

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA  
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO  
AGROPECUARIO**

**TEMA:  
NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-  
PEDRO MONCAYO.**

**AUTOR:  
JORGE LUIS SANDOVAL CUASCOTA**

**DIRECTOR:  
ING. CHARLES CACHIPUENDO**

**Quito, Febrero del 2014**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Jorge Luis Sandoval Cuascota, declaro que el contenido de este trabajo es de mi autoría y no se permite la reproducción total, parcial, ni la traducción del documento sin autorización previa del autor.

La Universidad Politécnica Salesiana puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual.

Quito, Febrero del 2014

\_\_\_\_\_  
(f): Jorge Luis Sandoval Cuascota

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño.

A ti mi DIOS que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo mamá y papá, por haberme encaminado en mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de corazón. Este trabajo que me llevó tiempo en hacerlo es para ustedes, solamente les estoy devolviendo lo que me dieron en un principio.

A mis hermanas Vanessa y Paola, gracias por estar apoyándome y por estar siempre conmigo, a mi hermano, que siempre ha estado junto a mí brindándome su apoyo, los quiero mucho.

A mi esposa e hijos, por ser el puntal en el cuál me apoyé tantas veces para seguir en adelante, gracias por todo el cariño y el amor que me han brindado.

En fin, este trabajo se lo dedico a toda mi familia que siempre supieron darme una palabra de aliento para poder llegar a un feliz término.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad, por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Charles Jim Cachipundo por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También quiero agradecer a todos los profesionales que durante toda mi carrera académica estuvieron presentes ya que han aportado con un granito de arena a mi formación.

A la Ing. Catalina Sandoval por saber guiarme en la realización del trabajo de campo y sobre todo por su sincera amistad.

A mis compañeros Gloria Collaguazo y Eduardo Lanchimba, por su apoyo en la instalación de los ensayos.

En fin son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, apoyo, consejos, ánimo y compañía en los momentos difíciles de la carrera, sin importar en donde estén muchas gracias y que Dios los bendiga.

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. Objetivo General .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Elementos del clima aplicados al riego en la agricultura.....</b>	<b>18</b>
3.1.1. Radiación solar .....	18
3.1.2. Temperatura.....	19
3.1.3. Humedad relativa.....	19
3.1.4. Vientos.....	20
3.1.5. Precipitación .....	20
<b>3.2. Lisimetría .....</b>	<b>20</b>
3.2.1. Tipos de lisímetros .....	21
<b>3.3. Método indirecto de medición de la humedad del suelo .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4. El pasto .....</b>	<b>23</b>
3.4.1. Establecimiento del pasto .....	23
3.4.2. Crecimiento de los pastos .....	24
3.4.3. Mezclas forrajeras.....	24
3.4.4. Morfología de gramíneas.....	25
3.4.5. Beneficios de una mezcla forrajera .....	28
<b>3.5. Fenología del cultivo pasto.....</b>	<b>28</b>
3.5.1. Etapa de establecimiento .....	29
3.5.2. Etapa de producción .....	30
<b>3.6. Fertilización del cultivo pasto.....</b>	<b>31</b>
3.6.1. Fertilización inorgánica .....	31
3.6.2. Fertilización orgánica .....	31
3.6.3. Enmiendas correctivas .....	33
3.6.4. Retención de agua.....	34
<b>3.7. Necesidades hídricas de los cultivos.....</b>	<b>35</b>

3.7.1.	Requisito de agua en el cultivo pasto .....	35
3.7.2.	Evapotranspiración .....	36
3.7.3.	Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos .....	37
3.7.4.	Evapotranspiración de referencia ( <i>ET<sub>o</sub></i> ) .....	37
3.7.5.	Coeficiente de cultivo ( <i>K<sub>c</sub></i> ) .....	39
<b>3.8.</b>	<b>Programación del riego .....</b>	<b>39</b>
3.8.1.	Necesidades netas de riego de un cultivo .....	40
3.8.2.	Dosis de riego .....	48
3.8.3.	Intervalo entre riegos .....	49
3.8.4.	Caudal necesario .....	49
<b>4.</b>	<b>UBICACIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.</b>	<b>Ubicación Política Territorial.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.</b>	<b>Ubicación Geográfica .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3.</b>	<b>Condiciones Agroecológicas .....</b>	<b>51</b>
4.3.1.	Clima .....	51
4.3.2.	Temperatura.....	52
4.3.3.	Precipitación .....	52
4.3.4.	Heliofanía .....	52
4.3.5.	Vientos.....	53
4.3.6.	Suelo .....	53
<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1.</b>	<b>Materiales e Insumos.....</b>	<b>55</b>
5.1.1.	Materiales .....	55
5.1.2.	Insumos.....	56
<b>5.2.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>56</b>
5.2.1.	Unidad de Estudio .....	56
5.2.2.	Hipótesis .....	57
5.2.3.	Variables.....	57
<b>6.</b>	<b>MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....</b>	<b>61</b>
<b>6.1.</b>	<b>Instalación del ensayo de campo. ....</b>	<b>61</b>
6.1.1.	Definición del sitio y tamaño del ensayo.....	61

