema de riego en sus cultivos, SRC= tipo de sistema de riego que utiliza de para sus cultivos, SAR= paga por el servicio de agua para riego.

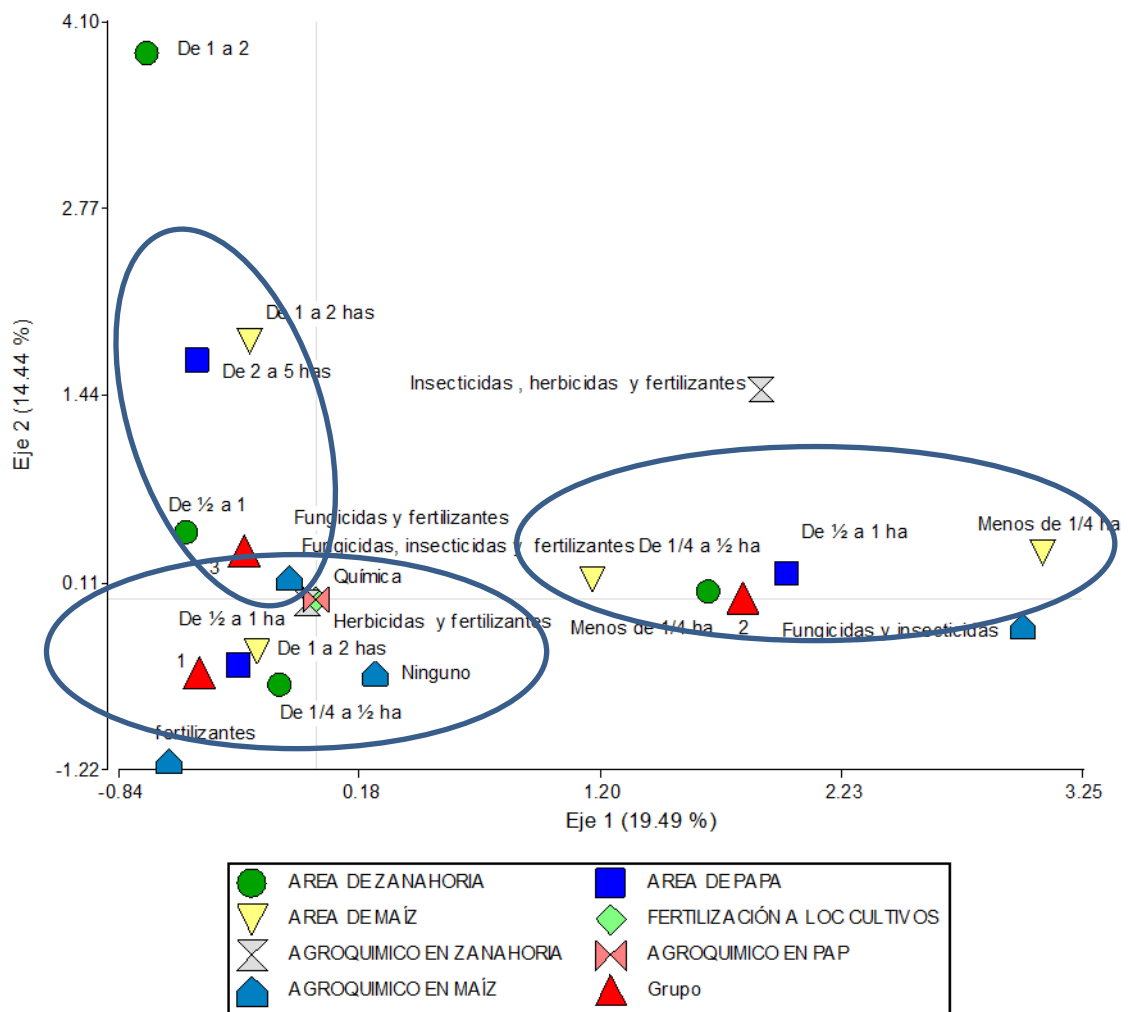
### 3.1.4. Proceso productivo de los cultivos de papa, maíz y zanahoria

En la Tabla 5, se puede observar con respecto a esta variable que el 42% de productores dedican de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  ha de terreno para la siembra de zanahoria al año y un 2% siembra de 1 a 2 ha; en el caso de la papa se encontró que el 67% de productores siembra de 1 a 2 ha de papa al año y el 71% siembra de  $\frac{1}{2}$  a 1 ha de maíz al año. Todos los encuestados mencionaron utilizar la fertilización química. Para el cultivo de zanahoria, el 98% de encuestados hacen uso de herbicidas y fertilizantes, para el cultivo de papa aplican todos los agricultores fungicidas, insecticidas y fertilizantes y para el caso del cultivo de maíz utilizan fungicidas e insecticidas en un 79%:

**Tabla 5.** Contingencia para la variable proceso productivo de los cultivos de zanahoria, papa y maíz

Variable	Criterio	Grupos conformados			Total %
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
¿Qué área en ha siembra al año de zanahoria? p<0.0022	De 1/2 a 1 Ha	7	0	13	38
	De 1 a 2 Ha	0	0	1	2
	De 1/4 a 1/2 Ha	9	4	9	42
	Menos de 1/4 Ha	0	5	4	17
¿Cuánto de área en ha siembra al año de papa? p<0.0002	De 1/2 a 1 ha	1	6	1	15
	de 1 a 2 ha	14	3	18	67
	de 2 a 5 ha	1	0	8	17
¿Cuánto de área en ha siembra al año de maíz? p<0.0766	De 1/2 a 1 ha	14	4	19	71
	De 1 a 2 Ha	2	1	4	13
	De 1/4 a 1/2 ha	0	3	4	13
	Menos de 1/4 ha	0	1	0	2
¿Qué tipo de fertilización aplica en sus cultivos? p<0.0083	Química	16	9	27	100
¿Qué tipo de agroquímicos aplica en su cultivo de zanahoria en una campaña completa p<0.1650	Herbicidas y fertilizantes	16	8	27	98
	Insecticidas, herbicidas y fertilizantes	0	1	0	2
¿Qué tipo de agroquímicos aplica en su cultivo de papa en una campaña completa? <0.0083	Fungicidas, insecticidas y fertilizantes	16	9	27	100
	Fertilizantes	0	0	1	2
¿Qué tipo de agroquímicos aplica en su cultivo de maíz en una campaña completa? <0.5303	funguicidas y fertilizantes	13	7	21	2
	Fungicidas e insecticidas	0	1	0	79
	Ninguno	3	1	5	17

El análisis de correspondencias múltiples con un porcentaje acumulado de 33.93 % (Figura 9), nos muestra que el grupo 1 y 3 se caracterizan por usar para la producción de papa, maíz y zanahoria la aplicación de herbicidas, fungicidas y fertilizantes. El grupo 3 se caracteriza principalmente por la producción de 1/2 a 1 ha de zanahoria y de 1 a 2 ha de maíz y de 2 a 5 ha de papa. El grupo 1 además se caracteriza por sembrar un área de 1/4 a 1/2 ha de zanahoria, de 1 a 2 ha de maíz. El grupo 2 de 1/2 a 1 ha de papa y menos de 1/4 ha de maíz.



**Figura 9.** Análisis de correspondencias múltiples para la variable proceso productivo de los cultivos de zanahoria, papa y maíz.

Con respecto a la variable fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas, para el criterio ¿Cuánta agua consume diario en la producción de sus cultivos?, se encontró diferencias estadísticas significativas donde el grupo 1 consume la mayor cantidad con  $510 \pm 31.09$  litros (Tabla 6), por otro lado en la variable proceso productivo de los cultivos de zanahoria, papa y maíz, se encontraron diferencias estadísticas significativas para los grupos correspondientes a zanahoria y papa, finalmente para el criterio ¿Cuántas veces al año siembra zanahoria, papa y maíz? se encontró que el grupo 1 presentó las medias superiores con  $2.19 \pm 0.54$ ;  $1.94 \pm 0.25$  y  $1.06 \pm 0.25$  respectivamente.

**Tabla 6.** Características de las variables numéricas de fuente de agua de riego para cultivos y proceso productivo de los cultivos de papa, maíz y zanahoria.

Variable	Criterio	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Fuentes de agua de riego para cultivos agrícolas	¿Cuánta agua (litros) consume diario en la producción de sus cultivos? P<0.0131; F:4.79	510 ± 31.09 a	461.11 ± 65.0 b	506.00 ± 33.29 a
Proceso productivo de los cultivos de zanahoria, papa y maíz	¿Cuántas veces al año siembra zanahoria? P<0.0138; f:4.68	2.19 ± 0.54 a	1.67 ± 0.50 ab	1.81 ± 0.40 ab
	¿Cuántas veces al año siembra papa? P< 0.0025; f:6.79	1.94 ± 0.25 a	1.44 0.53 b	1.89 ± 0.32 a
	¿Cuánto de área en ha siembra al año de maíz P>0.1	1.06 ± 0.25 a	1.00 ± 00a	1.00 ± 00a

### 3.2.Determinación de la huella hídrica

Se presenta los resultados de la determinación de la HH para la producción de papa, maíz y zanahoria, de un área cultivada de 1,382.31 ha ubicado en el distrito de Levanto.

**Tabla 7.** Datos meteorológicos de la estación Chachapoyas.

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	10.1	20.6	77	199	6.9	20.3	3.71
Febrero	10.4	19.2	82	233	6.8	20.5	3.49
Marzo	10.3	19.6	82	138	7.0	20.5	3.50
Abril	9.5	19.3	84	173	5.9	17.7	3.03
Mayo	7.2	20.1	82	199	7.8	19.0	3.16
Junio	6.5	19.7	79	302	7.1	17.1	3.04
Julio	6.5	20.3	76	268	7.8	18.4	3.30
Agosto	6.3	20.1	75	302	7.8	19.8	3.56
Septiembre	8.0	20.9	78	268	7.3	20.4	3.66
Octubre	8.9	21.0	75	199	7.4	21.2	3.88
Noviembre	5.4	21.1	76	233	7.8	21.7	3.91
Diciembre	9.1	21.0	79	199	7.2	20.6	3.66
Promedio	8.2	20.2	79	226	7.2	19.8	3.49

La Tabla 7, reporta los datos meteorológicos de la estación Chachapoyas de enero a diciembre 2022. Se observa que la temperatura mínima y máxima anual es de 8.2

y 20.2 °C, respectivamente. Con humedad relativa de 79% y velocidad de viento promedio de 226 km/día.

