



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“CÁLCULO DEL BALANCE HIDRICO DE PASTOS EN EL CANTON
LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2018”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo

Autor:

Franco Puco John Franklin

Tutor:

Ing. Guido E. Yauli Ch. Mg.

Latacunga – Ecuador

Agosto – 2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Franco Puco John Franklin** declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN PASTOS EN EL CANTÓN LATACUNGA”**, siendo el **Ing. Guido E. Yauli Ch. Mg.** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Franco Puco John Franklin
C.I. 0503448938

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Franco Puco John Franklin, identificada/o con C.C. N° 0503448938 de estado civil soltero y con domicilio en el barrio San Sebastián, Parroquia Guaytacama, Cantón Latacunga, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN PASTOS EN EL CANTÓN LATACUNGA” el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad Académica según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. – Octubre 2010 – Agosto 2018.

Aprobación HCA. - Octubre 2016

Tutor. - Ing. Guido E. Yauli Ch. Mg.

Tema: “CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN PASTOS EN EL CANTÓN LATACUNGA”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad.

El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los días del mes de Agosto del 2018.

Franco Puco John Franklin
EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN PASTOS EN EL CANTÓN LATACUNGA”, de Franco Puco John Franklin, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto 2018

El Tutor

Ing. Mg. Guido Euclides Yauli Chicaiza
CC: 050160440-9

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el o los postulantes: Franco Puco John Franklin, con el título de Proyecto de Investigación “CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN PASTOS EN EL CANTÓN LATACUNGA” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto 2018

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Ing. Fabián Troya Mg.
CC: 0501645568

Lector 2
Ing. David Carrera Mg.
CC: 0502663180

Lector 3
Ing. Santiago Jiménez Mg.
CC: 0501946263

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo quiero agradecer en primer lugar a Dios por bendecirme y permitirme culminar mis estudios universitarios, a mis padres por su comprensión, paciencia, apoyo incondicional y sobre todo por la confianza que depositaron en mí, porque fueron el pilar fundamental dándome muchas fuerzas y fueron mi inspiración para cumplir un sueño que lo creía inalcanzable.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi que me ha dado la oportunidad de formarme académicamente.

También quiero expresar mi fraterno agradecimiento a mi Tutor de Proyecto, Guido Yauli y a la Ing. Karina Marín por su contribución a lo largo del presente trabajo, al Ing. David Carrera por su apoyo y las facilidades para poder desarrollar este proceso y al Ing. Santiago Jiménez quien me brindó su apoyo en la culminación del mi proyecto de investigación.

John F. Franco P.

DEDICATORIA

A mis padres Telmo y Esther, por ser mi fortaleza e inspiración, con su gran apoyo incondicional en todos los sentidos, porque sin ustedes este trabajo no hubiera sido posible

A mis abuelitos por su apoyo, consejos y mucho amor.

A todas aquellas personas que con sus consejos supieron guiarme por el camino del bien, dándome aliento para seguir adelante y creer que un resbalón no es caído y buscar conseguir mi sueño más anhelado él logra mi título de Ingeniero Agrónomo.

John F. Franco P.

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN PASTOS EN EL CANTÓN LATACUNGA.”

Autor: Franco Puco John Franklin

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Barrio Salache Bajo, parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi una altura de 2725 msnm y coordenadas 0° 59' 57" de latitud Sur y 78° 37' 14" longitud Este, con el objetivo de calcular el balance hídrico en pastos en la ciudad de Latacunga, mediante la metodología del cálculo de la evapotranspiración potencial según Thornthwaite (1948) en función de la temperatura media y una corrección en función de la duración astronómica del día y el número de días del mes. Se obtuvo los datos meteorológicos del año 2017 de la página web del INAMHI y utilizando las fórmulas que propuso Thornthwaite, se obtuvo los requerimientos hídricos mensuales para la alfalfa y pastos. Además podemos indicar que en el año 2017 el mes con mayor heliofanía fue junio (170 horas), con mayor temperatura fue noviembre (22,1°C), el mes más frío con una temperatura de 7°C fue septiembre. El coeficiente de cultivo para la alfalfa tuvo un rango entre 0,65 y 1,13, mientras que para pastos fue desde 0,48 hasta 0,90; los requerimientos hídricos para la alfalfa y los pastos fue el mes de junio (916,07 mm y 729,61 mm)

Palabras clave: Thornthwaite, Evapotranspiración, Coeficiente de cultivo, Temperatura media, Heliofanía

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: CALCULATION OF THE WATER BALANCE SHEET IN PASTURES IN THE CANTON LATACUNGA. "

AUTHOR: John Franklin Franco Puco

ABSTRACT

The present investigation was carried out in Barrio Salache Bajo, Eloy Alfaro parish, Latacunga Canton, Cotopaxi Province, at a height of 2725 meters above sea level and coordinates $0^{\circ} 59' 57''$ latitude and $78^{\circ} 37' 14''$; East longitude, with the objective of calculating the water balance in pastures in the city of Latacunga, using the methodology of the calculation of potential evapotranspiration according to Thornthwaite (1948) based on the average temperature and a correction based on the astronomical duration of the day and the number of days of the month. The meteorological data for 2017 was obtained from the INAMHI website and, using the formulas proposed by Thornthwaite, the monthly water requirements for alfalfa and pastures were obtained. We can also indicate that in the year 2017 the month with the highest heliophany was June (170 hours), with the highest temperature was November (22.1°C), the coldest month with a temperature of 7°C was September. The cultivation coefficient for alfalfa ranged between 0.65 and 1.13, while for pastures it was from 0.48 to 0.90; the water requirements for alfalfa and pastures was the month of June (916.07 mm and 729.61 mm)

Key words: Thornthwaite, Evapotranspiration, Crop coefficient, Average temperature, Heliophany

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	VI
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ÍNDICE	XIII
INDICE TABLAS	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XV
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	3
6. OBJETIVOS:.....	3
6.1 GENERAL	3
6.2 ESPECÍFICOS.....	3
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
8.1 DISMINUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	5
8.2 CICLO HIDROLÓGICO	5
8.3 BALANCE HÍDRICO.....	6
8.4 COEFICIENTE DE CULTIVO	8

8.5	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL SEGÚN THORNTHWAITTE	9
8.6	CLASES DE AGUA EN EL SUELO	10
8.7	CAPACIDAD DE CAMPO.....	11
8.8	TIPOS DE PASTOS	11
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	13
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	13
10.1.	MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN.....	13
10.1.1.	<i>Exploratoria.....</i>	<i>13</i>
10.1.2.	<i>Bibliográfica Documental.....</i>	<i>13</i>
10.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	13
10.2.1.	<i>Cuantitativa.....</i>	<i>13</i>
10.3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
10.3.1.	<i>Materiales y equipos de oficina.....</i>	<i>14</i>
10.4.	CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	14
10.4.1.	<i>Ubicación política</i>	<i>14</i>
10.4.2.	<i>Ubicación.....</i>	<i>14</i>
10.5.	CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO.....	14
10.5.1.	<i>Temperatura media y heliofanía.....</i>	<i>14</i>
10.5.2.	<i>Cálculo de la evapotranspiración potencial mensual de acuerdo al método de Thornthwaite</i>	<i>15</i>
10.5.3.	<i>Coeficientes de cultivo para pastos en estudio</i>	<i>16</i>
10.5.4.	<i>Cálculo de las necesidades hídricas de los pastos en estudio.....</i>	<i>16</i>
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	18
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
11.3.	CONCLUSIONES.....	19
11.4.	RECOMENDACIONES.....	19
12.	BIBLIOGRAFÍA	20
13.	ANEXOS.....	24

INDICE TABLAS

Tabla 1. Valores Mensuales de Temperatura y heliofanía de la estación meteorológica de la Universidad Técnica de Cotopaxi – INAMHI 2017	15
Tabla 2. Valores calculados mediante el método de Thornthwaite para cada mes en el año 2017.....	15
Tabla 3. Coeficientes de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos de cultivos perennes.....	16
Tabla 4. Cálculo del requerimiento hídrico mensual de la alfalfa para el año 2017.....	16
Tabla 5. Cálculo del requerimiento hídrico mensual de pastos para el año 2017.....	17

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Requerimientos hídricos mensuales para alfalfa y pastos en la ciudad de Latacunga 2017	18
---	----

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Cálculo de balance hídrico en pastos en el cantón Latacunga, provincia Cotopaxi, 2018.

