



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“La simulación prospectiva mediante el software Cropwat para la determinación de la Huella Hídrica influye en los cultivos de la papa amarilla “Solanum Phureja” y el maíz choclo “Zea Mays” del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Vladimir Fuster Castro

ASESOR:

MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Conservación y Manejo de la Biodiversidad

LIMA – PERÚ

2018-I

PÁGINA DEL JURADO

Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO

PRESIDENTE

Mg. ALIAGA MARTINEZ, MARÍA

SECRETARIO

MSc. QUIJANO PACHECO, WILBER

VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres Marlon Fuster Chamorro y Rosa Castro Carbajal por su amor, comprensión y apoyo en éste trascurso de esta etapa de desarrollo profesional.

El esfuerzo de éste trabajo va dedicado con mi amor para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco enormemente al MSc. Wilber Quijano Pacheco y a la Dra. Verónica Tello Mendivil, por su apoyo, paciencia y generosidad al compartir sus conocimientos y experiencias profesionales que fueron posible desarrollar y culminar éste trabajo de investigación.

Gracias a todas las personas que fueron participes en este proceso, por sus aportes colaboraron en mi formación profesional y en la presente tesis.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Vladimir Fuster Castro, con DNI 41710087, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de julio del 2018

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “La simulación prospectiva mediante el software Cropwat para la determinación de la Huella Hídrica influye en los cultivos de la papa amarilla “Solanum Phureja” y el maíz choclo “Zea Mays” del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El autor: Vladimir Fuster Castro

ÍNDICE

PAGINA DE JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Trabajos Previos.....	4
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	7
1.4. Formulación del problema.....	24
1.5. Justificación del estudio.....	24
1.6. Hipótesis.....	25
1.7. Objetivos.....	25
II.MÉTODO.....	27
2.1. Diseño de investigación.....	28
2.2. Variables, operacionalización.....	28
2.3. Población y muestra.....	30
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	31
2.5. Métodos de análisis de datos.....	34
2.6. Aspectos éticos.....	34
III. RESULTADOS.....	36
IV. DISCUSIONES.....	51
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. REFERENCIAS.....	57
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: DIFERENCIA ENTRE USO Y CONSUMO DE AGUA	12
TABLA N° 02: CONTENIDO DE AGUA VIRTUAL	13
TABLA N° 03: HUELLA HÍDRICA DE UN PRODUCTO O CONSUMIDOR.....	15
TABLA N° 04: COMPONENTES DE UNA HUELLA HÍDRICA.....	17
TABLA N° 05: PASOS PARA CALCULAR LA HUELLA HÍDRICA DE UN CULTIVO	19
TABLA N° 06: COMPOSICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA AZUL Y VERDE.....	20
TABLA N° 07: COSECHA DE CULTIVOS EN HECTÁREAS.....	30
TABLA N° 08: TIPOS DE CULTIVO.....	31
TABLA N° 09: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	33
TABLA N° 10: CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
TABLA N° 11: DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN DE CHAGLLA APLICADOS EN EL SOFTWARE CROPWAT	37
TABLA N° 12: PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA ESTACIÓN CHAGLLA APLICADO AL SOFTWARE CROPWAT.....	39
TABLA N° 13: FRACCIÓN DE AGOTAMIENTO CRÍTICO PARA EL CULTIVO DE LA PAPA AMARILLA.....	40
TABLA N° 14: FRACCIÓN DE AGOTAMIENTO CRÍTICO PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ CHOCLO.....	42
TABLA N° 15: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PARA EL PERIODO VEGETATIVO DEL MAÍZ CHOCLO.....	44
TABLA N° 16: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PARA EL PERIODO VEGETATIVO DE LA PAPA AMARILLA.....	44
TABLA N° 17: REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVO PARA EL COMPONENTE VERDE Y AZUL DE LA PAPA AMARILLA.....	47
TABLA N° 18: REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVO PARA EL COMPONENTE VERDE Y AZUL DEL MAÍZ CHOCLO.....	47

TABLA N° 19: HUELLAS HÍDRICAS VERDES Y AZULES PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ CHOCLO.....	48
TABLA N° 20: PESO PORCENTUAL DE HUELLA HÍDRICA.....	49
TABLA N° 21: VALORES DE HUELA HÍDRICA VERDE, AZUL Y TOTAL DE LOS CULTIVOS DEL PERÚ.....	50
TABLA N° 22: RESUMEN DE VALORES DE HUELLA HÍDRICA VERDE, AZUL Y TOTAL DE LOS CULTIVOS DEL PERÚ CON LA HUELLA HÍDRICA CALCULADA.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: VALORES DE CLIMA DE LOS CULTIVOS APLICADOS AL SOFTWARE CROPWAT.....	38
FIGURA N° 02: DATOS OBTENIDOS DE LA VARIABLE DEL CULTIVO PAPA AMARILLA PARA EL SOFTWARE CROPWAT.....	41
FIGURA N° 03: DATOS OBTENIDOS DE LA VARIABLE DEL CULTIVO MAÍZ CHOCLO PARA EL SOFTWARE CROPWAT.....	42
FIGURA N° 04: DATOS INGRESADOS DE SUELO AL SOFTWARE CROPWAT.....	43
FIGURA N° 05: REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVO DEL MAÍZ CHOCLO APLICADO EN EL SOFTWARE CROPWAT.....	45
FIGURA N° 06: REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVO DE LA PAPA AMARILLA APLICADOS EN EL SOFTWARE CROPWAT.....	46

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal la evaluación de la simulación prospectiva mediante el software cropwat para determinar eficazmente la huella hídrica de los cultivos de la papa amarilla “Solanum Phureja” y el maíz choclo “Zea Mays” del distrito de chaglla, departamento de Huánuco, 2018. Este se realizó en el distrito de chaglla Huanico que muestra un crecimiento ganadero y agrícola, siendo el primer producto la papa y sus variedades, la falta de información y de gestión del recurso genera un gran consumo de agua considerándose en niveles alarmantes a largo plazo. Para obtener la huella hídrica se realizó una simulación utilizando el software Cropwat, utilizado y validado por la FAO, que consiste en ingresar datos meteorológicos de los cultivos, así también como las coordenadas del lugar de estudio. De los resultados obtenidos la Huella Hídrica total para el cultivo de la papa amarilla dio como valor 566,62 m³/ton y 1088,26 m³/ton para el cultivo del maíz choclo. En conclusión se pudo determinar que la evaluación de la simulación prospectiva mediante el software cropwat es eficaz para calcular la huella hídrica de los cultivos de la papa amarilla y el maíz choclo, porque el recurso hídrico por su importancia y siendo amenazado por los efectos del cambio climático, nuestro país está considerado como el más privilegiado por encontrarse entre los diez con mayores reservas hídricas a nivel mundial, para ello se evalúe lineamientos de política y se tomen acciones para una mejor gestión de un recurso vital primordial para el bienestar de las poblaciones y del crecimiento del país.

Palabras clave: Huella hídrica, cultivos, cropwat, simulación prospectiva.

ABSTRACT

The main objective of the present investigation is the evaluation of the prospective simulation using the cropwat software to effectively determine the water footprint of the yellow potato crops "Solanum Phureja" and the corn "Zea Mays" of the district of Chaglla, department of Huánuco , 2018. This was carried out in the district of Huanico that shows a livestock and agricultural growth, being the first product the potato and its varieties, the lack of information and management of the resource generates a large consumption of water considered at alarming levels long term. To obtain the water footprint, a simulation was carried out using the Cropwat software, used and validated by the FAO, which consists of entering meteorological data of the crops, as well as the coordinates of the study site. From the results obtained, the total water footprint for the yellow potato crop was 566.62 m³ / ton and 1088.26 m³ / ton for corn maize cultivation. In conclusion it was determined that the evaluation of the prospective simulation using the software cropwat is effective to calculate the water footprint of the crops of yellow potatoes and corn, because the water resource for its importance and being threatened by the effects of the change climatic, our country is considered the most privileged to be among the ten with the largest water reserves worldwide, for this purpose, policy guidelines are evaluated and actions are taken for a better management of a vital resource for the wellbeing of populations and of the country's growth.

Keywords: Water footprint, crops, cropwat, prospective simulation

I. INTRODUCCIÓN

La huella hídrica de una formación o el conjunto de agua que utiliza directa o indirectamente junto con el impacto en la misma, es una expectativa progresiva en los inversionistas, los interesados y muchas organizaciones internacionales. La nueva norma ISO 14046 para huellas hídricas está siendo perfeccionada como respuesta a esta inquietud y puede manifestar la responsabilidad como renovadora el programa de administración del agua mediante la verificación de la huella hídrica ISO14046 y traer conocimientos a futuro de los productos.

Precedentemente al ISO 14046 no se contaba con ninguna norma internacional en relación con el uso del agua. Las organizaciones usaban muchos sistemas para obtener datos en relación con el uso del agua para los informes medioambientales o la documentación y empaquetado de productos. ISO 14046 contiene herramientas firmes para medir el uso del agua, así como métodos de gestión y buenas prácticas y procesos de la industria.

La aplicación de la norma ISO 14046 contiene un extenso análisis de su uso del agua y su método de gestión del agua. Al tomar la verificación de huella hídrica, nos ayudará con la mejora de datos y auditorías según una extensa gama de normas internacionales. Se tiene una profunda comprensión de estas normas, además pueden proporcionarle información sobre su uso del agua y hacerle recomendaciones sobre cómo ajustar a esta norma.

Ante la problemática expuesta se formuló el siguiente problema de investigación
¿Cómo la simulación prospectiva determina eficazmente la huella hídrica de los cultivos de papa amarilla “Solanum Phureja” y maíz choclo “Zea Mays” del distrito de chaglla, departamento de Huánuco, 2018?

1.1. Realidad problemática

El distrito de CHAGLLA es uno de los cuatro (04) distritos pertenecientes a la provincia de Pachitea, el cual está ubicado en el departamento de Huánuco. Ubicado a 1860 m.s.n.m. y limita por el norte con el distrito de Chinchao, por el sur con el distrito de Panao, por el este con el distrito de Pozuzo, por el Oeste con el distrito de Chinchao. El distrito de Chaglla posee una superficie de 664.52 km².

El uso de agua dulce y su agotamiento se han transformado en acciones de interés ambiental. No obstante, las tierras agrícolas personifican sólo el 12% de del plano terrestre del mundo, alrededor del 70% del agua extraída de los acuíferos, ríos y lagos se maneja para la agricultura de cultivo. El cambio climático es un famoso problema global en todo el mundo y la carga del sector agrícola es significativamente alta; Por consiguiente, los impactos ambientales originarios del uso del agua debido a las acciones agrícolas y su respectiva contribución en la emisión de Gases de Efecto Invernadero deben ser tratados apropiadamente.

El mantenimiento de los cuerpos de agua, de origen superficial o subterráneo, son un tema de vital importancia, puesto que desde tiempos atrás en su mayoría estos están siendo utilizados de manera desmedida por actividades antrópicas referidas a: industria, crecimiento poblacional, actividades agrícolas y otros; elevando de esta manera la contaminación de los mismos y generando, a su vez, problemas ambientales. En muchos países o ciudades el agua potable, solo es accesible para familias que presenta mejores situaciones económicas, mientras que la gente pobre no cuenta con un sistema conectado, y depende de vendedores privados o de fuentes poco seguras.

Esta situación crítica, también se vive en el distrito de Chaglla, debido a que en aquella zona no se utiliza de manera responsable y adecuada este recurso.

Debido a la problemática actual concerniente al recurso hídrico, la calidad de los productos de cultivo se ve afectadas considerablemente.

El problema que manifiesta este distrito es que no existen muchos estudios científicos los cuales puedan ayudar en el aprovechamiento óptimo y responsable del uso de éste recurso para la actividad agrícola.

La huella hídrica consiente en hacer perceptible la relación que existe entre las prácticas de consumo y las acciones de producción de bienes y servicios. Este indicador calcula los impactos de las actividades económicas y sociales sobre la reserva de agua, un bien económico que es escaso. Estima tanto la proporción directa de gasto para la nación, como el gasto que procede de la comercialización internacional. De acuerdo con Diego Arévalo, director regional de GoodStuff International y del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, “la huella hídrica accede a diferenciar el tipo de agua que gasta cada cultivo, exponiendo que lo significativo no es cuánto gasta, sino cuál es su origen”. Es mucho más delicado un cultivo que gasta mucha agua derivado de riego, que uno que lo hace de la lluvia.

En el distrito de Chaglla, el tema del cuidado del recurso hídrico no es muy difundido por parte de las autoridades locales hacia los pobladores, si éste recurso hídrico es utilizado y es medido en los regadíos de las siembras, se podría aprovechar y dar el método adecuado en este tipo de actividad.

A pesar que hay mecanismos y técnicas en los regadíos, la falta de información y la poca importancia que se le da a este recurso vital va a ser que en un futuro el problema sea la escasez y esto va a traer consecuencias medioambientales y económicas en el sector.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Trabajos internacionales

Según LOZANO (2016), en la tesis **“Evaluación de la huella hídrica del proceso productivo del arroz (Oryza Sativa) en el municipio del Espinar – Tolima y su incidencia ambiental en el área de influencia”**, tuvo como objetivo principal determinar la huella hídrica total del proceso productivo del arroz empleando como simulador el software cropwat. Los resultados obtenidos mediante cálculos de los datos climatológicos del lugar del cultivo de las Huellas Hídricas verde, azul, gris y total fueron: 549,26 m³/Ton, 184,85 m³/Ton, 32,02 m³/Ton y 766,13 m³/Ha, respectivamente. Concluyó que los resultados obtenidos en esta investigación es bueno, puesto que se comparó con las normas nacionales e internacionales estando por debajo del promedio, puesto que gran parte del consumo del agua en los cultivos fue por precipitación, siendo una ventaja como aprovechamiento del recurso y más aún si se genera alternativas de reestructuración para un reaprovechamiento hídrico mayor.

Según TORRES y PEÑA (2015) en la tesis **“Evaluación de la huella hídrica para el cultivo de palma de Aceite en la finca Villa Beatriz del municipio de zona bananera, Departamento de magdalena, Bogota”**; Cuyo objetivo fue calcular la huella hídrica del cultivo de palma de aceite para determinar qué volumen de agua (verde, azul y gris) solicita la finca Villa Beatriz en el periodo de producción. Dado a que, desde el principio, un elevado porcentaje de los cultivos se ejecutaron sin ningún tipo de planeación en cuanto a sus exigencias hídricas e infraestructura de riego y drenaje, la prioridad que representa el uso adecuado del agua no es tomado en cuenta, y por ello, es necesario extender los estudios existentes para certificar la aplicación adecuada y eficiente del agua solicitada.