6.1.2.	Preparación del suelo.....	61
6.1.3.	Ubicación del lisímetro.....	62
6.1.4.	Instalación y evaluación del sistema de riego. ....	63
6.1.5.	Instalación del tanque evaporímetro.....	64
6.1.6.	Instalación del tensiómetro.....	64
6.1.7.	Instalación del termohigrómetro.....	64
6.1.8.	Siembra y resiembra. ....	64
6.1.9.	Identificación de plantas.....	65
6.1.10.	Control de malezas.....	65
6.1.11.	Riego.....	65
<b>6.2.</b>	<b>Recolección de datos.....</b>	<b>66</b>
6.2.1.	Tanque evaporímetro.....	66
6.2.2.	Temperatura y humedad relativa.....	66
6.2.3.	Drenaje.....	66
6.2.4.	Número de macollos.....	67
6.2.5.	Cortes.....	67
<b>6.3.</b>	<b>Procesamiento e interpretación de la información.....</b>	<b>67</b>
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>68</b>
<b>7.1.</b>	<b>Desarrollo fenológico del cultivo de pasto.....</b>	<b>68</b>
7.1.1.	Fases fenológicas del pasto.....	69
7.1.2.	Número de macollos.....	72
<b>7.2.</b>	<b>Estimación del <math>Kc</math> en el cultivo de pasto.....</b>	<b>75</b>
7.2.1.	Precipitación efectiva ( $Pe$ ).....	75
7.2.2.	Evapotranspiración del cultivo ( $ETc$ ).....	77
7.2.3.	Evapotranspiración de referencia ( $ETo$ ).....	80
7.2.4.	Coeficiente de cultivo ( $Kc$ ).....	82
<b>7.3.</b>	<b>Programación de riego.....</b>	<b>93</b>
7.3.1.	Determinación de la dosis de agua, intervalo de riego y caudal necesario en la zona alta.....	93
7.3.2.	Determinación de la dosis de agua, intervalo de riego y caudal necesario en la zona media.....	96

7.3.3.	Determinación de la dosis de agua, intervalo de riego y caudal necesario para la zona baja.....	98
<b>7.4.</b>	<b>Producción de pasto .....</b>	<b>100</b>
7.4.1.	Biomasa en verde.....	100
7.4.2.	Materia seca.....	103
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>10.</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>112</b>
<b>11.</b>	<b>SUMARY .....</b>	<b>114</b>
<b>12.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>116</b>
<b>13.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>

## Índice de Gráficos

GRÁFICO 1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN MACOLLO DE GRAMÍNEA. ....	26
GRÁFICO 2. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA PRODUCCIÓN DE PASTOS VERSUS EL TIEMPO DE DESCANSO. ....	28
GRÁFICO 3. PARTÍCULAS DE SUELO AGRUPADAS ENTRE SÍ POR MICELIOS Y MUCÍLAGOS. LOS ESPACIOS MÁS PEQUEÑOS ESTÁN LLENOS CON AGUA RETENIDA Y LOS OTROS ESPACIOS LLENOS DE AIRE. ....	35
GRÁFICO 4. PRECIPITACIÓN EFECTIVA EN MM, EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	76
GRÁFICO 5. COEFICIENTE DE CULTIVO EN LAS FASES FENOLÓGICAS AL PRIMER CORTE EN LA ZONA ALTA EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	84
GRÁFICO 6. COEFICIENTE DE CULTIVO EN LAS FASES DE REBROTE Y DESARROLLO EN LOS 4 SIGUIENTES CORTES EN LA ZONA ALTA EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	85
GRÁFICO 7. COEFICIENTE DE CULTIVO EN LAS FASES FENOLÓGICAS AL PRIMER CORTE EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	86
GRÁFICO 8. COEFICIENTE DE CULTIVO EN LAS FASES DE REBROTE Y DESARROLLO EN LOS 4 SIGUIENTES CORTES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	87
GRÁFICO 9. COEFICIENTE DE CULTIVO EN LAS FASES FENOLÓGICAS AL PRIMER CORTE EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	88
GRÁFICO 10. PROMEDIO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	89