Fecha de inicio:

Abril 2018

Fecha de finalización:

Agosto 2018

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica.

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto: Franco Puco John Franklin

Tutora: Ing. Guido E. Yauli Ch. Mg.

Lector 1: Ing. Fabián Troya MSc.

Lector 2: Ing. David Carrera Mg.

Lector 3: Ing. Cristian Jiménez Mg.

Coordinador del Proyecto

Nombre: Franco Puco John Franklin

Teléfonos: 0998857762

Correo electrónico: fjohn4762@gmail.com

Área de Conocimiento:

Agricultura

Línea de investigación:

Línea 1: Análisis, conservación y aprovechamiento de la agrobiodiversidad local

Sub líneas de investigación de la Carrera:

a.- Caracterización de la biodiversidad

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está basado en sistemas de información geográfica que mediante estudios de la superficie hídrica del cantón Latacunga, cuyo propósito es saber el mes exacto y la cantidad de agua que necesita el pasto, para lo cual se descargan imágenes satelitales y vectoriales del cantón, se utilizan las herramientas, para lograr hacer una delimitación de espejo para crear puntos de origen y un punto de destino.

De tal manera hacemos usos de la fórmula de Thornthwaite para calcular las evapotranspiraciones mensuales y adicionamos los coeficientes de cultivos por ciclo de vida de los mismos para poder determinar los metros cúbicos del uso consuntivo del agua para la agricultura tomando como referencia a los pastos alfalfa, ryegrass y pasto azul.

De todos los elementos meteorológicos, el que presenta más variabilidad interanual y que sin duda ejerce mayor impacto en la agricultura de secano es la precipitación u oferta de agua. De la interacción entre la oferta de agua, y la retención en el suelo y la demanda de agua constituida por los elementos meteorológicos que producen la evaporación directa desde el suelo y la transpiración a través de los estomas de las hojas de las plantas (constituyendo en conjunto la evapotranspiración).

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El cantón Latacunga se encuentra limitado al norte por la provincia de Pichincha, al sur por el cantón Salcedo al este por la provincia de Napo y al oeste por los cantones Sigchos, Saquisilí y Pujilí de la provincia de Cotopaxi, que está sobre la hoya del Patate, motivo por el cual consta de una gran cantidad de subcuencas hidrográficas naturales, que pueden ser aprovechadas para el uso agrícola y pecuario de regadío de las principales parroquias del cantón Latacunga ya que existen estudios de una posible extracción del recurso hídrico.

El propósito de la investigación trata de recopilar datos de las estaciones meteorológicas para obtener datos de precipitación y aplicarlo en el cultivo de pastos conociendo la necesidad hídrica de cada una de ellos, debido a la importancia en la alimentación animal, con esta información nos permitiría contribuir en estudios de distribución de agua en el cantón y con la ayuda de y software de sistemas de información geográfica canalizar hacia la implantación de proyectos referentes a la recuperación de las cuencas hidrográficas del cantón.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Agricultores cultivadores de pastos que les permitirá mejorar sus rendimientos, mejorando la rentabilidad e incrementado sus ingresos. Docentes y Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronómica y la Universidad Técnica de Cotopaxi, por incentivar y contribuir en la investigación.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

No existen estudios sistematizados de los recursos hídricos de la provincia de Cotopaxi. Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca se han contabilizado 550 hectáreas que son afectadas por la falta del agua en Cotopaxi. Los agricultores de Pujilí, Saquisilí, Sigchos, Salcedo y Latacunga que es el cantón en estudio son los más afectados (Mainsanche , 2016)

Como la evapotranspiración de referencia se refiere al consumo hídrico de una pradera permanente es decir activa (verde) durante todo el año.

6. OBJETIVOS:

6.1 General

- Calcular el balance hídrico en pastos en el cantón Latacunga utilizando la fórmula de ETP de Thornwhaite.

6.2 Específicos

- Evaluar el estado actual de la oferta y disponibilidad de agua a nivel de sub cuenca hidrográfica
- Realizar proyecciones para escenarios futuros teniendo en cuenta cambios y la viabilidad climática y posibles cambios en la demanda de agua en la naturaleza
- Representar mapas que reflejen las condiciones del recurso hídrico con ETP basado en precipitaciones.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Objetivos planteados	Actividades	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología
Evaluar el estado actual de la oferta y disponibilidad de agua a nivel de sub cuenca hidrográfica	Determinación de las etapas de planificación de la evapotranspiración	Obtención de un calendario agrícola. Aprovechamiento del recurso hídrico en el ciclo fenológico de los pastos	Calendario agrícola Estaciones meteorológicas
	Perfil territorial del cantón Latacunga.	11 parroquias urbanas donde se propone trabajar con el proyecto.	Información general geográfica del cantón.
Realizar proyecciones para escenarios futuros teniendo en cuenta cambios y la viabilidad climática y posibles cambios en la demanda de agua en la naturaleza.	Recolección exacta de Precipitación (PP) Y Evapotransporación potencial (ET ₀)	Obtención de curvas de precipitación y evapotransporación	A través del software ArcGis se calcula el volumen de los metro cúbicos de agua que se pueden captar y por medio de Excel se calcula el ET ₀ para los principales cultivos
	Utilizar la fórmula de Thornthwaite para calcular el ET ₀ que es la evapotranspiración y el Kc de los cultivos de pastos	$ETP = 1,6(10 t/I)^a$	
Representar mapas que reflejen las condiciones del recurso hídrico con ETP basado en precipitaciones.	Extraer imágenes satelitales	Se extrajeron imágenes LANDSAT y DEM	Digitalización en ArcGis
	Mediante el software ArcGis se realizó mapas de precipitación y evapotranspiración	Construcción de mapas de precipitación y evapotranspiración	Uso de herramientas ArcToolbox para realizar los mapas

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Disminución de la disponibilidad de agua en las cuencas hidrográficas

Por el aumento de las demandas y los efectos del cambio climático, los usuarios cada vez tendrán menos agua. Esta disminución de disponibilidad de agua interviene cuando el país necesita más alimentos por su crecimiento poblacional muy elevado debido a la expansión rápida de los centros urbanos. (Bleuze, y otros, Foros de los Recursos Hídricos, 2012)

