



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

ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OPTAR
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL**

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA PARA LA
PRODUCCIÓN DE PASTOS EN LA MICROCUENCA
GANADERA DE LA LAGUNA DE POMACOCHAS**

Autor:

Bach. Luis Homero Zagaceta Llanca

Asesor:

M.Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Coasesor:

M.Sc. José Ney Ríos Ramírez

M.Sc. Héctor Vladimir Vásquez Pérez

Registro: N° 058-2017/UNTRM/EPG

**CHACHAPOYAS _ PERÚ
2018**

AGRADECIMIENTO

A mis padres Miguel y María, por su apoyo incondicional y esfuerzo, proporcionan el motivo de perseverar y alcanzar metas.

Al Ministerio de Educación, CONCYTEC y Cienciactiva, quienes, a través de su programa de becas financiaron el plan de estudios de la Maestría en Producción Animal, desarrollado.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por el apoyo con sus instalaciones y laboratorios, para desarrollar de manera adecuada esta investigación.

A los docentes y personal de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por haber inculcado en mí la cultura de investigación y la adquisición de nuevos conocimientos.

Al equipo técnico de la Estación Experimental Pomacochas, quienes ayudaron en el desarrollo de actividades programadas del proyecto de investigación.

Al, M.Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz, asesor de esta tesis por su valioso tiempo, en el desarrollo de este trabajo de investigación. Así como también por haber impulsado a realizar este trabajo de investigación y compartirme sus conocimientos.

Al M.Sc. José Ney Ríos Ramírez y M.Sc. Héctor Vladimir Vásquez Pérez co-asesores de esta tesis por su valioso tiempo, en el desarrollo y ejecución de este trabajo de investigación y haber compartido sus conocimientos.

A los productores ganaderos de la microcuenca de la laguna de Pomacochas, por su valioso tiempo, aporte desinteresado en el desarrollo de este trabajo de investigación y por haberme compartido sus conocimientos.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

RECTOR

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo M.Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz, docente a tiempo completo de Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, hago constar que he asesorado el proyecto de tesis titulado: “DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTOS EN LA MICROCUENCA GANADERA DE LA LAGUNA DE POMACOCHAS”, presentado por el bachiller Luis Homero Zagaceta Llanca, estudiante de la Maestría en Producción Animal en la Escuela de Posgrado, dando el visto bueno a la presente tesis.

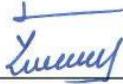
Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que se estimen convenientes.



M.Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Asesor

JURADO DE TESIS



MscM. YURI REINA MARÍN

PRESIDENTE



Mg. POLITO MICHAEL HUAYAMA SOPLA

SECRETARIO



Mg. JONATHAN ALBERTO CAMPOS TRIGOSO

VOCAL

ÍNDICE

	Pag.
AGRADECIMIENTO	i
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	ii
VISTO BUENO DEL ASESOR	iii
JURADO DE TESIS	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.1. Localización del ensayo	8
2.2. Población y muestra	9
2.3. Datos Meteorológicos	9
2.4. Métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	9
2.4.1. Identificación de pastos dominantes en las zonas de muestreo.	9
2.4.2. Acondicionamiento de la zona de muestreo y toma de muestras.	9
2.4.3. Traslado de la muestra al laboratorio.	10
2.4.4. Acondicionamiento y conservación de la muestra.	10
2.4.5. Evaluación a realizar.	10
2.5. Análisis de datos	10
2.5.1. Determinación de los colores de la huella hídrica referencial.	10
2.5.2. Calculo de la Huella hídrica mediante el software CROPWAT 8	11
III. RESULTADOS	12
3.1. Identificación de pastos dominantes.	12
3.2. Localización de las zonas de muestreo	15

3.3. Evaluación de rendimiento y materia seca.	17
3.4. Precipitación	18
3.5. Determinación de los colores de la Huella Hídrica	21
3.5.1. Determinación de la huella hídrica verde referencial	21
3.5.1.1. Calculo de la huella hídrica verde referencial del pasto Kikuyo	22
3.5.1.2. Calculo de la huella hídrica verde referencial del pasto Rye Grass	22
3.6. Consolidado de los colores de la huella hídrica	23
3.7. Determinación de la Huella Hídrica mediante software CROPWAT 8	24
3.7.1. Clima	24
3.7.2. Precipitación	28
3.7.3. Suelo	30
3.7.4. Cultivo	31
3.7.4.1. Kikuyo	31
3.7.4.2. Rye Grass	31
3.7.5. Requerimiento de agua del cultivo	32
3.7.5.1. Kikuyo Evaluación 01	32
3.7.5.2. Kikuyo Evaluación 02	33
3.7.5.3. Rye gras Evaluación 01	33
3.7.5.4. Rye gras Evaluación 02	34
IV. DISCUSIÓN	36
V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES	39
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla N° 01. Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazona	12
Tabla N° 02. Taxonomía (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	14
Tabla N° 03. Taxonomía (<i>Lolium multiflorum</i>)	15
Tabla N° 04. Coordenadas de las zonas de muestreo.	15
Tabla N° 05. Parámetros evaluados a especies dominantes durante dos periodos de evaluación	17
Tabla N° 06. Precipitación en el periodo de evaluación 09/08/2017 – 22/09/2017	18
Tabla N° 07. Precipitación en el periodo de evaluación 23/09/2017 – 06/11/2017	19
Tabla N° 08. Consolidación de los colores de la huella hídrica referencial	23
Tabla N° 09. Consolidación de los colores de la huella hídrica referencial	23
Tabla N° 10. ETo Datos Mensuales	25
Tabla N° 11. Datos de precipitación mensual	29
Tabla N° 12. Características del suelo	31
Tabla N° 13. Datos del cultivo	31
Tabla N° 14. Datos del cultivo	31
Tabla N° 15. Requerimiento hídrico	32
Tabla N° 16. Volumen de agua requerida por el cultivo.	32
Tabla N° 17. Requerimiento hídrico	33
Tabla N° 18. Volumen de agua requerida por el cultivo.	33
Tabla N° 19. Requerimiento hídrico	33
Tabla N° 20. Volumen de agua requerida por el cultivo.	34
Tabla N° 21. Requerimiento hídrico	34
Tabla N° 22. Volumen de agua requerida por el cultivo.	34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pag.
Gráfico N° 01. Precipitación durante el primer periodo de evaluación.	19
Gráfico N° 02. Precipitación durante segundo periodo de evaluación.	21
Gráfico N° 03. Promedio de los colores de la huella hídrica referencial	24
Gráfico N° 04. Temperatura mínima y máxima	26
Gráfico N° 05. Porcentaje de humedad.	26
Gráfico N° 06. Velocidad del viento.	27
Gráfico N° 07. Tiempo de insolación.	27
Gráfico N° 08. Energía de radiación	28
Gráfico N° 09. Evapotranspiración ETo.	28
Gráfico N° 10. Precipitación mensual.	30
Gráfico N° 11. Resumen de los requerimientos hídricos del cultivo por kg de materia seca.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura N° 01. Mapa de ubicación del distrito Florida.	8
Figura N° 02. Puntos de localización de las zonas de muestreo.	16

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue determinar el costo de agua para producir un kg de materia seca de pastos dominantes, bajo las condiciones de la microcuenca ganadera de la laguna de Pomacochas, en términos de huella hídrica. Para determinar los pastos de mayor presencia en la microcuenca se recurrió al uso de información presente en la investigación titulada “Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganadera de la región Amazonas (Oliva, Collazos, & Vásquez, 2015)”, donde se pudo determinar que los pastos con mayor presencia eran el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Rye grass (*Lolium multiflorum*). Se realizó la evaluación de rendimiento por metro cuadrado y el porcentaje de materia seca de las especies seleccionadas, adicionalmente se utilizó datos meteorológicos para realizar el cálculo de los colores de la huella hídrica. Además, se utilizó el software CROPWAT 8 para lograr determinar el requerimiento hídrico de los pastos. Obteniendo como resultado que la huella hídrica verde referencial del pasto Kikuyo y Rye Grass es de 34.46 y 51.70 litros respectivamente. Con el uso del software CROPWAT 8 se determinó que el costo de agua para la producción de un kilogramo de pasto Kikuyo y Rye Grass es de 48.92 y 73.39 litros respectivamente. De lo cual se pudo concluir que la especie con mayor huella hídrica es el *Lolium multiflorum*.

Palabras clave: microcuenca, huella hídrica, materia seca, precipitación, agua.

ABSTRACT

The objective of the research work was to determine the cost of water to produce a kg of dry matter of dominant grasses, under the conditions of the livestock microbasin of the Pomacochas lagoon, in terms of water footprint. In order to determine the pastures with the greatest presence in the microbasin, information was used in the research entitled "Floristic composition of herbaceous forage species in natural grasslands of the main livestock microbasins of the Amazon region (Oliva, Collazos, & Vásquez, 2015) ", Where it could be determined that the pastures with the greatest presence were Kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*) and Rye grass (*Lolium multiflorum*). The evaluation of yield per square meter and the percentage of dry matter of the selected species was carried out. In addition, meteorological data were used to calculate the colors of the water footprint. In addition, the CROPWAT 8 software was used to determine the water requirement of the pastures. Obtaining as a result that the referential green water footprint of the grass Kikuyo and Rye Grass is of 34.46 and 51.70 liters respectively. With the use of the CROPWAT 8 software it was determined that the cost of water for the production of one kilogram of Kikuyo grass and Rye Grass is 48.92 and 73.39 liters respectively. From which it was possible to conclude that the species with the greatest water footprint is *Lolium multiflorum*.

Keywords: micro-basin, water footprint, dry matter, precipitation, water.

I. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es quizá uno de los recursos naturales más amenazados a nivel mundial y los países toman cada vez mayor conciencia respecto al rol que esto implica en sus posibilidades de desarrollo productivo y social (Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Agricultura y Riego, Wwf, & Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

El agua es un elemento vital que requiere de la mayor atención posible, debido a que se precisa del mismo para el consumo humano y para cualquier actividad productiva, donde no sólo se ve comprometido el ciclo de producción, sino todos los que se benefician de él, en especial las fuentes de las cuales se abastecen para su buen funcionamiento (Loaiza & Osorio, 2009).

Históricamente, el desarrollo de los pueblos ha estado relacionado y basado en el mayor o menor acceso al agua, viéndose privilegiadas aquellas civilizaciones que, por su ubicación o por su dominio de la hidráulica, gestionaron en mejor medida este recurso, sea desde la cuna de la civilización en Mesopotamia o en América, existiendo en el Perú diversos ejemplos de ello entre nuestras culturas precolombinas (Autoridad Nacional del Agua et al., 2015).