La zona de estudio para ejecutar la evaluación del indicador Huella hídrica del cultivo de palma de aceite, está ubicado geográficamente en la finca Villa Beatriz, en el Corregimiento Tucurinca, Municipio Zona Bananera del Departamento del Magdalena. Se extiende en un área cultivada en palma de aceite de 206 ha, sus coordenadas geográficas son: 10°42′50.9″ N y 74°13′42.3″ W, su finalidad

es producir racimos de fruta fresca de palma de aceite. Las acciones llevadas a cabo en la finca incluyen: cultivo, cosecha y transporte de los racimos de fruta fresca hasta la planta de beneficio EXTRACTORA FRUPALMA S.A.

Se utilizaron técnicas de carácter cuantitativo y cualitativo, que se encuentran fraccionadas en tres fases, a continuación se indica correspondientemente en cada una de ellas el procedimiento llevado a cabo de manera general, con el fin de establecer la presión ejercida sobre el recurso, en el gasto y descarga de agua del cultivo de palma de aceite.

Según TERÁN(2015), en la tesis **“Determinación de la huella hídrica y modelación de la producción de biomasa de cultivos forrajeros a partir del agua en la Sabana de Bogotá”**; El Novedoso trabajo de investigación se desplegó como una alternativa científica a las expectativas planteadas por el gobierno nacional de Colombia y el gremio ganadero en el sentido de poder determinar los niveles o volúmenes de agua requeridos para la producción de biomasa en las pasturas o praderas y cuál es el nivel o potencial para la producción de biomasa de la región productora de leche de la sabana de Bogotá (Colombia), considerando todas las circunstancias y condiciones biofísicas, y sus restricciones agroclimáticas, de agua y las praderas existentes. La meta primordial estuvo orientada a la determinación de la producción de biomasa a partir del agua con base en las relaciones hídricas, las cantidades de gasto de agua de las especies, y las variables del clima que inciden en la alineación de biomasa y el suelo presentes y se centró específicamente en dos cultivos forrajeros los cuales fueron Avena Forrajera (Avena sativa, L.) y Raigrás (Lolium perenne).

Según SÁNCHEZ, Eliana, VILLAREAL, Jeisson y TORRES, Jesús (2015), en su estudio **“Estimación de la huella hídrica para un cultivo de Pitahaya Amarilla (Selenicereus Megalanthus)”**, la cual tuvo como objetivo cuantificar el consumo del recurso hídrico y la finalidad consiste en determinar las huellas azul, verde y gris del cultivo de pitahaya amarilla en su fase productiva.

Según VENEGAS, Yuri, VERA, Lorena y TORRES, Jesús (2014), en su estudio **“Evaluación de la Huella Hídrica del Lirio Japonés (Hemerocallis)”**, tuvo como objetivo principal de este proyecto se centró en la evaluación de la huella hídrica para la producción de flores de Lirio japonés (Hemerocallis), la finalidad de esta publicación programa permitió determinar la evapotranspiración del cultivo de Lirio japonés y los requerimientos necesarios de agua y riego con base en los datos climatológicos.

1.2.2. Trabajos nacionales

Según CASTILLO (2014) en su tesis **“Huella Hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2014”**, tuvo como objetivo deducir la HH del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) como institución, mediante el análisis de datos concernientes a sectores de consumos por un año calendario (2014).

Se alcanzó las técnicas propuestas por la Water Foot print Network (WFN) (Hoekstra et al., 2011), red de organizaciones internacionales que buscan ayudar a la resolución de las dificultades universales de agua. Esta metodología resulta en una estimación de la HH que se combina de cuatro fases: establecimiento de objetivos y alcances, contabilidad de la HH (aquí se verifico cantidades superiores de uso y gasto de agua. La cantidad más creciente es el volumen de agua calculado para hacer frente a la contaminación del recurso hídrico que es muy grande), la estimación de Sostenibilidad (donde los resultados se estudiaron e interpretaron de acuerdo a las dimensiones de Sostenibilidad abordadas en el presente trabajo). En la cuarta y última fase se pensó proyectar sugerencias para la reducción de dicho uso y gasto. Como último punto están las reflexiones finales, esto es, una evaluación crítica de la metodología y consideraciones para su estudio en otros casos, surgidas del presente trabajo.

Según Suizagua Andina Perú (2012) en su propósito para una mejor utilización de agua, El Perú es uno de los países con mayor cantidad de agua dulce aprovechable en el mundo, al mismo tiempo es un país con alto riesgo de estrés

hídrico. La primordial razón no es la cantidad aprovechable de agua, sino su incorrecta distribución: sólo el 1.8% de los recursos hídricos aprovechables del país alimenta al 70% de la población nacional y al 80% de nuestra economía.

A fines del 2012, la Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación COSUDE inicio el plan Suizagua, una alianza público privada integrada por un grupo de empresas líderes de diversos sectores, con auténtica preocupación por la gestión del agua en el Perú. UNACEM, Nestlé Perú, Pavco – Mexichem, DukeEnergy y Camposol se juntaron a esta iniciativa para calcular y minimizar su huella hídrica, desarrollar gestiones de responsabilidad social corporativa en agua y diseminar en el sector privado y en la región las buenas prácticas y herramientas generadas por Suizagua. La ONG Agua limpia ejecuta el plan por encargo de COSUDE.

1.3. Teorías relacionadas

1.3.1. Simulación

La simulación es la agrupación de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que conforman la conducta de un sistema bajo estudio cuando se muestra un suceso definitivo (García, García y Cárdenas, 2006).

En la definición anterior se usaron varios términos como sistema, eventos de los cuales es necesario conocerlos para ello se define a continuación.

La definición primordial del sistema nos dice que se trata de un grupo de variables que se interrelacionan para ejercer como un todo.

En el caso de los eventos, es un cambio en el estado actual del sistema, de los cuales se pueden dividir en dos; los eventos actuales, que son aquellos que están sucediendo en el sistema en un momento dado y los eventos futuros, que son cambios que se presentaran en el sistema después del tiempo de simulación, de acuerdo con una programación específica.

1.3.2. Prospectiva

La prospectiva es una disciplina para el análisis de sistemas sociales, que permite conocer mejor la situación presente, identificar tendencias futuras y analizar el impacto del desarrollo científico y tecnológico en la sociedad.

La prospectiva aparecía a partir de sus primeros ejercicios como un instrumento científico de gran valor para los planificadores que podían así apoyarse en escenarios detallados, es decir, recorridos temporales de sistemas en transformación, para preparar planes, programas y proyectos alternativos que brindaban flexibilidad al proceso de toma de decisiones (Medina y Ortigón, 2006)

1.3.3. Software Cropwat

Es un programa informático utilizado por la FAO, del cual realiza cálculos para las necesidades hídricas de los cultivos, denominándose como diseño agrónomo de riego. Consiste en realizar cálculos de turnos, caudales y tiempos de riego basándose en las necesidades de agua de cultivo que se determina por el clima, tipo de suelo y cultivo.

1.3.4. Diferencias entre uso consuntivo y no consuntivo del agua

Se hace referencia a uso consuntivo cuando el agua se extrae de una fuente de agua y esta no regresa igualmente en la misma calidad o cantidad de la extraída originalmente de la fuente de agua, como es el caso del riego en la agricultura (AgroDer, 2012). Por lo general este uso puede ser medido de forma cuantitativa. Los usos consuntivos también se dan en el abastecimiento poblacional, en el sector industrial, minero y pecuario, turístico y recreativo (Sevilla, 2014). Por el contrario, el uso no consuntivo de agua es aquel que, después de utilizarse, el total del recurso hídrico es reintegrado al cuerpo de agua de donde fue extraído en un primer momento en la misma cantidad y calidad, es decir no contaminada. La generación de energía eléctrica y algunas formas de navegación se consideran usos no consuntivos. Otras formas de este uso son los sistemas de refrigeración y caudales medioambientales (ANA, 2016).

1.3.5. Familia de Huellas (Ecológica, de Carbono e Hídrica)

Conjunto de indicadores para medir las demandas humanas Así como la HH, existen otras herramientas que miden las demandas humanas sobre los recursos de la Tierra. En las últimas cuatro décadas, los países alrededor del mundo han experimentado crecimiento económico, mejoras en el bienestar humano y reducción de la pobreza. Estos cambios han sido alcanzados a expensas de las condiciones de los ecosistemas y su habilidad para sostener la vida. Es así que ahora el consumo indiscriminado y desperdicio de la humanidad va a un ritmo más rápido de lo que la Tierra puede aguantar y regenerar (Galli et al., 2012). Las Huellas Ecológica, de Carbono e Hídrica, forman parte de una familia de huellas que constituyen un conjunto de indicadores que son capaces de realizar un seguimiento de la presión humana sobre el planeta desde diferentes perspectivas. Estos indicadores presentan una base cuantificable sobre la cual se discuten sobre todo temas en relación a los procesos de producción y a los límites en la utilización de los recursos globales. Lo que busca la Huella Ecológica es, en términos generales, calcular las demandas del hombre sobre la naturaleza, lo que equivale al “área biológicamente productiva requerida para producir los recursos utilizados y absorber los residuos generados de una determinada población” (Badii, 2008). La metodología de la Huella Ecológica se centra en calcular una determinada superficie que debe soportar “la vida” de cierto grupo de personas. Pero además muestra claramente el grado de dependencia material de los seres humanos con respecto a la naturaleza (Bórquez, 2010).

La Huella de Carbono puede ser entendida como un indicador para calcular la cantidad total de las emisiones directas o indirectas de GEI despididas a la atmósfera, medidos en CO₂ equivalente, producto de actividades humanas. Su cálculo considera a cada una de las etapas de un ciclo productivo (Ibíd.). Utilizar estos indicadores de la familia de Huellas, posibilita realizar un seguimiento del uso y sobreexplotación actual de los recursos, y la presión que este uso genera sobre los recursos de cada uno de los tres compartimentos que soportan la vida en la Tierra: la litósfera (Huella Ecológica), la hidrósfera (Huella Hídrica) y la atmósfera (Huella de Carbono) (Galli et al., 2013). Con estos indicadores lo que se busca es una educación, una sensibilización en las personas con relación a

la manera de explotación de los recursos para que se puedan tomar mejores decisiones de uso de estos.

1.3.6. Distinción entre estrés hídrico y escasez de agua

Según el indicador de escasez de agua renovable per cápita, los países que cuentan con un total de disponibilidad de agua de entre 500 a 1 000 m³ /hab de agua al año se encuentran dentro de lo que se considera un nivel de escasez de agua, los países que disponen de un volumen de entre 1 000-1 700 m³ /hab de agua al año sufren del nivel de estrés hídrico (FAO, 2013). Según el total de agua disponible en el Perú señalado en el apartado anterior, específicamente en la costa, nos encontramos en una situación de nivel de escasez de agua. Sin embargo, también puede considerarse que existan zonas en el país que presenten una situación de estrés hídrico, ya que estamos en el límite del rango de este nivel.

Por un lado, la escasez de agua es definida como “la brecha entre el suministro disponible y la demanda expresada de agua dulce en un área determinada, bajo las disposiciones institucionales (incluyendo la ‘fijación del precio’ del recurso y los costes acordados para el consumidor) y las condiciones de infraestructura existentes”. Otro concepto de escasez de agua ocurre cuando los impactos acumulados de todos los usuarios, “afecta al suministro o a la calidad del agua, de forma que la demanda de todos los sectores, incluido el medioambiental, no puede ser completamente satisfecha. La escasez de agua es pues un concepto relativo y puede darse bajo cualquier nivel de oferta o demanda de recursos hídricos. La escasez puede ser una construcción social (producto de la opulencia, las expectativas y unas costumbres arraigadas) o consecuencia de la variación en los patrones de la oferta, derivados, por ejemplo, del cambio climático” (ONU-DAES, 2014). Por otro lado, un concepto de estrés hídrico es el que maneja el PNUMA: “El estrés hídrico provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobre explotados, ríos secos, etc.) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina, etc.)” (MINAM, 2010). El último concepto de estrés hídrico se refiere a “los síntomas de la escasez o desabastecimiento de agua, por ejemplo, aumento de la competencia y de los conflictos entre usuarios, empeoramiento de la calidad y fiabilidad del servicio, pérdida de cosechas e inseguridad alimentaria” (FAO,

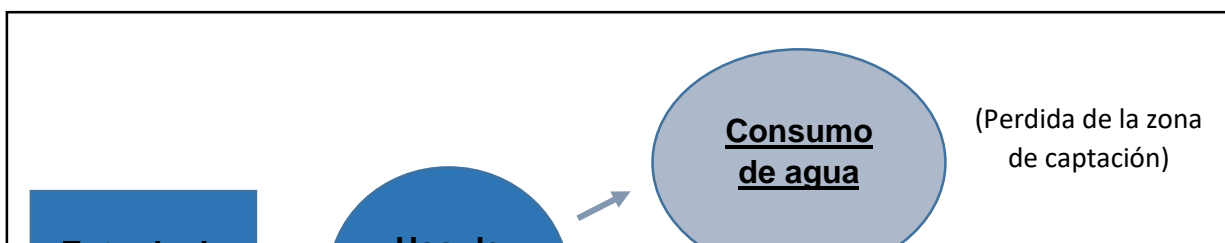
2013). Se exhiben distintos conceptos de cada uno ya que escasez de agua y estrés hídrico son a menudo confundidos en la literatura y se piensa que se refieren a lo mismo.

En síntesis se puede afirmar que existen zonas en nuestro país, como la sierra del Perú que sufren de estrés hídrico, situación que es menos grave que la escasez de agua, situación padecida por la costa y en especial por la ciudad de Lima. A la zona de la capital debe agregarse la sobrepoblación que soporta y los bienes y servicios existentes derivados de este exceso de población.