Sobre el tema del cambio climático de la parte andina, a pesar de la observación de algunas evidencias como el retroceso de los glaciares montañosos no existen conclusiones consensuales en cuanto a los impactos sociales, ambientales y económicos que tendrán estos cambios. (Bleuze, y otros, Foros de los Recursos Hídricos, 2012)

Sin embargo, se puede esperar a futuro una variación (en temperatura y precipitación) mayor de un año al otro. Lo que dificultará aún más la gestión del agua. Pero es importante entender que los efectos del cambio climático-cuya tendencia (aumentado o disminución) no fue todavía comprobado en la parte andina – se suma a problemas ya existentes y bien reales, fruto de una mala gestión del recurso agua. La disminución de disponibilidad de agua se relaciona más con fenómenos socio-económicos o ambientales actuales que implica cambios en la ocupación del suelo y el uso del agua. (Bleuze, y otros, Foros de los Recursos Hídricos, 2012)

8.2 Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Está animado por dos causas: La energía solar y la gravedad. La naturaleza ha creado una especie de máquina insuperable, regulando y gestionando las necesidades de cada uno de los seres vivos. (Ordoñez J. J., 2011)

Por ser un ciclo, no tiene punto de partida, sin embargo, para explicarlo, se puede comenzar por la evaporación que se produce en el océano, en lagos, embalses, y todo tipo de cuerpos de agua, y la evapotranspiración de las plantas, la cual es la combinación del agua que se pierde por evaporación en el suelo y transpiración en el material vegetal. Esta evaporación y evapotranspiración, son producidas por la energía suministrada por el sol e influenciadas por las condiciones climáticas e hídricas de temperatura, radiación, viento y humedad. De esta forma, el agua cambia de un estado

líquido a un estado gaseoso. El agua en forma de vapor pasa a la atmósfera, y en este ascenso, pierde calor y se produce el proceso de condensación alrededor de núcleos de condensación (los cuales pueden ser partículas de polvo que flotan en el aire), creando pequeñas gotas de agua. Estas pequeñas gotas de agua, crean nubes, y en su circulación se van uniendo entre ellas, creando gotas más grandes, las cuales por su peso, se precipitan finalmente en forma de lluvia (nieve o granizo). (Ordoñez J. , 2011)

Parte de la precipitación es interceptada por la vegetación, otra parte cae al suelo y dependiendo de las condiciones de cobertura del suelo, del tipo de suelo y de la pendiente del terreno, esta agua puede quedar encharcada, escurrir superficialmente o infiltrarse. El agua que escurre superficialmente corre hacia los cuerpos de agua y finalmente al mar. Una parte del agua que se infiltra es retenida por el suelo, cuya capacidad de retención depende de su textura y estructura (porosidad); otra parte del agua infiltrada se convierte también en escorrentía superficial al ser saturada la capacidad de almacenamiento suelo; otra parte se convierte en flujo subsuperficial, y por ultimo otra parte percola, hacia capas inferiores produciendo la recarga de aguas subterráneas. El agua que se infiltra, viaja lentamente y llega a alimentar a ríos y manantiales. (Ordoñez J. , 2011)

8.3 Balance hídrico

El balance hídrico es la evaluación de las ganancias y pérdidas de agua sufridas por el suelo en períodos de tiempo definidos. (Claro, 2006)

Muchas aplicaciones tiene el balance hídrico, la cuales son: planificar el aprovechamiento de los recursos hídricos, identificar períodos de deficiencia o suficiencia de agua en los cultivos, obtener índices climáticos y agroclimáticos, planificar y operar el riego y el drenaje en los campos agrícolas, predecir los rendimientos agrícolas, zonificar zonas de secano, realizar calendarios agrícolas, predecir inundaciones, sequías e incendios forestales, erosión del suelo, etc. (Claro, 2006)

El balance hídrico diario propuesto para el cálculo del almacenamiento de agua en el suelo considera los siguientes términos: (Basualdo, s. f.)

$$ALM_{final} + EXC_{final} + = ALM_{inicial} + EXC_{inicial} + PP - ESC - PER - ETR$$

donde:

ALM = almacenamiento de agua en el suelo

EXC = excesos de agua acumulados en superficie

PP = precipitación

ESC = escurrimiento superficial

ETR = evapotranspiración real del cultivo

PER = percolación o infiltración profunda.

En el mismo se han despreciado movimientos horizontales subsuperficiales de agua, que resultan en general de orden menor que los verticales. A continuación se resumirá la forma en que el modelo estima cada uno de estos términos. (Basualdo, s. f.)

La humedad del suelo puede estar en su máxima capacidad de retención o capacidad de campo (en que la extracción de agua por los vegetales se produce sin ninguna dificultad) o puede descender a valores por debajo del punto de marchitez permanente, en que un vegetal se marchitaría sin capacidad de recuperación ni aún dentro de una atmósfera saturada. Entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente existe el rango de lo que denominamos agua útil. A medida que se va utilizando el agua útil, y las reservas se acercan al punto de marchitez permanente, el esfuerzo del vegetal para extraer agua es cada vez mayor. (Basualdo, s. f.)

La capacidad de un suelo de almacenar agua depende de la cantidad y tamaño de sus poros, es decir de su estructura, textura y contenido de materia orgánica. Para la estimación de CC y PMP el modelo considera el método de Ritchie (1987). Los valores de capacidad no se refieren a una profundidad fija, sino que tienen en cuenta la profundidad típica de exploración radicular en cada zona. Frecuentemente se llama a esta medida “capacidad efectiva”. (Basualdo, s. f.)

Distintos tipos de suelo muestran límites de desecamiento diferentes: los arenosos pueden perder todo el contenido de agua si se dan las condiciones para ello, mientras que los arcillosos mantienen una cantidad mínima que no es utilizable por las plantas pero se conserva aún en condiciones de sequía severas. Así se define el “límite de desecamiento” como sigue: (Basualdo, s. f.)

$$LD = [(PMP / CC) - 0.4] * 2.5$$

Para Basualdo (s.f.), si este cálculo arroja un valor negativo (suelos muy arenosos) se considera $LD = 0$. Si el resultado es mayor que 1 (suelos muy arcillosos) se toma $LD = 1$. Así se calcula entonces un almacenaje mínimo como:

$$\text{ALM (mínimo)} = \text{LD} * \text{PMP}$$

La evapotranspiración del sistema suelo-cultivo alcanza un valor máximo o potencial (ETP) sólo cuando no existen limitantes hídricas. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizó la denominada ecuación de FAO Penman-Monteith (1990), recomendada por la FAO. El valor de ETP se calcula en función de la radiación máxima (astronómica) del día y valores de las siguientes variables meteorológicas: temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, viento y heliofanía (o nubosidad, en su defecto). (Basualdo, s. f.)

Cuando la humedad del suelo es inferior a la capacidad de campo, la evapotranspiración real del sistema suelo-cultivo es menor que la potencial, y va disminuyendo a medida que aumenta el nivel de estrés hídrico al que está sometido el cultivo. De acuerdo al esquema anterior, el valor de evapotranspiración real (ETR) se halla a partir de su valor potencial (ETP) y del almacenaje inicial del suelo expresado como fracción de la capacidad de campo: (Basualdo, s. f.)

$$\text{ETR} / \text{ETP} = \text{ALM} / \text{CC}$$

donde:

ETR es la evapotranspiración real del cultivo

ETP es la evapotranspiración potencial del cultivo

ALM es el almacenaje o contenido de agua en el suelo

CC es la capacidad de campo

Como la evapotranspiración de referencia se refiere al consumo hídrico de una pradera permanente, es decir, activa (verde) durante todo el año. Debe realizarse primeramente un ajuste relacionado con el consumo de agua del cultivo particular, que varía a lo largo de su ciclo con respecto al de una pradera, superándolo en algunos periodos (críticos) y permaneciendo por debajo en otros, dependiendo de su desarrollo fisiológico. Es necesario entonces conocer el requerimiento hídrico de cada cultivo particular a lo largo de su ciclo. (Basualdo, s. f.)