En la Tabla 8, se reporta los datos de precipitación mensual reportados por la estación Chachapoyas de enero a diciembre. Se observa que la precipitación más alta se registra en los meses de marzo y octubre con 155.4 y 120.4 mm, respectivamente.

**Tabla 8.** Datos meteorológicos de la estación Chachapoyas.

	<b>Precipit.</b>	<b>Prec. efec</b>
	mm	mm
<b>Enero</b>	48.5	44.7
<b>Febrero</b>	106.2	88.2
<b>Marzo</b>	155.4	116.8
<b>Abril</b>	109.3	90.2
<b>Mayo</b>	18.2	17.7
<b>Junio</b>	54.3	49.6
<b>Julio</b>	13.8	13.5
<b>Agosto</b>	24.8	23.8
<b>Septiembre</b>	52.8	48.3
<b>Octubre</b>	120.4	97.2
<b>Noviembre</b>	27.6	26.4
<b>Diciembre</b>	60.1	54.3
<b>Total</b>	<b>791.4</b>	<b>670.6</b>

### 3.2.1. Huella hídrica verde

En la Tabla 9, se muestra los resultados del cálculo de HHV de la papa, maíz y zanahoria. El cultivo de maíz presentó el mayor requerimiento hídrico (633.70 mm), seguido de la papa (408.60 mm) y zanahoria (280.80 mm). Situación similar se reportó la precipitación efectiva de 432.30, 131.40 y 210.90 mm, respectivamente. Con respecto a los resultados de la HHV, el cultivo de maíz presentó la mayor demanda con 472 mm, seguido del cultivo de zanahoria con 213.80 mm y el cultivo de papa con 134.10 mm.

**Tabla 9.** Huella hídrica verde de papa, maíz y zanahoria.

<b>Cultivo</b>	<b>Requerimiento hídrico (mm)</b>	<b>Precipitación efectiva (mm)</b>	<b>Déficit (mm)</b>	<b>HH Verde (mm)</b>
Papa	408.60	131.40	2.70	134.10
Maíz	633.70	432.30	39.70	472.00
Zanahoria	280.80	210.90	2.90	213.80

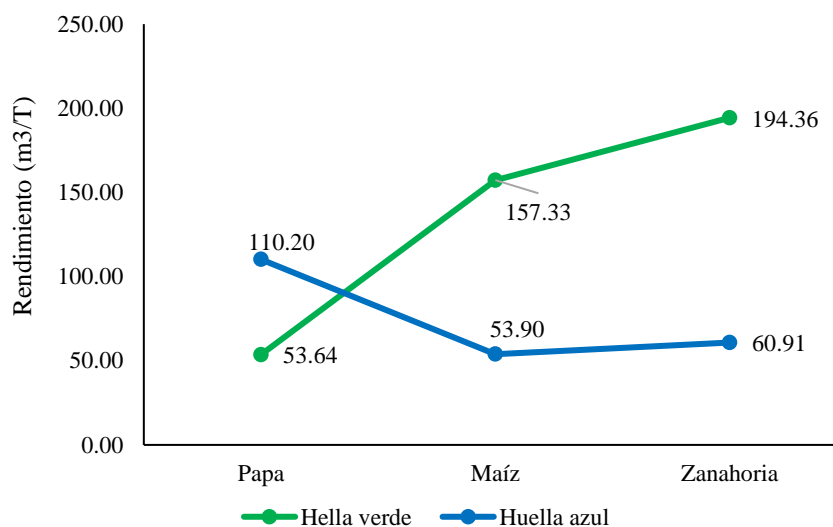
### 3.2.2. Huella hídrica azul

En la Tabla 10, se muestra los resultados del cálculo de HHA de los cultivos de papa, maíz y zanahoria. El cultivo de maíz presentó el mayor valor de evapotranspiración total (633.70 mm), seguido de la papa (408.60 mm) y zanahoria (280.80 mm). Situación similar se reportó con respecto a la irrigación efectiva de 278.20, 201.40 y 69.80 mm, respectivamente. Con respecto a los resultados de la HHA para el cultivo de papa presentó la mayor demanda con 275.50 mm, seguido del cultivo de maíz con 161.70 mm y el cultivo de zanahoria con 67.00 mm.

**Tabla 10.** Huella hídrica azul de papa, maíz y zanahoria.

Cultivo	Evapotranspiración total (mm)	Irrigación efectiva (mm)	Requerimiento de riego (mm)	HH Azul (mm)
Papa	409.60	275.50	278.20	275.50
Maíz	633.70	161.70	201.40	161.70
Zanahoria	280.80	67.00	69.80	67.00

En la Figura 10, se muestra la HHA y HHV para los cultivos de papa, maíz y zanahoria en m<sup>3</sup>/t.



**Figura 10.** Huella hídrica verde y azul para los cultivos de papa, maíz y zanahoria.

### 3.2.3. Valor económico de la huella hídrica

El valor económico del cultivo de papa, maíz y zanahoria, donde, el maíz muestra el valor económico más alto con 23.67 soles/m<sup>3</sup>, seguido del cultivo de la papa con 18.31 soles/m<sup>3</sup> y el cultivo de la zanahoria con 9.79 soles/m<sup>3</sup> (Tabla 11).

**Tabla 11.** Valor económico de la huella hídrica de la papa, maíz y zanahoria.

<b>Cultivo</b>	<b>Huella hídrica (m<sup>3</sup>/t)</b>	<b>Precio por t (S/)</b>	<b>Valor de la HH (Soles/m<sup>3</sup>)</b>
Papa	163.84	3000.0	18.31
Maíz	211.23	5000.0	23.67
Zanahoria	255.27	2500.0	9.79

### **3.3.Estrategias para la reducción de la huella hídrica agrícola en el distrito de Levanto**

La demanda de agua para cultivos en el área de estudio se puede optimizar a través de la implementación de un calendario de riego, puesto que, este permitiría planificar las fechas exactas de cuando se puede regar los cultivos (Higuera & Jaimes, 2022). Es importante el uso eficiente del agua a través de un monitoreo periódico de los sistemas de riego de cada agricultor. Esto permitirá reducir pérdida por fugas. Por otro lado, se plantea la estrategia aplicativa para el distrito de Levanto.

#### **3.3.1. Nombre de la propuesta**

Mejoramiento de sistema de riego de pequeños y medianos productores agrarios del distrito de Levanto en la provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas.

#### **3.3.2. Objetivos**

##### **Objetivo central**

Mejorar el sistema de riego de al menos el 30% de pequeños y medianos productores agrarios del distrito de Levanto al 2025.

##### **Objetivos específicos**

- Mejorar el sistema de riego de pequeños y medianos productores agrarios.
- Fortalecer las capacidades de pequeños y medianos productores agrarios en producción sostenible y manejo de agua.

##### **Ámbito de intervención**

El ámbito de intervención estará conformado por todos los centros poblados del distrito de Levanto.

## **Líneas de acción**

La propuesta para el mejoramiento del sistema de riego de pequeños y medianos productores agrarios considera las siguientes estrategias:

- Registro de idea en el banco de inversiones y consideración en la programación multianual de inversiones de la municipalidad distrital.
- Reconfiguración de la organización de la municipalidad distrital.
- Socialización de la estrategia con los actores locales.

### **Componente 1: Mejoramiento del sistema de riego de pequeños y medianos productores agrarios**

- Actividad 1.1.: Diagnóstico de la situacional de la calidad y disponibilidad de agua, y sistema de riego.
- Actividad 1.2.: Determinación de los principales cultivos en el distrito y posibles mercados regionales.
- Actividad 1.3.: Mejoramiento del sistema de riego a nivel de productor agrícola.
- Actividad 1.4.: Adecuado equipamiento para el mejoramiento del sistema de riego a nivel de parcela del productor agrícola.

### **Componente 2: Fortalecimiento de capacidades de pequeños y medianos productores agrarios en producción sostenible y manejo de agua**

- Actividad 2.1.: Adecuadas capacidades en producción agrícola.
- Actividad 2.2.: Adecuadas capacidades en manejo del agua.
- Actividad 2.3.: Protocolos y manuales técnicos para producción sostenible agrícola y manejo del agua.
- Actividad 2.4.: Participación de la comunidad mediante talleres de capacitación y fortalecimiento de capacidades.



#### IV. DISCUSIÓN

En este estudio evaluamos la huella hídrica de los cultivos de papa, maíz y zanahoria en el distrito de Levanto. La HH en la producción de cultivos ha sido ampliamente aceptada como un indicador integral del consumo de agua agrícola (Feng et al., 2021). Determinar la huella hídrica, por lo tanto, es importante en la implementación de metodologías para realizar un uso adecuado en la agricultura (Hoekstra & Mekonnen, 2012). Por otro lado, la agricultura utiliza la mayor cantidad de agua a nivel mundial, por lo que, la evaluación de la eficiencia es un componente importante para lograr cumplir las metas de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) al 2030 (Nations United, 2022). Entre los cuales, esta los ODS de seguridad del agua y seguridad alimentaria.

Las peculiaridades de los productores en el distrito de Levanto estuvieron relacionadas con una gran cantidad personas que tiene como actividades la agricultura y ganadería, y estas son la fuente de sus ingresos económicos. Con respecto a la tenencia de los predios en su mayoría son de su propiedad y en promedio oscilan entre 6 a 10 ha. Por otro lado, los agricultores no reciben capacitación técnica en manejo de cultivos, por lo que, es necesario implementar planes de capacitación por parte de las entidades relacionadas con el sector agricultura. Con respecto a las fuentes de agua para riego, los agricultores utilizan del reservorio municipal y la conducción es a nivel de tubería. A nivel de sistema de riego la población considera que no son eficientes, por lo que requiere mejoramiento para un mayor aprovechamiento del agua. La población cultiva en mayor superficie la papa, seguida de maíz y zanahoria en menor escala. Esto puede estar relacionado con la demanda del mercado, puesto que la papa es un alimento esencial en la alimentación de la población.