1.3.7. Diferencia entre uso y consumo de agua

Una primordial diferencia que debe tomarse en cuenta en el presente trabajo de investigación es cuando se hace referencia al uso y al consumo de agua. Estos términos pueden parecer sinónimos, pero hay una distinción que es la siguiente: cuando se hace referencia a uso se debe entender como el agua que en su totalidad corre desde que se abre el caño o grifo hasta que se cierra. En contraste, debe entenderse el consumo como “la pérdida de agua de la masa de agua disponible del suelo de la superficie en un área de captación. Las pérdidas se producen cuando el agua se evapora, vuelve a otra zona de captación o se incorporan al producto.” (Hoekstra et al., 2010). No se debe entender como que el agua desaparece, porque el agua se mantiene dentro del ciclo hidrológico y siempre vuelve a algún lugar. En este trabajo, consumo es referido principalmente como evaporación del agua utilizada (agua perdida o retenida por alguna razón en algún lugar como en las plantas, en las manos, cabello, piso, productos, bienes, entre otros) o se incorporan al producto. La HH se centra en el consumo de agua. El consumo de agua se da inmediatamente después de su uso. Como se observa en la figura 1, el agua se utiliza o usa, seguidamente el agua se distingue entre consumo o salida.

TABLA N° 01: DIFERENCIA ENTRE USO Y CONSUMO DE AGUA



Fuente: *Elaboración propia basada en fuente de WWF. Perú (2013)*

1.3.8. Agua virtual

El concepto de HH está íntimamente ligado al de agua virtual. El agua virtual fue un concepto acuñado en 1993 por John A. Allan, un investigador del King's College de Londres. Se entiende como lo virtual opuesto a lo real o tangible (que se puede ver), que es el total de agua requerida para producir, empacar y transportar todo lo que consumimos como bienes, productos o para posibilitar un servicio. Un ejemplo simple está en la manzana. Para que esta fruta haya pasado por todo un proceso de producción y llegue al consumidor, se ha necesitado un promedio de 70 litros de agua (como se observa en la tabla 1). Esta cantidad de agua toma en cuenta el agua para el riego agrícola que la manzana requirió para su crecimiento, el agua que se necesitó para su transporte hasta el consumidor. Esta cuantía de agua puede ser variable, lo que va a depender del lugar, y las condiciones en las que el producto se elaboró. Cuando uno posee un bien (un alimento o prenda de vestir), el agua que se requirió para producir el mismo bien no está contenida en ese producto. Por eso al agua virtual también se le conoce como agua invisible. En general, no es conocido que los bienes o productos consumidos han requerido gran cantidad de agua para llegar a su resultado final, mucha más que la que vemos al consumirla. Se tiene un promedio de agua virtual mostrado en la tabla 1 que se ha utilizado para algunos alimentos (Suizagua, 2012).

TABLA N° 02: CONTENIDO DE AGUA VIRTUAL

Fuente: *Elaboración propia basada en fuente de WWF. Perú (2013)*

PRODUCTO	CONTENIDO VIRTUAL DE AGUA (LITROS)
Una manzana (100 g)	70
Una rebanada de pan (30 g)	40
Una hamburguesa (150 g)	2400
Una taza de café (125 ml)	140
Una vaso de leche (200 ml)	200
Un par de zapatos (cuero)	8000
Una hoja de papel A4 (80 g/m ²)	10
Un microchip (2 g)	32

Es pertinente aclarar que, aunque los conceptos puedan parecer muy similares, agua virtual y HH son diferentes. La HH es una noción más amplia que engloba al concepto de agua virtual. El agua virtual o también conocido como el “agua invisible” vendría a entenderse también como agua de consumo humano que se ocupa solo de las Huellas Verde y Azul. Por su parte, la HH es un indicador de consumo de agua que estudia los tres componentes de esta: las Huellas Verde, Azul y Gris (Hoekstra y Mekonnen, 2012). Entonces, volviendo al ejemplo de la manzana, los 70 litros señalados en la tabla 1 no incluyen lo que viene a ser la Huella Gris, esto es el agua que se requirió para absorber los contaminantes generados en su crecimiento y transporte hacia los lugares donde el consumidor la conseguirá.

1.3.9. Huella Hídrica

Según la WWF Perú (2013) Definida como el volumen de agua dulce general gastada o degradada al interior del territorio nacional, como derivación de las actividades de los diferentes sectores de la economía.

1.3.10. Huella directa en indirecta del agua

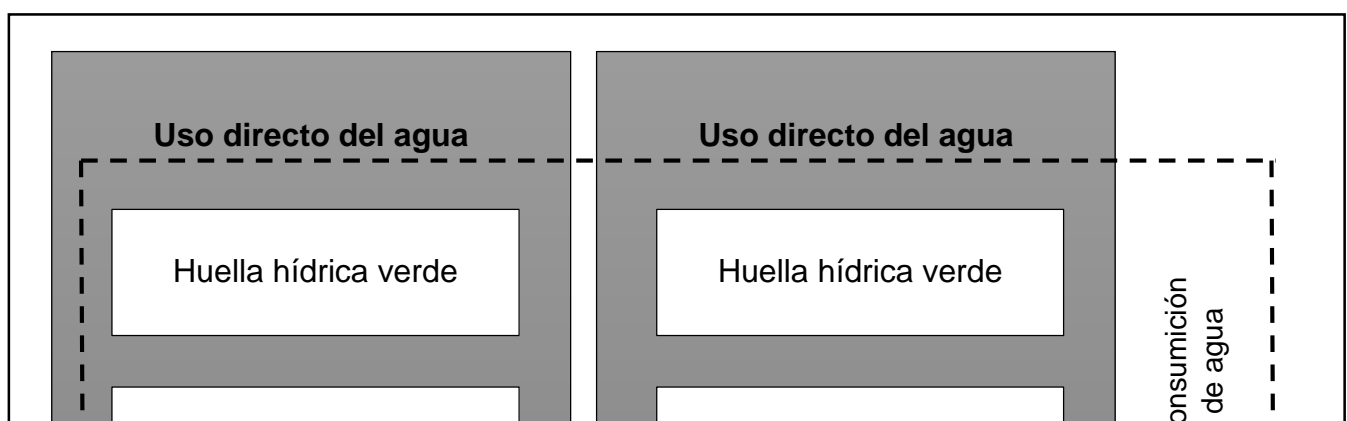
El consumo de agua se divide en dos: la Huella Directa y la Huella Indirecta. La Huella Directa es el consumo del agua que se ve correr ante los ojos, en el aseo personal, en la limpieza general, al cocinar, lavar platos, regar, o simplemente beberla (Araneda et al, 2013). Es el agua de uso doméstico que se consume en el uso de los servicios higiénicos o en los jardines. La Huella Indirecta es la mayor parte de agua consumida, pero no hay conciencia de ello. Cuando se consume un alimento, se adquieren prendas de vestir o se toma una taza de café, fue

necesario un determinado volumen para la elaboración o fabricación de esos productos o servicios. Al considerar solo el consumo de agua directa o que es visible, los consumidores ignorarán que la mayor parte del agua que consumen está asociada a los productos que ellos adquieren, no al agua que es observable al consumirla (Hoekstra et al., 2009).

Está considerado que la Huella Directa representa un 4%, entonces se deduce que la Huella Indirecta significa un 96% del consumo humano total (Mendoza et al., 2014).

Por lo tanto, en síntesis se refiere al uso directo de agua, por ejemplo, el agua que se utiliza en procesos de elaboración cuando se fabrica un producto de algodón. Asimismo, se refiere al uso indirecto de agua a lo largo de toda la cadena de suministro, por ejemplo, el agua que se necesita para hacer crecer el algodón usado en la fabricación del producto. Por lo general, estos requisitos indirectos de agua son mucho mayores que los requisitos de agua directos.

TABLA N° 03: HUELLA HÍDRICA DE UN PRODUCTO O CONSUMIDOR



Fuente: *Elaboración propia basada en fuente de WWF. Perú (2013)*

A continuación, se explica cada tipo de agua, de donde proviene cada componente de la HH:

1.3.10.1. Agua verde

Es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad, siempre y cuando no se convierta en escorrentía y se añada a las aguas subterráneas, esto es que se mantenga en el suelo o su superficie o la vegetación. Esta agua almacenada es la parte de la precipitación que se evaporará o que transpiran las plantas. (Hoekstra et al., 2010). Genera la Huella Verde.

1.3.10.2. Agua azul

Denominada así a la que se encuentra en los cuerpos de agua superficial y subterráneos (ríos, lagos y acuíferos). Es en estas fuentes del ciclo hidrológico que la humanidad ha tratado de modificar para su provecho construyendo estructuras como canales y presas. En algunos casos se requiere de infraestructura para el almacenamiento y distribución de esta agua para así llegar

a los usuarios, razón por la cual se conviene un determinado precio por estos servicios. (MINAGRI, 2015). Origina la Huella Azul.

1.3.10.3. Agua gris

Es el volumen de agua requerido para diluir o asimilar contaminantes hasta que se considere agua aceptable para estándares locales de calidad de agua. Es decir, el agua contaminada. Este volumen no es real, su cálculo se efectúa para determinar la cantidad necesaria para diluir cierto tipo de contaminante. Genera la Huella Gris.

Además de estos colores de agua, se deben tomar en cuenta y evaluar impactos locales en tiempo y espacio de la extracción del agua, si es que se da un retorno y la calidad de este al ciclo hidrológico, las condiciones de escasez o estrés hídrico actuales en el lugar, los usos locales de agua y el acceso a la población del recurso (WWF México, 2012).

Según la WWF Perú (2013), Consiste en dos tipos: la huella hídrica interna y externa del consumo nacional.

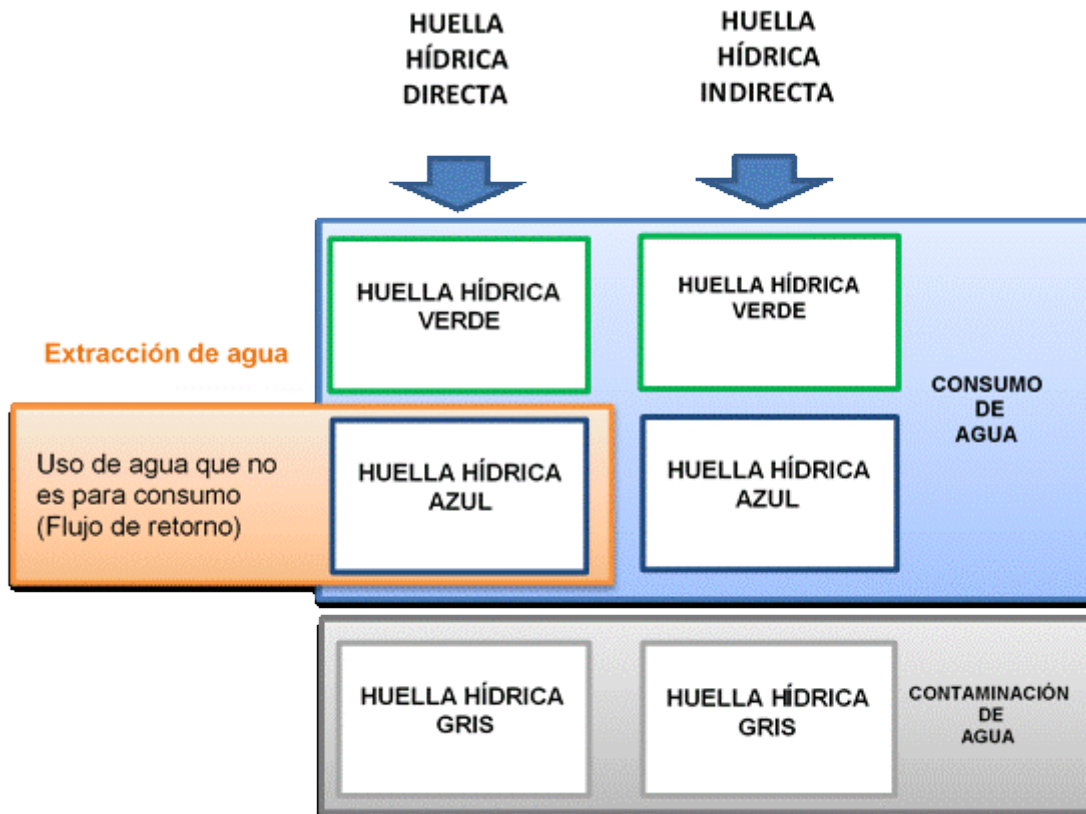
1.3.11. La huella hídrica interna

Se define como el uso de recursos hídricos nacionales para producir bienes y servicios consumidos por la población del país. Es el resultado de la huella hídrica dentro del país, menos el volumen de la exportación de agua virtual a otros países relacionados con la exportación de productos producidos con recursos hídricos nacionales.

1.3.12. La huella hídrica externa

Se define como el volumen de recursos hídricos usado en otros países para producir bienes y servicios consumidos por la población en el país que está bajo consideración. Es igual a la importación de agua virtual al país menos el volumen de exportación de agua virtual a otros países como resultado de la reexportación de productos importados.

TABLA N° 04: COMPONENTES DE UNA HUELLA HÍDRICA



Fuente: *Elaboración propia basada en fuente de WWF. Perú (2013)*

Por lo general, el sector agrícola es el que más agua usa, con grandes volúmenes de uso de agua verde y azul, dependiendo de la disponibilidad de agua y patrones de precipitación. Siendo el mayor contribuyente a la huella hídrica de este sector la producción de cultivos. La huella hídrica de un cultivo principal se calcula como el índice del volumen de agua requerido para hacer crecer el cultivo hasta su cosecha:

$$\text{HH (m}^3\text{/ton)} = \text{Uso de agua para el cultivo (m}^3\text{/ha)} / \text{Rendimiento del cultivo (ton/ha)}.$$

La huella hídrica azul y verde total de un cultivo se define como sigue:

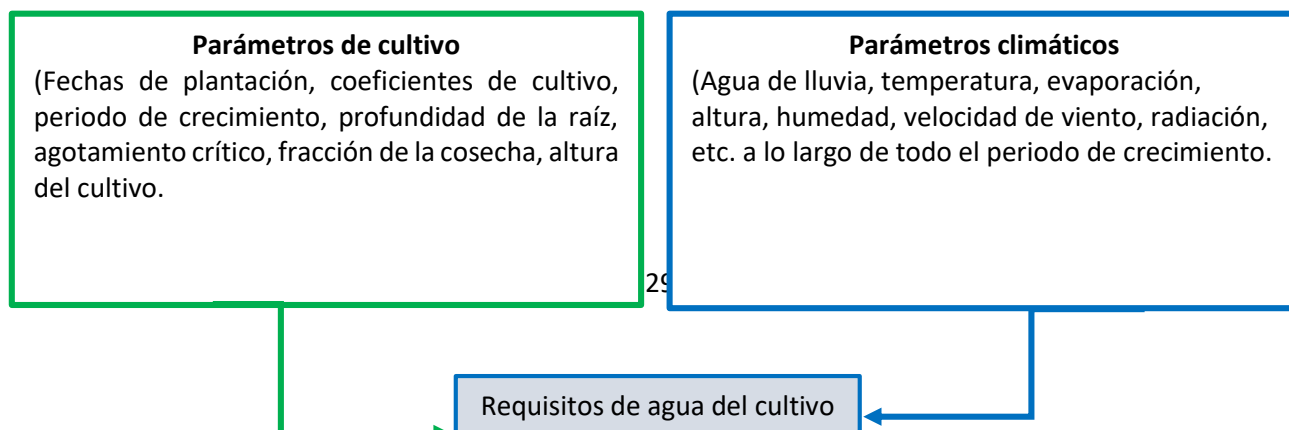
- **Uso de agua verde (m³/ha):** Es la evapotranspiración de agua del suelo derivada de la lluvia (agua utilizada por la planta que deriva de agua del suelo y que es devuelta a la atmósfera a través de la evapotranspiración).