El agua constituye una parte esencial de todo ecosistema, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Una reducción del agua disponible ya sea en la cantidad, en la calidad, o en ambas, provoca efectos negativos graves sobre los ecosistemas (Naciones Unidas, 2003)

No obstante, menos del 1% del agua del planeta es apta para sostener la vida humana, en un sistema con una capacidad ambiental limitada y que sufre una presión antrópica desmedida a causa del crecimiento demográfico y el modelo de desarrollo actual (Arévalo, 2012).

El agua es un parámetro importante que interviene en la cadena alimentaria. Por un lado, es parte de la alimentación de los animales y nutriente de los

vegetales y, por otro, se utiliza para el riego de los cultivos y para las labores de limpieza de las instalaciones, muchas veces en contacto directo con los alimentos (Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria, 2012).

El Perú se encuentra entre los diez países con mayores reservas de agua en el mundo, si se considera su potencial de agua superficial y subterránea. Sin embargo, es un país de diferencias hidrológicas extremas (Autoridad Nacional del Agua et al., 2015).

El Perú, con excepción de su región amazónica, es un país de escasos recursos hídricos con condiciones de extrema aridez, que otorgan al agua un alto valor económico y generan conflictos de interés y competencia entre diferentes áreas geográficas y tipos de usuarios (Carlos & Jorge, 2000).

El Perú cuenta con tres vertientes hidrográficas. La mayor de ellas es la del Atlántico, donde se genera cerca del 98% de los recursos hídricos a nivel nacional. La vertiente del Pacífico provee menos del 2% y la del Titicaca el 0.5% (Ministerio del Ambiente, 2010).

La disponibilidad de agua de fuentes superficiales a nivel nacional, se estima en 2'046.000 Hm³. En la Vertiente del Pacífico la disponibilidad de agua se estima en 36,660 Hm³. En la Vertiente del Atlántico la disponibilidad es de 3'769,000 Hm³, Mientras que en la Vertiente del Titicaca la disponibilidad es de 6,970 Hm³ (Carlos & Jorge, 2000).

El agua en la Tierra está en constante movimiento. El agua se evapora de las superficies de suelo y aguas abiertas como resultado de la energía solar y eólica. Además, las plantas extraen agua desde el suelo y lo liberan a la atmósfera a través de los estomas en sus hojas, un proceso llamado transpiración. Dentro de la atmósfera, el vapor de agua se mueve alrededor del globo de acuerdo con patrones complejos, para que el agua que se evapora en un lugar no necesariamente regresan como precipitación en el mismo lugar (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011).

Los problemas del agua son una parte intrínseca de la estructura económica del mundo, en el que la escasez de agua no se traduce en costos para los productores o los consumidores; como resultado, hay muchos lugares donde el agotamiento o contaminación de los recursos hídricos, por parte de los productores y los consumidores a lo largo de la cadena de suministro tienen beneficio a costa de las comunidades y los ecosistemas locales (Hoekstra, 2012).

La mayoría de los modelos económicos no valoran los servicios esenciales que proporcionan los ecosistemas de agua dulce, que a menudo conducen a un uso insostenible de los recursos hídricos y al deterioro del ecosistema. La contaminación debida a las aguas residuales residenciales e industriales y a la escorrentía agrícola también debilita la capacidad del ecosistema de proporcionar servicios relacionados con el agua (Naciones Unidas, 2015).

La mayoría de los expertos en recursos hídricos señalan que la limitación del agua no es causada simplemente por la escasez de agua, pero son principalmente debido a la mala gestión del agua (Martinez, Twente Water Centre, University of Twente and Manuel Ramon Llamas, Departamento de Geodynamics, & Complutense University of Madrid - Spain, 2016).

Adicionalmente, el cambio en los patrones de precipitación y la desglaciación causados por el cambio climático exacerbaban esta situación originando sequías, inundaciones y cambios estacionales que no solo ponen en peligro la disponibilidad del recurso, sino también la producción de alimentos y de energía (Autoridad Nacional del Agua et al., 2015).

Por otro lado, es importante señalar que los procesos de desertificación, así como también de las sequías periódicas de la que son objeto, están presentes en la mayor parte de los territorios con escasez hídrica. Los procesos anteriormente mencionados contribuyen a agravar aún más los impactos negativos de la escasez de agua, lo que dificulta el desarrollo sostenible y la conservación de los ecosistemas asociados a estos factores ambientales

(Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura & Programa Hidrológico Internacional, 2014)

Los efectos del cambio climático, aunado a inadecuadas prácticas productivas y sanitarias, hacen que países como el Perú, que podría considerarse privilegiado por encontrarse entre los diez con mayores reservas hídricas a nivel mundial, considere la necesidad de evaluar sus lineamientos de política, contar con mayor información y tomar acción respecto a la mejor gestión de un recurso vital para el bienestar de la población y su crecimiento como país (Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Agricultura y Riego, Wwf, & Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

Al sector pecuario se le atribuye ser el responsable del 8 % del consumo mundial de agua y probablemente su mayor fuente de contaminación (Ríos et al., 2012).

El consumo de productos de origen animal contribuye a más de una cuarta parte de la huella hídrica de la humanidad. El agua necesaria para producir la alimentación es el factor principal detrás de la huella hídrica de los productos animales. Un análisis de la composición de la alimentación y el origen de los ingredientes del pienso es esencial para desarrollar estrategias y reducir la huella de agua de la carne y los productos lácteos (Hoekstra, 2012).

El aumento previsto de la producción y el consumo de productos animales es probable que ponga más presión sobre los recursos de agua dulce del globo. El tamaño y las características de la huella de agua varía en los tipos de animales y sistemas de producción (Mekonnen & Hoekstra, 2010).

En el Perú las especies predominantes son, vacuno, ovino, caprino, porcino, equino, auquénido, aves y otras. El mayor consumo de agua corresponde a la vertiente Atlántica, donde se concentra el mayor volumen de vacunos, ovinos y auquénidos, el consumo total pecuario nacional se estima en 79,6 Hm³ (Carlos & Jorge, 2000).

Para producir el doble de alimento que se requerirá en los próximos 30 años, el sector pecuario tendrá que incrementar de manera notable la eficiencia en el uso del agua. (Salazar, Rojano, & Lopez, 2014).

Las altas demandas de agua para la producción agropecuaria, ha generado la necesidad de cuantificar los consumos de este recurso con el fin de establecer medidas de manejo (Martínez, Ruiz, & Morales, 2016).

Las evidencias indican que existen un gran desconocimiento y desinformación sobre el uso de los recursos hídricos para la cría de ganado y su impacto sobre esos recursos. Aproximadamente una cuarta parte de la superficie de la tierra se utiliza para el pastoreo de ganado, lo cual tiene importantes repercusiones en la cantidad y la calidad del agua disponible (Iniciativa Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD – Livestock, Initiative), De, & Análisis y Política del Sector, 2001)

En cualquier región, y en particular en aquellas con escasez de agua, la medición de la huella hídrica y su análisis resulta sumamente útil para informar de manera eficiente sobre el uso del agua, generar conciencia sobre la necesidad de un uso adecuado (Autoridad Nacional del Agua et al., 2015).

La huella hídrica es un concepto relativamente nuevo en el Perú, y cada vez toma más importancia, habiendo adquirido mayor transcendencia a partir del año 2012 debido a la relevancia que le dieron diversos actores de la cooperación internacional (Rendón, 2015).

La Huella hídrica es considerada como un indicador de uso de agua (Ríos et al., 2012). Con la medición de la huella hídrica se espera que el sector genere acciones de regulación y de gestión del agua, con el fin de transmitir información y, así, mejorar las políticas y planificación de la gestión hídrica y orientar el crecimiento económico de manera sostenible (Rendón, 2015)

Este indicador se puede utilizar para analizar la eficiencia del consumo de agua en relación a la disposición del recurso en un área geográfica

determinada. En otras palabras, nos puede ayudar a determinar si usamos el recurso sosteniblemente, de tal manera que nos permita satisfacer las necesidades de la población local, de la producción económica del lugar y del reabastecimiento del ecosistema (Autoridad Nacional del Agua et al., 2015). La conformación de la huella hídrica posee tres componentes:

Huella hídrica verde es el volumen de agua de lluvia que se consume por la vegetación y no se convierte en escorrentía. Esta agua se almacena en los estratos superficiales del terreno satisfaciendo la demanda natural de la vegetación y los cultivos (Arévalo, 2012).

Huella hídrica azul es el volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea, que responde a un déficit en la disponibilidad de agua procedente de la lluvia. El agua azul contiene conceptos implícitos de escasez y competencia por el recurso hídrico (Arévalo, 2012).

Huella hídrica gris hace referencia a la contaminación y se define como el volumen de agua teórico necesario para lograr la dilución de un contaminante específico de forma tal que no altere la calidad del agua en el cuerpo receptor. No se refiere a generar un nuevo consumo, si no a reducir el volumen de contaminante (Arévalo, 2012).

Los estudios de huella de agua pueden tener diversos fines y ser aplicado en diferentes contextos (Hoekstra et al., 2011). el índice huella hídrica es un importante instrumento de evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos (Tolón, Lastra, & Fernández, 2013).

La pérdida del recurso hídrico es un problema y realidad en nuestra región, por lo cual la ganadería moderna debe de buscar realizar acciones en el ámbito productivo que lleven a una mejor utilización del recurso hídrico, como es el caso de producir pastos que hagan un menor uso de agua para su producción. Es en ello que radica la importancia de conocer la huella hídrica de los pastos.

En los últimos años la actividad pecuaria ha venido en aumento en la región Amazonas, particularmente en la explotación bovina (INEI, 2012), la cual ha llevado a la deforestación de grandes áreas de bosque natural para la instalación de pastos como base de la alimentación animal.

La producción de pastos para la alimentación del ganado es uno de los diferentes componentes del proceso productivo, el cual hace uso de un volumen de agua para poder ser producido, es por ello que en el trabajo de investigación se buscó conocer el uso de agua de dos pastos dominantes producidos en la microcuenca de la laguna de Pomacochas, con el fin de establecer su huella hídrica e identificar a aquel que tiene un gasto menor de agua.