GRÁFICO 11. COEFICIENTE DE CULTIVO EN LAS FASES DE REBROTE Y DESARROLLO EN LOS 4 SIGUIENTES CORTES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	90
GRÁFICO 12. COEFICIENTES DE CULTIVO EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	91
GRÁFICO 13. PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORRAJERA EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	101
GRÁFICO 14. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. .	104
GRÁFICO 15. PRODUCCIÓN DE MATERIA VERDE Y SECA EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO.....	105

## Índice de Cuadros

CUADRO 1. EQUIVALENCIA DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA EN FUNCIÓN A LA LÁMINA PRECIPITADA EN SUELOS DE PENDIENTE LIGERA. ....	44
CUADRO 2. EFICIENCIA DE APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE RIEGO. ...	47
CUADRO 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ENSAYOS EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO.....	51
CUADRO 4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA ZONA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO.....	52
CUADRO 5. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE PEDRO MONCAYO.	53
CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	54
CUADRO 7. ZONAS QUE COMPRENDE LA UNIDAD DE ESTUDIO EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO.....	57
CUADRO 8. FASES FENOLÓGICAS EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO (1 CORTE) EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	69
CUADRO 9. FASES DE REBROTE Y DESARROLLO EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN (2-5 CORTE) EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO.....	70
CUADRO 10. MACOLLAMIENTO EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO.....	72

CUADRO 11. MACOLLAMIENTO AL SEGUNDO CORTE EN LOS 3 ENSAYOS EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ...	73
CUADRO 12. MACOLLAMIENTO AL TERCER CORTE EN LOS 3 ENSAYOS EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ...	74
CUADRO 13. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO SEMANAL EN LOS 3 ENSAYOS EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	79
CUADRO 14. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA SEMANAL EN LOS 3 ENSAYOS EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	81
CUADRO 15. COEFICIENTE DE CULTIVO CON RESPECTO AL NÚMERO DE MACOLLOS EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ...	92
CUADRO 16. PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA 1 HECTÁREA DE PASTO EN LA ZONA ALTA EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	94
CUADRO 17. PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA 1 HECTÁREA DE PASTO EN LA ZONA MEDIA EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	97
CUADRO 18. PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA 1 HECTÁREA DE PASTO EN LA ZONA BAJA EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	98
CUADRO 19. CAUDALES E INTERVALOS DE RIEGO EN LAS 3 ZONAS ALTITUDINALES EN LA INVESTIGACIÓN NECESIDADES HÍDRICAS DE PASTURAS CON MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO. ....	99

## **Índice de Mapas**

MAPA 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO MONCAYO.....	50
--	----

## **Índice de Anexos**

ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA .....	118
ANEXO 2. ANÁLISIS DEL SUELO .....	125
ANEXO 3. TABLAS.....	127

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los alimentos más demandados por el ser humano es la leche que proviene de los bovinos, este tipo de producción se ve muy afectada por diversos factores, uno de ellos es que todos los productores no realizan un manejo apropiado del cultivo de pasto que demanda grandes cantidades de agua, existen malas prácticas del riego debido a que lo realizan de una manera empírica y como resultado de esto se obtiene producciones bajas de forraje.

La producción de materia seca en pastos viene directamente relacionada con la dosificación de agua que se administra durante toda sus fases fenológicas. La presente investigación tiene como objetivo principal conocer las necesidades hídricas del cultivo de pasto en cada una de sus fases fenológicas, con lo que se pretende mejorar la eficiencia y efectividad del uso del agua de riego, mismo que se podrá reflejar en el incremento de la producción lo que llevará a incrementar los ingresos económicos de las familias que se encuentran en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Para un normal desarrollo fenológico de la planta, la cantidad de agua que se debería poner a disposición del cultivo pasto correspondería a satisfacer todas las demandas hídricas del mismo. Existen factores que influyen directamente en la demanda hídrica del cultivo pasto, entre estos tenemos a las condiciones climáticas de la zona, como el tipo de suelo (características físicas y químicas) y principalmente la fase fenológica que presenta el cultivo.

Conocer la cantidad de agua que requiere la planta en cada fase fenológica con un manejo orgánico es importante ya que se puede realizar una buena programación del riego en cuanto a tiempo y dosificación, con esto se conseguiría optimizar al máximo el recurso agua de riego y lograr que más familias puedan acceder al agua de riego en sus propiedades.