La estimación de la HH es un proceso importante para analizar el impacto antrópico sobre el consumo de agua, escasez y degradación ambiental (Feng et al., 2021). La HH permite estimar el consumo real de agua, así como, diferenciar las fuentes de agua (verde o azul, superficial o subterránea) (Hoekstra et al., 2017; Vanham et al., 2018). La HHV, mide el consumo de agua de lluvia, y la HHA mide la demanda de agua subterránea o superficial (D'Ambrosio et al., 2018). La HH degradativa, también conocida como HH gris, es una estimación de cuánta agua se necesita para asimilar las sustancias contaminantes de las actividades antropogénicas (Hoekstra et al., 2017).

En el distrito de Levanto, el cálculo de la HHV de la papa fue de 134.10 mm, que

repercutió en una producción de 53.64 m<sup>3</sup>/t. Estos datos difieren a los reportados por 176.63 m<sup>3</sup>/t (Amézquita, 2015) y similares a los reportados por Vargas (2019) reportando 84.9 m<sup>3</sup>/t en el 2013. Esto podría estar relacionado con la textura de suelo y agua de lluvia consumida por la planta. Por otro lado, a nivel de producción de papa se ha considerado 25 t/ha para distrito de Levanto, lo cual está relacionado con la productividad agronómica del agua referida a la evapotranspiración y al agua total aplicada que muestran considerables variaciones entre cultivos (Rodés et al., 2013). Por otro lado, la HHA de la papa fue de 275.50 mm, que representó una producción de 110.20 m<sup>3</sup>/t. Esto puede estar relacionado con la textura arcillosa del suelo presente en el distrito de Levanto.

Estimar la HH del cultivo de maíz es importante para conocer la demanda de agua en la producción y exportación (Alvarez et al., 2016). Los valores de HHV obtenido para el distrito de Levanto son similares a los reportados en otros estudios como Argentina Alvarez et al. (2016) y Chile INIA (2022). En los últimos años se ha demostrado que la HH del maíz ha disminuido, por los impactos al medio ambiente y el aumento de fertilizantes (Han et al., 2018). El agua azul juega un papel importante para el crecimiento del maíz (Sun et al., 2013). Para mejorar el uso se podría construir algunas instalaciones de abastecimiento de agua para riego en algunas zonas de escasez. Además, de la implementación de la tecnología de ahorro de agua y agricultura de precisión. Por otro lado, se ha demostrado que el uso de agua azul es más costoso que el uso de agua verde, generalmente en regiones con déficit hídrico (Han et al., 2018).

La HHV y HHA de la zanahoria representó entre 194.36 y 60.91 m<sup>3</sup>/t, respectivamente en el área de estudio. Estos resultados podrían estar relacionados con la textura arenosa del suelo. En otros estudios han aplicado herramientas como SIG y teledetección para evaluar la huella hídrica de este importante cultivo (Al-Gaadi et al., 2022; Madugundu et al., 2018).

En los últimos años se han aplicado tecnologías geoespaciales para el cálculo de la HH. Los avances de la teledetección y los SIG han permitido la integración de datos meteorológicos, de suelo y cultivos, además, de la estimación del uso del agua para cultivos agrícolas a través del cálculo de la ETo mediante algoritmos (Al-Gaadi et al., 2022; Lambin et al., 1993; Tuninetti et al., 2015). También, se ha evaluado la HH en diferentes sectores como producción acuícola, producción ganadera, Comercial, Industrial e Institucional, termoeléctrica y minera (Hoekstra & Mekonnen, 2012).

Las limitaciones del estudio durante el proceso de investigación estuvieron relacionadas con la disponibilidad de datos meteorológicos, solo se analizó los datos de la estación Chachapoyas para un año. Asimismo, en futuros estudios se deben realizar tomas de análisis de suelos a nivel de toda el área de estudio. Asimismo, es importante realizar la estimación de las HH a nivel de temporadas y para más años históricos para mejorar la precisión. Es importante indicar que, en los cultivos de secano, las raíces son más profundas que en los cultivos de regadío, y eso afecta el equilibrio hídrico del suelo en la zona de las raíces. En estudios futuros se deben usar cantidades de riego y parámetros de cultivo más precisos para cultivos de riego y de secano para mejorar la estimación de la HH agrícola.

## **V. CONCLUSIONES**

En este trabajo de investigación se evaluó de la huella hídrica de los principales cultivos agrícolas del distrito de Levanto aplicando el modelo CROPWAT. El diagnóstico de uso de agua para riego reportó que las actividades principales en el área de estudio son la agricultura y ganadería. El agua de riego que utilizan tiene como fuente el reservorio municipal y es conducido a través de tubería, sin embargo, el sistema de riego deficiente.

Las huella hídrica verde y azul estimadas en los principales cultivos en el área de estudio, reportaron una alta demanda de agua verde por parte del cultivo maíz (472 mm), zanahoria (213.80 mm) y papa (134.10 mm). A su vez la demanda de agua azul estuvo representada en mayor cantidad al cultivo de papa (275.50 mm), maíz (161.70 mm) y zanahoria (67 mm). El cultivo de papa reportó el mayor requerimiento de huella hídrica azul, a su vez el cultivo de maíz mostro un mayor consumo de huella hídrica verde.

Los resultados del diagnóstico del sistema de agua y la estimación de la huella hídrica de los principales cultivos del área de estudio permitió proponer una estrategia para mejorar el sistema de riego de al menos 30% de pequeños y medianos productores agrarios del distrito de Levanto al 2025.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda para futuros estudios el muestreo de suelos se realice a nivel de todo el distrito de Levanto. Considerar parámetros principales como la textura y la humedad relativa.
- Es importante contar con una base de datos histórica metrológicos (10 años a más) para estimar con mayor precisión la huella hídrica.
- En futuros estudios se podría aplicar modelamiento espacial mediante el uso de técnicas SIG y teledetección.
- Es importante implementar la estrategia a través de un proyecto de inversión pública para mejorar eficacia de los sistemas de riego del distrito de Levanto. Acompañado de asistencia técnica en manejo del agua y cultivos.
- Se recomienda para futuras investigaciones realizar la evaluación de la huella hídrica con el uso de lisímetros para el cálculo del coeficiente de cultivo (Kc) o rendimiento y la evapotranspiración real para cada cultivo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E., Corrales, M. A., & Santos, C. (2018). *Planificación turística con uso del sistema de información geográfica ARGIS para el desarrollo sostenible del turismo en el distrito de Levanto, provincia de Chachapoyas - Amazonas*.
- Al-Gaadi, K. A., Madugundu, R., Tola, E. K., El-Hendawy, S., & Marey, S. (2022). Satellite-Based Determination of the Water Footprint of Carrots and Onions Grown in the Arid Climate of Saudi Arabia. *Remote Sensing*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/rs14235962>
- Alvarez, A., Morábito, J. A., & Schilardi, C. (2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste Argentino. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(1), 161–177.
- Amézquita, V. V. (2015). *Evaluación de huella hídrica en la producción de un cultivo de papa R12 ubicado en el municipio El Rosal Cundinamarca*. Universidad de La Salle. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitariahttps://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/315](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitariahttps://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/315) (Accedido el 12 de diciembre de 2022).
- Arevalo, D., González, J., Estrada, A., Parada, G., Valencia, V., & Mancilla, P. (2016). Evaluación De La Huella Hídrica En Cuencas Hidrográficas: Experiencias Piloto En Latinoamérica. In *l Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)* (Issue April).
- Ayala, M. L., van Eupen, M., Zhang, G., Pérez-Soba, M., Martorano, L. G., Lisboa, L. S., & Beltrao, N. E. (2016). Impact of agricultural expansion on water footprint in the Amazon under climate change scenarios. *Science of the Total Environment*, 569–570, 1159–1173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.191>
- Caldeira, C., Quinteiro, P., Castanheira, E., Boulay, A. M., Dias, A. C., Arroja, L., & Freire, F. (2018). Water footprint profile of crop-based vegetable oils and waste cooking oil: Comparing two water scarcity footprint methods. *Journal of Cleaner Production*, 195, 1190–1202. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.221>
- Camargo, A., & Camacho, J. (2019). Convivir con el agua. *Revista Colombiana de Antropología*, 55(1), 7–25. <https://doi.org/10.22380/2539472X.567>
- Casella, P., De Rosa, L., Salluzzo, A., & De Gisi, S. (2019). Combining GIS and FAO's

- crop water productivity model for the estimation of water footprinting in a temporary river catchment. *Sustainable Production and Consumption*, 17, 254–268. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.11.002>
- Chuvieco, E. (2016). *Fundamentals of Satellite Remote Sensing An Environmental Approach*. Press, C., Ed.; Second.; 2016; ISBN 9781498728072.
- Cruz, W. (2018). Análisis de la cobertura del servicio de suplementación con hierro a niños y niñas de 6 a 36 meses en el distrito de Pisuquia, provincia de Luya, departamento de Amazonas [Pontificia Universidad Católica del Perú]. In *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Disponible en: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14416/Cruz\\_Góngora\\_Análisis\\_cobertura\\_servicio1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14416/Cruz_Góngora_Análisis_cobertura_servicio1.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Accedido el 12 de noviembre 2022).
- D'Ambrosio, E., De Girolamo, A. M., & Rulli, M. C. (2018). Assessing sustainability of agriculture through water footprint analysis and in-stream monitoring activities. *Journal of Cleaner Production*, 200, 454–470. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.229>
- da Silva, V. de P. R., de Oliveira, S. D., Braga, C. C., Brito, J. I. B., de Sousa, F. de A. S., de Holanda, R. M., Campos, J. H. B. C., de Souza, E. P., Braga, A. C. R., Rodrigues Almeida, R. S., & de Araújo, L. E. (2016). Virtual water and water self-sufficiency in agricultural and livestock products in Brazil. *Journal of Environmental Management*, 184, 465–472. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.015>
- Ding, X., Wang, S., & Chen, B. (2019). The blue, green and grey water consumption for crop production in Heilongjiang. *Energy Procedia*, 158, 3908–3914. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.853>
- FAO. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Disponible en: <https://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm> (Accedido el 21 de noviembre 2022).
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los