8.4 Coeficiente de cultivo

Los efectos combinados de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo se integran en un coeficiente único del cultivo. El coeficiente único Kc incorpora las características del cultivo y los efectos promedios de la evaporación en el suelo. Para la planificación normal del riego y propósitos de manejo, para la definición de calendarios básicos de riego y para la mayoría de los estudios de balance hídrico, los coeficientes

promedios del cultivo son apropiados y más convenientes que los valores de K_c calculados con base diaria usando coeficientes separados de cultivo y suelo (FAO, 2006)

A la relación entre el consumo de un cultivo y el de una pradera permanente se lo denomina coeficiente de cultivo (K_c). A continuación mostramos un ejemplo de los valores de este coeficiente para distintas etapas fenológicas de un maíz de ciclo largo sembrado el 10 de septiembre. $K_c = 1$ indica consumo igual al de una pradera; en los periodos críticos el consumo del cultivo supera al de la pradera ($K_c > 1$). (FAO, 2006)

8.5 Evapotranspiración potencial según Thornthwaite

Los cálculos de Thornthwaite (1948) está basado en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración del día y el número de días del mes. El método es muy empleado en Hidrología y en la estimación del balance hídrico para climatología e hidrología de cuencas. También es empleado en los índices y clasificaciones climáticas. (Almorox, <http://ocw.upm.es>, s. f.)

Thornthwaite comprobó que la evapotranspiración era proporcional a la temperatura media afectada de un coeficiente, a. se proporciona la fórmula:

$$e = 16 \cdot (10 \cdot tm / l)^a$$

donde:

e: evapotranspiración mensual sin ajustar en mm(mm/mes)

tm: temperatura media mensual en °C

l: índice de calor anual

$$l = \sum i_j; j = 1, \dots, 12$$

Que se calcula a partir del índice de calor mensual, i , como suma de los doce índices de calor mensuales:

$$i_j = (tm_j / 5)^{1,514}$$

donde:

a: parámetro que se calcula, en función de l según la expresión.

$$a = 0,000000675 \cdot l^3 - 0,0000771 \cdot l^2 + 0,01792 \cdot l + 0,49239$$

Para valores de temperatura media mensual superiores a los 26,°C, la ETP sin ajustar se obtiene directamente de la tabla(“valores de la ETP diaria sin corregir para temperaturas superiores a los 26,5°C”) al ser independiente del valor de l. en este caso, hay que considerar que para obtener el valor mensual hay que multiplicar por el número de días del mes. (Almorox, <http://ocw.upm.es>, s. f.)

Para el cálculo de la ETP de un mes determinado será preciso corregir la ETP sin ajustar “e” mediante un coeficiente que tenga en cuenta en número de días del mes y horas de luz de cada día, en función de la latitud. Para lo cual se introduce el índice de iluminación mensual en unidades de 12 horas, que debería multiplicar a la ETP sin ajustar para obtener la ETO según Thornthwaite (mm/mes) (Almorox, <http://ocw.upm.es>, s. f.).

$$ETP_{Tho} = e.L$$

donde:

e: evapotranspiración mensual sin ajustar en mm

L: factor de corrección del número de días del mes (Nd_i) y la duración astronómica del día N_i -horas de sol-:

$$L_i = Nd_i / 30.N_i / 12$$

8.6 Clases de agua en el suelo

Las partículas del suelo están rodeadas de poros de diferentes tamaños, donde se deposita el agua y el aire. Cuando se aplica suficiente agua a un suelo, sea por medio natural o artificial, todos los poros se llenan de agua. En ese momento existen en el suelo tres clases de agua: agua gravitacional o libre, agua disponible o capilar y agua higroscópica o no disponible. El agua gravitacional es aquella que drena libremente del suelo debido a la fuerza de gravedad. Ocupa un límite por encima de la capacidad de campo, por lo que en presencia de suelos bien drenados esta agua drena sin causar daño directo a las plantas. (Calvache, 2002)

El agua higroscópica es aquella retenida con una fuerza superior a la capacidad de las plantas para extraer agua del suelo (punto de marchitez), por esa razón no interesa como fuente de humedad para los cultivos. (Calvache, 2002)

El agua disponible es la porción de agua almacenada en el suelo que puede ser absorbida por las raíces de las plantas para su crecimiento, desarrollo y producción. Se

define como la parte de la humedad total retenida entre la capacidad de campo y el punto de marchitez. (Calvache, 2002)

El agotamiento de la humedad del suelo no es lineal, sino exponencial. A medida que disminuye la humedad, aumenta el esfuerzo o succión que necesita realizar la planta para extraer agua, por ese motivo algunos autores dividen la reserva hídrica del suelo en fácilmente aprovechable y difícilmente disponible (cierre progresivo de estomas debido al déficit hídrico). (Calvache, 2002)

La humedad del suelo es dinámica y varía en el tiempo y en el espacio en respuesta a las fuerzas del agua (capilar, gravitacional, adsorción), debidas a percolación, evaporación, irrigación, lluvia, temperatura y el uso por las plantas. (Calvache, 2002)

Para fines agrícolas es necesario conocer, no solamente el estado actual de humedad del suelo, sino también los límites superior e inferior dentro de las cuales la planta puede absorber agua, para así poder planificar y diseñar en forma apropiada la cantidad de agua que debe aplicarse para suplir la deficiencia. Estos límites corresponden, aproximadamente a lo que se denomina capacidad de campo y punto de marchitez. (Calvache, 2002)

8.7 Capacidad de campo

La capacidad de campo puede definirse como la cantidad máxima de agua que un suelo puede retener o almacenar, bajo condiciones de humedecimiento total seguido de drenaje libre (gravitacional). (Calvache, 2002)

En el campo, los suelos alcanzan esta condición solo momentáneamente. Esto se debe a que mientras el exceso de agua está aún drenando lentamente en las capas más profundas del suelo, parte del agua disponible de las capas superficiales está siendo evaporada desde el suelo o transpirada por las plantas. Determinar cuando el perfil tiene una "capacidad de campo promedio" es difícil, especialmente en suelos arcillosos. (Calvache, 2002)

8.8 Tipos de Pastos

Se denomina como pasto a diversas especies de gramíneas (y otras plantas), que crecen formando densas cubiertas de vegetación, y se utilizan como pienso o pastura para la alimentación y engorda de animales, considerándose como el pasto, a las hojas y tallos de plantas (principalmente de las gramíneas), y abarcando varias especies, como por ejemplo varias de las gramíneas que se siembran para consumo humano de sus semillas, (maíz, trigo, cebada, sorgo, centeno, arroz), usándose luego de la extracción

de las semillas, los restos, de la planta, (ya sea frescos aún o secos), o en su caso se cultivan para que los animales pastoreen, de la misma manera entran en la categoría de pastos, muchas otras plantas silvestres, (principalmente gramíneas), y otras plantas como por ejemplo los tréboles, destinándose a la alimentación animal. (Allen, 2006)