Al finalizar con este trabajo también se determina si la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo es apta para el cultivo de pastos para así nominar al lugar como una de las fuentes potenciales y principales de producción de leche.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar el coeficiente de cultivo ( $kc$ ) en la producción de pasturas con manejo orgánico mediante el uso de lisímetros, el mismo que permita planificar el uso del agua en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Estudiar el consumo de agua en cada uno de los estados fenológicos del ciclo productivo del cultivo de pasto.
  
- Calcular el coeficiente de cultivo ( $kc$ ) que permita establecer el requerimiento hídrico de los pastos.
  
- Realizar una programación de riego del cultivo de pasto en las zonas de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Elementos del clima aplicados al riego en la agricultura**

Los elementos del clima que más influyen en la producción de pastizales y en la programación del riego, son de fundamental importancia por lo que en los diferentes estudios los más conocidos son los siguientes:

##### **3.1.1. Radiación solar**

La radiación solar es la cantidad de energía emitida por el sol, misma que está compuesta por una serie de vibraciones de naturaleza electromagnética que tienen en común la velocidad de propagación (TERRON, 1992).

La radiación solar extraterrestre es la energía que recibe durante un período de tiempo, una superficie del plano tangencial al planeta tierra, esta energía se emplea en los procesos fotosintéticos de las plantas, evaporación, transpiración calentamiento del suelo y el aire (LLORCA & CARRASCOSA, 2006).

*La evapotranspiración está determinada por la cantidad de energía disponible para evaporar el agua. La radiación solar es la más importante fuente de energía del planeta ya que puede cambiar grandes cantidades de agua líquida en vapor de agua. Cuando se determina el efecto de la radiación solar en la evapotranspiración, se debe también considerar que no toda la energía disponible se utiliza para evaporar el agua, parte de esta energía se utiliza para calentar la atmósfera y el suelo (ALLEN, PEREIRA, RAES, & SMITH, 2006).*

### 3.1.2. Temperatura

No se puede determinar exactamente una temperatura óptima para los diferentes cultivos pero si se puede establecer un rango donde el cultivo no sea afectado ya sea por altas (51°C) o por bajas (0°C) temperaturas, el incremento del área foliar es influido directamente por la división y expansión celular ya que estas son estimuladas por la temperatura (LLEIDA, 2001).

Procesos fisiológicos de las plantas incluyendo la germinación, la floración, el crecimiento, la fotosíntesis y la respiración tienen límites de tolerancia. La temperatura puede permitir que una planta se establezca y crezca pero un cambio brusco puede afectar esto (GLIESSMAN, 2002).

### 3.1.3. Humedad relativa

Es el porcentaje entre la cantidad de humedad presente y la necesaria para saturar el aire a la temperatura dada, entonces es igual al porcentaje que representa la presión de vapor real de la presión de vapor de saturación (CAMPOS, 1998).

La humedad nos indica la cantidad de agua que se encuentra presente en la atmósfera y principalmente en función de la temperatura. Cuando la humedad se encuentra en el 100% quiere decir que el aire se encuentra saturado con vapor de agua, dicha humedad va disminuyendo conforme la temperatura va descendiendo (SACCARELLO & BORGIOLI, 2010).

#### 3.1.4. Vientos

Para que se produzca el viento debe existir una desigualdad entre el calentamiento y el enfriamiento terrestre. El viento también ayuda a que se produzca evaporación ya que puede transportar calor hacia la superficie o fuera de ella (CAMPOS, 1998).

*Una diferencia de presión puede manifestarse por el movimiento natural del aire desde una zona de mayor presión a otra de menor presión y se lo conoce como viento, esto en una hoja de cualquier especie incrementa la intensidad de transpiración (YAGÜE, 2003).*

#### 3.1.5. Precipitación

La precipitación es la lluvia que alcanza la superficie terrestre y esta puede presentarse en forma líquida o sólida; se forma a partir del vapor de agua presente en la atmósfera y su forma de precipitación dependerá de la temperatura, viento y presión atmosférica (LLEIDA, 2001).

Las gotas de lluvia pueden tener de 1 a 5 mm de diámetro, se originan en las nubes que se forman a partir de corrientes de aire cuando su temperatura en las capas más bajas es superior a los 0°C (LLEIDA, 2001).

### 3.2. Lisimetría

Los lisímetros se perfeccionan a partir del siglo XX, a estos se los utiliza para realizar estudios de evapotranspiración (*ET*) y para el calibrado de fórmulas empíricas que se utilizan en el cálculo de la evapotranspiración (MAÑAS, FUSTER, & BELMONTE, 2005).