- **Uso de agua azul** (m³/ha): Es la evaporación del agua de riego de la tierra de cultivo.

El uso de agua para el cultivo (el numerador en la fórmula) está influenciado por el tipo de cultivo que se ha plantado y el entorno climático donde se cultiva. Estos dos factores pueden ser agrupados de manera general en Parámetros de Cultivo y Parámetros 13 Climáticos. Una vez que se conoce el tipo de cultivo y el lugar donde se está cultivando se puede calcular los requisitos de agua (por ej., el volumen óptimo de agua requerido por el cultivo, que consumirá a través de evapotranspiración a medida que crece). El agua para el cultivo se obtiene ya sea de la lluvia o por riego. Si se sabe dónde se da el cultivo se puede conocer el promedio de lluvia en ese lugar, al mismo tiempo que se puede calcular el volumen complementario de agua de riego (si fuese necesario) que requiere el cultivo y compararlo con el volumen de agua de riego que recibe. Una vez que se conoce la cantidad de lluvia y de riego, puede calcularse el uso de agua verde y azul que requerirá el cultivo.

La cosecha (el denominador en la fórmula) está influenciada por factores tales como fertilizantes, estructura del suelo y otros, así como por el riego (si fuese el caso) y la eficiencia del mismo. Al ser la huella hídrica el ratio de uso de agua para el cultivo hasta la cosecha, es, por lo tanto, una medida de la eficiencia productiva del agua. Sin embargo, permite diferenciar entre uso de agua verde (uso de agua de lluvia) y uso de agua azul (uso de agua superficial). Como resultado, por lo general se observa una mayor huella hídrica en zonas más calientes (donde la evapotranspiración es mayor) y cuando las cosechas de cultivos son menores. En zonas más frías y cosechas más altas se obtendrán huellas hídricas menores.

TABLA N° 05: PASOS PARA CALCULAR LA HUELLA HÍDRICA DE UN CULTIVO



Fuente: *Elaboración propia basada en fuente de WWF. Perú (2013)*

TABLA N° 06: COMPOSICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA AZUL Y VERDE

CARACTERÍSTICAS	AGUA AZUL	AGUA VERDE
FUENTES	Ríos, lagos, reservorios, represas, estanques, acuíferos	Agua que se almacena en suelos no saturados y que puede ser absorbida por las raíces de las plantas.
MOVILIDAD	Altamente móvil	Altamente inmóvil

SITUACIÓN DE FUENTES	Posible	Imposible
USOS COMPETITIVOS	Muchos	Pocos
ESTRUCTURA PARA ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	Requerida	No requerida
COSTO DE USO	Alto	Bajo

Fuente: Elaboración propia basada en fuente de WWF. Perú (2013)

- **Huella hídrica gris:** En contraste con las huellas hídricas verde y azul, la huella hídrica gris es un indicador de implicaciones de la calidad del agua y no representan cantidades físicas de agua. En ese sentido, la huella hídrica gris es el volumen teórico de agua dulce que se requerirían para diluir o asimilar una carga de contaminantes en base a concentraciones en el entorno natural y estándares de calidad de agua del ambiente.

1.3.13. Huella hídrica total de cultivo

El programa CROPWAT ha sido utilizado en diversos estudios de Huella hídrica a nivel mundial, siendo la principal utilidad la cuantificación del requerimiento de agua de los cultivos que pueden ser por efecto de la precipitación o por un sistema de riego a través de datos meteorológicos, edáficas balance hídrico diario del suelo y del propio cultivo.

La huella hídrica total del cultivo se determinó mediante la suma de todos sus componentes:

$$HH_{total} = HH_{azul} + HH_{verde} + HH_{gris} \left(\frac{volumen}{masa} \right) \dots (1)$$

El método es aplicable a cultivos anuales y permanentes.

La huella hídrica esta expresada en unidades de volumen de agua por unidad de masa (m³/ton).

1.3.14. Requerimiento de agua azul y verde de los cultivos

El programa CROPWAT presenta el requerimiento de agua verde como la precipitación efectiva, la cual corresponde al agua de lluvia que es realmente utilizada por el cultivo, desde la siembra hasta la cosecha.

El requerimiento de agua azul (CWR_{azul}) se refiere a la diferencia entre el requerimiento de agua del cultivo y la precipitación efectiva; para lo anterior, si la diferencia es menor o igual a 0 se tiene que no hay huella hídrica azul.

Para seguir el patrón del cálculo de la huella hídrica, se consideró 3 variables:

- **Clima:** Se analiza las condiciones atmosféricas que se encuentran entorno al cultivo y su influencia de manera directa o indirecta sobre el desarrollo y productividad de las plantas cultivadas
- **Cultivo:** Son considerados los patrones y coeficientes de los cultivos tales como las fechas de siembra y cosechas que son obtenidas a través de la información adquirida por el administrador de la chacra.

1.3.14.1. Coeficiente de cultivo (K_c)

El coeficiente de cultivo dependerá del tipo de cultivo y fase de desarrollo. El método más aplicado para el cálculo del coeficiente de cultivo es el de la FAO. Para este método se fijan tres valores para las cuatro fases de desarrollo del cultivo.

- **Profundidad radicular:** Es el espacio en que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos definiendo la capacidad del cultivo para aprovechar la reserva de agua del suelo. Los valores fueron obtenidos por el administrador de la chacra.
- **Fracción de agotamiento crítico (p):** Estos valores se expresan como una fracción del agua disponible total (ADT), en general, varían entre 0,4 y 0,6.
- **Factor de respuesta de la productividad del cultivo (K_y):** La FAO (2006) presenta valores de K_y que son específicos para cada cultivo y pueden variar durante la etapa de crecimiento del mismo.
- **Suelos:** Estudio general de los suelos y zonificación de las tierras de la provincia de Huánuco – Chaglla.
- **Agua Disponible Total (ADT):** Representa la cantidad total de agua disponible para el cultivo, se expresa en (mm/m) y se define como la

diferencia en el contenido de humedad del suelo entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP).

- **Tasa máxima de infiltración:** Representa la lámina de agua que puede infiltrarse en el suelo en un periodo de 24 horas y tiene el mismo valor que la conductividad hidráulica del suelo a saturación (FAO, 2006).

1.3.15. Agua virtual, huella hídrica verde y azul

La huella hídrica verde de un cultivo se calcula como el requerimiento de agua verde del cultivo (CWUverde) en m³/ha dividido por el rendimiento del cultivo (Y) en ton/ha para obtener un valor en m³/ton. De manera similar se calcula la huella hídrica azul o contenido de agua virtual azul. A continuación se muestran las ecuaciones para el cálculo de la HH verde y HH azul respectivamente.

$$HH_{verde} = 10x \frac{CWU_{verde}}{y} \left(\frac{volumen}{masa} \right) \dots (2)$$

$$HH_{azul} = 10x \frac{CWU_{azul}}{y} \left(\frac{volumen}{masa} \right) \dots (3)$$

El factor 10 convierte la profundidad del agua en mm a volúmenes de agua de superficie en m³/ha.

La huella hídrica total en m³ por año se obtiene multiplicando el contenido de agua virtual en m³/ton por la producción total en toneladas del cultivo, analizado en un año, mes o periodo deseado.

1.3.16. Agua virtual, huella hídrica gris

La huella hídrica gris hace referencia a la contaminación del agua a causa de la aplicación de fertilizantes y pesticidas.

Para el cálculo de la huella hídrica gris se divide la cantidad de fertilizante aplicado (L en kg/ha), entre la concentración máxima permitida (kg/m³) y la concentración natural (kg/m³):

$$CWU_{gris} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \left(\frac{volumen}{masa} \right) \dots (4)$$

Dónde:

L: Cantidad de fertilizante empleado.

C_{max}: Concentración máxima permitida

C_{nat}: Concentración natural

El valor obtenido en el cálculo anterior corresponde a la HH gris de un producto agrícola en una hectárea cultivada; sin embargo, es necesario dividir este valor por el rendimiento del cultivo (ton/ha). De esa manera, se obtiene la cantidad de m³ de agua que se requieren, por tonelada de producto agrícola.

$$HH_{gris} = \frac{CWU_{gris}}{y} \left(\frac{volumen}{masa} \right) \dots (5)$$

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

- ¿Cómo la simulación prospectiva determina eficazmente la huella hídrica de los cultivos de papa amarilla “Solanum Phureja” y maíz choclo “Zea Mays” del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018?

1.4.2. Problema específico

- ¿Qué características de los cultivos influirán en la simulación prospectiva para determinación de huella hídrica del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018?

- ¿Qué tipo de tecnologías influirá en la simulación prospectiva para determinar la huella hídrica del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018?

1.5. Justificación del estudio

Actualmente en nuestro país la mayor parte de estudios referente a la huella hídrica de cultivos se encuentran basadas en datos internacionales, del cual se tiene datos referenciales aplicados para cada cultivo. No se cuenta con mucha información ni registro de huella hídrica de estos cultivos en esta provincia lo que motivó la presente investigación. Es decir, existe un gran vacío de información referente a este tema a nivel nacional.

En nuestro país el uso del recurso hídrico aplicado en los cultivos se tiene poca información y la utilización excesiva de éste hace que se vea afectado a la población y la productividad; es por ello que la presente investigación se enfocó en determinar la evaluación de la simulación prospectiva de la huella hídrica mediante el software cropwat de los cultivos de la papa amarilla y el maíz choclo en el distrito de Chaglla, departamento de Huánuco.

La información obtenida se creará una base de datos para buscar estrategias alternativas, para así dar una mejor y eficiente asignación de los recursos y del mismo modo, gestionar productividades superiores con el uso de los recursos hídricos encaminados a la sostenibilidad del consumo de agua y cumplimiento de los objetivos del milenio, por ello es relevante realizar un análisis del sector agrícola y los cultivos específicos donde se presente los aspectos sociales y ambientales que se generan en la actividad económica en el proceso productivo relacionada con los cultivos del distrito de Chaglla.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- La aplicación de la simulación prospectiva determina eficazmente la huella hídrica de los cultivos de la papa amarilla “Solanum Phureja” y el maíz choclo “Zea Mays” del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018.

1.6.2. Hipótesis específicas

H₀: Las características climatológicas de los cultivos de la papa amarilla “Solanum Phureja” y el maíz choclo “Zea Mays” influyen en la simulación prospectiva para la determinación de huella hídrica del distrito de chaglla, departamento de Huánuco, 2018.

H₁: La papa amarilla “Solanum Phureja” y el maíz choclo “Zea Mays” tienen un porcentaje elevado de huella hídrica en el distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

- La evaluación de la simulación prospectiva mediante el software cropwat determina eficazmente la huella hídrica de los cultivos de papa amarilla “Solanum Phureja” y maíz choclo “Zea Mays” del distrito de chaglla, departamento de Huánuco, 2018.

1.7.2. Objetivos específicos

- Comprobar que las características climatológicas influyen en la determinación de la huella hídrica del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018.
- Demostrar que en los cultivos de la papa amarilla “Solanum Phureja” y el maíz choclo “Zea Mays” hay un porcentaje elevado de huella hídrica en el distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Por su tipo: La presente investigación es del tipo descriptivo y correlacional. Se dice que es descriptivo porque se detallará el procedimiento para obtener la Huella Hídrica; Además permitirá obtener conocimientos y

resultados reales para su posterior estudio en la conservación del recurso hídrico y uso eficiente del agua en el distrito de Chaglla, departamento de Huánuco.

Como el tipo de investigación que “asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Hernández, Fernández y Baptista, 2007). Este estudio es correlacional debido a que se busca encontrar la relación entre las simulaciones prospectivas y la determinación de la huella hídrica.

2.1.2. Por su diseño: El trabajo de investigación sigue un diseño correlacional, este tipo de estudio está interesado en conocer las variables que afectan al momento de calcular la Huella Hídrica. “... conocer el conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación.” (Hernández, Fernández y Baptista, 2007).

2.1.3. Por su alcance: El presente trabajo de investigación se realizará en un periodo de tiempo de 3 meses aproximadamente desde los meses de enero hasta marzo, desde la recolección de datos hasta la simulación en el software CROPWAT.

2.2. Variables, operacionalización.

2.2.1. Variables

- **Variable Independiente (X):** Simulación Prospectiva de la Huella Hídrica
- **Variable Dependiente (Y):** Cultivo de la papa amarilla y maíz choclo

SIMULACIÓN PROSPECTIVA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN LOS CULTIVOS DEL DISTRITO DE CHAGLLA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO.