El pasto en sí, se refiere a las diversas gramíneas que son cultivadas exprofeso para la alimentación animal, o para ornato de los hogares, plazas y jardines, denominándoseles entonces con el nombre genérico de césped, para la designación de tales gramíneas. (Pallarez, 2016)

La mayoría de los pastos, se clasifican por sus características de resistencia a la sequía, adaptación climática, largo del tallo, contenido energético y demás propiedades útiles para el ganado (algunos se usan para ornato, denominándoseles entonces como césped). (Pallarez, 2016)

Alfalfa.- Se trata de una hierba perteneciente al grupo de las gramíneas, que se utiliza para la alimentación y el pastoreo del ganado. Crece rápidamente y aporta grandes nutrimentos a los animales por lo que es muy cultivada tanto para procesar y empaquetar para su envío como forraje a granjas, como mediante el pastoreo de los animales en cultivos sembrados exprofeso. (Pallarez, 2016)

Trébol.- El trébol no es una gramínea como la mayoría de los pastos (pertenece a las leguminosas), sin embargo es muy utilizada en el pastoreo de animales, por su alto contenido alimenticio para estos. Se cultiva para el pastoreo porque soporta bien las bajas temperaturas, crece en suelos pobres y crece rápidamente. (Pallarez, 2016)

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

¿Con el cálculo del balance hídrico podremos determinar el requerimiento de agua para los pastos en el cantón Latacunga?

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Modalidad básica de investigación

10.1.1. Exploratoria

Este tipo de investigación se centra en analizar e investigar aspectos concretos de la realidad que aún no han sido analizados en profundidad. Básicamente se trata de una exploración o primer acercamiento que permite que investigaciones posteriores puedan dirigirse a un análisis de la temática tratada. Por sus características, este tipo de investigación no parte de teorías muy detalladas, sino que trata de encontrar patrones significativos en los datos que deben ser analizados para, a partir de estos resultados, crear las primeras explicaciones completas sobre lo que ocurre, por este motivo, el cálculo del balance hídrico se enmarca en la metodología de Thornthwaite.

10.1.2. Bibliográfica Documental

La investigación se respaldará en la revisión de bibliografía, documentos online de investigaciones realizadas y además se revisó artículos científicos referentes a la temática investigada que sirvió de base para el contexto del marco teórico y la fundamentación de los resultados obtenidos.

10.2. Tipo de Investigación

10.2.1. Cuantitativa

Es cuantitativo, porque obtuvimos datos numéricos al tomar las lecturas semanales del porcentaje de incidencia de la enfermedad, al igual que al contar y pesar el número de tubérculos por planta y clasificarlas por categorías, tuvimos resultados en promedios de cada variable.

10.3. Materiales y Métodos

10.3.1. Materiales y equipos de oficina

- Computador
- Memoria externa
- Hojas de papel bond
- Calculadora
- Material bibliográfico
- Material virtual

10.4. Características del sitio experimental

10.4.1. Ubicación política

El cantón Latacunga se encuentra limitado:

Al norte: por la provincia de Pichincha.

Al sur: por el cantón Salcedo.

Al este: por la provincia de Napo

Al oeste: por los cantones Sigchos, Saquisilí y Pujilí

10.4.2. Ubicación

La ciudad de Latacunga se encuentra atravesada por varios recursos hídricos superficiales: Río Cutuchi, en sentido norte-sur y 11,77 Km de longitud; Río Álaquez en igual sentido de 5,64 Km y que tiene la naciente en las faldas del volcán Cotopaxi; Río Pumacunchi, que atraviesa la ciudad en igual sentido de los anteriores en una longitud de 9,04 Km; Río Yanayacu, cuyas aguas fluyen de este a oeste en un recorrido de 4,33 Km; Río Cunuyacu en el mismo sentido y 3,40 Km; y el Río Illuchi que delimita la zona urbana de la ciudad por el costado sureste en una longitud de 5 Km. Adicionalmente el área urbana presenta varias quebradas que descienden desde las colinas este y oeste de la ciudad.

10.5. Cálculo del balance hídrico

10.5.1. Temperatura media y heliofanía

Descargamos de la página web del INAMHI, el anuario de datos meteorológicos del año 2017, para utilizar la temperatura media y la heliofanía

de cada mes, de la estación meteorológica de la Universidad Técnica de Cotopaxi – INAMHI.

Tabla 1. Valores Mensuales de Temperatura y heliofanía de la estación meteorológica de la Universidad Técnica de Cotopaxi – INAMHI 2017

M1238	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - UTC							
MES	HELIOFANIA	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						
		ABSOLUTAS				MEDIAS		
	HORAS	Máxima	día	Mínima	día	Máxima	Mínima	Mensual
Enero	169,8	24,5	16	4,6	19	20,9	10	14,9
Febrero	93,4			5,0	18	19,3	9,8	14,3
Marzo	116,9					20,5	10	14,5
Abril	148,0					21,0	9,2	14,4
Mayo	119,2			7,6	23	19,8	10,2	14,2
Junio	179,7					19,4	8,8	13,8
Julio	158,4			2,4	28	17,6	8,1	12,5
Agosto	170,0	22,0	9			18,7	7,5	13,0
Septiembre	145,1	22,0	4			19,6	7	13,5
Octubre	170,2	23,6	2	3,8	1	20,4	8,7	14,4
Noviembre	164,7	24,2	17			22,1	9	15,3
Diciembre	160,2	25,2	23			21,1	9,5	14,6
VALOR ANUAL	1795,6					20,0	9,0	14,1

Elaborado: Franco, J. (2018)

Fuente: (INAMHI, 2017)

10.5.2. Cálculo de la evapotranspiración potencial mensual de acuerdo al método de Thornthwaite

Utilizando el método de Thornthwaite, se procedió al cálculo de la Evapotranspiración potencial por cada mes del año 2017 (Tabla 2)

Tabla 2. Valores calculados mediante el método de Thornthwaite para cada mes en el año 2017

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total	
T°	14,9	14,3	14,5	14,4	14,2	13,8	12,5	13	13,5	14,4	15,3	14,6	169,40	
I	5,22	4,91	5,01	4,96	4,86	4,65	4,00	4,25	4,50	4,96	5,44	5,07	57,83	a= 1,401
ETP sin corr	60,3	56,9	58,0	57,5	56,3	54,1	47,1	49,8	52,5	57,5	62,6	58,6		

n° días mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
n° horas luz	5,5	3,3	3,8	4,9	3,8	6,0	5,1	5,5	4,8	5,5	5,5	5,2	
ETP corr.	28,4	14,8	18,8	23,6	18,7	27,0	20,7	23,5	21,2	27,2	28,6	26,1	278,6

Elaborado: Franco, J. (2018)

10.5.3. Coeficientes de cultivo para pastos en estudio

En la tabla 3 se observan los coeficientes de cultivo para alfalfa y pastos en general, tomado de INIFAP (2001)

Tabla 3. Coeficientes de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos de cultivos perennes

Cultivos	Kc mensual											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Alfalfa	0,65	0,75	0,85	1	1,1	1,13	1,12	1,08	1	0,9	0,8	0,65
Pastos	0,48	0,6	0,75	0,85	0,87	0,9	0,9	0,87	0,85	0,8	0,65	0,6

Elaborado: Franco, J. (2018)

Fuente: (INIFAP, 2001)

10.5.4. Cálculo de las necesidades hídricas de los pastos en estudio

Se calcula utilizando los valores de Kc del cultivo y los valores calculados con el método de Thornthwaite, con lo que determinamos el requerimiento de agua mensual para el cultivo de alfalfa durante el año 2017.