Son dispositivos que nos permiten medir la cantidad de agua que se percola en un determinado tiempo, el agua puede ser provista por la lluvia o por un sistema de riego, por lo general los lisímetros se encuentran llenos de tierra (MAÑAS, et al., 2005).

### 3.2.1. Tipos de lisímetros

#### 3.2.1.1. Lisímetro de drenaje sin nivel freático

Tienen un área de  $1\text{m}^2$ , el cuál debe tener una base en desnivel para permitir la extracción del agua que drena. El agua drenada se evacúa mediante un bomba que se encuentra en el exterior, a esta agua se la mide volumétricamente; a la evapotranspiración se la considera igual a la diferencia entre agua aplicada (lluvia o riego) y agua drenada (MAÑAS, et al., 2005).

#### 3.2.1.2. Lisímetro de compensación con nivel freático constante

Este es similar al lisímetro anteriormente mencionado, lo característico de este es que posee un nivel freático constante, mismo que responde al efecto de la evapotranspiración y el agua se desplaza hacia la zona radicular por capilaridad. Se obtiene una medida de forma automática (MAÑAS, et al., 2005)

#### 3.2.1.3. Lisímetro de compensación con nivel freático en la superficie

Este tipo de lisímetro es utilizado para determinar la evapotranspiración potencial en lugares pantanosos donde el nivel freático se mantiene siempre constante por encima del suelo; la evapotranspiración se estima directamente cuando se recupera la posición original del nivel freático (MAÑAS, et al., 2005).

### **3.3. Método indirecto de medición de la humedad del suelo**

El método indirecto nos permite calcular la humedad del suelo ya que se realiza una calibración entre humedad y la tensión del suelo.

Una de las formas para conocer si existe suficiente humedad disponible en el suelo para un normal desarrollo de las planta es la utilización del tensiómetro, este es un instrumento que nos indica la tensión con la que el agua se encuentra adherida a las partículas del suelo (YAGÜE, 2003).

El tensiómetro consta de un tanque de reserva, un indicador de succión, un tubo plástico y una copa porosa de cerámica. Dentro de las parte del tensiómetro, la copa de cerámica es la más importante ya que el agua que se encuentra dentro del tubo plástico se mueve a través de los poros de la copa. Al instalarse el tensiómetro el agua de la copa entra en contacto con el agua retenida en los poros del suelo fluyendo en ambas direcciones hasta llegar a un equilibrio, mientras el suelo se seca el agua del tensiómetro sigue saliendo y vuelve a ingresar cuando el suelo se humedece (YAGÜE, 2003).

La agricultura actual utiliza el tensiómetro, la aplicación eficiente de riego requiere que se utilice cantidades óptimas de agua y que ésta esté disponible cuando la planta lo requiera, va a depender mucho de la especie y el estados de desarrollo en el que se encuentre (YAGÜE, 2003).

Según YAGÜE, 2003 las lecturas en el tensiómetro se las puede interpretar de la siguiente manera:

- Cerca de saturado (2 – 10 cb), el suelo se encuentra saturado de agua, o el tensiómetro está dañado.

- Capacidad de campo (11 – 20 cb), el riego debe discontinuarse para evitar pérdida por percolación y lavado de nutrientes en la zona de las raíces.
- Intervalo de riego (30 – 60 cb), es el momento preciso para empezar a regar, en este rango el suelo se encuentra aireado.
- Seco (60 – 70 cb), el cultivo se encuentra en estrés hídrico pero no necesariamente es dañado o reducido su producción.
- Tensión rompe (80 cb), este es el límite de presión del tensiómetro.

### **3.4. El pasto**

Es considerado uno de los cultivos más grandes del mundo ya que ha llegado a superar los cultivos de trigo, maíz, avena y otros que son considerados como básicos para el hombre (IICA, 1971).

El pasto es el principal alimento en los diferentes sistemas de explotación animal, en especial en la bovina, a partir de los pastos se puede obtener productos de origen animal que sirven de alimento para el hombre como la leche (HODGSON, 1994).

#### **3.4.1. Establecimiento del pasto**

Para que un cultivo cualesquiera pueda establecerse depende mucho de algunos requerimientos, los mismos que variarán de acuerdo al tipo de cultivo. Los factores a tomar en cuenta son el pH del suelo, los macro y micronutrientes, la conductividad, etc. Un encalado al momento de la siembra y en especial con nitrógeno (N) estimula el crecimiento de las plantas, antes de realizar un encalado se debe realizar una análisis de suelo (HODGSON, 1994).

### 3.4.2. Crecimiento de los pastos

El crecimiento depende principalmente de la humedad y del contenido de nutrientes que exista en el suelo, dichos nutrientes deben estar en cantidades suficientes y la humedad debe ser provista por medio de riegos si no existiera lluvia (PALADINES, IZQUIERDO, & SALAZAR, 1997-2003).