Cuadro de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escalas
Independiente				Cantidad	Unidad

Simulación prospectiva de la Huella Hídrica	Se define como un indicador para cuantificar el consumo de agua para producir bienes y servicios, buscando un valor que pudiera reflejar el impacto del consumo humano en los recursos globales de agua dulce (Hoekstra y Hung, 2002; 2005).	Se tomará datos meteorológicos del SENAMHI para obtener la huella hídrica mediante el software cropwat.	Tipología de los modelos	Humedad Relativa	Modelo
				Tiempo	Meses
			Escenarios propuestos	Papa amarilla	Unidad (m ³ /ton)
				Maíz choclo	
Dependiente	Se define como la práctica de sembrar semillas en la tierra y realizar las labores necesarias para obtener frutos de las mismas (Minagri, 2015).	Se obtendrá de los resultados del cropwat.	Consumo de agua por el cultivo	Inundación	m ³ /ton
Cultivo de la Papa amarilla y el Maíz choclo				Precipitación	mm/día
				Volumen	m ³
				Humedad del suelo	gr
			Agua en la planta	ml	

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

2.3. Población y muestra

- **Población:** La precipitación del distrito de chaglla, tiende a tener por lo menos en un día mojado 1 milímetro; las probabilidades de días mojados varía considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura entre 5 a 9 meses con una probabilidad máxima de un día mojado de 41%, y la temporada seca varía entre 5 a 1 mes con una probabilidad mínima de un día mojado de 7%. La temporada de lluvia dura 11 meses, con una acumulación total promedio de 89 mm.

TABLA N° 07: COSECHA DE CULTIVOS EN HECTÁREAS

CULTIVO	VARIABLE	TOTAL EJECUTADO
ARVEJA GRANO SECO	Cosechas (ha.)	44.00
ARVEJA GRANO VERDE	Cosechas (ha.)	150.00
CACAO	Cosechas (ha.)	62.00
CAFE	Cosechas (ha.)	1,474.00
CALABAZA	Cosechas (ha.)	8.00
FRIJOL GRANO SECO	Cosechas (ha.)	160.00
FRIJOL GRANO VERDE	Cosechas (ha.)	277.00
GRANADILLA	Cosechas (ha.)	3.00
HABA GRANO VERDE	Cosechas (ha.)	215.00
MAIZ AMARILLO DURO	Cosechas (ha.)	1,063.00
MAIZ AMILACEO	Cosechas (ha.)	375.00
MAIZ CHOCLO	Cosechas (ha.)	647.00
MELOCOTONERO	Cosechas (ha.)	11.00
OCA	Cosechas (ha.)	7.00
OLLUCO	Cosechas (ha.)	7.00
PALTO	Cosechas (ha.)	30.00
PAPA	Cosechas (ha.)	991.00
PAPA AMARILLA	Cosechas (ha.)	32.00
PLATANO	Cosechas (ha.)	1,356.00
QUINUA	Cosechas (ha.)	0.50
TRIGO	Cosechas (ha.)	8.00
YUCA	Cosechas (ha.)	644.00
ZANAHORIA	Cosechas (ha.)	11.00
ZAPALLO	Cosechas (ha.)	15.00

Fuente: *Elaboración propia basada en fuente de FAO (2013).*

- **Muestra:** Para el estudio, se tomó muestras representativas de la población objetivo. El tipo de muestreo a utilizar se denomina “muestreo aleatorio simple”. Según RAE, “Parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa de él”

Se considerará dos cultivos diferentes como muestra tomándose una hectárea de cada cultivo.

TABLA N° 08: TIPOS DE CULTIVOS

TIEMPO	PAPA AMARILLA	MAIZ CHOCLO
Enero	0	6.00
Febrero	0	3.00
Marzo	0	2.00
Abril	0	1.00
Mayo	0	0
Junio	0	0
Julio	0	0
Agosto	0	2.00
Septiembre	0	1.00
Octubre	5.00	0
Noviembre	20.00	0
Diciembre	7.00	0

Fuente: *Elaboración propia basada en fuente de FAO (2013).*

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La normativa que se va a utilizar en esta investigación es la ISO 14046:2014. Esta Norma Internacional proporciona los principios, los requisitos y las directrices para realizar e informar de una evaluación de huella de agua única o individual, o como parte de una evaluación ambiental más integral.

R.J. N° 246-2015-ANA: Norma que promueve la Medición Voluntaria de la Huella Hídrica.

D.S. N°743 de Chile, Fija tablas de equivalencia entre caudales de agua y usos que reflejan las “Fija tablas de equivalencia entre caudales de agua y usos que reflejan las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas “Prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas”

ETAPAS	TECNICAS	INSTRUMENTOS	VALIDEZ
Observación y exploración	Observación	Guía de observación	ISO 14046
Investigación Referencial		Registros anecdóticos	

Ingreso de datos al software CROPWAT	Sesión de grupo	Cuestionario matriz de información	validez de contenidos (Especialistas)
Resultados			

- **Etapa de muestreo y recolección de datos del Software**

Etapa 1: Observación y exploración

Se identificó la chacra con los cultivos (papa amarilla “Solanum Phureja” y maíz choclo “Zea Mays”), para delimitar el área de estudio con GPS para determinar la cantidad de expansión de los cultivos (Ha).

Se revisó los datos históricos examinando las operaciones pasadas y presentes del sitio ofreciendo un panorama sobre una posible contaminación existente.

Etapa 2: Investigación referencial

En el presente trabajo se obtendrá datos de meteorológicos obtenidos por el SENAMHI, para su posterior aplicación en el programa de simulación de la huella hídrica.

La muestra del suelo se realizó en un área delimitada de 40x90 con una profundidad de 5cm con la ayuda de una pala (el área sin cubierta vegetal y todo material que impida realizar la muestra). Para el almacenamiento de la muestra tomada se utilizó bolsa cipro y para su transporte se utilizó un cooler para que no presente alteraciones en camino al laboratorio.

Se tomó muestras de los cultivos para determinar el porcentaje de humedad que fueron llevados al laboratorio.

Etapa 3: Ingreso de datos del software CROPWAT

Se introduce los datos meteorológicos obtenidos para determinar el requerimiento de riego, la cantidad de agua que se necesita para satisfacer la demanda de agua de los cultivos, almacenamiento de agua en el suelo entre otros, para determinar el grado de huella hídrica existente del sitio.

Etapa 4: Resultados

Los datos obtenidos por el software cropwat serán analizados para determinar el porcentaje de la huella hídrica por cultivo, así mismo los componentes de la huella hídrica son claves para analizar la obtención del recurso.

- Instrumentos de recolección de datos

El instrumento: Software cropwar – Huella hídrica fueron validados por profesionales de la carrera de ingeniería civil, ingeniería de minas e ingeniería ambiental (véase anexos N° 05, 06 y 07)

- Ingeniero Civil: Alejandro Parraga Rodríguez
- Ingeniero de Minas: Javier Hernán Rodríguez Villegas
- Ingeniero Ambiental: Jaime Orlando Guevara Muñoz

TABLA N° 09: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

EXPERTOS EN EL TEMA	N° DE COLEGIATURA	PROMEDIO DE PORCENTAJE DE VALORACIÓN	VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
Alejandro Parraga Rodríguez	50194	85%	ACEPTABLE
Javier Hernán Rodríguez Villegas	47507	95%	ACEPTABLE
Jaime Orlando Guevara Muñoz	125399	95%	ACEPTABLE

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

TABLA N° 10: CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
1,000	10

Se efectuó el alfa de cronbach para la validación del instrumento, del cual se obtuvo 1.00, lo que significa que los instrumentos son confiables.

2.5. Métodos de análisis de datos

Para la siguiente investigación se tomaron los siguientes datos en campo:

La Temperatura, velocidad del viento (m/s), humedad relativa (Rh), ubicación del lugar de estudio en coordenadas UTM, procesados a través de cuadros de Excel 2018.

El análisis fue realizado por variable generándose tablas y graficas con el programa cropwat.

2.6. Aspectos éticos

Las consideraciones éticas que se tomaron en la presente investigación son las siguientes:

- No se realizará ningún tipo de copia o plagio de alguna investigación, sin antes no mencionar el autor y año de la publicación correspondiente.
- No se manipulará los resultados, quedará como evidencia los informes asignados en el proceso.

- Se contará con la fiabilidad de los resultados, ya que serán emitidos mediante un informe del laboratorio acreditado y firmado por un representante.

III. RESULTADOS

3.1. CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE LA PAPA AMARILLA Y EL MAÍZ CHOCLO

Se empleó el software CROPWAT para el cálculo de los requerimientos de agua y de riego de los cultivos teniendo como base datos climatológicos existentes, además permite determinar la evapotranspiración del cultivo que se va a trabajar. En este caso en la papa amarilla y el maíz.

En la tabla *N° 09* se *muestran* los datos meteorológicos de la zona en estudio que es producto de aplicado el software.

**TABLA N° 11: DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN DE
CHAGLLA APLICADOS EN EL SOFTWARE CROPWAT**

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Users\vladimirmarlon\Desktop\CHAGL...

País PERÚ Estación CHAGLLA

Altitud 1860 m. Latitud 9.90 °S Longitud 75.75 °W

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	12.7	26.7	64	1.2	5.3	18.2	3.98
Febrero	12.4	26.4	66	1.0	4.6	17.1	3.69
Marzo	12.5	25.6	66	1.0	5.4	17.9	3.67
Abril	12.3	26.4	63	1.0	6.0	17.4	3.58
Mayo	9.8	26.6	64	1.2	6.8	16.9	3.44
Junio	9.0	25.8	56	1.2	7.0	16.3	3.30
Julio	8.4	25.7	56	1.2	7.0	16.6	3.33
Agosto	9.7	26.6	65	1.2	7.1	18.2	3.61
Septiembre	11.1	26.9	59	1.3	6.3	18.6	3.98
Octubre	12.2	27.1	59	1.2	5.8	18.8	4.06
Noviembre	12.9	27.8	58	1.2	6.0	19.3	4.24
Diciembre	13.2	27.2	60	1.2	5.7	18.8	4.14
Promedio	11.3	26.6	61	1.2	6.1	17.8	3.75

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

3.2. REQUERIMIENTO DE AGUA AZUL Y VERDE DE LOS CULTIVOS

- **CLIMA:** La información obtenida de la estación de chaglla, los datos fueron ingresados al programa para realizar su modelación de los cultivo de la Papa amarilla y maíz para el año 2018.

FIGURA N° 01: VALORES DE CLIMA DE LOS CULTIVOS APLICADOS AL SOFTWARE CROPWAT

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	12.7	26.7	64	1.2	5.3	18.2	3.98
Febrero	12.4	26.4	66	1.0	4.6	17.1	3.69
Marzo	12.5	25.6	66	1.0	5.4	17.9	3.67
Abril	12.3	26.4	63	1.0	6.0	17.4	3.58
Mayo	9.8	26.6	64	1.2	6.8	16.9	3.44
Junio	9.0	25.8	56	1.2	7.0	16.3	3.30
Julio	8.4	25.7	56	1.2	7.0	16.6	3.33
Agosto	9.7	26.6	65	1.2	7.1	18.2	3.61
Septiembre	11.1	26.9	59	1.3	6.3	18.6	3.98
Octubre	12.2	27.1	59	1.2	5.8	18.8	4.06
Noviembre	12.9	27.8	58	1.2	6.0	19.3	4.24
Diciembre	13.2	27.2	60	1.2	5.7	18.8	4.14
Promedio	11.3	26.6	61	1.2	6.1	17.8	3.75

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

- **Precipitación:** Para el modelamiento del CROPWAT fue necesario tomar datos de precipitación de la zona de estudio, las cuales fueron tomadas en la estación chaglla.

TABLA N° 12: PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA ESTACIÓN CHAGLLA APLICADO AL SOFTWARE CROPWAT

MESES	PRECIPITACIÓN	PRECIPITACIÓN EFECTIVA
	mm	Mm
ENERO	51.0	46.8
FEBRERO	65.0	58.2
MARZO	62.0	55.8
ABRIL	29.0	27.7
MAYO	10.0	9.8
JUNIO	4.0	4.0
JULIO	3.0	3.0
AGOSTO	6.0	5.9
SETIEMBRE	14.0	13.7
OCTUBRE	32.0	30.4
NOVIEMBRE	43.0	40.0
DICIEMBRE	59.0	53.4
TOTAL	378.0	348.8

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

- **Cultivo:** Se realizó los cálculos considerando las fechas de siembra; para la papa amarilla el inicio de siembra fue Mayo hasta Noviembre del 2017 y para el maíz choclo desde Junio hasta Enero del 2018.

3.2.1. Coeficiente del cultivo (kc) para el cultivo de la papa amarilla:

Las fases de crecimiento y el coeficiente del cultivo de la papa amarilla son:

- Inicial: con una duración aproximada de 30 días y coeficiente de cultivo 0,50.
- Desarrollo del cultivo: con una duración de 45 días
- Medios de temporada: duración 90 días y coeficiente de cultivo 1,05
- Fase final con 15 días de duración y coeficiente de cultivo 0,75.

- **Profundidad radicular:** Este valor fue tomado de la visita de campo realizada a la zona de estudio, teniéndose como valor 0,60 m.
- **Altura del cultivo:** Se tomó de la literatura para cada cultivo. Este dato es opcional y en caso de que no se ingrese, no se hace ajuste. La altura aproximada para este cultivo es de 0,60 m.
- **Fracción de agotamiento crítico (p):** Se expresan como una fracción del agua disponible total (ADT) y, por lo general, varían entre 0,4 y 0,6, para el caso se usó la siguiente formula. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006).

$$P_{ajustado} = p_{5mm} + 0.004(5 - ET)...(6)$$

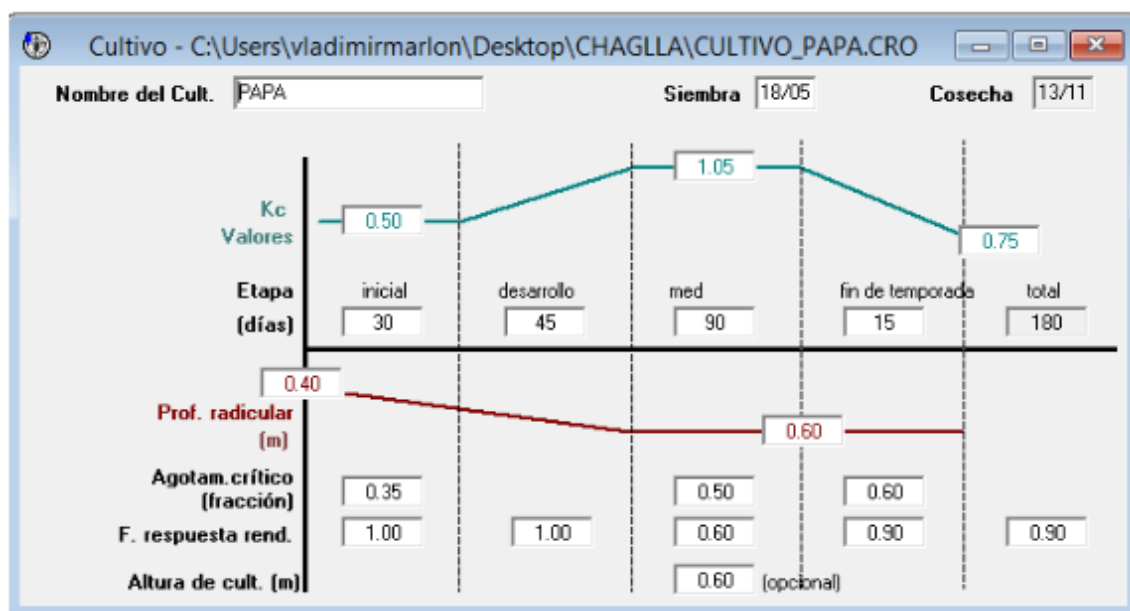
A continuación en la **tabla N° 11: Fracción de agotamiento crítico para el cultivo de la papa amarilla** se encuentran en los valores obtenidos para el cálculo de la fracción de agotamiento crítico en las etapas de crecimiento requeridos por el software CROPWAT (FIGURA N° 02).