Tabla 4. Cálculo del requerimiento hídrico mensual de la alfalfa para el año 2017

kc de la alfalfa					
Mes	Duración	Et mm/mes	kc	Ecm/día	NN Necesidades Mes En mm
Enero	31	28,4309755	0,65	18,4801341	572,884156
Febrero	28	14,7634044	0,75	11,0725533	310,031493
Marzo	31	18,8411345	0,85	16,0149643	496,463895
Abril	30	23,6234042	1	23,6234042	708,702126
Mayo	31	18,6571374	1,1	20,5228511	636,208385
Junio	30	27,0225985	1,13	30,5355363	916,06609
Julio	31	20,7357366	1,12	23,224025	719,944776
Agosto	31	23,5116384	1,08	25,3925695	787,169654
Septiembre	30	21,1577805	1	21,1577805	634,733414

Octubre	31	27,1669148	0,9	24,4502233	757,956924
Noviembre	30	28,6200535	0,8	22,8960428	686,881284
Diciembre	31	26,0698107	0,65	16,945377	525,306685

Elaborado: Franco, J. (2018)

Tabla 5. Cálculo del requerimiento hídrico mensual de pastos para el año 2017

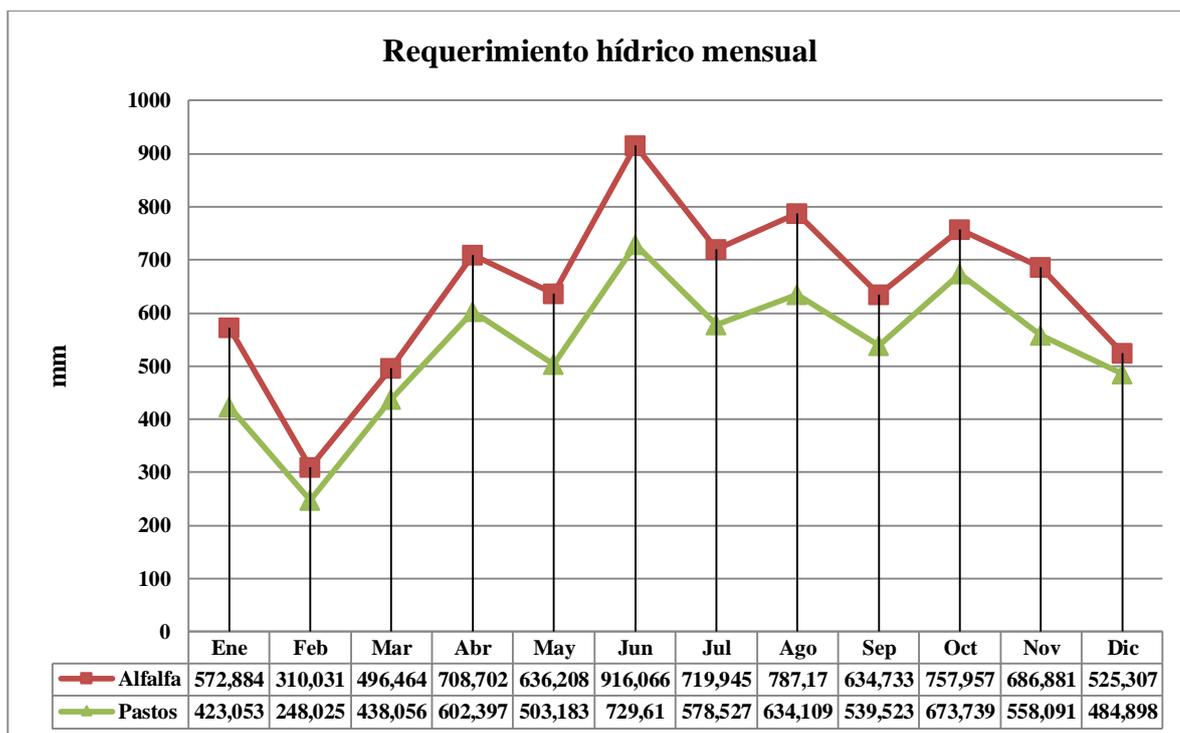
kc de pastos					
Mes	Duración	Et mm/mes	kc	Ecmm/día	NN Necesidades Mes En mm
Enero	31	28,4309755	0,48	13,6468682	423,052915
Febrero	28	14,7634044	0,6	8,85804266	248,025195
Marzo	31	18,8411345	0,75	14,1308509	438,056378
Abril	30	23,6234042	0,85	20,0798936	602,396807
Mayo	31	18,6571374	0,87	16,2317095	503,182995
Junio	30	27,0225985	0,9	24,3203387	729,61016
Julio	31	20,7357366	0,9	18,662163	578,527052
Agosto	31	23,5116384	0,87	20,4551254	634,108888
Septiembre	30	21,1577805	0,85	17,9841134	539,523402
Octubre	31	27,1669148	0,8	21,7335319	673,739488
Noviembre	30	28,6200535	0,65	18,6030348	558,091043
Diciembre	31	26,0698107	0,6	15,6418864	484,898479

Elaborado: Franco, J. (2018)

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez realizado los cálculos necesarios, podemos presentar los resultados obtenidos para calcular el balance hídrico de pastos en la ciudad de Latacunga, donde en el gráfico 1 podemos observar el requerimiento hídrico mensual para cada uno de los cultivos en estudio.

Gráfico 1. Requerimientos hídricos mensuales para alfalfa y pastos en la ciudad de Latacunga 2017



Elaborado: Franco, J. (2018)

En el gráfico se observa claramente los requerimientos de la alfalfa y pastos para cada mes durante el año 2017, los datos obtenidos de la página web del INAMHI, permitieron determinar que los requerimientos hídricos más bajos son en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre. Los requerimientos hídricos más altos se observan en los meses junio, julio, agosto y octubre, conociendo que las precipitaciones son escasas en los meses antes mencionados.

Según Pombosa (2016) en su investigación sobre la Determinación de las etapas fenológicas de alfalfa (*Medicago sativa*) var. Morada paisana bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos, indica que a los 134 días de desarrollo la alfalfa, se realiza el primer corte.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.3. Conclusiones

- En el año 2017, el mes con mayor horas de heliofanía fue junio con 170 horas, el mes de febrero tuvo menos horas (93,4 horas) indicando que fue un mes con alta nubosidad.
- El mes con mayor temperatura fue noviembre donde se registró una temperatura máxima de 22,1° C, el mes más frío fue septiembre con un registro de 7° C.
- El coeficiente de cultivo para la alfalfa tuvo un rango entre 0,65 y 1,13, mientras que para pastos fue desde 0,48 hasta 0,90.
- El requerimiento hídrico para la alfalfa en el mes de junio fue más alto que en los otros meses con una necesidad de 916,07 mm
- El mes que requiere menor cantidad de agua es febrero, cuyo requerimiento calculado arrojó un valor de 310,031 mm.
- Para pastos podemos decir que el mes con mayor requerimiento hídrico es junio con 729,61 mm, mientras que el mes con el menor requerimientos hídrico fue febrero con 248,025mm

11.4. Recomendaciones

- Se recomienda, analizar cada uno de los parámetros calculados en cultivos tradicionales en la provincia de Cotopaxi
- De ser posible se requeriría la información meteorológica mensual de las estaciones presentes en la provincia de Cotopaxi para interpolar los datos y tener coeficientes cercanos a la estimación de la región.
- Sería importante el uso de software de sistemas de información geográfica para utilizar junto a los valores obtenidos y tener información en shapefiles disponibles.