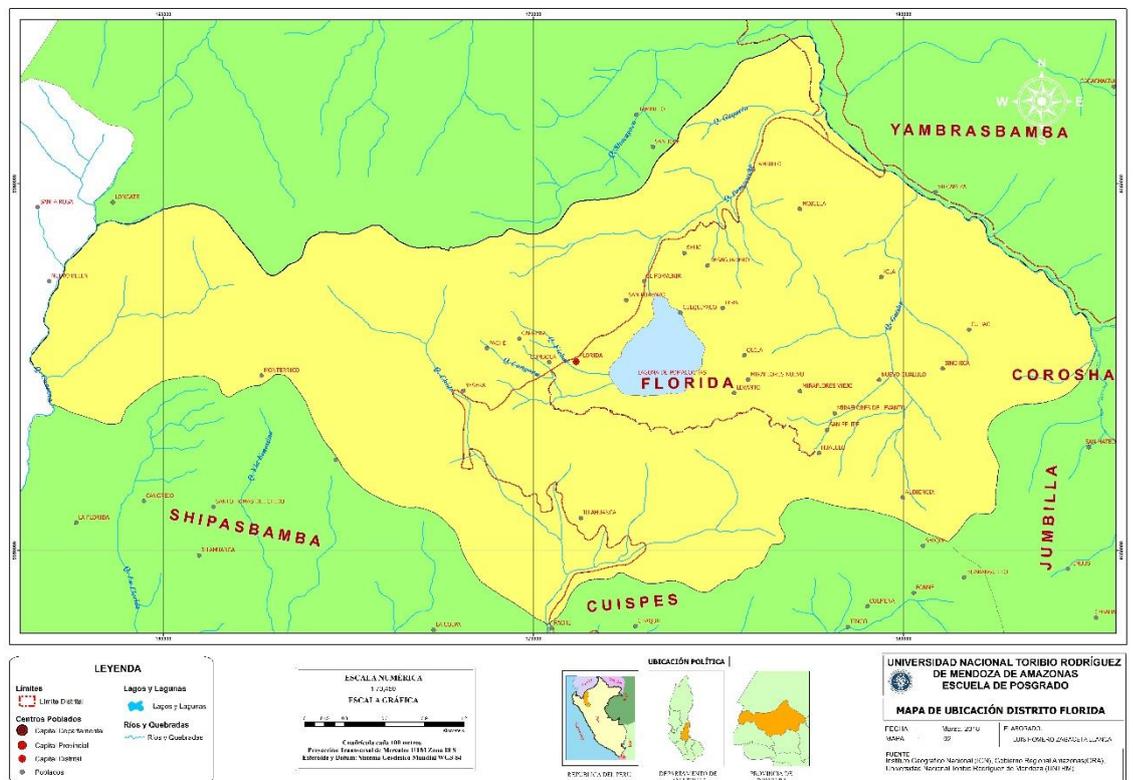
El hecho de contar con mayor información, en este sentido, permitirá desarrollar un mejor análisis de cada situación en particular y tomar decisiones apropiadas en cada caso, desde el punto de vista de las inversiones y proyectos de desarrollo, así como el mejoramiento de las normas de fomento y legislativas, entre otros aspectos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización del ensayo

El estudio se realizó en la microcuenca ganadera de la laguna de Pomacochas (Florida - Pomacochas), la cual se encuentra ubicada en las coordenadas 5°49'26"S 77°58'19"O situada en la provincia de Bongará región Amazonas, la microcuenca se encuentra a 2300 m.s.n.m., posee un clima húmedo con una temperatura media de 15° C (Ministerio del Ambiente, 2009).

Figura N° 01. Mapa de ubicación del distrito Florida



Una cuenca hidrográfica es toda el área geográfica drenada por un río y sus afluentes. Toda la escorrentía de una cuenca hidrográfica se transmite a la misma salida. Otros términos para 'cuenca de río' que se usan a menudo son 'área de captación', 'cuenca de drenaje', 'área de drenaje' y 'cuenca hidrográfica'. La disponibilidad anual total de agua en un área de captación está dada por el volumen anual de precipitación (Hoekstra et al., 2011).

2.2. Población y muestra

La población estuvo conformada por las especies de pastos presentes en la microcuenca las cuales fueron identificadas a partir de la revisión de la investigación titulada “Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazona” (Oliva, Collazos, & Vásquez, 2015).

La muestra se conformó en base a la selección e identificación de dos de las especies de mayor presencia en la microcuenca. Sobre las cuales se condujo la investigación.

2.3. Datos Meteorológicos

Los datos meteorológicos requeridos para la investigación fueron obtenidos a partir de la estación meteorológica (Davis Vantage Pro) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, ubicada en la Estación Experimental de Pomacochas.

2.4. Métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Para el presente trabajo de investigación se realizó:

2.4.1. Identificación de pastos dominantes en las zonas de muestreo.

Haciendo uso de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), (Garmin – MonterraTM) se ubicaron los puntos de muestreo cinco puntos de muestreo con tres repeticiones por especie seleccionada. Los puntos fueron distribuidos aleatoriamente sobre la microcuenca.

2.4.2. Acondicionamiento de la zona de muestreo y toma de muestras.

Se realizó un corte de homogenización y la delimitación de las parcelas para ser evaluadas a los cuarenta y cinco días posteriores al corte. Trascurrido el periodo de cuarenta y cinco

días se recolectaron las muestras. Cada muestra fue tomada en un área de un metro cuadrado.

2.4.3. Traslado de la muestra al laboratorio.

Las muestras obtenidas en campo se trasladaron al laboratorio de nutrición animal de la UNTRM (Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza), para su análisis.

2.4.4. Acondicionamiento y conservación de la muestra.

Las muestras una vez conducidas al laboratorio fueron pesadas como forraje verde, luego se sometieron a un proceso de deshidratación haciendo uso de una Estufa (ECOCell, USA) a una temperatura de 60° C por 24 horas se determinó la materia seca

2.4.5. Evaluación a realizar.

Se evaluó el contenido de materia seca presente en el forraje, para poder determinar el uso de agua para producir un kg de materia seca.

2.5. Análisis de datos

2.5.1. Determinación de los colores de la huella hídrica referencial.

2.5.1.1. El cálculo de la huella azul referencial considera los siguientes parámetros: i) Evapotranspiración de cultivo (ETc), ii) Precipitación efectiva (Ppeff), iii) Rendimiento referencial (Rend. Referencial). Asimismo, para el cálculo del rendimiento referencial se usará la siguiente fórmula (Hoekstra et al., 2011):

$$Ha_{ref} = \frac{ETc - Ppeff}{Rend. Referencial}$$

2.5.1.2. Cálculo de la huella verde referencial. Considera las variables de i) Precipitación efectiva (Ppeff). ii) Rendimiento referencial (Rend. Referencial). Para el cálculo de la huella verde se utilizará la siguiente expresión (Hoekstra et al., 2011):

$$Hv\ ref = \frac{Ppeff}{Rend.\ Referencial}$$

2.5.1.3. Cálculo de la huella gris referencial. Para el cálculo de la huella gris se considerará los siguientes parámetros: i) Kg/ha del producto químico aplicado, ii) FL (Factor de lixiviación del producto), iii) Concentración máxima permitida en el acuífero, iv) Rendimiento referencial (Rend. Referencial). La ecuación a utilizar será la siguiente (Hoekstra et al., 2011):

$$Hv\ ref = \frac{(Kg/ha\ del\ prod.\ químico\ app)(Factor\ lixiviación)}{Concentración\ máxima\ permitida\ en\ el\ acuífero} / Rend.\ Ref.$$

2.5.2. Calculo de la Huella hídrica mediante el software CROPWAT 8

El Cropwat es el programa informático de la FAO para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos.

III. RESULTADOS

3.1. Identificación de pastos dominantes.

Con base en la investigación “Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazona” (Oliva et al., 2015). Se seleccionaron dos pastos de mayor importancia.

Tabla N° 01. Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazona

Micro cuenca	Nombre comun	Familia	Nombre científico	Abundancia
	Kikuyo	Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	37.20%
	Siso	Asteraceae	<i>Philoglossa mimuloides</i> (Hieron.) H. Rob. & Cuatrec.	25.30%
	Rye grass	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i>	13.70%
	Ovillo	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i> L.	11.40%
	Trebol blanco	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	8.30%
Pomacochas	Grama hoja ancha colorada	Poaceae	<i>Paspalidium</i> sp. Stapf	2.00%
	Ñudillo	Poaceae	<i>Paspalum racemosum</i>	0.70%
	Lino menudo	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i> Flugge	0.50%
	Pasto verde (32-04-26-05)	Poaceae	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	0.40%
	Grama de hoja ancha verde	Poaceae	<i>Polypogon interruptus</i> Kunth	0.30%
	Grama hoja ancha colorada	Poaceae	<i>Paspalidium</i> sp. Stapf	0.10%
	Pacunga	Caryophyllaceae	<i>Stellaria ovata</i> D.F.K. Schltld.	0.10%

(Oliva et al., 2015)

Los pastos seleccionados fueron el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*) con un 37.20% y 13.70% de abundancia respectivamente.

Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

Originario de África, posee un potencial productivo de hasta 30 TM/Ha/año, ofreciendo una soportabilidad de 1.5 a 3.0 Ua/Ha (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2013).

Es una especie perenne, estolonífera y rizomatosa, de 30 o 40 cm de altura. Los estolones son ramificados y aplanados. La vaina de la hoja es de color amarillo pálido verdoso. Inflorescencia reducida a un grupo de 2-4 espiguillas, casi encerrada en la vaina de la hoja. Espiguillas de 10-20 mm de largo, comprende dos flores, filamentos delgados de 50 mm de largo, con anteras 5-7 mm de largo. Cariópsides ovoides, de color marrón oscuro, de unos 2,5 mm de largo y 1,5 mm. Posee un sistema radicular profundo. Nutricionalmente ofrece proteína cruda entre 11 – 22 % y digestibilidad de 65-80%, siendo su tiempo óptimo de corte a los 42 – 47 días posteriores al corte anterior. Con aplicación de riego y fertilización nitrogenada se reportan resultados de contenidos de PC de hasta 27 % con altos contenidos de nitratos (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2013).

Adaptación:

- Suelos: Tolera un pH bajo (pH 4,5) y altos contenidos de Aluminio y Manganeso, así como la salinidad moderada. Prefiere los suelos bien drenados, al menos moderadamente, aunque tolera encharcamiento hasta por 10 días.
- Luz: Tolera sombra moderada.
- Altitud: 1.600 3.000 msnm.
- Temperatura: 10 a 18°C.
- Precipitación: 800 – 2.800 mm/año. Es tolerante a la sequía (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2013).

Tabla N° 02. Taxonomía (*Pennisetum clandestinum*)

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Paniceae
Género	<i>Pennisetum</i>
Especie	<i>P. clandestinum</i>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2013.

Rye grass (*Lolium multiflorum*)

Nativa del surde Europa. Está ampliamente distribuidos en todo el mundo, incluyendo América del Norte y del Sur, Europa, Nueva Zelanda y Australia (Hannaway et al., 1999).