TABLA N° 13: FRACCION DE AGOTAMIENTO CRÍTICO PARA EL CULTIVO DE LA PAPA AMARILLA

CULTIVO	E. INICIAL	E. MEDIA	E. FINAL
PAPA AMARILLA	0,35	0,50	0,60

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

FIGURA N° 02: DATOS OBTENIDOS DE LA VARIABLE DEL CULTIVO PAPA AMARILLA PARA EL SOFTWARE CROPWAT



Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

3.2.2. Coeficiente del cultivo (kc) para el cultivo del maíz choclo

Las fases de crecimiento y el coeficiente del cultivo del maíz choclo son:

- Inicial: con una duración aproximada de 25 días y coeficiente de cultivo 0,30.
- Desarrollo del cultivo: con una duración de 10 días
- Mediados de temporada: duración 185 días y coeficiente de cultivo 1,20.
- Fase final con 20 días de duración y coeficiente de cultivo 0,35.
- **Profundidad radicular:** Este valor fue tomado de la visita de campo realizada a la zona de estudio, teniéndose como valor 1 m.
- **Altura del cultivo:** Se tomó de la literatura para cada cultivo. Este dato es opcional y en caso de que no se ingrese, no se hace ajuste. La altura aproximada para este cultivo es de 2 m.
- **Fracción de agotamiento crítico (p):** En la **Tabla N° 12: Fracción de agotamiento crítico para el cultivo del maíz choclo** se encuentran en

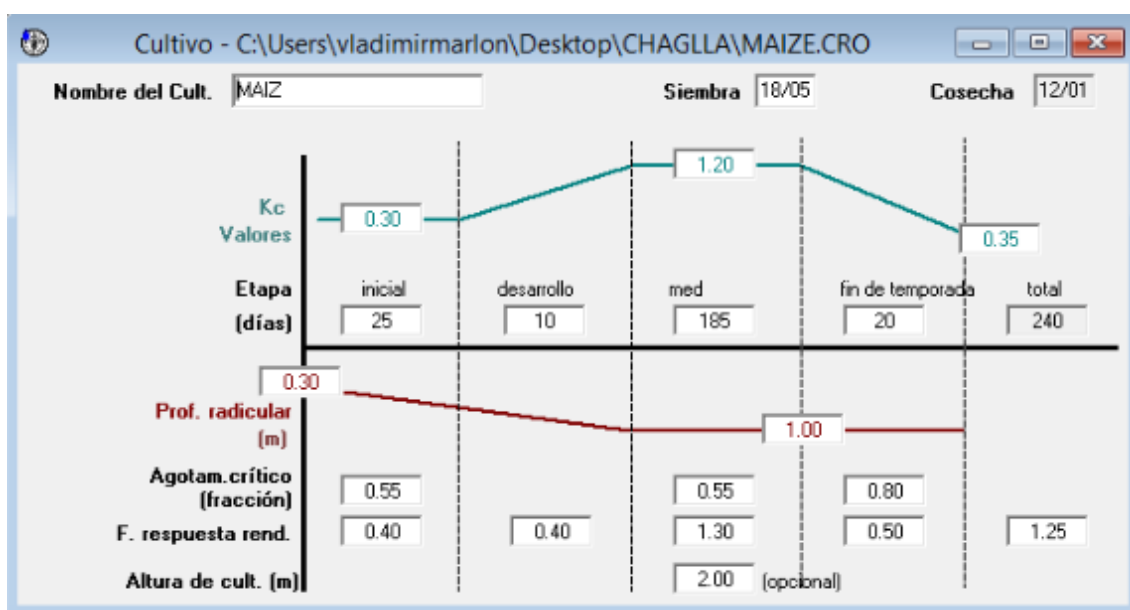
los valores obtenidos para el cálculo de la fracción de agotamiento crítico en las etapas de crecimiento requeridos por el software CROPWAT (FIGURA N° 03).

TABLA N° 14: FRACCION DE AGOTAMIENTO CRÍTICO PARA EL CULTIVO DEL MAIZ CHOCLO

CULTIVO	E. INICIAL	E. MEDIA	E. FINAL
MAÍZ	0,55	0,55	0,80

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

FIGURA N° 03: DATOS OBTENIDOS DE LA VARIABLE DEL CULTIVO MAIZ CHOCLO PARA EL SOFTWARE CROPWAT



Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

- **Suelo:** Los datos necesarios son referenciados a partir del tipo de suelo óptimo para el crecimiento de los cultivos estudiados.
- **Humedad del suelo disponible total:** El valor utilizado fue 180 mm/m ya que este corresponde a las proporciones óptimas para un suelo de tipo

rojo arcilloso, el cual de acuerdo al administrador es el recomendado para el crecimiento de este cultivo.

- **Agotamiento inicial de la humedad del suelo:** Para el cálculo de la huella hídrica de la papa amarilla y el maíz se tomó por defecto el valor de 0% debido a las características de humedad del medio.
- **Tasa máxima de infiltración de la precipitación:** El programa CROPWAT requiere éste dato en (mm/día) para lo cual se tiene como valor de referencia 30 mm/día que corresponde a un suelo red loamy.

Nombre del suelo: Red Loamy

Humedad de suelo disponible total (mm/metro): 180.0

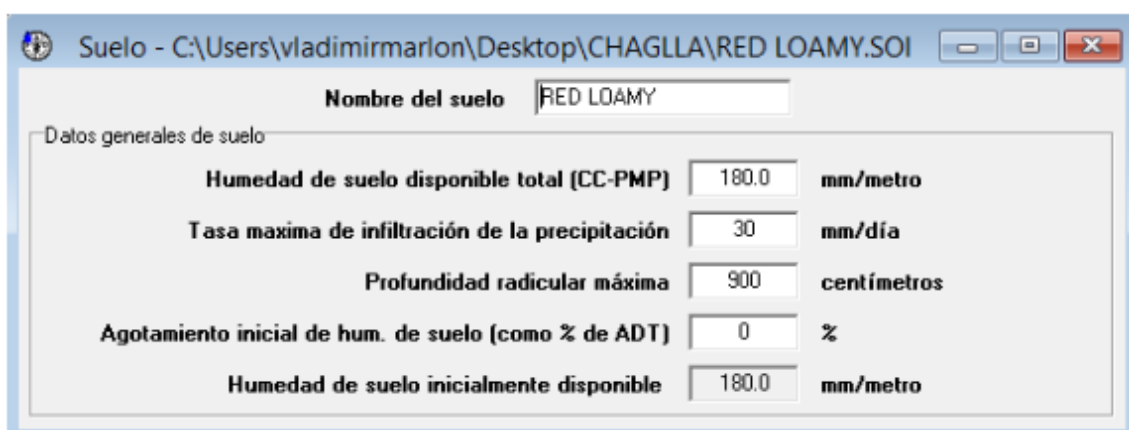
Tasa máxima de infiltración de la precipitación (mm/día): 30

Profundidad radicular máxima (centímetros): 900

Agotamiento inicial de humedad de suelo (como % ADT): 0

Humedad del suelo inicialmente disponible (mm/metro): 180.0

FIGURA N° 04: DATOS INGRESADOS DE SUELO AL SOFTWARE CROPWAT



The screenshot shows a window titled 'Suelo - C:\Users\vladimirmarlon\Desktop\CHAGLLA\RED LOAMY.SOI'. The 'Nombre del suelo' field contains 'RED LOAMY'. Below this, a section titled 'Datos generales de suelo' contains the following input fields:

Variable	Valor	Unidad
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	180.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	30	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	180.0	mm/metro

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

3.3. Agua virtual, huella hídrica verde y azul

Mediante la simulación de la relación efectiva entre los grupos de variables citados, la variable Precipitación Efectiva del módulo de programación representa el agua requerida por el cultivo y que puede ser suplida por la precipitación (ET verde) y la variable Requerimiento Actual de Riego, representa el agua que debe ser suplida a través del riego (ET azul).

- **Evapotranspiración de referencia (ET_o):** Para el cálculo del ET_o se ha utilizado los datos meteorológicos de la estación de Chaglla, departamento de Huánuco.

TABLA N° 15: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PARA EL PERIODO VEGETATIVO DEL MAÍZ CHOCLO

MESES	ET _o (mm/mes)
JUNIO	98.86
JULIO	103.08
AGOSTO	111.90
SETIEMBRE	119.43
OCTUBRE	125.83
NOVIEMBRE	127.28
DICIEMBRE	128.30
ENERO	123.35

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

TABLA N° 16: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PARA EL PERIODO VEGETATIVO DE LA PAPA AMARILLA

MESES	ET _o (mm/mes)
MAYO	106.71
JUNIO	98.86
JULIO	103.08
AGOSTO	111.90
SETIEMBRE	119.43
OCTUBRE	125.83
NOVIEMBRE	127.28

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

Para determinar la huella hídrica verde y azul es necesario determinar la evapotranspiración del cultivo, así mismo el requerimiento de agua del cultivo (FIGURA N° 05 Y FIGURA N° 06).

**FIGURA N° 05: REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVO DEL MAÍZ
CHOCLO APLICADO EN EL SOFTWARE CROPWAT**

Requerimiento de Agua del Cultivo							
Estación ETo CHAGLLA				Cultivo MAIZ			
Est. de lluvia CHAGLLA				Fecha de siembra 18/05			
Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jun	3	Med	1.20	3.96	39.6	1.1	38.6
Jul	1	Med	1.20	3.98	39.8	1.0	38.7
Jul	2	Med	1.20	3.99	39.9	0.8	39.0
Jul	3	Med	1.20	4.10	45.1	1.2	43.9
Ago	1	Med	1.20	4.21	42.1	1.5	40.6
Ago	2	Med	1.20	4.33	43.3	1.8	41.5
Ago	3	Med	1.20	4.48	49.2	2.7	46.5
Sep	1	Med	1.20	4.62	46.2	3.4	42.8
Sep	2	Med	1.20	4.77	47.7	4.2	43.6
Sep	3	Med	1.20	4.80	48.0	6.1	41.9
Oct	1	Med	1.20	4.84	48.4	8.5	39.9
Oct	2	Med	1.20	4.87	48.7	10.4	38.2
Oct	3	Med	1.20	4.94	54.3	11.4	42.9
Nov	1	Med	1.20	5.01	50.1	12.2	38.0
Nov	2	Med	1.20	5.09	50.9	13.2	37.7
Nov	3	Med	1.20	5.05	50.5	14.7	35.7
Dic	1	Med	1.20	5.00	50.0	16.9	33.1
Dic	2	Med	1.20	4.96	49.6	18.7	30.9
Dic	3	Fin	1.06	4.33	47.6	17.7	30.0
Ene	1	Fin	0.63	2.52	25.2	15.8	9.4
Ene	2	Fin	0.37	1.48	3.0	3.0	3.0
					966.9	172.4	798.3

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

FIGURA N° 06: REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVO DE LA PAPA AMARILLA APLICADOS EN EL SOFTWARE CROPWAT

Requerimiento de Agua del Cultivo							
Estación ETo CHAGLLA				Cultivo PAPA			
Est. de lluvia CHAGLLA				Fecha de siembra 18/05			
Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
May	2	Inic	0.50	1.72	5.2	0.8	5.2
May	3	Inic	0.50	1.70	18.7	2.3	16.4
Jun	1	Inic	0.50	1.67	16.7	1.8	14.9
Jun	2	Des	0.51	1.69	16.9	1.1	15.8
Jun	3	Des	0.62	2.04	20.4	1.1	19.3
Jul	1	Des	0.74	2.45	24.5	1.0	23.5
Jul	2	Des	0.86	2.86	28.6	0.8	27.8
Jul	3	Des	0.99	3.38	37.2	1.2	36.0
Ago	1	Med	1.05	3.69	36.9	1.5	35.4
Ago	2	Med	1.05	3.79	37.9	1.8	36.1
Ago	3	Med	1.05	3.92	43.1	2.7	40.4
Sep	1	Med	1.05	4.05	40.5	3.4	37.1
Sep	2	Med	1.05	4.18	41.8	4.2	37.7
Sep	3	Med	1.05	4.21	42.1	6.1	35.9
Oct	1	Med	1.05	4.24	42.4	8.5	33.9
Oct	2	Med	1.05	4.26	42.6	10.4	32.2
Oct	3	Fin	1.04	4.31	47.4	11.4	36.0
Nov	1	Fin	0.90	3.75	37.5	12.2	25.3
Nov	2	Fin	0.76	3.24	9.7	4.0	3.1
					590.2	76.4	512.0

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

- **Requerimiento hídrico de los cultivos:** La evapotranspiración del componente verde del cultivo se calcula mediante la derivación de la ecuación 2 que hace referencia a la sumatoria de la evapotranspiración, diferenciando al componente azul, en el anexo se evidencia los datos con los que se realizaron los cálculos:

$$ET_{verde} = \min(ET_c, P_{eff}) \dots (7)$$

NOTA:

En la ecuación (7) se seleccionó el valor mínimo entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva que se muestran en el anexo 1 y 2. Los resultados se evidencian en la tabla N° (requerimiento hídrico de cultivo para el componente azul y verde).