- requerimientos de agua de los cultivos. In *FAO*. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf> (Accedido el 12 de octubre 2022).
- Feng, B., Zhuo, L., Xie, D., Mao, Y., Gao, J., Xie, P., & Wu, P. (2021). A quantitative review of water footprint accounting and simulation for crop production based on publications during 2002–2018. *Ecological Indicators*, *120*, 106962. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106962>
- Fridman, D., Biran, N., & Kissinger, M. (2021). Beyond blue: An extended framework of blue water footprint accounting. *Science of the Total Environment*, *777*, 146010. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146010>
- GRA, & IIAP. (2010). *Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del departamento de Amazonas*. Chachapoyas, Perú.
- Guevara, Z. (2016). Evaluación del sistema de transferencia de tecnología y uso de los recursos naturales en el distrito de Levanto, región Amazonas. *Rev. Pakamuros*, *4*(1), 28–35. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1951>
- Han, Y., Jia, D., Zhuo, L., Sauvage, S., Sánchez-Pérez, J. M., Huang, H., & Wang, C. (2018). Assessing the water footprint of wheat and maize in Haihe River Basin, Northern China (1956-2015). *Water (Switzerland)*, *10*(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/w10070867>
- Hennig, T. A., Kretsch, J. L., Pessagno, C. J., Salamonowicz, P. H., & Stein, W. L. (2007). The shuttle radar topography mission. *Reviews of Geophysics*, *45*, 1–33. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>
- Higuera, C. C., & Jaimes, O. J. (2022). *Evaluation of Water Footprints Indicators in the Production of a Bulb Onion and Potato Crop in the Municipalities of Duitama and Samaca, Boyacá*. Bocayá, Colombia. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/00e9b367-c30b-4e17-8364-db3a91c48037/content> (Accedido el 10 de noviembre de 2022).
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., & van Oel, P. R. (2017). Advancing water footprint assessment research: Challenges in monitoring progress towards sustainable

- development goal 6. *Water (Switzerland)*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/w9060438>
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- INEI. (2020). PERÚ: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2020. Boletín Especial N° 26. *Instituto Nacional de Estadística e Informatica*, 1–110. Lima, Perú. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf) (Accedido el 19 de noviembre 2021).
- INIA. (2022). *Determinación de la huella hídrica del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos*. Lima, Perú. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8621/NR39006.pdf?sequence=24&isAllowed=y> (Accedido el 19 de diciembre 2022).
- Lambin, E. F., Cashman, P., Moody, A., Parkhurst, B. H., Pax, M. H., & Schaaf, C. B. (1993). Agricultural Production Monitoring in the Sahel Using Remote Sensing: Present Possibilities and Research Needs. *Journal of Environmental Management*, 38, 301–322. <https://doi.org/10.1006/jema.1993.1047>
- Luan, X., Wu, P., Sun, S., Wang, Y., & Gao, X. (2018). Quantitative study of the crop production water footprint using the SWAT model. *Ecological Indicators*, 89(February), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.046>
- Madugundu, R., Al-Gaadi, K. A., Tola, E. K., Hassaballa, A. A., & Kayad, A. G. (2018). Utilization of Landsat-8 data for the estimation of carrot and maize crop water footprint under the arid climate of Saudi Arabia. *PLoS ONE*, 13(2), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192830>
- Mallma, T. (2015). Huella hídrica de los productos agrícolas de la región Junín comercializadas en la ciudad de Lima [Universidad Nacional Agraria La Molina]. In *Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad De Agronomía*. <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/?p=13347>
- Masud, M. B., McAllister, T., Cordeiro, M. R. C., & Faramarzi, M. (2018). Modeling future water footprint of barley production in Alberta, Canada: Implications for water use and yields to 2064. *Science of the Total Environment*, 616–617, 208–222.



<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.004>

- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*, *15*(3), 401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- Mirzaie-Nodoushan, F., Morid, S., & Dehghanisani, H. (2020). Reducing water footprints through healthy and reasonable changes in diet and imported products. *Sustainable Production and Consumption*, *23*, 30–41. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.04.002>
- Mohanty, R. K., Ambast, S. K., Panigrahi, P., Thakur, A. K., & Mandal, K. G. (2018). Enhancing water use efficiency in monoculture of *Litopenaeus vannamei*: Impacts on pond water quality, waste production, water footprint and production performance. *Aquacultural Engineering*, *82*(February), 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.06.004>
- Morábito, J., Salatino, S., Hernández, R., Schilardi, C., Álvarez, A., & Palmieri, P. R. (2015). Distribución espacial de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva para las Provincias del centro-noreste de Argentina. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, *47*(1), 109–125.
- Nations United. (2022). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. A New Era in Global Health. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Nezamoleslami, R., & Hosseinian, S. M. (2020). An improved water footprint model of steel production concerning virtual water of personnel: The case of Iran. *Journal of Environmental Management*, *260*(July 2019), 110065. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110065>
- Paraquive, C., Hernando, J., Gómez, V., Javier, L., Ortega, T., & Alfonso, J. (2018). Determinación de la huella hídrica para un cultivo de guayaba pera (*Psidium guajava*). *Publicaciones e Investigación*, *12*(2), 69–81. <https://doi.org/10.22490/25394088.2963>
- Parkinson, S., Krey, V., Huppmann, D., Kahil, T., McCollum, D., Fricko, O., Byers, E., Gidden, M. J., Mayor, B., Khan, Z., Raptis, C., Rao, N. D., Johnson, N., Wada, Y., Djilali, N., & Riahi, K. (2019). Balancing clean water-climate change mitigation trade-offs. *Environmental Research Letters*, *14*(1). [49](https://doi.org/10.1088/1748-</a></p></div><div data-bbox=)

- Ramírez, L. F., Becerra, D., Mora, C. H., Francisco, U., Santander, D. P., Ciencias, D. De, Ambiental, D. I., & Cúcuta, S. J. De. (2022). Green and blue water footprint of organic sugarcane production in the central area of Cauca Valley. *Ingeniería y Competitividad*, 24(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2.11264>
- Rascón, J., Angeles, W. G., Oliva, M., Quiñones, L., & Barrena Gurbillón, M. Á. (2020). Determinación de las épocas lluviosas y secas en la ciudad de Chachapoyas para el periodo de 2014-2018. *Revista de Climatología*, 20, 15–28.
- Rocha-Rodríguez, C., Mora-Delgado, J., & Romero-Vargas, J. C. (2016). Tipología de sistemas de producción en la zona rural del municipio de Ibagué, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 253. <https://doi.org/10.15517/am.v27i2.24360>
- Rodés, R. R., Gonzáles, F., & Herrera, J. (2013). *Water use efficient in potato crop (solanum tuberosum L.) in the western of Cuba*. 3(3), 3–7.
- Rothausen, S. G. S. A., & Conway, D. (2011). Greenhouse-gas emissions from energy use in the water sector. *Nature Climate Change*, 1(4), 210–219. <https://doi.org/10.1038/nclimate1147>
- Sarabia, I. F., Cisneros, R., Aceves, J., Durán, H. M., & Castro, J. (2011). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de Sanluis Potosí, Mexico. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 27(2), 103–113. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n2/v27n2a2.pdf>
- Shtull-Trauring, E., & Bernstein, N. (2018). Virtual water flows and water-footprint of agricultural crop production, import and export: A case study for Israel. *Science of the Total Environment*, 622–623, 1438–1447. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.012>
- Sokolow, J., Kennedy, G., & Attwood, S. (2019). Managing Crop tradeoffs: A methodology for comparing the water footprint and nutrient density of crops for food system sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 225, 913–927. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.056>
- Sun, S. (2022). Assessing China's basin-level water footprint through required sustaining land area. *Ecological Indicators*, 142(August), 109252.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109252>

- Sun, S., Wu, P., Wang, Y., Zhao, X., Liu, J., & Zhang, X. (2013). The impacts of interannual climate variability and agricultural inputs on water footprint of crop production in an irrigation district of China. *Science of the Total Environment*, 444, 498–507. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.016>
- Tuninetti, M., Tamea, S., D’Odorico, P., Laio, F., & Ridolfi, L. (2015). Global sensitivity of high-resolution estimates of crop water footprint. *Tuninetti, M., Tamea, S., D’Odorico, P., Laio, F., & Ridolfi, L., 51*, 8257–8272. <https://doi.org/10.1002/2015WR017148>
- Vale, R. L., Netto, A. M., Toríbio de Lima Xavier, B., de Lâvor Paes Barreto, M., & Siqueira da Silva, J. P. (2019). Assessment of the gray water footprint of the pesticide mixture in a soil cultivated with sugarcane in the northern area of the State of Pernambuco, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 234, 925–932. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.282>
- Vanham, D., Hoekstra, A. Y., Wada, Y., Bouraoui, F., de Roo, A., Mekonnen, M. M., van de Bund, W. J., Batelaan, O., Pavelic, P., Bastiaanssen, W. G. M., Kummu, M., Rockström, J., Liu, J., Bisselink, B., Ronco, P., Pistocchi, A., & Bidoglio, G. (2018). Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of indicator 6.4.2 “Level of water stress.” *Science of the Total Environment*, 613–614(September 2017), 218–232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.056>
- Vargas, L. P. (2019). *Estimación teórica de la huella hídrica del cultivo de papa en ventaquemada, toca y samacá*. Tesis de maestría. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Disponible en: [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3679/1/Estimacion\\_teorica.pdf](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3679/1/Estimacion_teorica.pdf). (Accedido el 10 de enero de 2023).
- Vásquez, H. P., Maicelo Quintana, J., Collazos Silva, R., & Oliva Cruz, M. (2016). Selección, identificación y distribución de malezas (adventicias), en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazonas. *Revista INDES*, 2(1), 71–79. <https://doi.org/10.25127/indes.201401.00>
- Vasquez, H. V. (2021). *Eficiencia de los sistemas silvopastoriles para retención de*