12. BIBLIOGRAFÍA

Allen. (01 de 05 de 2006).

Almorox, J. (s. f.). <http://ocw.upm.es>. Recuperado el 01 de 02 de 2017, de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/evapotranspiraciones/metodosevapotranspiraciones.pdf>

Almorox, J. (Sf). *Método de estimación de las evapotranspiraciones ETP y RTr*. Recuperado el 01 de 02 de 2017, de EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL SEGUN THORNTHWAITE: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/evapotranspiraciones/metodosevapotranspiraciones.pdf>

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología científica*. Caracas: Episteme.

Arquero, B., Berzosa, A., García, N., & Monje, M. (10 de Noviembre de 2009). <http://uam.es>. Recuperado el 14 de Febrero de 2017, de http://uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Experimental_doc.pdf

Basualdo, A. (s. f.). <http://www.ora.gov.ar/>. Obtenido de http://www.ora.gov.ar/informes/Reservas_de_Agua_Metodologia_balance.pdf

Bleuze, S., Claire, P., Coba, J., Gaybor, A., Isch, E., Guillume, J., . . . Zapatta, A. (03 de Abril de 2012). Foros de los Recursos Hídricos. *La gestión del agua en los territorios*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: CAMAREN.

Bleuze, S., Claire, P., Coba, J., Gaybor, A., Isch, E., Guillume, J., . . . Zapatta, A. (03 de 04 de 2012). Foros de los Recursos Hídricos. *La gestión del agua en los territorios*. Riobamba, Chimborzo, Ecuador: CAMAREN.

Cabezas, D. (SF). *Riego Producción*. Obtenido de http://www.incidenciapolitica.info/biblioteca/ECAM_Riego_Produccion_2.pdf

Calvache, M. (2002). <https://www.researchgate.net>. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303691521_MANEJO_DEL_AGUA_PRINCIPIOS_FUNDAMENTALES

Cámara Procultivos ANDI. (2015). *Manual para la elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA*. Bogotá: Asociación Nacional de Empresarios Colombianos ANDI.

- Canales, B. (29 de Octubre de 2001). <http://www.uaaan.mx>. Obtenido de http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio1/Ponencia_03.pdf
- Carrasco , P., Casame , R., Cordero , I., Encalada , M., García , D., Guailas, S., . . . Zapatta , A. (2013). La gestión comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador. *Foro de los Recursos Hídricos*, 7, 147-149. (P. Carrasco , R. Manosalvas , H. Solís , F. Toledo , J. Villarroel , & C. Zambrano , Edits.) Quito, Pichincha, Ecuador: Rossana Mannosalvas. Recuperado el 12 de 12 de 2016
- CEPAL. (2012). *DIAGNÓSTICO DE LAS ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN ECUADOR Producto IIIc 2012 - 2 pdf*. Quito.
- Claro, F. (Septiembre de 2006). <http://documentacion.ideam.gov.co>. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020086/IDH_metodologia.pdf
- Cordero F. (2000). Cultivos controlados. Ecuador .
- Dourojeanni, A. (2001). *Water management at the river basinlevel: challenges in latin*. Santiago: CEPAL.
- FAO. (2006). <http://www.fao.org/>. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- GAD Aláquez. (2015). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Aláquez - Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi 2015-2019. Latacunga, Cotopaxi , Ecuador : GAD.
- GALVEZ. (01 de 05 de 2011). *GALVEZ,2011*.
- Garay , O. B. (2009). *Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos* . Lima : Instituto Geofísico del Perú .
- INAMHI. (2017). <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>. Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- INEC. (2010). *FICHA DE CIFRAS GENERALES* . Obtenido de Canton Latacunga : http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0501_LATACUNGA_COTOPAXI.pdf
- INIFAP. (2001). <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/>. Obtenido de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1005/755.pdf?sequence=1>
- (2013). La gestión comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador . En *Foro de los Recursos Hídricos* . Quito.

- Labrador, M., Évora Brondo, J. A., & Arbelo Pérez, M. (2012). *Satélite de Teledetección para la Gestión del Territorio*. Las Palmas de Gran Canaria: Litografía Romero.
- Mainsanche, F. (04 de 03 de 2016). *El comercio*. Obtenido de Los empresarios de brócoli desmienten el supuesto bombardeo a las nubes: <http://www.elcomercio.com/actualidad/empresarios-brocoli-cotopaxi-bombardeo-sequia.html>
- Méndez, P., & Inostroza, J. (SF). *Métodos de riego*. INIA Carillanca, 58.
- Ordoñez, J. (2011). <https://www.gwp.org>. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
- Ordoñez, J. J. (2011). *Qué es una cuenca hidrológica*. SENAMHI. Lima: Zaniel I. Novoa Goicochea. Recuperado el 21 de 11 de 2016, de http://www.gwp.org/Global/GWP-SAM_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Osorio, O. (04 de Marzo de 2015). <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co>. Obtenido de <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/handle/123456789/419>
- Pallarez, M. (16 de Mayo de 2016). <http://www.contextoganadero.com>. Obtenido de <http://www.contextoganadero.com/reportaje/la-lista-de-pastos-tolerantes-los-diferentes-tipos-de-suelos>
- Pombosa, A. (2016). <http://repositorio.uta.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19819/1/Tesis-123%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20383.pdf>
- Sánchez, P. (2016). *Diagnostico del plan de desarrollo del cantón latacunga 2016-2019*. Latacunga: GAD latacunga. Recuperado el 11 de 12 de 2016, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0560000380001_Diagnostico%20PDyOT%20Latacunga%202016%20-%202019%20PDF_19-04-2015_23-48-13.pdf
- SENAGUA. (2011). *“Políticas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos”*. Quito .
- Stomayor, O. A., Pedraza, O. J., Gorrostieta, H. E., Moya, J. C., & Ramos, J. M. (s.f.). Implementación de algoritmos de descoblamiento de fase para reconstrucción tridimensional de objetos utilizando matlab.

UTC . (2016). *Universidad Técnica De Cotopaxi* . Obtenido de Dirección De Investigación :
<http://www.utc.edu.ec/INVESTIGACION/Sistema-de-Investigacion/lineas-investigacion>

Villavicencio, A., & Vásquez, W. (2008). *Guía Técnica de Cultivos*. Quito: INIAP.

13. ANEXOS

Anexo 1. Aval de inglés.

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el Sr. Egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **FRANCO PUCO JOHN FRANKLIN**, cuyo título versa, **“CÁLCULO DEL BALANCE HIDRICO DE PASTOS EN EL CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2018”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, agosto del 2018

Atentamente,

.....
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

Lic. COLLAGUAZO VEGA WILMER PATRICIO.Mg.

C.C.1722417571

Anexo 2. Hoja de vida de los Investigadores.