Planta anual, de hasta 70 cm de altura al florecer. Hojas glabras de lámina plana de 5-30 cm de largo, lígula truncada. Inflorescencia en espiga dística, de 10-30 cm de largo, con 16-35 espiguillas, glabras. Fruto cariopse elíptico de 3 mm de largo y 1-1,5 de ancho, de color castaño violáceo. Su tiempo óptimo de corte es transcurrido los 45 días posteriores al corte anterior. (Base de datos de Invasiones Biológicas para Uruguay, 2011).

Tabla N° 03. Taxonomía (*Lolium multiflorum*)

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Poeae
Subtribu	Loliinae
Género	Lolium
Especie	<i>L. multiflorum</i>

Hannaway et al., 1999

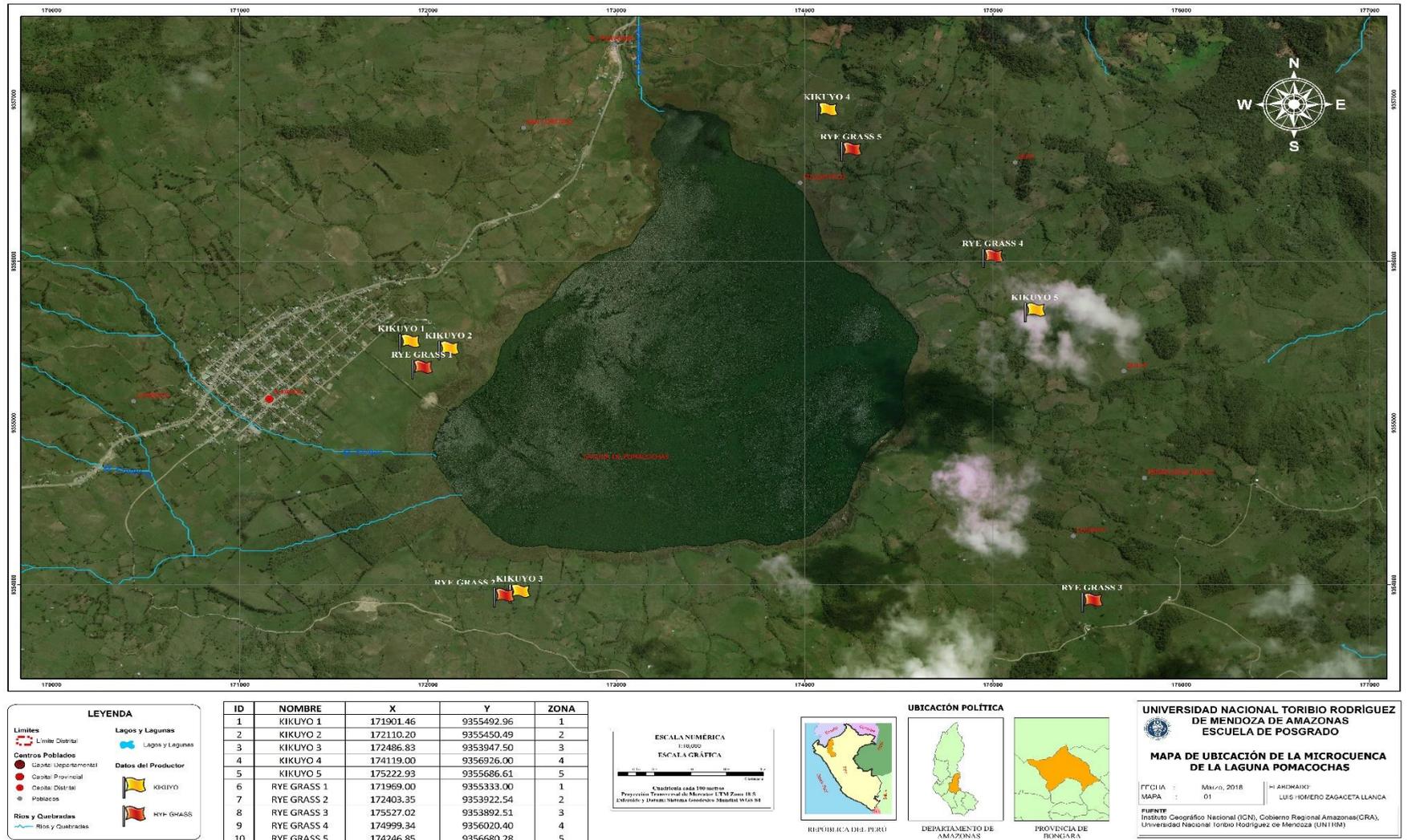
3.2. Localización de las zonas de muestreo

Haciendo uso de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), (Garmin – MonterraTM) (Tabla 04) se identificaron e instalaron cinco parcelas con tres repeticiones por cada una de las especies seleccionas (Figura N° 02). Posteriormente se realizó un corte de homogenización y se evaluaron cada 45 días posteriores al primer corte. Esta evaluación se realizó durante dos periodos de corte.

Tabla N° 04. Coordenadas de las zonas de muestreo.

ID	NOMBRE	X	Y	ZONA
1	KIKUYO 1	171901.46	9355492.96	1
2	KIKUYO 2	172110.20	9355450.49	2
3	KIKUYO 3	172486.83	9353947.50	3
4	KIKUYO 4	174119.00	9356926.00	4
5	KIKUYO 5	175222.93	9355686.61	5
6	RYE GRASS 1	171969.00	9355333.00	1
7	RYE GRASS 2	172403.35	9353922.54	2
8	RYE GRASS 3	175527.02	9353892.51	3
9	RYE GRASS 4	174999.34	9356020.40	4
10	RYE GRASS 5	174246.85	9356680.28	5

Figura N° 02. Puntos de localización de las zonas de muestreo.



3.3. Evaluación de rendimiento y materia seca.

Los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento por m², porcentaje de materia seca (MS) se encuentran en la Tabla N° 05.

Tabla N° 05. Parámetros evaluados a especies dominantes durante dos periodos de evaluación

Zona	09/08/2017 - 22/09/2017				23/09/2017 - 06/11/2017			
	Rye grass		Kikuyo		Rye grass		Kikuyo	
	Rendimiento /m ² Kg	Materia seca %						
1	1.50	16.98	2.10	16.94	1.62	18.12	1.95	19.85
	1.10	17.90	1.00	22.07	1.05	18.24	1.30	19.88
	1.30	22.03	1.10	20.76	1.32	17.69	1.25	19.81
2	1.42	15.00	1.95	20.91	1.20	18.60	2.00	20.48
	1.90	15.37	1.87	21.76	1.60	18.97	1.50	20.15
	1.75	18.96	1.75	22.33	1.92	18.04	1.69	20.00
3	1.10	18.45	2.00	22.23	1.22	18.66	2.10	20.00
	1.35	22.46	2.90	16.87	1.31	18.16	2.80	20.59
	1.10	19.04	2.40	16.56	1.20	18.49	2.75	20.28
4	1.40	19.50	2.10	19.15	1.25	17.92	1.95	20.71
	1.25	16.30	2.40	21.43	1.65	18.83	2.80	20.96
	1.10	18.47	1.90	21.31	1.26	18.54	2.30	19.70
5	1.10	17.30	1.70	21.69	1.21	18.35	1.65	19.77
	1.80	16.71	1.30	21.99	1.90	17.13	1.70	19.42
	1.70	20.60	1.50	19.72	1.65	17.40	1.50	19.90
Promedio	1.39	18.34	1.86	20.38	1.42	18.21	1.95	20.10

3.4. Precipitación

En la Tabla N° 06 y N° 07 se tiene los datos meteorológicos de precipitación medidos diariamente durante los dos periodos de evaluación. A partir de los datos de estas tablas se elaboraron los Grafico N° 01 y N° 02.

Tabla N° 06. Precipitación en el periodo de evaluación 09/08/2017 – 22/09/2017

Fecha	Precipitación mm
09/08/2017	0.51
10/08/2017	16.76
11/08/2017	0.50
12/08/2017	1.53
13/08/2017	1.25
14/08/2017	4.57
15/08/2017	0.50
16/08/2017	1.53
17/08/2017	0.00
18/08/2017	4.81
19/08/2017	0.00
20/08/2017	0.00
21/08/2017	33.24
22/08/2017	14.70
23/08/2017	0.00
24/08/2017	0.00
25/08/2017	0.00
26/08/2017	0.00
27/08/2017	12.17
28/08/2017	16.77
29/08/2017	0.25
30/08/2017	0.00
31/08/2017	2.78
01/09/2017	1.53
02/09/2017	9.13
03/09/2017	6.58
04/09/2017	0.50
05/09/2017	0.00
06/09/2017	0.00
07/09/2017	0.00
08/09/2017	0.00
09/09/2017	3.80

10/09/2017	3.79
11/09/2017	2.79
12/09/2017	3.54
13/09/2017	1.27
14/09/2017	0.00
15/09/2017	7.86
16/09/2017	5.82
17/09/2017	24.63
18/09/2017	0.00
19/09/2017	1.02
20/09/2017	0.00
21/09/2017	0.00
22/09/2017	4.81
Total	188.94

Gráfico N° 01. Precipitación durante el primer periodo de evaluación.