Para el cultivo, la cantidad de semilla depositada tiene por objeto cubrir todo el suelo con las plántulas que emergen y se establecen y así evitar los espacios vacíos y el ingreso de plántulas de malezas y/o gramíneas invasoras (PALADINES, 2002).

Se estima que del total de las semillas que se siembra solo un 40% emergen y de las emergidas un 50% mueren en las primeras semanas, esto depende mucho de la especie y de la mezcla forrajera (PALADINES, 2002).

*Por ejemplo se pone 20kg/ha, con esto se aplica 7,6 millones de semillas/ha, esto es 764 semillas/m<sup>2</sup>, de estas solo el 7% se establecerán como plantas viables, dando un total de 50 plantas/m<sup>2</sup>, una densidad apropiada para obtener de 200 a 400 tallos vivos/m<sup>2</sup> (PALADINES, 2002).*

### 3.4.3. Mezclas forrajeras

Las mezclas forrajeras pueden ir desde las más simples (1 especie) hasta las más complejas (más de 10 especies), un buen cubrimiento del suelo es importante para determinar el rendimiento del pastizal (HODGSON, 1994).

#### 3.4.3.1. Gramíneas

Rye grass perenne (*Lolium perenne*), es una gramínea que en las primeras fases de desarrollo la digestibilidad puede ser de 78 al 82% y en la fase de floración la digestibilidad puede bajar hasta un 64% y esta puede disminuir a medida que aumenta la edad del pasto. Es una planta que presenta un color rojizo en la base del tallo, las vainas son lisas y achatadas, tienen un color verde brillante y son flexibles para responder a la presión de las pezuñas (PALADINES, 2001).

Rye grass perenne híbrido (*Lolium perenne x L. multiflorum*), es una planta que presenta las características intermedias de los padres, la mayoría de los agricultores prefieren al rye grass perenne por su gran altura y porque tienen hojas anchas. Una forma de asegurar una mayor producción es mezclar rye grass anual, híbrido y perenne (PALADINES, 2001).

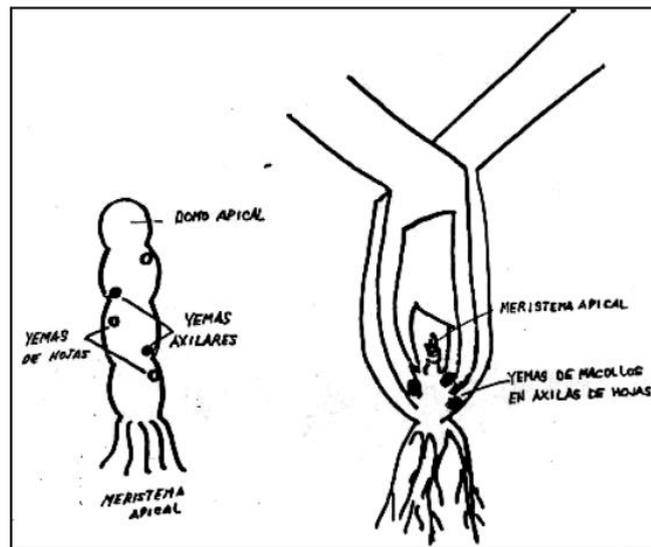
#### 3.4.3.2. Leguminosas

Trébol blanco (*Trifolium repens*), el trébol blanco es una leguminosa estolonífera perenne que a finales del siglo XIX se introdujo en el Ecuador en especial en el ecosistema de la Sierra. Sus hojas son glabras, trifoliadas, sésiles y aserradas. Sus flores son papilionáceas, densamente pobladas en racimos globulosos. En los bovinos un exceso en el consumo de esta especie puede causar timpanismo (PALADINES, 2001).

#### 3.4.4. Morfología de gramíneas

El macollo está formado por la repetición de unidades similares denominados fitómeros, diferenciadas a partir del mismo meristema apical. El fitómero de una gramínea consiste de una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristema intercalar (AGNUSDEI, COLABELLI, & FERNÁNDEZ, 2001).

En un macollo, la diferenciación de células del meristema apical origina primordios de hoja y yemas axilares capaces de originar un nuevo macollo. El primer macollo emerge de la axila de la primera hoja sobre el tallo principal, una vez que se acumulan dos hojas sucesivas (AGNUSDEI, et al., 2001).