Para el cálculo de requerimiento hídrico azul, se usará la ecuación 8 en el cual establece el valor máximo entre la diferencia de la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva o 0; en la ecuación 3 se visualiza la sumatoria cada componente.

$$ET_{azul} = (0, ET_c - P_{eff}) \left[\frac{m^3}{ha} \right] \dots (8)$$

TABLA N° 17: REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVO PARA EL COMPONENTE VERDE Y AZUL DE LA PAPA AMARILLA

CWU (m³/ha)	
<i>CWU_{verde}</i>	763
<i>CWU_{azul}</i>	5130

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

TABLA N° 18: REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVO PARA EL COMPONENTE VERDE Y AZUL DEL MAÍZ CHOCLO

CWU (m³/ha)	
<i>CWU_{verde}</i>	1663
<i>CWU_{azul}</i>	7152

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

- **Rendimiento de cultivos (Ton/ha):** El rendimiento de cultivo que se utilizó para el cultivo de maíz y papa amarilla fue de 8,1 y 10,4 respectivamente. El dato se ha extraído del MINAGRI, debido que no se contaba con este dato en la chacra de mesapampa.

3.4. Huella Hídrica verde y azul

De los resultados anteriores se procede a reemplazar los valores CWU (requerimiento de hídrico) de cada componente y el rendimiento del cultivo (y) para la ecuación (2) y (3) determinado para cada cultivo (Maíz y Papa amarilla).

- **Huella Hídrica verde y azul del Maíz choclo:**

$$HH_{verde} = \frac{1663 \frac{m^3}{ha}}{8,1 \frac{ton}{ha}} = 205,30 \frac{m^3}{ton}$$

$$HH_{azul} = \frac{7152 \frac{m^3}{ha}}{8,1 \frac{ton}{ha}} = 882,96 \frac{m^3}{ton}$$

- **Huella Hídrica verde y azul de la Papa amarilla:**

$$HH_{verde} = \frac{763 \frac{m^3}{ha}}{10,4 \frac{ton}{ha}} = 73,36 \frac{m^3}{ton}$$

$$HH_{azul} = \frac{5130 \frac{m^3}{ha}}{10,4 \frac{ton}{ha}} = 493,26 \frac{m^3}{ton}$$

TABLA N° 19: HUELLAS HÍDRICAS VERDES Y AZULES PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ CHOCLO Y LA PAPA AMARILLA

	<i>CWU</i>_{verde}	<i>CWU</i>_{azul}	<i>Y</i>	<i>HH</i>_{verde}	<i>HH</i>_{azul}
	m ³ /ha	m ³ /ha	ton/ha	m ³ /ton	m ³ /ton
Maíz choclo	1663	7152	8,1	205,30	882,96
Papa amarilla	763	5130	10,4	73,36	493,26

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

3.5. Huella hídrica gris

En estos cultivos no se aplicará la huella hídrica gris debido que no se utilizan fertilizantes. Según la información obtenida por el administrador de la chacra, en toda la etapa de crecimiento del cultivo de la papa amarilla se utiliza abono vacuno, en el caso de los cultivos del maíz, no se requiere ninguno de los 2.

Huella Hídrica Total:

$$HH_{total} = HH_{verde} + HH_{azul} + HH_{gris}$$

Huella Hídrica Total del Maíz choclo:

$$HH_{total} = 205,30 \frac{m^3}{ton} + 882,96 \frac{m^3}{ton} = 1088,26 \frac{m^3}{ton}$$

Huella Hídrica Total de la Papa amarilla:

$$HH_{total} = 73,36 \frac{m^3}{ton} + 493,26 \frac{m^3}{ton} = 566,62 \frac{m^3}{ton}$$

Para el cálculo del peso porcentual de cada componente se toma como base 100% la Huella Hídrica Total por cultivo. Ver *TABLA N° 18: PESO PORCENTUAL DE HUELLA HÍDRICA*.

TABLA N° 20: PESO PORCENTUAL DE HUELLA HÍDRICA

CULTIVO	COMPONENTE	PESO PORCENTUAL %
PAPA AMARILLA	HH Verde	13
	HH Azul	87
MAÍZ CHOCLO	HH Verde	19
	HH Azul	81

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

TABLA N° 21: VALORES DE HUELLA HÍDRICA VERDE, AZUL Y TOTAL DE LOS CULTIVOS DEL PERÚ

PRODUCTO	Huella hídrica (L/kg)		
	VERDE	AZUL	TOTAL
PAPA	227	121	348
MAÍZ	2290	765	3055

Fuente: *Elaboración propia basada en datos del MINAGRI (2008 – 2012) y SENAMHI.*

TABLA N° 22: RESUMEN DE VALORES DE HUELLA HÍDRICA VERDE, AZUL Y TOTAL DE LOS CULTIVOS DEL PERÚ CON LA HUELLA HÍDRICA CALCULADOS

PRODUCTO	Huella hídrica (L/kg)					
	HUELLA HÍDRICA NACIONAL			HUELLA HÍDRICA CALCULADA		
	VERDE	AZUL	TOTAL	VERDE	AZUL	TOTAL
PAPA	227	121	348	73	493	566
MAÍZ	2290	765	3055	205	882	1088

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

IV. DISCUSIONES

De acuerdo a los estudios realizados, analizados e interpretados, podemos decir que la aplicación de la simulación prospectiva mediante el software cropwat determina eficazmente la huella hídrica de la papa amarilla y el maíz choclo.

Los resultados del cultivo del maíz choclo guardan relación con lo que sostiene LOZANO (2015), quien señala que el sector arrocero colombiano tiene más ventajas naturales, puesto que en el estudio influyeron en los resultados muchos factores positivos en la época de siembra del cultivo presentándose abundante precipitación, obteniendo como resultado final una huella hídrica buena; puesto que los resultados comparados con la norma nacional colombiana e internacional se encuentran por debajo del promedio. En éste estudio el resultado de la huella hídrica total del cultivo del maíz choclo también se encuentra por debajo de los valores de huella hídrica de los cultivos del Perú, sin embargo, los resultados del cultivo de la papa amarilla se encuentran por encima de los valores nacionales de cultivos obteniendo como huella hídrica total de 566 L/kg.

Los resultados del cultivo de la papa amarilla guardan relación con lo que sostiene LOZANO y CORTÉS (2016), quien señala en sus resultados la huella hídrica azul de 264,29 m³/t, siendo el componente de la huella hídrica total con un porcentaje del 92,64%, puesto que las condiciones climatológicas de la zona norte de Colombia se evidencia escasez de precipitación efectiva y se evidencia una mayor evapotranspiración lo que conlleva a un déficit hídrico en el cultivo, afectando directamente el crecimiento y la producción del mismo. Pero en lo que se discrepa es en que la huella hídrica total se encuentra en un rango moderado, del cual no sobrepasa la norma nacional colombiana. En este estudio el cultivo de la papa amarilla está por encima de los valores nacionales, teniendo en cuenta que en estos cultivos se emplea el tipo de riego de aspersión, y se

considera que no utilizan ningún tipo de fuente superficial o recurso hídrico potabilizado, puesto que los trabajadores agrícolas utilizan el agua de precipitación.

V. CONCLUSIONES

1. De los resultados obtenidos, se pudo determinar eficazmente la evaluación de la huella hídrica de los cultivos de la papa amarilla y maíz choclo mediante la simulación prospectiva utilizando el software cropwat, teniendo una huella hídrica total para la papa amarilla de 566,62 m³/ton y para el maíz choclo 1088,26 m³/ton.
2. Las características climatológicas influyen de manera directa, puesto que el distrito de chaglla, presenta abundante precipitaciones durante el año, siendo beneficiados por los agrícolas por el aprovechamiento del recurso hídrico, no obstante, es claro que Perú es uno de los países que se está viendo afectado por el cambio climático y que las proyecciones a futuro no son tan alentadoras, esto influye de manera directa a la productividad de los cultivos.
3. De los resultados obtenidos, se pudo determinar que el cultivo de la papa amarilla tiene un 62% más elevado de huella hídrica total que los valores de huella hídrica nacional por cultivo, sin embargo, el cultivo del maíz choclo tiene un 26%, considerándose una huella hídrica buena por estar por debajo de los valores de huella hídrica nacional.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones de diversos cultivos en otras partes del país para poder determinar la huella hídrica con nuevas líneas de investigación.
2. Plantear estrategias frente a las vulnerabilidades del factor climatológico para evitar un decaimiento en productos agrícolas.
3. Considerar el presente estudio como un indicador para analizar la magnitud del uso del agua y realizar una gestión para afrontar una escasez del recurso hídrico en un futuro, dadas por las características geográficas en diversas regiones.

VII. REFERENCIAS

- ARANEDA, Ronnie, ÁLVAREZ, Juan y ARGUDO, Geovanny. Huella hídrica (wáter Footprint) en ecuador. Revista Galileo [en línea]. 2013, N° 23. [Fecha de consulta: 05 de junio del 2018]. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29999/1/179-659-1-PB.pdf>
- Afrontar la escasez del Agua. Un marco de acción para la agricultura y seguridad alimentaria. [en línea]. Roma. FAO, 2013, n° 38. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2018]. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/018/i3015s/i3015s.pdf>
ISSN: 1020-1556
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA) (2016). *Uso consuntivo del agua*. Lima. [En línea]. Disponible en: http://wiki.ana.gob.pe/index.php?title=Uso_consuntivo_del_agua
- AGRODER (2012). *Huella Hídrica en México en el contexto de Norteamérica*. WWF México y AgroDer. México DF.
- BADII, Mohammad (2008). *La huella ecológica y sustentabilidad*. Daena: International Journal of Good Conscience [en línea]. Marzo 2008, n° 3. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2018]. Disponible en [http://www.spentamexico.org/v3-n1/3\(1\)%20672-678.pdf](http://www.spentamexico.org/v3-n1/3(1)%20672-678.pdf)
ISSN: 1870-557X
- BÓRQUEZ, Rodrigo (2010). *Huella de carbono*. Publicaciones Fundación Terram [en línea]. Enero 2010, n° 26. [Fecha de consulta: 09 de junio del 2018]. Disponible en <http://www.cambioclimaticochile.cl/pdf/adcm-a-26-huella-de-carbono-final-ok.pdf>

- CASTILLO, Mariana. Huella hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2014. Tesis (Título de licenciado/a en Geografía y Medio Ambiente). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Especialidad en Geografía y Medio Ambiente, 2014.

- Decenio Internacional para la Acción “El Agua como fuente de vida” 2005 – 2015. Departamento de asuntos económicos y sociales de las Naciones Unidas (ONU – DAES). (sin fecha). Disponible en <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/background.shtml>

- GARCÍA, Eduardo, GARCÍA, Heriberto y CÁRDENAS, Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. [en línea]. 2da edición. México: Pearson, 2013. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2018]. Disponible en <https://jrvargas.files.wordpress.com/2015/04/libro-simulacion-y-analisis-de-sistemas-2da-edicion.pdf>
ISBN: 978-607-32-1511-4

- GALLI, Alessandro; ERCIN, Ertug; WEINZETTEL, Jan; CRANSTON, Gemma (2013). *A Footprint Family extended MRIO model to support Europe's transition to a One Planet Economy*. Science of the Total Environment. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.11.071

- GALLI, Alessandro; WIEDMANN, Thomas; ERCIN, Ertug, KNOBLAUCH, Doris; EWING, Brad; GILJUM, Stefan (2012). *Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet*. Technical document. One planet Economy Network, 16. Doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.017

- HOEKSTRA, Arjen; CHAPAGAIN, Ashok; ALDAYA, Maite; MEKONNEN, Mesfin (2010). *Manual de Evaluación de la huella hídrica*. Definiendo una norma global. Water Footprint Network.

- HOEKSTRA, Arjen; MEKONNEN, Mesfin (2012). *The water footprint of humanity*. National Academy of Sciences, 109 (9).

- HOESTRA, Arjen, CHAPAGAIN, ashok, ALDAYA, Maite, MEKONNEN, Mesfin (2009). Water footprint manual: state of art. Water footprintreport.
- Huella Hídrica del sector Agropecuario del Perú [en línea]. WWF Perú, 2013. [Fecha de consulta: 14 de junio del 2018]. Disponible en http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd_007-2015-ana-dcprh_reportes_1_2_3.pdf
- Huella Hídrica en el Perú. Sector Agropecuario. *Ediciones ANA* [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 28 de mayo del 2018]. Disponible en <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/197/ANA0000013.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- LOZANO, Daniela y CORTÉS, Nicolás. Evaluación de la huella hídrica del proceso productivo del arroz (*Oryza Sativa*) en el municipio del Espinar – Tolima y su incidencia ambiental en el área de influencia. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y Sanitaria). Bogotá: Universidad de La Salle, Programa Ambiental y sanitaria, 2016.
- MEDINA, Javier y ORTEGÓN, Edgar. Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. Publicación de las Naciones Unidas [en línea]. 2006. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2018]. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5490/1/S0600190_es.pdf
ISBN: 92-1-322884-8
- MENDOZA, María, NÚÑEZ, Lorena, y PACHECO, Diana (2014). Cálculo del consumo de agua virtual y su impacto en la huella hídrica de los estudiantes de la preparatoria federal por cooperación “Lic. Andrés Quintana Roo”. Academia de ciencias de Morelos A. C. [en línea]. Setiembre 2014. N° 304. [Fecha de consulta: 25 de agosto del 2018]. Disponible en <http://acmor.org.mx/sites/default/files/304.Agua%20virtual.pdf>

- ¿Qué es el estrés hídrico? Ministerio del Ambiente. 2010. Disponible en <http://cambioclimatico.minam.gob.pe/manejo-de-la-tierra-y-el-agua/manejo-del-agua/que-es-el-estres-hidrico/>

- SÁNCHEZ, Eliana, VILLAREAL, Jeisson y TORRES, Jesús. Estimación de la huella hídrica para un cultivo de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus Megalanthus*) en Colombia. Publicaciones e investigación [en línea]. 2015, Vol. 09. [Fecha de consulta: 20 de junio del 2018]. Disponible en <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1439/1878>
ISSN: 1900-6608

- SEVILLA, Juan Carlos (2014). *Usos del agua*. Ediciones ANA [en línea]. Mayo 2014. [Fecha de consulta: 03 de junio del 2018]. Disponible en <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/2113/ANA0000932.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- SUIZAGUA, Andina Perú (2012). *Conozca más sobre la huella hídrica*. Programa global andino. Seminario internacional. COSUDE. Lima.