- carbono, en la cuenca ganadera de Molinopampa, Amazonas*. Tesos de doctorado. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14077/2501> (Accedido el 10 de agosto de 2022).
- Wang, J., Xiao, X., Qin, Y., Dong, J., Geissler, G., Zhang, G., Cejda, N., Alikhani, B., & Doughty, R. B. (2017). Mapping the dynamics of eastern redcedar encroachment into grasslands during 1984–2010 through PALSAR and time series Landsat images. *Remote Sensing of Environment*, *190*, 233–246. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.12.025>
- Yuguda, T. K., Li, Y., Zhang, W., & Ye, Q. (2020). Incorporating water loss from water storage and conveyance into blue water footprint of irrigated sugarcane: A case study of Savannah Sugar Irrigation District, Nigeria. *Science of the Total Environment*, *715*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136886>
- Zheng, J., Wang, W., Ding, Y., Liu, G., Xing, W., Cao, X., & Chen, D. (2020). Assessment of climate change impact on the water footprint in rice production: Historical simulation and future projections at two representative rice cropping sites of China. *Science of the Total Environment*, *709*, 136190. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136190>
- Zhuo, L., Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). The effect of inter-annual variability of consumption, production, trade and climate on crop-related green and blue water footprints and inter-regional virtual water trade: A study for China (1978-2008). *Water Research*, *94*, 73–85. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.037>

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Estructura de la encuesta aplicada para obtener información del consumo de agua para la producción de los principales cultivos agrícolas.

### **ENCUESTA**

#### **PROYECTO DE TESIS**

##### **Evaluación de la huella hídrica de los principales cultivos agrícolas de Levanto, Amazonas**

Estimado/a productor/a:

Agradecemos mucho la voluntad de participar en este estudio y apreciamos su colaboración

Le reiteramos que:

1. Esta encuesta está dirigida a productores de agrarios del distrito de Levanto.
2. Su participación es voluntaria.
3. La información que nos proporcione es estrictamente confidencial.
4. Es deseable que conteste la mayor cantidad de preguntas para que el trabajo de investigación tenga confiabilidad.

Si a lo largo de la encuesta, tuviera alguna duda por favor háganoslo saber.

Encuesta, octubre de 2022.

## INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del encuestador:

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ N° de encuesta:

\_\_\_\_\_

### I. DATOS GENERALES DE LA PERSONA ENCUESTADA

Nombre del predio: \_\_\_\_\_ Altitud (msnm):

\_\_\_\_\_

Coordenadas UTM: Este (m): \_\_\_\_\_ Norte (m):

\_\_\_\_\_

### II. INFORMACIÓN GENERAL DEL AGRICULTOR

#### II.1. ¿Cuál es su actividad principal?

1. Agricultura
2. Ganadería
3. Las dos anteriores
4. Transporte
5. Comercio
6. Construcción
7. Otra: \_\_\_\_\_

#### II.2. ¿La condición de tenencia de sus tierras es?

1. Posesionario
2. De su propiedad
3. Arrendada
4. De la comunidad campesina
5. De sus familiares

#### II.3. ¿Recibe usted capacitación o asistencia técnica en manejo de cultivos agrícolas?

1. Si
2. No

Si la respuesta es Si nombre de la entidad: \_\_\_\_\_

#### II.4. ¿Cuál es el Área de terreno que posee?

1. Menor a 2 has
2. De 3 a 5 has
3. De 6 a 10 has
4. De 11 a 20 has
5. De 21 a 30 has
6. De 31 a más has

#### II.5. ¿Qué área de terreno dispone para la agricultura?

1. Menor a 2 has
2. De 3 a 5 has
3. De 6 a 10 has
4. De 11 a 20 has
5. 5. De 21 a 30 has
6. De 31 a más has

#### II.6. ¿Para ampliar sus áreas de terreno que actividades realiza?

Talar y quemar un bosque nuevo

1= No

2= Si

### III. FUENTES DE AGUA DE RIEGO PARA CULTIVOS AGRÍCOLAS

#### III.1. ¿Cuál es la fuente de agua que utiliza en su predio?

1. Quebrada
2. Reservorio municipal / comunal / sector
3. Cosecha de agua
4. Subterránea
5. Otro: \_\_\_\_\_

#### III.2. ¿Cuánta agua consume diario en la producción de sus cultivos?

\_\_\_\_\_

#### III.3. ¿Qué tipo de sistema de conducción del agua a su predio?

1. Canal
2. Tubería
3. Gravedad
4. Otro: \_\_\_\_\_

### IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

#### IV.1. ¿Utiliza sistema de riego en sus cultivos?

1. Si
2. No

Si la respuesta es negativa, continúe con la sección IV.

#### IV.2. ¿Qué tipo de sistema de riego que utiliza de para sus cultivos?

1. Aspersión
2. Goteo
3. Gravedad
4. Otro: \_\_\_\_\_

#### IV.3. ¿Considera que es eficiente?

1. Si
2. No

#### IV.4. ¿Paga por el servicio de agua para riego?

1. Si
2. No

### V. PROCESO PRODUCTIVO DE LOS CULTIVOS DE ZANAHORIA, PAPA Y MAÍZ

#### V.1. ¿Cuántas veces al año siembra zanahoria?

1. Una
2. Dos
3. Tres
4. Cuatro
5. Más de cuatro
6. Otra: \_\_\_\_\_

#### V.2. ¿Cuántas veces al año siembra papa?

1. Una
2. Dos
3. Tres
4. Cuatro

5. Mas de cuatro
6. Otra: \_\_\_\_\_

**V.3. ¿Cuántas veces al año siembra maíz?**

1. Una
2. Dos
3. Tres
4. Cuatro
5. Mas de cuatro
6. Otra: \_\_\_\_\_

**V.4. ¿Cuánto de área en ha siembra al año de zanahoria?**

1. Menos de 1/4 ha
2. De 1/4 a 1/2 ha
3. De 1/2 a 1 ha
4. De 1 a 2 has
5. De 2 a 5 has
6. Mayor a 6 has

**V.5. ¿Cuánto de área en ha siembra al año de papa?**

1. Menos de 1/4 ha
2. De 1/4 a 1/2 ha
3. De 1/2 a 1 ha
4. De 1 a 2 has
5. De 2 a 5 has
6. Mayor a 6 has

**V.6. ¿Cuánto de área en ha siembra al año de maíz?**

1. Menos de 1/4 ha
2. De 1/4 a 1/2 ha
3. De 1/2 a 1 ha
4. De 1 a 2 has
5. De 2 a 5 has
6. Mayor a 6 has

**V.7. ¿Qué tipo de fertilización aplica en sus cultivos?**

1. Orgánica
2. Química
3. No utiliza ninguna
4. Otra: \_\_\_\_\_

**V.8. ¿Qué tipo de agroquímicos aplica en su cultivo de cultivo de zanahoria en una campaña completa?**

1. Fungicidas: \_\_\_\_\_
2. Insecticidas: \_\_\_\_\_
3. Herbicidas: \_\_\_\_\_
4. Fertilizantes: \_\_\_\_\_
5. Otro: \_\_\_\_\_

**V.9. ¿Qué tipo de agroquímicos aplica en su cultivo de papa en una campaña completa?**

1. Fungicidas: \_\_\_\_\_
2. Insecticidas: \_\_\_\_\_
3. Herbicidas: \_\_\_\_\_
4. Fertilizantes: \_\_\_\_\_
5. Otro: \_\_\_\_\_

**V.10. ¿Qué tipo de agroquímicos aplica en su cultivo de cultivo de maíz en una campaña completa?**

1. Fungicidas: \_\_\_\_\_
2. Herbicidas: \_\_\_\_\_



3. Insecticidas: \_\_\_\_\_
4. Fertilizantes: \_\_\_\_\_
5. Otro: \_\_\_\_\_

## Anexo 2. Validación por Expertos



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS



### Evaluación de la validez de la Encuesta para el Estudio de EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LEVANTO, AMAZONAS

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

#### Estimado/a experto/a:

Esta encuesta pretende evaluar la validez de la Encuesta para el Estudio de "Evaluación de la huella hídrica de los principales cultivos agrícolas de Levanto, Amazonas". Agradezco mucho la voluntad de participar en este estudio y aprecio su colaboración. Le reitero que:

- La información que proporcione es estrictamente confidencial
- Es deseable que conteste la mayor cantidad de preguntas
- Usted puede optar por no responder en el momento que lo desee
- Su participación es voluntaria

#### Escala tipo Likert para evaluar por juicio de expertos

Criterios	Valor de consistencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	1	2	3	4	5
Forma	Claridad			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Pertinencia			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Escala			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Ortografía			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Dificultad de la encuesta				<input checked="" type="checkbox"/>
	Presentación				<input checked="" type="checkbox"/>
	Extensión				<input checked="" type="checkbox"/>
	Orden			<input checked="" type="checkbox"/>	
Contenido	Homogeneidad			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Coherencia			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Propósito			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Diseño metodológico			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Novedoso			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Redundancia			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Variables			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Información pertinente			<input checked="" type="checkbox"/>	

#### Observaciones

Recomiendo no considerar los datos personales de los productores, sólo edad.