HOJA DE VIDA “TUTOR”



Ingeniería
Agronómica

INFORMACIÓN PERSONAL

Nombres: Guido Euclides Yauli Chicaiza

Fecha de nacimiento: 22/04/1968

Cédula de ciudadanía: 050160440-9

Estado civil: Casado

Número telefónico: 32723022

Tipo de discapacidad: ninguna

De carnet CONADIS: ninguna

E-mail: guido.yauli@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA

TERCER NIVEL: Universidad Técnica de Ambato: Ing. Agrónomo: Agricultura: Ecuador.

4TO NIVEL: Universidad Técnica de Cotopaxi: Maestría: Ecuador

4TO NIVEL: Universidad Técnica de Cotopaxi: Diplomado: Ecuador.

HISTORIAL PROFESIONAL

Facultad Académica en la que labora: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

AREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Hoja de vida del lector 1



Ingeniería
Agronómica

HOJA DE VIDA

INFORMACIÓN PERSONAL

Nombres: Jorge Fabián Troya Sarzosa

Fecha de nacimiento: 1968/30/05

Cédula de ciudadanía: 0501645568

Estado civil: casado

Número telefónico: 0993033222

Tipo de discapacidad: ninguna

De carnet CONADIS: ninguna

E-mail: jorge.troya@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA

- Ingeniero Agrónomo
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
- Maestría en Gestión de la Producción
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
- Diplomado superior en didáctica de la educación superior
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

HISTORIAL PROFESIONAL

Facultad Academica en la que labora: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Docente en las asignaturas de: Economía Agrícola, Avaluos y Peritajes, Desarrollo Local, Emprendimiento Social 2, Introducción a la Profesión y Tutor académico de prácticas preprofesional.

HOJA DE VIDA “LECTOR 2”



Ingeniería
Agronómica

INFORMACIÓN PERSONAL

Nombres: David Santiago Carrera Molina

Fecha de nacimiento: 15/07/1982

Cédula de ciudadanía: 0502663180

Estado civil: Casado

Número telefónico: 2102142

Tipo de discapacidad: ninguna

De carnet CONADIS: ninguna

E-mail: david.carrera@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA

- Ing. Agrónomo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

- Master En Gestión De La Producción

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

HISTORIAL PROFESIONAL

Facultad Académica en la que labora: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

AREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Agricultura e Investigación.

HOJA DE VIDA “LECTOR 3”



Ingeniería
Agronómica

INFORMACIÓN PERSONAL

Nombres: Cristian Santiago Jiménez Jácome

Fecha de nacimiento: 05/06/1980

Cédula de ciudadanía: 050194626-3

Estado civil: Casado

Número telefónico: 32723689

Tipo de discapacidad: ninguna

De carnet CONADIS: ninguna

E-mail: santiago.jimenez@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA

TERCER NIVEL: Universidad Técnica de Cotopaxi: Ing. Agrónomo: Agricultura: Ecuador.

4TO NIVEL – Diplomado: Universidad Tecnológica Equinoccial: Diploma Superior en Investigación y Proyectos: Investigación: Ecuador.

HISTORIAL PROFESIONAL

Facultad Académica en la que labora: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

AREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Agricultura e Investigación.

Anexo 3. Datos Estación meteorológica UTC – INAMHI

M1238																	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI-UTC																	INAMHI		
MES	HELIOFANIA		TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)					PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación																	
	(Horas)		ABSOLUTAS			MEDIAS			Máxima	di	Minima	di	Media			Mensual	Mensual	Máxima en 24hrs		di																
ENERO	169.8		24.5	16	4.6	19	20.9	10.0	14.9	97	3	51	19	81	11.5	13.6	8.8	2.3	24	9																
FEBRERO	93.4				5.0	18	19.3	9.8	14.3	98	5	58	1	86	11.8	13.9	77.0	17.1	13	17																
MARZO	116.9						20.5	10.0	14.5					86	12.0	14.1	41.2	24.0	15	10																
ABRIL	148.0						21.0	9.2	14.4					83	11.5	13.7	31.3	9.1	14	10																
MAYO	119.2				7.6	23	19.8	10.2	14.2					86	11.8	13.9	78.5	17.9	30	19																
JUNIO	179.7						19.4	8.8	13.8	97	16	62	21	84	11.0	13.2	4.5	1.4	30	6																
JULIO	158.4		2.4	28			17.6	8.1	12.5					85	9.9	12.3	13.3	2.4	8	13																
AGOSTO	170.0	22.0	9				18.7	7.5	13.0	99	29	40	30	77	8.8	11.4	12.0	2.8	11	14																
SEPTIEMBRE	145.1	22.0	4				19.6	7.0	13.5					75	8.8	11.4	5.8	1.7	19	8																
OCTUBRE	170.2	23.6	2	3.8	1		20.4	8.7	14.4					76	9.9	12.3	42.2	9.0	15	14																
NOVIEMBRE	164.7	24.2	17				22.1	9.0	15.3					72	9.8	12.2	35.7																			
DICIEMBRE	160.2	25.2	23				21.1	9.5	14.6	96	19	47	23	77	10.3	12.5	22.5	9.6	7	12																
VALOR ANUAL	1795.6						20.0	9.0	14.1					80	10.6	12.9	372.8																			

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)							
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS											
ENERO	141.0		6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.3	32	2.6	40	3.3	3	0.0	0	2.0	1	24	93	8.0	S	6.2
FEBRERO	107.6		7	4.4	6	0.0	0	2.0	2	3.8	13	2.4	32	1.3	4	1.0	1	0.0	0	42	84	8.0	N	4.2
MARZO	116.0		6																					4.5
ABRIL	125.0	6.5	26																					4.6
MAYO	112.3	5.8	1																					4.1
JUNIO	137.0		5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.3	21	2.9	46	6.0	1	0.0	0	2.0	1	31	90	8.0	SE	6.3
JULIO	95.3		6																					6.6
AGOSTO	112.0	5.5	12	4.0	1	0.0	0	4.5	2	4.8	24	3.6	40	0.0	0	0.0	0	1.0	1	32	93	7.0	SE	6.0
SEPTIEMBRE	120.3		6																					5.9
OCTUBRE	127.7	6.9	13																					5.1
NOVIEMBRE	119.5		6																					4.4
DICIEMBRE	120.1	7.0	22	4.0	3	4.0	1	2.0	1	3.7	8	3.1	43	5.5	4	2.0	2	0.0	0	38	93	8.0	S	4.9
VALOR ANUAL	1433.8		6																					5.0

Anexo 4. Coeficientes de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos de cultivos perennes

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caña de Azúcar	0.30	0.35	0.50	0.60	0.77	0.90	0.98	1.02	1.02	0.98	0.90	0.78
Alfalfa	0.65	0.75	0.85	1.00	1.10	1.13	1.12	1.08	1.00	0.90	0.80	0.65
Pastos	0.48	0.60	0.75	0.85	0.87	0.90	0.90	0.87	0.85	0.80	0.65	0.60
Vid	0.20	0.23	0.30	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.67	0.50	0.35	0.25
Cítricos	0.65	0.67	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.65
Frutales hoja Caduca	0.20	0.25	0.35	0.65	0.85	0.95	0.98	0.85	0.50	0.30	0.20	0.20
Frutales hoja Perenne	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.12	1.12	1.05	1.00	0.85	0.75	0.60

Fuente: Doorenbos y Pruitt, 1976