- TERÁN, Cesar. Determinación de la huella hídrica y modelación de la producción de biomasa de cultivos forrajeros a partir del agua en la sabana de Bogotá (Colombia). Tesis (Doctorado en ingeniería del agua y medio ambiente). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2015.

- TORRES, Alisson y PEÑA, Paola. Evaluación de la huella hídrica para el cultivo de palma de aceite en la finca villa Beatriz del municipio de la zona bananera, departamento de magdalena. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental y Sanitaria). Bogotá: Universidad de La Salle, Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, 2015.

- VENEGAS, Yuri, VERA, Lorena y TORRES, Jesús. Evaluación de la huella hídrica del Lirio Japonés (*Hemerocallis*) en Colombia.

Publicaciones e investigación [en línea]. 2014, Vol. 08. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2018]. Disponible en <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1285>

ISSN: 1900-6608

ANEXOS

ANEXO N° 01

**CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO HÍDRICO PARA EL COMPONENTE
VERDE Y AZUL DE LA HUELLA HÍDRICA DEL MAÍZ**

Mes	Década	Etapa	Kc Coef	ETc mm/día	ETc Mm/dec	Prec. Efec mm/dec	Req.Riego mm/día	ET verde	ET azul
Jun	3	Med	1.20	3.96	39.6	1.1	38.6	1.1	38.5
Jul	1	Med	1.20	3.98	39.8	1.0	38.7	1.0	38.8
Jul	2	Med	1.20	3.99	39.9	0.8	39.0	0.8	39.1
Jul	3	Med	1.20	4.10	45.1	1.2	43.9	1.2	43.9
Ago	1	Med	1.20	4.21	42.1	1.5	40.6	1.5	40.6
Ago	2	Med	1.20	4.33	43.3	1.8	41.5	1.8	41.5
Ago	3	Med	1.20	4.48	49.2	2.7	46.5	2.7	46.5
Sep	1	Med	1.20	4.62	46.2	3.4	42.8	3.4	42.8
Sep	2	Med	1.20	4.77	47.7	4.2	43.6	4.2	43.5
Sep	3	Med	1.20	4.80	48.0	6.1	41.9	6.1	41.9
Oct	1	Med	1.20	4.84	48.4	8.5	39.9	8.5	39.9
Oct	2	Med	1.20	4.87	48.7	10.4	38.2	10.4	38.3
Oct	3	Med	1.20	4.94	54.3	11.4	42.9	11.4	42.9
Nov	1	Med	1.20	5.01	50.1	12.2	38.0	12.2	37.9
Nov	2	Med	1.20	5.09	50.9	13.2	37.7	13.2	37.7
Nov	3	Med	1.20	5.05	50.5	14.7	35.7	14.7	35.8
Dic	1	Med	1.20	5.00	50.0	16.9	33.1	16.9	33.1
Dic	2	Med	1.20	4.96	49.6	18.7	30.9	18.7	30.9
Dic	3	Fin	1.06	4.33	47.6	17.7	30.0	17.7	29.9
Ene	1	Fin	0.63	2.52	25.2	15.8	9.4	15.8	9.4
ene	2	Fin	0.37	1.48	3.0	3.0	3.0	3	0
								166.3	715.2

ANEXO N° 02

CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO HÍDRICO PARA EL COMPONENTE VERDE Y AZUL DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA PAPA AMARILLA

Mes	Década	Etapa	Kc Coef	ETc mm/día	ETc Mm/dec	Prec. Efec mm/dec	Req.Riego mm/día	ET verde	ET azul
May	2	Inic	0.50	1.72	5.2	0.8	5.2	0.8	4.4
May	3	Inic	0.50	1.70	18.7	2.3	16.4	2.3	16.4
Jun	1	Inic	0.50	1.67	16.7	1.8	14.9	1.8	14.9
Jun	2	Des	0.51	1.69	16.9	1.1	15.8	1.1	15.8
Jun	3	Des	0.62	2.04	20.4	1.1	19.3	1.1	19.3
Jul	1	Des	0.74	2.45	24.5	1.0	23.5	1.0	23.5
Jul	2	Des	0.86	2.86	28.6	0.8	27.8	0.8	27.8
Jul	3	Des	0.99	3.38	37.2	1.2	36.0	1.2	36.0
Ago	1	Med	1.05	3.69	36.9	1.5	35.4	1.5	35.4
Ago	2	Med	1.05	3.79	37.9	1.8	36.1	1.8	36.1
Ago	3	Med	1.05	3.92	43.1	2.7	40.4	2.7	40.4
Sep	1	Med	1.05	4.05	40.5	3.4	37.1	3.4	37.1
Sep	2	Med	1.05	4.18	41.8	4.2	37.7	4.2	37.6
Sep	3	Med	1.05	4.21	42.1	6.1	35.9	6.1	36
Oct	1	Med	1.05	4.24	42.4	8.5	33.9	8.5	33.9
Oct	2	Med	1.05	4.26	42.6	10.4	32.2	10.4	32.2
Oct	3	Fin	1.04	4.31	47.4	11.4	36.0	11.4	36.0
Nov	1	Fin	0.90	3.75	37.5	12.2	25.3	12.2	25.3
Nov	2	Fin	0.76	3.24	9.7	4.0	3.1	4.0	5.7
								76.3	513.0

ANEXO N° 03

RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL MAÍZ CHOCLO

Ensayo N° 001 – VFC - 2018
LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV
INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE SUELO

Dirección: Ilactingo, distrito de Chaglla,
 Departamento de Huancayo
Tipo de Ensayos: Análisis Físicoquímicos – Materia Orgánica (%)
Matriz: Suelo
Descripción de la Muestra: Muestra de suelo y planta de maíz orgánico propiedad
 de Iladio Hidalgo Gomez
Muestra tomada por: Vladimir Marlon Fuster Castro
Fecha de ingreso de muestra: 12/06/2018
Lugar donde se realizó el ensayo: Laboratorio de Química – UCV.

Ensayo de validación de Humedad Relativa en agua

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
MAIZ	Muestra	Norte: 8911039.4	3115	%	15.00%
		Este: 401315.3			
SUELO DE CULTIVO	Muestra	Norte: 8911039.4	3115	%	23.00%
		Este: 401315.3			

Peso Especifico de cantidad de Agua en la Muestra

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
MAIZ	Muestra	Norte: 8911039.4	3115	g/g	0.00198
		Este: 401315.3			
SUELO DE CULTIVO	Muestra	Norte: 8911039.4	3115	g/g	1.164
		Este: 401315.3			

Peso Especifico de cantidad de Agua en la Muestra

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
MAIZ	Muestra	Norte: 8911039.4	3115	ml	2.746
		Este: 401315.3			
SUELO DE CULTIVO	Muestra	Norte: 8911039.4	3115	ml	0.8072
		Este: 401315.3			

Metodología de Análisis: standar test methods of laboratory determination of water (Moisture) content of Soil and rock by mass D2216-10
Equipo Utilizado: Estufa de calentamiento
Código Interno:


 Heber Román Pérez
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL


 Ing. Carlos Humberto Alfaro Rodríguez
 JEFE DE PRACTICAS

ANEXO N° 04

RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA HUMEDAD RELATIVA DE LA PAPA AMARILLA

Ensayo N° 002 – VFC - 2018
LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV
INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE SUELO

Dirección: Ixcatingo, distrito de Chaglla,
 Departamento de Huancayo

Tipo de Ensayos: Análisis Fisicoquímicos – Materia Orgánica (%)

Matriz: Suelo

Descripción de la Muestra: Muestra de suelo y planta de papa orgánica propiedad de Antonio Abad Aranda

Muestra tomada por: Muestrador: Martín Fuster Castro

Fecha de ingreso de muestra: 12/06/2018

Lugar donde se realizó el ensayo: Laboratorio de Química – UCV.

Ensayo de validación de Humedad Relativa en agua

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PAPA	Muestra	Norte: 8911034.4	3115	%	26.00%
		Este: 399487.7			
SUELO DE CULTIVO	Muestra	Norte: 8911034.4	3115	%	29.00%
		Este: 399487.7			

Peso Especifico de cantidad de Agua en la Muestra

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PAPA	Muestra	Norte: 8911034.4	3115	g	0.00405
		Este: 399487.7			
SUELO DE CULTIVO	Muestra	Norte: 8911034.4	3115	g	1.404
		Este: 399487.7			


Peso Especifico de cantidad de Agua en la Muestra

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PAPA	Muestra	Norte: 8911034.4	3115	ml	2.21
		Este: 399487.7			
SUELO DE CULTIVO	Muestra	Norte: 8911034.4	3115	ml	1.615
		Este: 399487.7			


Metodología de Análisis: standar test methods of laboratory determination of water (Moisture) content of soil and rock by mass D2216-10

Equipo Utilizado: Estufa de calentamiento

Código Interno:



 Walter Román Pérez
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



 Ing. Carlos Humberto Aguirre Rodríguez
 JEFE DE PRÁCTICAS

ANEXO N° 06


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Rodríguez Villegas Javier Hernán

1.2. Cargo e institución donde labora: GERENTE DE PROYECTOS SAC

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: SOFTWARE CROQUIS: HUÉLLA MUDICA

1.4. Autor(A) de Instrumento: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicable para lograr probar la hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95%

Lima, _____ del 2018



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 78769285 Telf. 99123444

Javier Hernán Rodríguez Villegas

Edu. 10-10-2018

ANEXO N° 07


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. / Mg. Jaime Orlando Guevara Muñoz

1.2. Cargo e institución donde labora: GEOSIGNAP PROYECTOS SAC

1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Ambiental

1.4. Nombre del instrumento: Software CROPWAT - HOJILLA HÍDRICA

1.5. Título de la investigación: Simulación prospectiva mediante el software CROPWAT para la...

1.6. Área del instrumento: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Este instrumento con lenguaje comprensible.													X		
2. OBJETIVIDAD	Este instrumento a las leyes y principios científicos.													X		
3. ACTUALIDAD	Este instrumento a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X		
6. INTENCIONALIDAD	Este instrumento para valorar los variables de la hipótesis.													X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos teóricos y/o científicos.													X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adscripción al Método Científico.													X		
PROMEDIO DE VALIDACIÓN																

PERTINENCIA DE LOS ÍTEM O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN **IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

() El instrumento puede ser aplicado tal como está elaborado.

() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y Fecha: _____



Firma del experto informante
DNI No. 81238640 Tel. 991064999

Jaime Orlando Guevara Muñoz
Ingeniero Ambiental
CIP 125399

ANEXO N° 08

**FOTOGRAFÍAS DE CAMPO
RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL SUELO**





ANEXO N° 09

MUESTRA DEL CULTIVO DEL MAÍZ CHOCLO Y LA PAPA AMARILLA



Feedback Studio - Google Chrome

Seguro | <https://vu.tumitin.com/app/carta/es/?u=1074848811&lang=es&o=1004285318&s=1>

feedback studio



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

La simulación prospectiva mediante el software Cropwat para la determinación de la Huella Hídrica influye en los cultivos de la papa amarilla "Solentam Pirujá" y el maíz choclo "Zea Mays" del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:
Vladimir Pastor Cozco

Resumen de coincidencias

17%

1	www.csl.org	1%
2	es.scribd.com	1%
3	José Antonio Sotelo N.	1%
4	agropedia.com	1%
5	itunet.upv.es	1%
6	191.caf	1%
7	repositorio.uafz.edu.ec	1%
8	repositorio.javeriana.edu	1%
9	foolnewsstream.com	<1%
10	opspace.cpaai.org	<1%

Página: 1 de 82 Número de palabras: 13035 Teat-only Report High Resolution Activado

Feedback Studio.html Mostrar todo

Escribe aquí para buscar

09:40 p. m. 18/09/2018



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 2

Yo, Wilber Saruza Quijano Pacheco....., docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada: **"La simulación prospectiva mediante el software Cropwat para la determinación de la Huella Hídrica influye en los cultivos de la papa amarilla "Solanum Phureja" y el maíz choclo "Zea Mays" del distrito de Chaglla, departamento de Huánuco, 2018"**, del (de la) estudiante **Vladimir Marlon Fuster Castro**, constató que la investigación tiene un índice de similitud de **17%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 16 de junio de 2018

Msc: Wilber S. Quijano Pacheco
DNI: 86082600

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)

"Cesar Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACION PARA LA PUBLICACION ELECTRONICA DE LA TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: FUSTER CASTRO VLADIMIR MARLON

DNI: 41710087

Domicilio: J.F. SANCHEZ CARRION 220

Teléfono: Fijo:

Móvil: 984395324

2. IDENTIFICACION DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad: INGENIERIA

Escuela: INGENIERIA AMBIENTAL

Carrera:

Título:

Tesis de Post grado

Maestría

Doctorado

Grado:

Mención:

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

FUSTER CASTRO VLADIMIR MARLON

Título de la tesis:

LA SIMULACIÓN PROSPECTIVA MEDIANTE EL SOFTWARE

CROPWAT PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

INFLUYE EN LOS CULTIVOS DE LA PAPA AMARILLA Y MAÍZ CHOCLO

Año de la publicación: 2018

4. AUTORIZACION DE PUBLICACION DE LA TESIS EN VERSION ELECTRONICA:

A través del presente documento


Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma:

Fecha:

11/09/18

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN DE TESIS	Código : FOB-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo VIRIDIANA MARILYN FUSTER COSTA Identificado con DNI N° 41710087
 Egresado de la Escuela Profesional de ING. AMBIENTAL de la
 Universidad César Vallejo, autorizo (x), No autorizo () la divulgación y comunicación pública
 de mi trabajo de investigación titulado
 " La simulación prospectiva mediante software CROPWAT para
la determinación de la huella hídrica que fluye en los
cultivos de la papa amarilla Solanum phureja y el maíz choclo
del distrito de Chaglla "; en el Repositorio Institucional de la UCV
 (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre
 Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33


Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....


 FIRMA
 DNI: 41710087

FECH 14 DE Julio DEL 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

FUSTER CASTRO VLADIMIR MARLON

INFORME TÍTULADO:

LA SIMULACIÓN PROSPECTIVA MEDIANTE EL SOFTWARE CROPWAT PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA INFLUYE EN LOS CULTIVOS DE LA PAPA AMARILLA “Solanum phureja” Y EL MAÍZ CHOCCLO “Zea mays” DEL DISTRITO DE CHAGLLA, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2018.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO (A)
AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 14 de julio de 2018

NOTA O MENCIÓN: 15

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Elmer Benites Alfaro