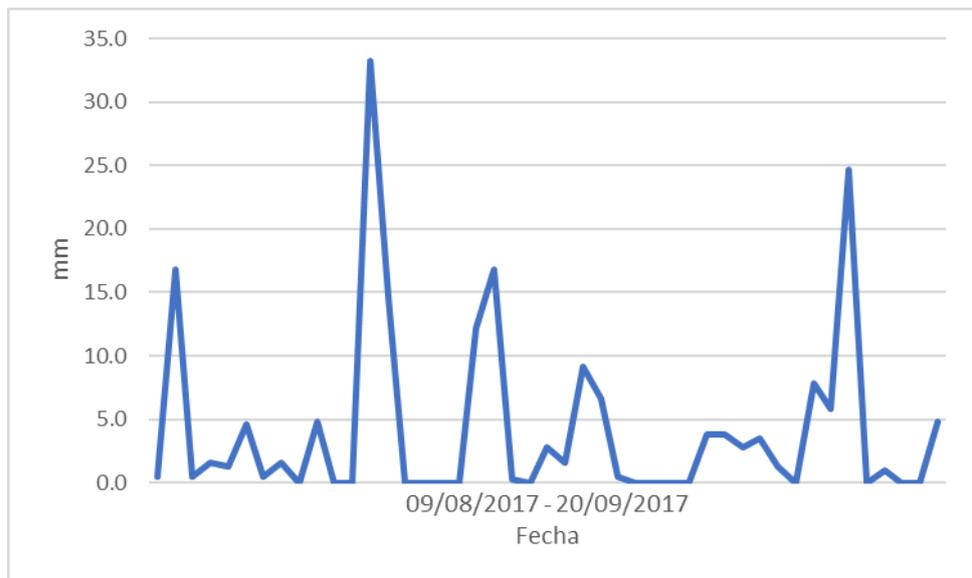
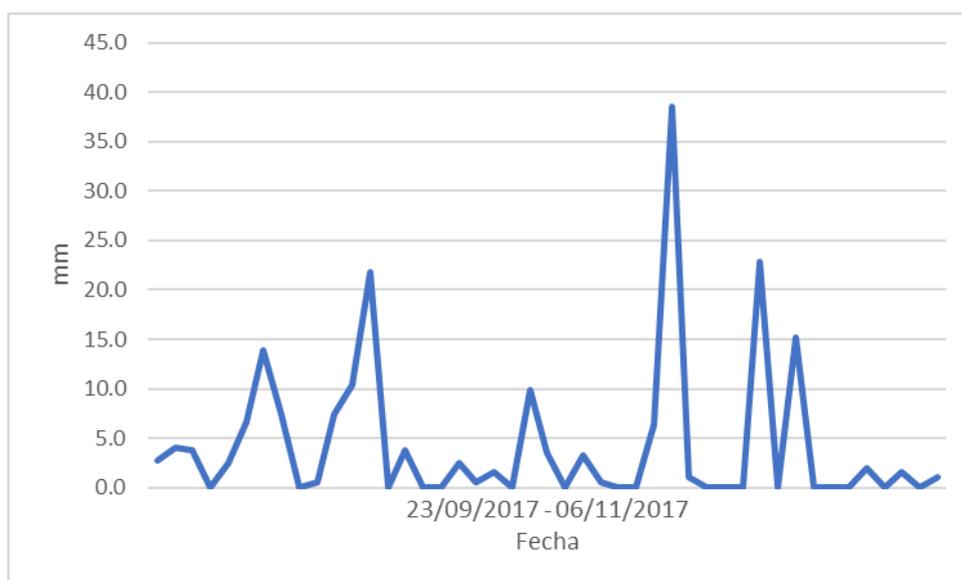


Tabla N° 07. Precipitación en el periodo de evaluación 23/09/2017 – 06/11/2017

Fecha	Precipitación mm
23/09/2017	2.77
24/09/2017	4.05
25/09/2017	3.79
26/09/2017	0.00
27/09/2017	2.53
28/09/2017	6.60
29/09/2017	13.95
30/09/2017	7.37

01/10/2017	0.00
02/10/2017	0.50
03/10/2017	7.37
04/10/2017	10.38
05/10/2017	21.82
06/10/2017	0.00
07/10/2017	3.80
08/10/2017	0.00
09/10/2017	0.00
10/10/2017	2.54
11/10/2017	0.50
12/10/2017	1.53
13/10/2017	0.00
14/10/2017	9.89
15/10/2017	3.53
16/10/2017	0.00
17/10/2017	3.28
18/10/2017	0.50
19/10/2017	0.00
20/10/2017	0.00
21/10/2017	6.34
22/10/2017	38.57
23/10/2017	1.02
24/10/2017	0.00
25/10/2017	0.00
26/10/2017	0.00
27/10/2017	22.83
28/10/2017	0.00
29/10/2017	15.20
30/10/2017	0.00
31/10/2017	0.00
01/11/2017	0.00
02/11/2017	2.03
03/11/2017	0.00
04/11/2017	1.53
05/11/2017	0.00
06/11/2017	1.00
Total	195.22

Gráfico N° 02. Precipitación durante segundo periodo de evaluación.



3.5. Determinación de los colores de la Huella Hídrica

El manejo de las praderas en la microcuenca ganadera de la laguna de Pomacochas se da bajo las condiciones de secano, donde el productor no realiza labores de riego y fertilización dando lugar a que no exista una huella hídrica azul y gris.

3.5.1. Determinación de la huella hídrica verde referencial

Para el cálculo de la huella hídrica verde referencial se hará uso de la siguiente fórmula.

$$Hv\ ref = \frac{Ppeff}{Rend.\ Referencial}$$

(Hoekstra et al., 2011)

Método Prec. Ef: USDA Servicio de Conservacion de Suelo:

$P_{ef} = P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125$; para $P_{mes} \leq 250$ mm

$P_{ef} = 125 + 0.1 * P_{mes}$; para $P_{mes} > 250$ mm (CROPWAT 8)

**3.5.1.1. Calculo de la huella hídrica verde referencial del
pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)**

Evaluación 09/08/2017 – 22/09/2017

$$Hv_{ref} = \frac{131\ 800}{3\ 800.19}$$

$$Hv_{ref} = 34.68\ \text{L/Kg MS}$$

Evaluación 23/09/2017 – 06/11/2017

$$Hv_{ref} = \frac{134\ 200}{3\ 918.16}$$

$$Hv_{ref} = 34.25\ \text{L/Kg MS}$$

**3.5.1.2. Calculo de la huella hídrica verde referencial del
pasto Rye Grass (*Lolium multiflorum*)**

Evaluación 09/08/2017 – 22/09/2017

$$Hv_{ref} = \frac{131\ 800}{2\ 551.71}$$

$$Hv_{ref} = 51.65\ \text{L/Kg MS}$$

Evaluación 23/09/2017 – 06/11/2017

$$Hv_{ref} = \frac{134\ 200}{2\ 593.10}$$

$$Hv_{ref} = 51.75\ \text{L/Kg MS}$$

3.6. Consolidado de los colores de la huella hídrica

El consolidado de los colores de la huella hídrica para la producción del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Rye Grass (*Lolium multiflorum*) se puede apreciar en las tablas N° 08 y N° 09 en la cual se detalla el valor de cada uno de los colores de la huella hídrica en cada periodo de evaluación. y en el gráfico N° 03 se tiene el promedio de los colores de la huella hídrica durante los periodos evaluados. Donde se puede observar que el pasto Rye Grass posee una mayor huella hídrica.

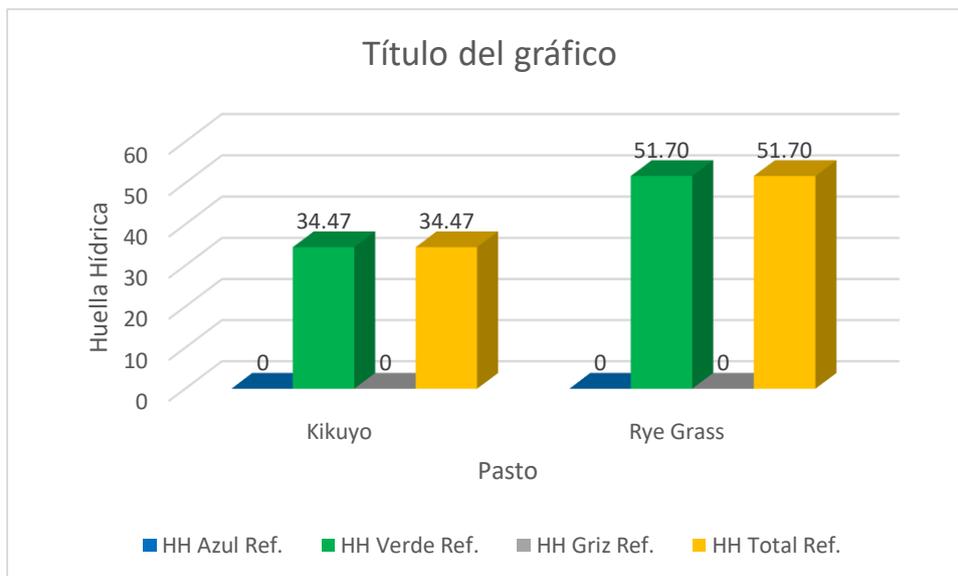
Tabla N° 08. Consolidación de los colores de la huella hídrica referencial

Evaluación 09/08/2017 – 22/09/2017		
	Kikuyo	Rye Grass
HH Azul Ref.	0	0
HH Verde Ref.	34.68	51.65
HH Griz Ref.	0	0
HH Total Ref.	34.68	51.65

Tabla N° 09. Consolidación de los colores de la huella hídrica referencial

Evaluación 23/09/2017 – 06/11/2017		
	Kikuyo	Rye Grass
HH Azul Ref.	0	0
HH Verde Ref.	34.25	51.75
HH Griz Ref.	0	0
HH Total Ref.	34.25	51.75

Gráfico N° 03. Promedio de los colores de la huella hídrica referencial.



3.7. Determinación de la Huella Hídrica mediante software CROPWAT 8

3.7.1. Clima

Para suministrar los datos al programa CROPWAT 8 (Tabla N° 10) referentes al clima, donde se incluyen variables como la temperatura mínima, temperatura máxima, humedad, viento e insolación; fueron proporcionadas por la estación meteorológica (Davis Vantage Pro) ubicada en la Estación Experimental Pomacochas.

Tabla N° 10. ETo Datos Mensuales

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	Eto mm/día
Enero	15	16	90	2.80	6.40	19.50	2.99
Febrero	14	16	91	2.40	6.20	19.50	2.98
Marzo	14	16	93	2.20	6.00	18.90	2.86
Abril	14	16	92	2.40	5.70	17.40	2.63
Mayo	14	16	92	4.20	5.50	15.80	2.22
Junio	14	16	90	4.10	5.50	15.10	2.22
Julio	14	15	87	2.40	5.50	15.40	2.40
Agosto	14	16	97	4.80	5.70	16.80	2.05
Septiembre	14	16	89	4.10	6.00	18.40	2.72
Octubre	14	16	88	4.90	6.20	19.30	2.82
Noviembre	14	17	84	2.40	6.20	19.20	3.19
Diciembre	14	16	91	2.80	6.40	19.30	2.89
Promedio	14.10	16	90	3.30	5.90	17.90	2.66

A partir de la Tabla N° 10 se realizó los gráficos correspondientes a las variables climatológicas consideradas. Se tienen los gráficos N° 04, N° 05, N° 06, N° 07, N° 08 y N° 09.