Fuente: Boletín Técnico N° 152. ISSN 0522-0548 EEA

**GRÁFICO 1.** Representación esquemática de un macollo de gramínea.

Los macollos se ubican en sucesión acropétala debido a que no todas las yemas tienen la capacidad de desarrollar un nuevo macollo. La tasa de aparición de hojas es el factor que regula el proceso de macollaje de una gramínea (AGNUSDEI, et al., 2001).

A manera de ejemplo, en rye grass perenne cada 110°C día aparece una nueva hoja, es decir que a una temperatura de 10°C por día aparece una nueva hoja cada 11 días. El estado de senescencia en rye grass comienza a los 30 días después del corte (AGNUSDEI, et al., 2001).

#### 3.4.4.1. Velocidad de rebrote

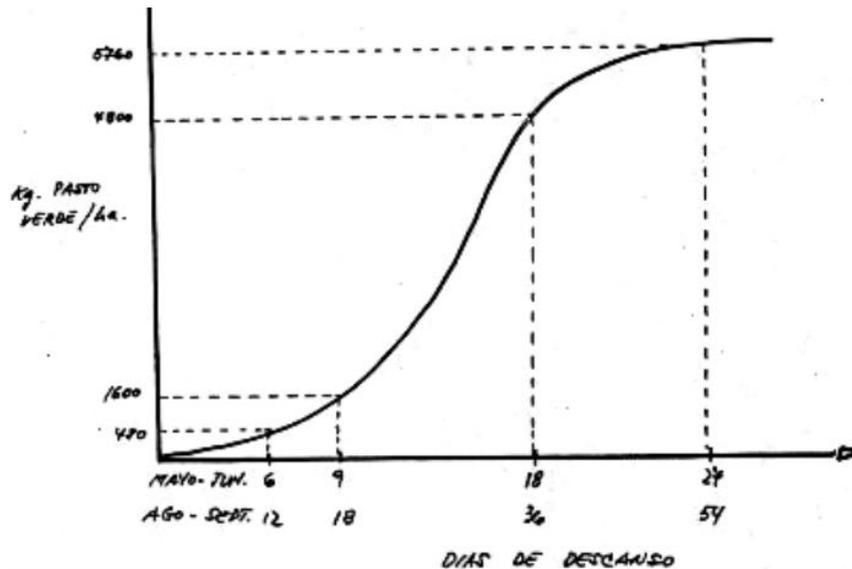
Uno de los aspectos importantes de las plantas forrajeras es la capacidad de producir el rebrote y la velocidad con que ocurre. En gramíneas el meristema apical permanece al nivel del suelo y fuera del alcance del corte o pastoreo, el rebrote no es afectado y se produce rápidamente a partir de los centros meristemáticos que no han dejado de formar hojas o nuevos macollos (BAVERA, 2001).

#### 3.4.4.2. Reservas

Una recuperación rápida de la planta después del corte o pastoreo viene dado por los productos energéticos (almidón, fructosanos e hidratos) almacenados en las raíces y base de los tallos, los cuáles son convertidos rápidamente para la respiración y los procesos de crecimiento (BAVERA, 2001).

#### 3.4.4.3. Tiempo óptimo de reposo

Después de un corte o pastoreo el pastizal necesita un tiempo de recuperación denominado rebrote, este va desde el instante que se realiza el corte o se pastorea hasta cuando ya se pueda observar nuevas hojas, BAVERA, 2001 menciona que un descanso de apenas 6 días la producción de pastos puede ser de 480 kg/ha, pero si se deja descansar 9 días la producción de biomasa puede ser de 1 600 kg/ha. Se podría considerar que dentro de un rango de 10 días en la mayoría de las plantas ya se tiene los nuevos rebrotes y que el siguiente corte sería al momento de completar los 30 días.



Fuente: Voisin, 1974

**GRÁFICO 2.** Representación esquemática de la producción de pastos versus el tiempo de descanso.

#### 3.4.5. Beneficios de una mezcla forrajera

Una de las principales ventajas que existe cuando se realiza una mezcla de gramíneas y leguminosas es que hay simbiosis, que quiere decir esto, que una planta puede vivir de la otra y viceversa, por ejemplo el trébol puede producir N gracias a una bacteria que se encuentra en el suelo (rizobium) y este N puede ser aprovechado por la otra planta, pero no es suficiente y por eso se debe aplicar fertilizantes nitrogenados.