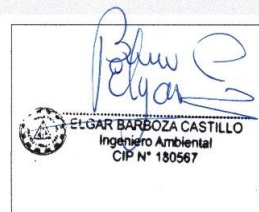
#### Información del experto

Nombres y apellidos Elgar Barboza Castillo

Lugar y fecha Chachapoyas, 22 de agosto de 2022

Afiliación Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA

Título y/o Grado académico Ingeniero Ambiental (MSc) Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano



Firma



Evaluación de la validez de la Encuesta para el Estudio de  
**EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS DE  
LEVANTO, AMAZONAS**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Estimado/a experto/a:**

Esta encuesta pretende evaluar la validez de la Encuesta para el Estudio de "Evaluación de la huella hídrica de los principales cultivos agrícolas de Levanto, Amazonas". Agradezco mucho la voluntad de participar en este estudio y aprecio su colaboración. Le reitero que:

- La información que proporcione es estrictamente confidencial
- Es deseable que conteste la mayor cantidad de preguntas
- Usted puede optar por no responder en el momento que lo desee
- Su participación es voluntaria

**Escala tipo Likert para evaluar por juicio de expertos**

Criterios	Valor de consistencia					
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
	1	2	3	4	5	
Forma	Claridad				X	
	Pertinencia				X	
	Escala				X	
	Ortografía				X	
	Dificultad de la encuesta					X
	Presentación				X	
	Extensión					X
	Orden				X	
	Homogeneidad					X
	Contenido	Coherencia				X
Propósito					X	
Diseño metodológico						X
Novedoso						X
Redundancia					X	
Variables					X	
Información pertinente				X		

**Observaciones**

Recomiendo considerar nombres, apellidos y la edad del productor.  
No otros datos personales.

**Información del experto**

Nombres y apellidos Rebeca Stacy Flucker Puscán

Lugar y fecha Chachapoyas 22-08-2022

Afiliación GSIA Consultores, contratistas y constructores  
E. I. R. L.

Título y/o Grado académico Ing. Ambiental  
Colegio de Ingenieros del Perú.



Firma



**Evaluación de la validez de la Encuesta para el Estudio de  
EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS DE  
LEVANTO, AMAZONAS**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Estimado/a experto/a:**

Esta encuesta pretende evaluar la validez de la Encuesta para el Estudio de "Evaluación de la huella hídrica de los principales cultivos agrícolas de Levanto, Amazonas". Agradezco mucho la voluntad de participar en este estudio y aprecio su colaboración. Le reitero que:

- La información que proporcione es estrictamente confidencial
- Es deseable que conteste la mayor cantidad de preguntas
- Usted puede optar por no responder en el momento que lo desee
- Su participación es voluntaria

**Escala tipo Likert para evaluar por juicio de expertos**

Criterios	Valor de consistencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	1	2	3	4	5
Forma	Claridad			X	
	Pertinencia			X	
	Escala			X	
	Ortografía				X
	Dificultad de la encuesta			X	
	Presentación				X
	Extensión				X
	Orden				X
Contenido	Homogeneidad			X	
	Coherencia				X
	Propósito				X
	Diseño metodológico			X	
	Novedoso				X
	Redundancia				X
	Variables				X
Información pertinente				X	

**Observaciones**

Recomiendo considerar nombres, apellidos y la edad del productor. No otros datos personales.

**Información del experto**

Nombres y apellidos Hipatia Natali Sánchez Salón

Lugar y fecha Chachapoyas 22-08-22

Afiliación KATARI CONSULTORIA Y CONSTRUCCION EIRL

Título y/o Grado académico Ingeniera Ambiental  
Colegio Ingenieros del Perú



Firma



**Evaluación de la validez de la Encuesta para el Estudio de  
EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS DE  
LEVANTO, AMAZONAS**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Estimado/a experto/a:**

Esta encuesta pretende evaluar la validez de la Encuesta para el Estudio de "Evaluación de la huella hídrica de los principales cultivos agrícolas de Levanto, Amazonas". Agradezco mucho la voluntad de participar en este estudio y aprecio su colaboración. Le reitero que:

- La información que proporcione es estrictamente confidencial
- Es deseable que conteste la mayor cantidad de preguntas
- Usted puede optar por no responder en el momento que lo desee
- Su participación es voluntaria

**Escala tipo Likert para evaluar por juicio de expertos**

Criterios	Valor de consistencia				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	1	2	3	4	5
Claridad				X	
Pertinencia			X		
Escala				X	
Ortografía				X	
Forma				X	
Dificultad de la encuesta				X	
Presentación			X		
Extensión			X		
Orden			X		
Homogeneidad				X	
Coherencia			X		
Propósito				X	
Diseño metodológico					X
Contenido					X
Novedoso					X
Redundancia				X	
Variables					X
Información pertinente				X	

Observaciones Considerar solo Apellidos y Nombres, no otros datos Personales

**Información del experto**

Nombres y apellidos Carla Jolissa Cancocha Rubio

Lugar y fecha Chachapoyas 24 de Agosto del 2022

Afiliación FARMAK - AGRÍCOLA (Empresa dedicada al cultivo de Piña)

Título y/o Grado académico Ingeniera Agrónoma  
Colegio de Ingenieros del Perú -  
CD Amazonas

CIP: 292396

Firma



**Evaluación de la validez de la Encuesta para el Estudio de  
EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS DE  
LEVANTO, AMAZONAS**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Estimado/a experto/a:**

Esta encuesta pretende evaluar la validez de la Encuesta para el Estudio de "Evaluación de la huella hídrica de los principales cultivos agrícolas de Levanto, Amazonas". Agradezco mucho la voluntad de participar en este estudio y aprecio su colaboración. Le reitero que:

- La información que proporcione es estrictamente confidencial
- Es deseable que conteste la mayor cantidad de preguntas
- Usted puede optar por no responder en el momento que lo desee
- Su participación es voluntaria

**Escala tipo Likert para evaluar por juicio de expertos**

Criterios	Valor de consistencia					
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
	1	2	3	4	5	
Forma	Claridad				X	
	Pertinencia				X	
	Escala				X	
	Ortografía					X
	Dificultad de la encuesta					X
	Presentación					X
	Extensión					X
Contenido	Orden				X	
	Homogeneidad				X	
	Coherencia				X	
	Propósito					X
	Diseño metodológico					X
	Novedoso					X
	Redundancia				X	
	Variabes					X
	Información pertinente				X	

Observaciones Considerar solo la edad del productor, no otras datos personales


**Información del experto**

Nombres y apellidos Nilton Atalaya Marin

Lugar y fecha Chachapoyas 24 de Agosto del 2022

Afiliación Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Amazonas - EMUSAP S.A

Título y/o Grado académico Ing. Ambiental



Firma

**Anexo 3.** Recolección de muestras de suelo para análisis en laboratorio.



**Fotografía 1.** Muestra de suelo de cultivo de papa.



**Fotografía 2.** Muestra de suelo de cultivo de maíz.



**Fotografía 3.** Muestra de suelo de cultivo de zanahoria.

**Anexo 4.** Parcelas de cultivos de papa, maíz y zanahoria.



**Fotografía 4.** Parcela de cultivos de papa.



**Fotografía 5.** Parcela de cultivos de maíz.



**Fotografía 6.** Parcela de cultivo de zanahoria.





**Fotografía 8.** Proceso de aporcado del cultivo de papa.



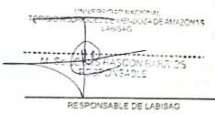

**Fotografía 9.** Entrevista a los agricultores del distrito de Levanto.

## Anexo 5. Sistema de almacenamiento de agua para los cultivos en el distrito de Levanto.



**Fotografía 7.** Sistema de almacenamiento de agua para riego.

## Anexo 5. Resultados de análisis de suelo.

Labisag		UNIVERSIDAD NACIONAL TIBURCIO RODRIGUEZ DE MINERÍA DE AMAZONAS		Código: CCFG - 036	Version: 01																				
INFORME DE ENSAYO N° 1456																									
1. DATOS:																									
Solicitante : MILAGRITOS DEL PILAR SALON HUAMAN																									
Departamento : AMAZONAS																									
Provincia : CHACHAPOYAS																									
Distrito : LEVANTO																									
Caserío : SIN																									
N. Parcela : PAPA																									
Cod. Muestra : 1456																									
Fecha : 14/09/22																									
2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN																									
Lib	Número de Muestra	pH	CE (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Boses	% Sat. Dn				
									Arenas %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup> meq/100g	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>							
1456	PAPA	6.09	0.24	31.01	239.73	1.88	3.25	0.16	80.0	10.0	10.0	A.Fr.	8.00	5.07	1.19	0.62	0.03	0.00	6.90	6.90	86				
<p>A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenosa; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.A.L. = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso</p> <p><i>Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio. Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra en su estado, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</i></p>																									
 <p>RESPONSABLE DE LABISAG</p>										 <p>RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG</p>										<p>Recibi Conforme:</p> <p>Nombre: _____</p> <p>DNI: _____</p> <p>Fecha y Hora: _____</p> <p>_____</p> <p>Firma de Conformidad</p>					
<p>Calle: Higüero N° 342-356-356 • Calle Universitaria N° 384 • Chachapoyas • Amazonas • Perú              labisag@unma.edu.pe / labisag@indus-ces.edu.pe</p>																									

**1. DATOS :**  
**Solicitante :** MILAGRITOS DEL PILAR SALON HUAMAN  
**Departamento :** AMAZONAS  
**Provincia :** CHACHAPOYAS  
**Distrito :** LEVANTO

**Casero :** S/N  
**N. Parcela :** MAIZ  
**Cod. Muestra :** 1458  
**Fecha :** 14/09/22

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiadas meq/100g					Suma de Cationes	Suma de Aniones	% Sat. Dn Bases
									arena %	limo %	arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
1458	MAIZ	7.88	0.13	25.82	196.81	2.82	4.87	0.24	80.0	8.0	12.0	Fr.A.	11.18	9.44	0.92	0.77	0.05	0.00	11.18	11.18	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Fina ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ac.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

**Nota:** Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.  
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Ing. Agr. M. S. JESUS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE DE LABISAG

Ing. Agr. Elder Pacheco Vela  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