Gráfico N° 04. Temperatura mínima y máxima

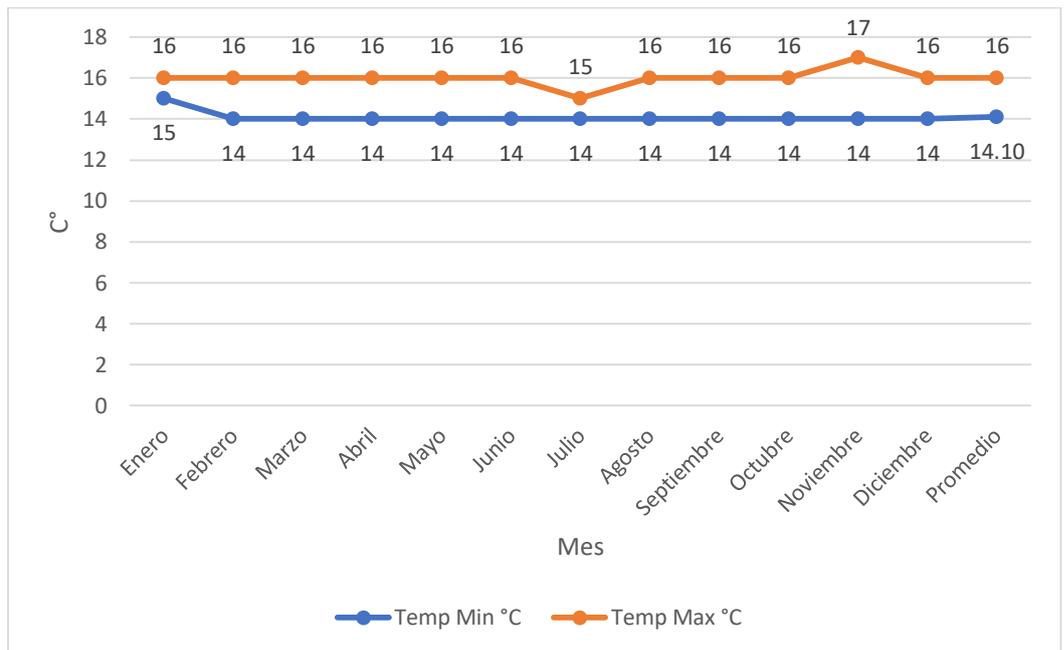


Gráfico N° 05. Porcentaje de humedad.

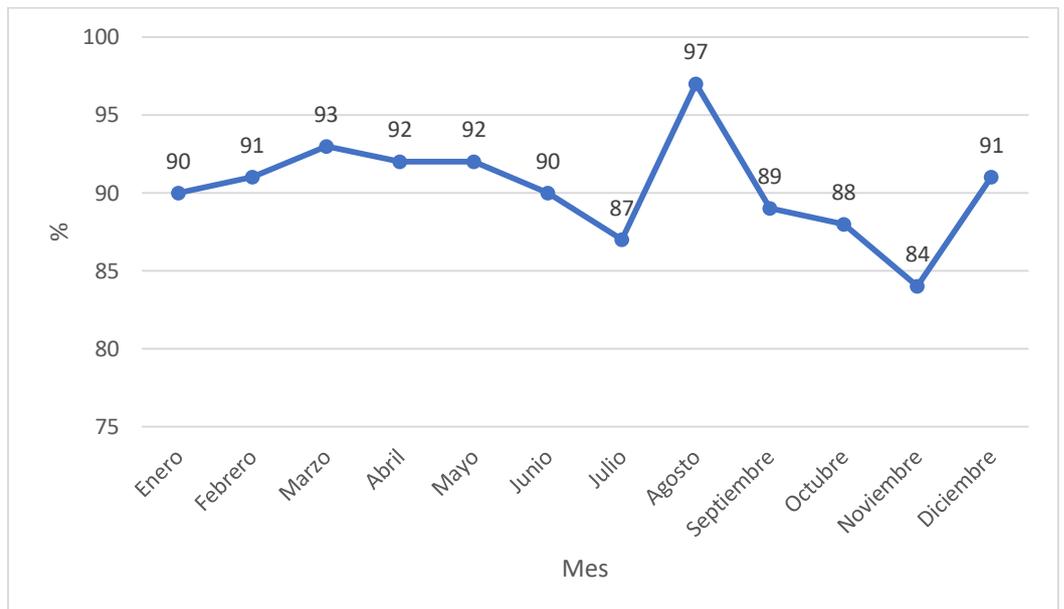


Gráfico N° 06. Velocidad del viento.

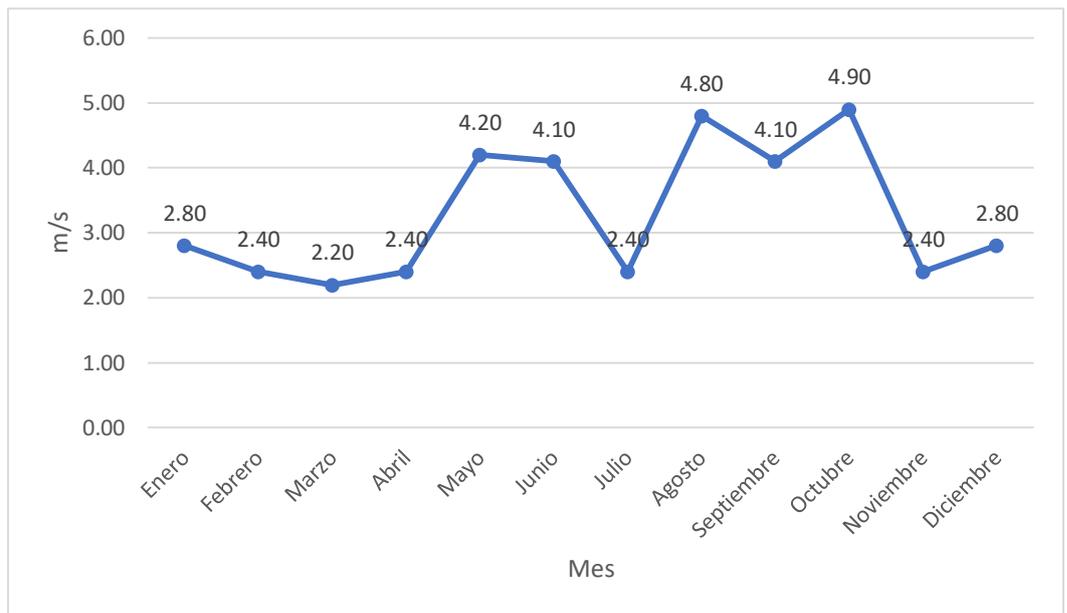


Gráfico N° 07. Tiempo de insolación.

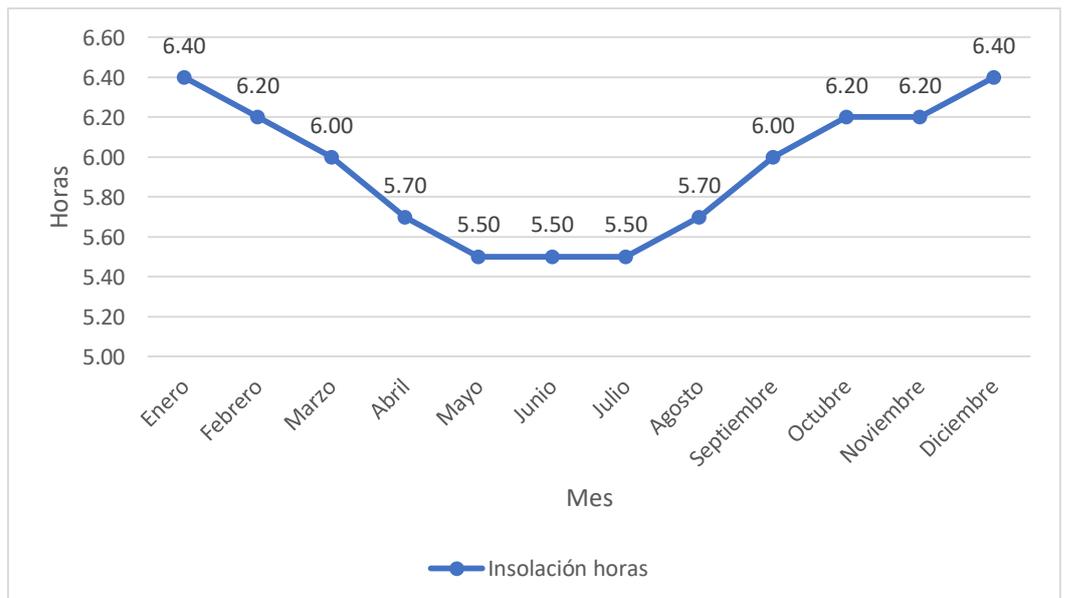


Gráfico N° 08. Energía de radiación

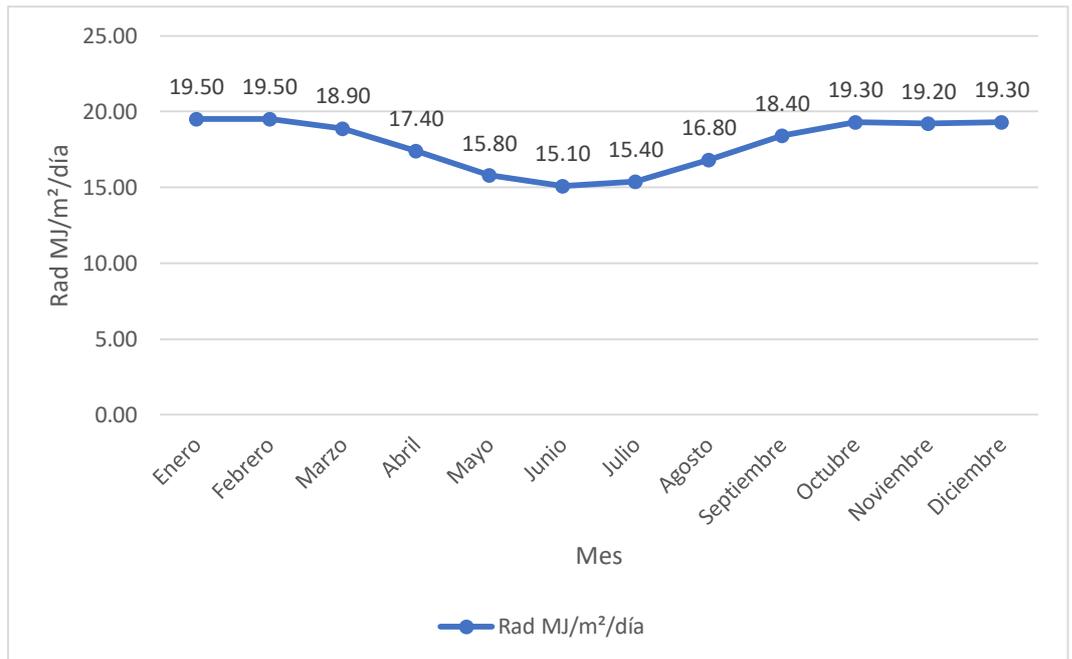
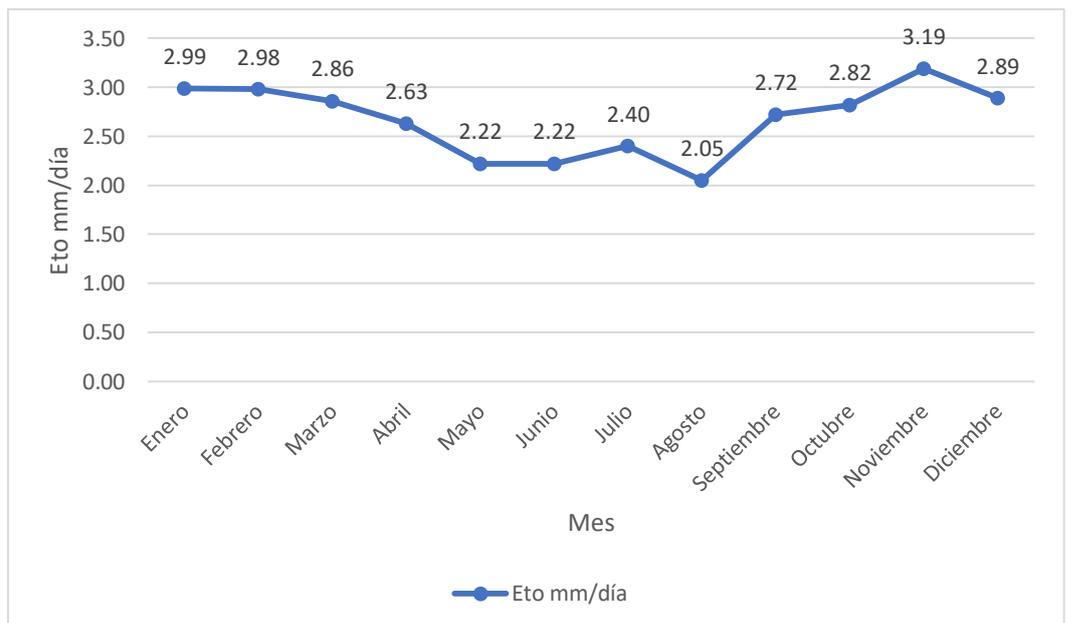