**Recibi Conforme:**  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 DNI: \_\_\_\_\_  
 Fecha y Hora: \_\_\_\_\_  
 Firma de Conformidad

Calle Higgo Urea N° 312-350-356 - Calle Universitaria N° 381 - Chachapoyas - Amazonas - Perú  
 labisag@unrm.edu.pe / labisag@info-ces.edu.pe

Escaneado con CamScanner

**1. DATOS :**  
**Solicitante :** MILAGRITOS DEL PILAR SALON HUAMAN  
**Departamento :** AMAZONAS  
**Provincia :** CHACHAPOYAS  
**Distrito :** LEVANTO

**Casero :** S/N  
**N. Parcela :** MAIZ  
**Cod. Muestra :** 1458  
**Fecha :** 14/09/22

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiadas meq/100g					Suma de Cationes	Suma de Aniones	% Sat. Dn Bases
									arena %	limo %	arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
1458	MAIZ	7.88	0.13	25.82	196.81	2.82	4.87	0.24	80.0	8.0	12.0	Fr.A.	11.18	9.44	0.92	0.77	0.05	0.00	11.18	11.18	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Fina ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ac.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

**Nota:** Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.  
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Ing. Agr. M. S. JESUS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE DE LABISAG

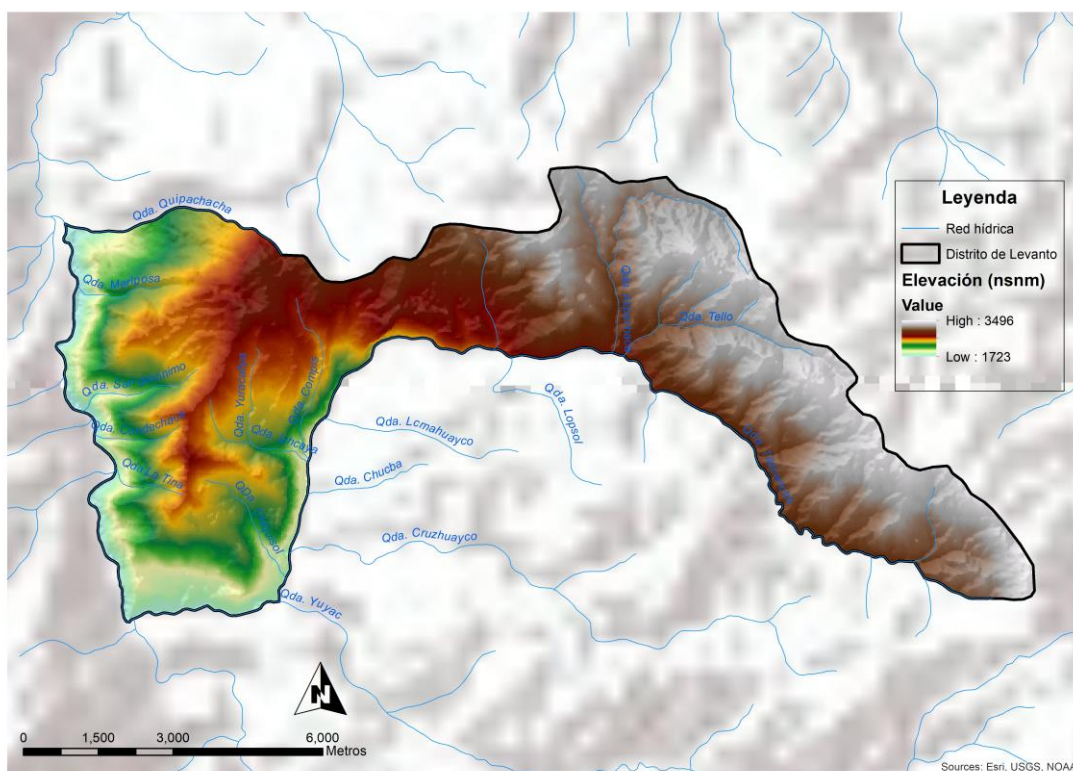
Ing. Agr. Elder Pacheco Vela  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

**Recibi Conforme:**  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 DNI: \_\_\_\_\_  
 Fecha y Hora: \_\_\_\_\_  
 Firma de Conformidad

Calle Higgo Urea N° 312-350-356 - Calle Universitaria N° 381 - Chachapoyas - Amazonas - Perú  
 labisag@unrm.edu.pe / labisag@info-ces.edu.pe

Escaneado con CamScanner

### Anexo 6. Mapa de red hídrica para el distrito de Levanto.



## Anexo 7. Proceso de cálculo de Huella Hídrica Verde y Azul del cultivo de papa en CROPWAT.

1 Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	10.1	20.6	77	199	6.9	20.3	3.71
Febrero	10.4	19.2	82	233	6.8	20.5	3.49
Marzo	10.3	19.6	82	138	7.0	20.5	3.50
Abril	9.5	19.3	84	173	5.9	17.7	3.03
Mayo	7.2	20.1	82	199	7.8	19.0	3.16
Junio	6.5	19.7	79	302	7.1	17.1	3.04
Julio	6.5	20.3	76	268	7.8	18.4	3.30
Agosto	6.3	20.1	75	302	7.8	19.8	3.56
Septiembre	8.0	20.9	78	268	7.3	20.4	3.66
Octubre	8.9	21.0	75	199	7.4	21.2	3.88
Noviembre	5.4	21.1	76	233	7.8	21.7	3.91
Diciembre	9.1	21.0	79	199	7.2	20.6	3.66
Promedio	8.2	20.2	79	226	7.2	19.8	3.49

2	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	48.5	44.7
Febrero	106.2	88.2
Marzo	155.4	116.8
Abril	109.3	90.2
Mayo	18.2	17.7
Junio	54.3	49.6
Julio	13.8	13.5
Agosto	24.8	23.8
Septiembre	52.8	48.3
Octubre	120.4	97.2
Noviembre	27.6	26.4
Diciembre	60.1	54.3
Total	791.4	670.6

5 Programación de riego de cultivo

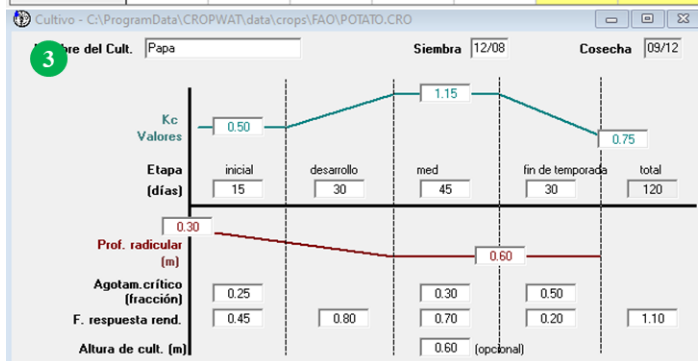
Estación: EMA Chachapoyas Cultivo: Papa Siembra: 01/11 Red. Rend: 0.0 %

Est. de lluvia: EMA Chachapoyas Suelo: Arenoso papa Cosecha: 28/02

Momento: Regar a agotamiento crítico

Program. de riego:  Bal. diario de agua de suelo Aplicación: Reponer a capacidad de campo Ef. campo: 70 %

Fecha	DÁ-a	Etap	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám. Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
5 Nov	5	Ini	0.0	1.00	100	25	5.9	0.0	0.0	8.4	0.19
10 Nov	10	Ini	0.0	1.00	100	30	7.8	0.0	0.0	11.1	0.26
15 Nov	15	Ini	0.0	1.00	100	31	8.8	0.0	0.0	12.5	0.29
20 Nov	20	Des	0.0	1.00	100	29	8.8	0.0	0.0	12.5	0.29
25 Nov	25	Des	0.0	1.00	100	29	9.5	0.0	0.0	13.5	0.31
30 Nov	30	Des	0.0	1.00	100	32	11.1	0.0	0.0	15.9	0.37
5 Dic	35	Des	0.0	1.00	100	28	10.6	0.0	0.0	15.1	0.35
10 Dic	40	Des	0.0	1.00	100	36	14.1	0.0	0.0	20.2	0.47
16 Dic	46	Med	0.0	1.00	100	39	16.5	0.0	0.0	23.5	0.45
20 Dic	50	Med	0.0	1.00	100	39	16.5	0.0	0.0	23.5	0.68
25 Dic	55	Med	0.0	1.00	100	30	12.6	0.0	0.0	18.1	0.42
29 Dic	59	Med	0.0	1.00	100	30	12.6	0.0	0.0	18.1	0.52
1 Ene	62	Med	0.0	1.00	100	30	12.7	0.0	0.0	18.1	0.70
5 Ene	66	Med	0.0	1.00	100	30	12.7	0.0	0.0	18.1	0.53
9 Ene	70	Med	0.0	1.00	100	30	12.7	0.0	0.0	18.1	0.53



1. Datos de clima y evapotranspiración (Eto)
2. Datos de precipitación mensual
3. Datos de cultivo de papa
4. Datos de suelo
5. Programación de riego para el cultivo

4 - untitled

Nombre del suelo: Arenoso papa

Datos generales de suelo:

- Humedad de suelo disponible total (CC-PMP): 70.0 mm/metro
- Tasa máxima de infiltración de la precipitación: 40 mm/día
- Profundidad radicular máxima: 60 centímetros
- Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT): 0 %
- Humedad de suelo inicialmente disponible: 70.0 mm/metro

Totales

Lámina bruta total	393.5 mm	Precipitación total	242.3 mm
Lámina neta total	275.5 mm	Precipitación Efectiva	131.4 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	Pérdida tot.prec.	110.9 mm
Uso real de agua del cultivo	409.6 mm	Def. de hum. en cosecha	2.7 mm
Uso pot. de agua del cultivo	409.6 mm	Requer. reales de riego	278.2 mm
Efic. de programación de riego	100.0 %	Efic. de precipitación	54.2 %
Deficiencia de programación de riego	0.0 %		