Gráfico N° 09. Evapotranspiración ETo.



3.7.2. Precipitación

Para determinar la precipitación mensual para el año 2017, se tomaron los datos de precipitación (Tabla N° 11) arrojados por la estación meteorológica (Davis Vantage Pro) ubicada en la Estación Experimental Pomacochas.

Tabla N° 11. Datos de precipitación mensual

Mes	Precipitación mm	Prec. Efec mm
Enero	181.50	128.80
Febrero	130.90	103.50
Marzo	336.70	158.70
Abril	353.30	160.30
Mayo	170.50	124.00
Junio	74.10	65.30
Julio	59.80	54.10
Agosto	114.10	93.30
Septiembre	118.10	95.80
Octubre	149.60	113.80
Noviembre	67.20	60.00
Diciembre	222.10	143.20
Total	1977.90	1300.70

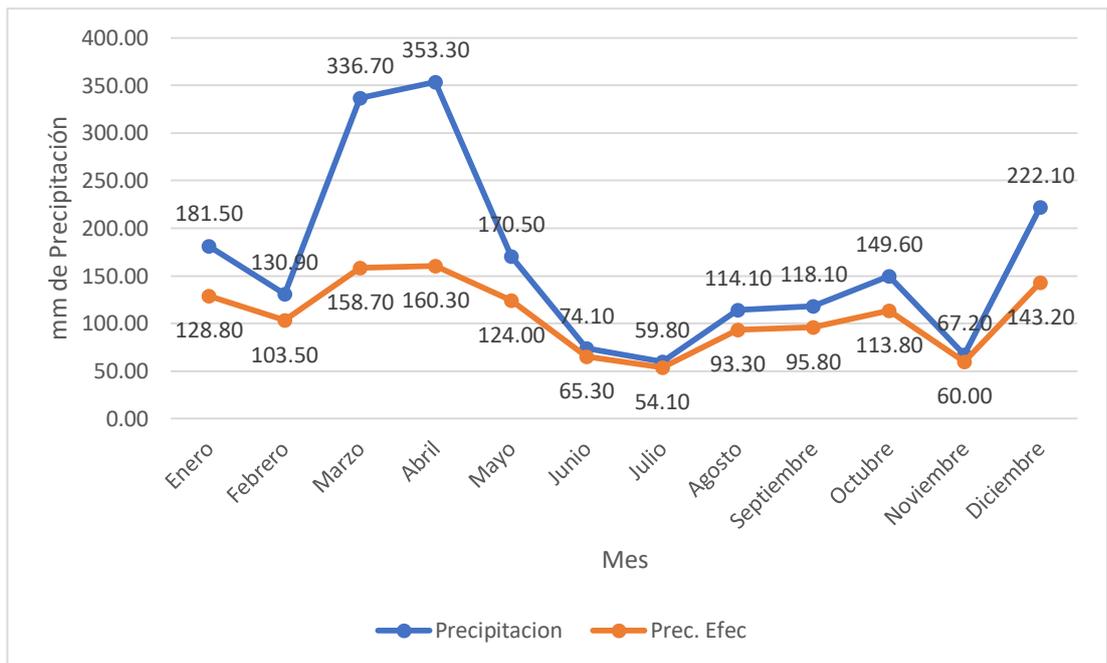
Método Prec. Ef: USDA Servicio de Conservacion de Suelo:

$P_{ef} = P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125$; para $P_{mes} \leq 250$ mm

$P_{ef} = 125 + 0.1 * P_{mes}$; para $P_{mes} > 250$ mm

A partir de la Tabla N° 11 se realizó el Grafico N° 10, donde se detalla los valores meteorológicos de precipitación y precipitación efectiva.

Gráfico N° 10. Precipitación mensual.



3.7.3. Suelo

La microcuenca ganadera de la laguna de Pomacochas presenta principalmente un tipo de suelo 50% misceláneo y 50% tamborapa (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana & Gobierno Regional Amazonas, 2010a) Se encuentran distribuidos en terrazas, superficies plano ondulado, colinas bajas de laderas moderadamente empinadas 15 y 50% (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana & Gobierno Regional Amazonas, 2010b) Características (Tabla N° 12) del suelo en la microcuenca ganadera de la laguna de Pomacochas.

Tabla N° 12. Características del suelo

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	190	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precipitación	80	mm/día
Profundidad radicular máxima	100	centímetros
Agotamiento inicial de humedad de suelo (como % de ADT)	60	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	76	mm/metro

3.7.4. Cultivo

Para los datos que solicita el programa en el ítem Cultivo los datos (Tabla N° 13 y 14) se obtuvieron de la: Guía para la determinación de los requerimientos del agua de los cultivos (Allen G., Pereira, Raes, & Smith, 2006)

3.7.4.1.Kikuyo

Tabla N° 13. Datos del cultivo

Etapa	Inicial	Desarrollo	Med	Fin	Total
Longitud (días)	5	20	10	10	45
Kc Valores	0.95	-->	1.05	0.60	
Prof. Radicular	0.15	-->	0.15	0.15	
Agotam.crítico	0.50	-->	0.50	0.50	
F. respuesta rend.	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Altura de cult. (m)			0.32		

3.7.4.2.Rye Grass

Tabla N° 14. Datos del cultivo

Etapa	Inicial	Desarrollo	Med	Fin	Total
Longitud (días)	5	15	15	10	45
Kc Valores	0.95	-->	1.05	1.06	
Prof. radicular(m)	0.15	-->	0.15	0.15	
Agotam.crítico	0.50	-->	0.50	0.50	
F. respuesta rend.	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Altura de cult. (m)			0.32		

3.7.5. Requerimiento de agua del cultivo

Haciendo uso de los datos suministrados al sistema el programa calcula el requerimiento hídrico del forraje para su producción óptima donde se obtuvo que el forraje tiene deficiencia hídrica durante los periodos de evaluación siendo la deficiencia de 96000 y 78000 L durante el primer y segundo periodo de evaluación respectivamente esto se puede apreciar en las tablas (15, 17, 19, 21) y el cálculo del volumen en las tablas (16, 18, 20, 22) y el gráfico de resumen de los requerimientos de agua del cultivo (Gráfico N° 11).

3.7.5.1. Kikuyo Evaluación 01

Tabla N° 15. Requerimiento hídrico

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ago	1	Inic	0.95	1.99	4.00	5.60	4.00
Ago	2	Des	0.96	1.86	18.60	32.80	0.00
Ago	3	Des	0.99	2.17	23.90	32.50	0.00
Sep	1	Med	1.00	2.51	25.10	31.20	0.00
Sep	2	Fin	0.84	2.29	22.9	31.20	0.00
Sep	3	Fin	0.58	1.59	3.20	6.70	3.20
					98.20	140.00	7.20

Tabla N° 16. Volumen de agua requerida por el cultivo.

Requerimiento total de agua mm/dcm	Materia seca Kg/año	Volumen de agua L/ha	Uso de agua L/kg MS
147.2	30401.53	1472000	48.42

3.7.5.2.Kikuyo Evaluación 02

Tabla N° 17. Requerimiento hídrico

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Sep	3	Des	0.95	2.62	21.00	26.80	0.00
Oct	1	Des	0.98	2.73	27.30	38.20	0.00
Oct	2	Med	1.01	2.86	28.60	41.30	0.00
Oct	3	Fin	0.98	2.88	31.70	34.20	0.00
Nov	1	Fin	0.67	2.04	12.20	13.00	1.40
					120.8	153.50	1.40

Tabla N° 18. Volumen de agua requerida por el cultivo.

Requerimiento total de agua mm/dcm	Materia seca Kg/año	Volumen de agua L/ha	Uso de agua L/kg MS
154.9	31345.28	1549000	49.42

3.7.5.3.Rye gras Evaluación 01

Tabla N° 19. Requerimiento hídrico

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ago	1	Inic	0.95	1.99	4.00	5.60	4.00
Ago	2	Des	0.96	1.87	18.70	32.80	0.00
Ago	3	Med	1.00	2.20	24.20	32.50	0.00
Sep	1	Med	1.01	2.52	25.20	31.20	0.00
Sep	2	Fin	0.85	2.30	23.00	31.20	0.00
Sep	3	Fin	0.58	1.59	3.20	6.70	3.20
					98.2	140.00	7.20

Tabla N° 20. Volumen de agua requerida por el cultivo.

Requerimiento total de agua mm/dcm	Materia seca Kg/año	Volumen de agua L/ha	Uso de agua L/kg MS
147.2	20413.64	1472000	72.11

3.7.5.4.Rye gras Evaluación 02

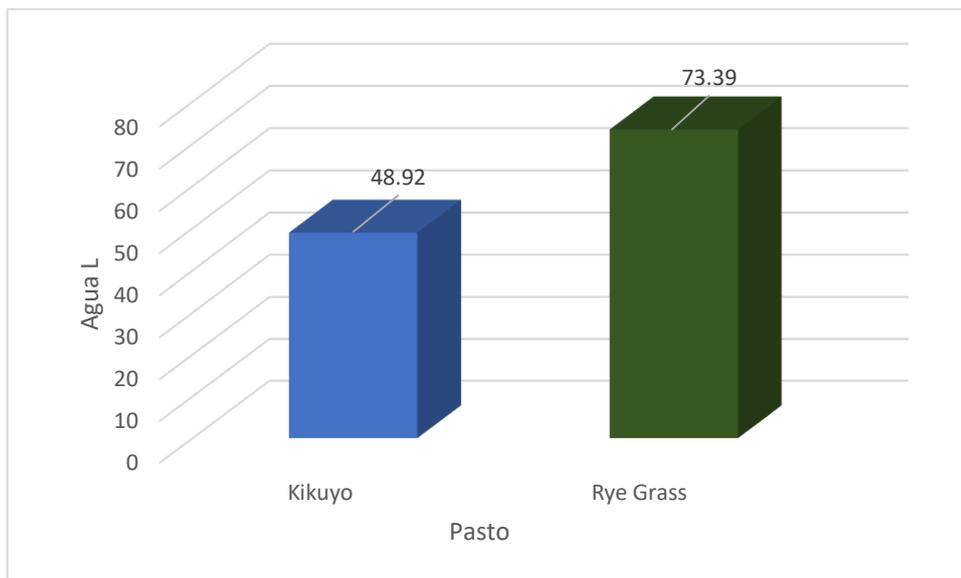
Tabla N° 21. Requerimiento hídrico

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Sep	3	Inic	0.95	2.63	21.00	26.80	0.00
Oct	1	Des	0.99	2.76	27.60	38.20	0.00
Oct	2	Med	1.02	2.88	28.80	41.30	0.00
Oct	3	Fin	0.98	2.88	31.70	34.20	0.00
Nov	1	Fin	0.67	2.04	12.20	13.00	1.40
					121.30	153.50	1.40

Tabla N° 22. Volumen de agua requerida por el cultivo.

Requerimiento total de agua mm/dcm	Materia seca Kg/año	Volumen de agua L/ha	Uso de agua L/kg MS
154.9	20744.83	1549000	74.67

Gráfico N° 11. Resumen de los requerimientos hídricos del cultivo por kg de materia seca.



IV. DISCUSIÓN

Mekonnen & Hoekstra, 2010 señalan que el promedio mundial para la producción de pastos en condiciones de secano es de 315 litros por kg de forraje lo cual equivale a 63 litros por kilogramo de materia seca. En Brasil el promedio por kg de forraje es de 307 litros equivalente a 61.4 litros por kg de materia seca. En comparación a la presente investigación se encontró que los volúmenes de agua para producir un kg de materia seca en condiciones de secano del pasto Kikuyo y Rye Grass son mucho menores a los obtenidos en la investigación de referencia. Sien los resultados obtenidos en la presente investigación que el pasto Kikuyo necesita de 34.46 litros para producir un kg de materia seca y que para producir un kg de materia seca del pasto Rye Grass se necesita de 51.70 litros de agua. Todo esto en referencia a la huella de agua verde, debido a que los pastos se producen en condiciones de secano y dependen de las precipitaciones como fuente de agua.

Jaramillo, González, & Lodoño, 2017 establecieron que el costo de agua para producir un kilogramo de materia seca es de 48,35 litros para pastos con régimen climático de la estación de Pacho, Colombia. los resultados son similares a los obtenidos en la investigación desarrollada bajo condiciones climatológicas de la microcuenca ganadera de la laguna de Pomacochas donde se encontró que el costo de agua para producir un kilogramo de materia seca del pasto Kikuyo y Rye Grass es de 34.46 y 51.70 litros respectivamente.

En cuanto a los resultados procesados mediante el software CROPWAT 8. Martínez et al., 2016 encontró que el pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* bajo las condiciones ambientales de Rozo del municipio de Palmira Valle del Cauca en Colombia, requiere de 7.823,5 m³ de agua por hectárea al año. En comparación con el presente estudio se encontró que las cantidades de agua requeridas para satisfacer las necesidades de los pastos durante un año son menores, siendo de 1.510,5 m³ de agua para la producción de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Rye grass (*Lolium multiflorum*).

Hoekstra, 2012 señala que la huella de agua de forrajes es 5 veces menor a la huella de agua de los concentrados. Aunque la mezcla total de forrajes tiene una huella de agua de aproximadamente 200 m³/tonelada (promedio global), se trata de 1000 m³/tonelada para el paquete de los ingredientes contenidos en los concentrados. Debido a que los forrajes son principalmente de secano y los cultivos para los concentrados son a menudo de regadío y fertilizado, las huellas azul y gris de agua de concentrados son incluso 43 y 61 veces a los de forrajes, respectivamente.

V. CONCLUSIONES

El color predominante de la huella hídrica para la producción de pastos bajo condiciones de la microcuenca ganadera de la laguna de Pomacochas es la huella hídrica verde, debido a que los pastos son producidos bajo condiciones de secano y los productores no realizan labores de riego y fertilización, quedando así descartado la huella hídrica azul y gris.

De acuerdo al cálculo de la huella hídrica verde, el costo para producir un kg de materia seca de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) es de 34.46 litros, y para producir un kilogramo de materia seca de pasto Rye grass (*Lolium multiflorum*) es de 51.70 litros.

A partir del software CROPWAT 8 se determinó que las condiciones climatológicas no satisfacen las necesidades hídricas de los pastos Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Rye grass (*Lolium multiflorum*) habiendo deficiencias hídricas durante el primer y segundo periodo de evaluación, siendo los requerimientos de agua de 72 m³/Ha durante el primer periodo y de 14 m³/Ha durante el segundo periodo.

El análisis de los datos mediante el software CROPWAT 8 determino que el uso de agua del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) es de 48.92 litros de agua para producir un kg de materia seca y el pasto Rye grass (*Lolium multiflorum*) utiliza 73.39 litros de agua para producir un kg de materia seca.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar un monitoreo de tallado del rendimiento por m² y % de materia seca de los pastos durante un año y determinar una huella hídrica verde promedio para las diferentes especies.

Desarrollar una investigación de producción de pastos bajo condiciones óptimas y así determinar el máximo potencial productivo de los pastos bajo condiciones ambientales controladas que satisfagan las necesidades de la especie.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen G., R., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO: Estudios FAO Riego Y Drenaje* 56, 297. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4529143>
- Arévalo, D. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica*. (B. Huertas, Ed.).
- Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Agricultura y Riego, Wwf, & Universidad Nacional Agraria La Molina. (2015). *Huella hidrica del Peru (sector agropecuario)*. (P. León & L. Ruiz, Eds.). Lima.
- Base de datos de Invasiones Biológicas para Uruguay. (2011). Plantas Vasculares, *Lolium multiflorum*.
- Carlos, E., & Jorge, E. (2000). *Informe nacional sobre la gestion del agua en el peru*. Retrieved from <http://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inpe00200.pdf>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2013). *Pennisetum clandestinum (Kikuyo)*, 20(4), 2013.
- Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. (2012). El agua en las explotaciones ganaderas. *Elika*, 1–7.
- Hannaway, D., Fransen, S., Cropper, J., Teel, M., Chaney, M., Griggs, T., ... Lane, W. (1999). Annual Ryegrass, (April), 1–20.
- Hoekstra, A. Y. (2012). The hidden water resource use behind meat and dairy, 2(2), 6.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*.
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. *Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario*, 62. Retrieved from <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- Iniciativa Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD – Livestock, E. A. D., Initiative), De, F.-S. de I. G. y, & Análisis y Política del Sector. (2001). Impacto de

- la ganadería en la disponibilidad y la calidad del agua, 1–2.
- Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, & Gobierno Regional Amazonas. (2010a). Zonificación Ecológica y Económica de Amazonas, 199. Retrieved from <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL520.pdf>
- Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, & Gobierno Regional Amazonas. (2010b). *Zonificación Ecológica y Económica de Departamento de Amazonas*.
- Jaramillo, J., González, J., & Lodoño, R. (2017). CÁLCULO COMPARATIVO DE LA HUELLA HÍDRICA COMO CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CÍTRICOS Y PASTOS.
- Loaiza, Y., & Osorio, A. (2009). GESTIÓN DEL AGUA EN EL SECTOR DE LA GANADERÍA BOVINA EN LA CUENCA RÍO LA VIEJA DEPARTAMENTOS DE QUINDÍO Y RISARALDA. Pereira.
- Martínez, A., Ruiz, A., & Morales, S. (2016). Huella Hídrica De Una Finca Ganadera Lechera Bajo Las Condiciones Agroecológicas Del Valle Del Cauca. *Bioteología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 14(2), 47. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)47-56](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)47-56)
- Martinez, M., Twente Water Centre, University of Twente and Manuel Ramon Llamas, Departamento de Geodynamics, & Complutense University of Madrid - Spain. (2016). *Water Footprint Analysis (Hydrologic and Economic) of the Guadania River Basin. Scientific Paper*. Madrid.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. *Value of Water Research Report*, 1(48).
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Indicadores Ambientales Amazonas*.
- Ministerio del Ambiente. (2010). El Perú y el Cambio Climático. *Ministerio Del Ambiente*, (Figura 1).
- Naciones Unidas. (2003). *Agua para todos, Agua para la vida*.
- Naciones Unidas. (2015). Agua para un Mundo Sostenible. *Informe de Las Naciones Unidas Sobre Los Recursos Hídricos En El Mundo 2015*, 1–8.
- Oliva, M., Collazos, R., & Vásquez, H. (2015). Composición florística de especies

herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganadera de la región Amazonas, 2015, 1–19.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, & Programa Hidrológico Internacional. (2014). *Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe*.

Rendón, E. (2015). LA HUELLA HÍDRICA COMO UN INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD Y SU APLICACIÓN EN EL PERÚ. *Saber Y Hacer - USIL*, 2, 32–47.

Ríos, N., Lanuza, E., Gámez, B., Montoya, A., Díaz, A., Sepúlveda, C., & Ibrahim, M. (2012). Cálculo de la huella hídrica para producir un litro de leche en fincas ganaderas en Jinotega y Matiguás, Nicaragua. *VII Congreso Latinoamericano de Sistemas Agroforestales Para La Producción Pecuaria Sustentable*, 7. Retrieved from [https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Rios 2012.pdf](https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Rios%202012.pdf)

Salazar, R., Rojano, A., & Lopez, I. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología Y Ciencia Del Agua*, V, 177–183.

Tolón, A., Lastra, X., & Fernández, V. (2013). HUELLA HÍDRICA Y SOSTENIBILIDAD DEL USO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. *Revista Electronica de Medioambiente UCM*, 56–86.