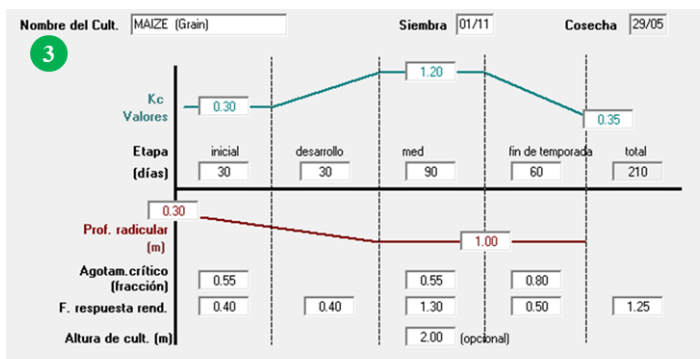
Reducción de rendimiento

Stagelabel	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	0.45	0.80	0.70	0.20	1.10
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %

## Anexo 8. Proceso de cálculo de Huella Hídrica Verde y Azul del cultivo de maíz en CROPWAT.

1 Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insoleación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	10.1	20.6	77	199	6.9	20.3	3.71
Febrero	10.4	19.2	82	233	6.8	20.5	3.49
Marzo	10.3	19.6	82	138	7.0	20.5	3.50
Abril	9.5	19.3	84	173	5.9	17.7	3.03
Mayo	7.2	20.1	82	199	7.8	19.0	3.16
Junio	6.5	19.7	79	302	7.1	17.1	3.04
Julio	6.5	20.3	76	268	7.8	18.4	3.30
Agosto	6.3	20.1	75	302	7.8	19.8	3.56
Septiembre	8.0	20.9	78	268	7.3	20.4	3.66
Octubre	8.9	21.0	75	199	7.4	21.2	3.88
Noviembre	5.4	21.1	76	233	7.8	21.7	3.91
Diciembre	9.1	21.0	79	199	7.2	20.6	3.66
Promedio	8.2	20.2	79	226	7.2	19.8	3.49

2	Precipit. mm	Prec. efec. mm
Enero	48.5	44.7
Febrero	106.2	88.2
Marzo	155.4	116.8
Abril	109.3	90.2
Mayo	18.2	17.7
Junio	54.3	49.6
Julio	13.8	13.5
Agosto	24.8	23.8
Septiembre	52.8	48.3
Octubre	120.4	97.2
Noviembre	27.6	26.4
Diciembre	60.1	54.3
Total	791.4	670.6



Nombre del suelo Arena maiz

Datos generales de suelo:

- Humedad de suelo disponible total (CC-PMP): 70.0 mm/metro
- Tasa máxima de infiltración de la precipitación: 40 mm/día
- Profundidad radicular máxima: 100 centímetros
- Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT): 0 %
- Humedad de suelo inicialmente disponible: 70.0 mm/metro

1. Datos de clima y evapotranspiración (Eto)
2. Datos de precipitación mensual
3. Datos de cultivo de papa
4. Datos de suelo
5. Programación de riego para el cultivo

5 Programación de riego de cultivo

ETO estación: EMA Chachapoyas Cultivo: MAIZE (Grain) Siembra: 01/11 Red. Rend.: 0.0 %

Est. de lluvia: EMA Chachapoyas Suelo: Arena maiz Cosecha: 29/05

Momento: Regar a agotamiento crítico

Aplicación: Reponer a capacidad de campo

Ef. campo: 70 %

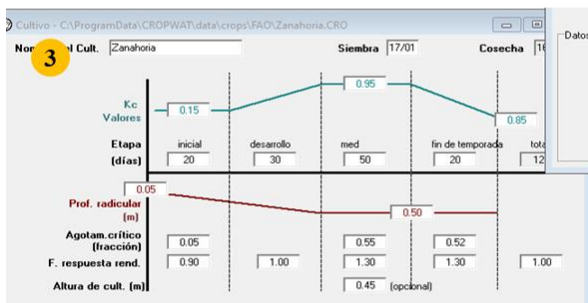
Fecha	DÁ-a	Etapas	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám. Net. mm	DÁ <sup>o</sup> fic. mm	PÁ <sup>o</sup> rdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
30 Dic	60	Des	0.0	1.00	100	56	39.4	0.0	0.0	56.3	0.11
12 Ene	73	Med	0.0	1.00	100	58	40.7	0.0	0.0	58.1	0.52
25 Ene	86	Med	0.0	1.00	100	56	39.5	0.0	0.0	56.5	0.50
12 Feb	104	Med	0.0	1.00	100	60	42.2	0.0	0.0	60.2	0.39
29 May	Fin	Fin	0.0	1.00	0	57					

Totales				
Lámina bruta total	231.1	mm	Precipitación total	525.2
Lámina neta total	161.8	mm	Precipitación Efectiva	432.3
Pérdida total de riego	0.0	mm	Pérdida tot.prec.	92.9
Uso real de agua del cultivo	633.7	mm	Def. de hum. en cosecha	39.7
Uso pot. de agua del cultivo	633.7	mm	Requer. reales de riego	201.4
Efic. de programación de riego	100.0	%	Efic. de precipitación	82.3
Deficiencia de programación de riego	0.0	%		

Reducción de rendimiento					
Stagelabel	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	0.40	0.40	1.30	0.50	1.25
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %

## Anexo 9. Proceso de cálculo de Huella Hídrica Verde y Azul del cultivo de zanahoria en CROPWAT.

1 Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo	2	Precipit.	Prec. efec
	°C	°C	%	km/gd-a	horas	MJ/m²/dá-a	mm/gd-a		mm	mm
Enero	10.1	20.6	77	199	6.9	20.3	3.71	Enero	48.5	44.7
Febrero	10.4	19.2	82	233	6.8	20.5	3.49	Febrero	106.2	88.2
Marzo	10.3	19.6	82	138	7.0	20.5	3.50	Marzo	155.4	116.8
Abril	9.5	19.3	84	173	5.9	17.7	3.03	Abril	109.3	90.2
Mayo	7.2	20.1	82	199	7.8	19.0	3.16	Mayo	18.2	17.7
Junio	6.5	19.7	79	302	7.1	17.1	3.04	Junio	54.3	49.6
Julio	6.5	20.3	76	268	7.8	18.4	3.30	Julio	13.8	13.5
Agosto	6.3	20.1	75	262	7.8	19.8	3.56	Agosto	24.8	23.8
Septiembre	8.0	20.9	78	268	7.3	20.4	3.66	Septiembre	52.8	48.3
Octubre	8.9	21.0	75	199	7.4	21.2	3.88	Octubre	120.4	97.2
Noviembre	5.4	21.1	76	233	7.8	21.7	3.91	Noviembre	27.6	26.4
Diciembre	9.1	21.0	79	199	7.2	20.6	3.66	Diciembre	60.1	54.3
Promedio	8.2	20.2	79	226	7.2	19.8	3.49	Total	791.4	670.6



Nombre del suelo: Clay Sand

Datos generales de suelo:

- Humedad de suelo disponible total (CC-PMP): 90.0 mm/metro
- Tasa máxima de infiltración de la precipitación: 75 mm/día
- Profundidad radicular máxima: 45 centímetros
- Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT): 14 %
- Humedad de suelo inicialmente disponible: 77.4 mm/metro

- Datos de clima y evapotranspiración (Eto)
- Datos de precipitación mensual
- Datos de cultivo de papa
- Datos de suelo
- Programación de riego para el cultivo

Est. de lluvia: CHACHAPOYAS  
Cultivo: Zanahoria  
Suelo: Clay Sand  
Siembra: 17/01/20  
Cosecha: 16/05/20  
Red. Rend: 0.0 %

Formato de Tabla:  
 Program. de riego  
 Bal. diario de agua de suelo

Momento: Regar a agotamiento crítico  
 Aplicación: Reponer a capacidad de campo  
 Ef. campo: 70 %

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám. Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
17 Ene	1	Ini	6.5	1.00	100	10	0.5	0.0	0.0	0.8	0.09
18 Ene	2	Ini	0.0	1.00	100	9	0.5	0.0	0.0	0.8	0.09
19 Ene	3	Ini	0.0	1.00	100	8	0.5	0.0	0.0	0.8	0.09
20 Ene	4	Ini	0.0	1.00	100	7	0.5	0.0	0.0	0.8	0.09
21 Ene	5	Ini	0.0	1.00	100	7	0.5	0.0	0.0	0.8	0.09
22 Ene	6	Ini	0.0	1.00	100	6	0.5	0.0	0.0	0.8	0.09
23 Ene	7	Ini	10.2	1.00	100	6	0.5	0.0	0.0	0.8	0.09
24 Ene	8	Ini	0.0	1.00	100	5	0.5	0.0	0.0	0.8	0.09
26 Ene	10	Ini	0.0	1.00	100	9	1.1	0.0	0.0	1.5	0.09
28 Ene	12	Ini	0.0	1.00	100	8	1.1	0.0	0.0	1.5	0.09
30 Ene	14	Ini	0.0	1.00	100	7	1.1	0.0	0.0	1.5	0.09
1 Feb	16	Ini	0.0	1.00	100	8	1.2	0.0	0.0	1.8	0.10
4 Feb	19	Ini	0.0	1.00	100	8	1.4	0.0	0.0	2.0	0.08
6 Feb	21	Des	0.0	1.00	100	7	1.4	0.0	0.0	2.0	0.11
11 Feb	26	Des	0.0	1.00	100	18	4.3	0.0	0.0	6.1	0.14

Totales					
Lámina bruta total	103.7	mm	Precipitación total	409.7	mm
Lámina neta total	72.6	mm	Precipitación Efectiva	210.9	mm
Pérdida total de riego	0.0	mm	Pérdida tot.prec.	198.7	mm
Uso real de agua del cultivo	280.8	mm	Def. de hum. en cosecha	2.9	mm
Uso pot. de agua del cultivo	280.8	mm	Requer. reales de riego	69.8	mm
Efic. de programación de riego	100.0	%	Efic. de precipitación	51.5	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Reducción de rendimiento					
Stagelabel	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	0.90	1.00	1.30	1.30	1.00
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	%