### 3.5. Fenología del cultivo pasto

El desarrollo fenológico de los pastos sigue estrechamente las variaciones climáticas a lo largo de la gradiente altitudinal, es decir que una misma especie de pasto no se comporta de igual manera cuando se encuentra en una altura de 1 800 msnm con respecto a una que se encuentre a una altura de 2 500 msnm o 3 500 msnm. Precisamente este gradiente fenológico constituye la base de la utilización ganadera y puede dedicarse a la producción de carne o a la producción lechera (FILLAT,

GONZÁLEZ, GÓMEZ, & REINÉ, 2008). Dentro del desarrollo fenológico podemos identificar en la etapa de establecimiento a la fase inicial, fase de desarrollo, fase intermedia y a la fase final; y con respecto a la etapa de producción podemos encontrar a la fase de rebrote y la fase de desarrollo.

### 3.5.1. Etapa de establecimiento

#### 3.5.1.1. Fase inicial

Comprende el intervalo desde la siembra o trasplante hasta que el cultivo cubra alrededor de un 10% del suelo o sea de 2 a 3 macollos. Esta fase puede ser afectada ya sea por la semilla, la humedad y/o el método de siembra, teniendo una duración en promedio de 10 a 20 días (RUIZ, 1995).

#### 3.5.1.2. Fase de desarrollo

Comienza al final de la fase inicial y se prolonga hasta que se alcanza el 70-80% de la cobertura del suelo, tiene 6-7 semanas de edad (40-50 días desde la siembra); esto no quiere decir que el cultivo haya alcanzado su máxima altura, Hay un aumento de material fotosintetizante que resulta en un rápido aumento de la masa vegetal. Esta fase puede ser afectada por el ambiente, suelo y la misma planta (RUIZ, 1995).

#### 3.5.1.3. Fase intermedia

Comienza al final del máximo crecimiento y se prolonga hasta su madurez, incluye las fases de floración y de fructificación (en plantas con frutos). Esta fase coincide con el mayor IAF (índice de área foliar). Esta fase puede ser afectada por las hojas bajo sombra, la senescencia y mortalidad de las hojas de la base de los tallos, tiene

una duración por lo regular de 40 a 50 días desde el final de la fase de desarrollo (RUIZ, 1995).

#### 3.5.1.4. Fase final

Comienza al final de la fase intermedia y dura de 20 a 30 días hasta el momento de la recolección de los frutos, en el pasto hasta cuando se libera las semillas, incluye la fase de madurez fisiológica (RUIZ, 1995).

#### 3.5.2. Etapa de producción

##### 3.5.2.1. Fase de rebrote

La capacidad de rebrotar es lo que diferencia a las plantas forrajeras de los cultivos, esta característica es la que asegura la disponibilidad de alimento; el rebrote depende mucho de las reservas orgánicas, luego hay un crecimiento suficiente de células verdes cuya fotosíntesis va a suministrar los materiales de reconstrucción que permita la creación de otras células, todo este proceso tiene una duración de 10 días por lo regular (BAVERA, 2001).

##### 3.5.2.2. Fase de desarrollo

Esta fase viene desde el final de la fase de rebrote hasta cuando se realiza el corte teniendo una duración de 20 a 22 días, en esta fase el pasto crece y se puede seguir desarrollando más macollos (BAVERA, 2001).

La durabilidad corta o larga de cada una de las fases fenológicas de un cultivo depende también mucho de la zona altitudinal donde se encuentre desarrollándose.

### 3.6. Fertilización del cultivo pasto

La pérdida de nutrientes del suelo en los sistemas de producción bajo pastoreo se produce en mayor medida por el pasto que los animales consumen y no devuelven al suelo. Los nutrientes perdidos se encuentran en la leche, carne producida y en las deyecciones de los animales que se depositan en los caminos, corrales y establos (PALADINES, et al., 1997-2003). Por esta razón es importante que se realice enmiendas de reposición de macro y micronutrientes ya sean estos sintéticos y/u orgánicos para así mantener o tal vez llegar a incrementar las producciones.

#### 3.6.1. Fertilización inorgánica

El fertilizante es una sustancia ya sea orgánica o inorgánica que se aplica directamente sobre las plantas o el suelo para suplir uno o más nutrientes esenciales en la nutrición (MORALES & CHAVARRÍA, 1985). Todo establecimiento de pasturas debe tener un análisis de suelo previo, sobre el cual se basará la aplicación de macro y microelementos (PALADINES, 2002).

*El nitrógeno es el nutrimento de la planta más importante, una distinción con frecuencia se traza entre los requerimientos de P y K necesarios para asegurar un vigoroso crecimiento de las herbáceas y la respuesta de producción para una gama de consumos de N. Los tres nutrimentos y sus interacciones entre sus efectos son de gran importancia (HODGSON, 1994).*

#### 3.6.2. Fertilización orgánica

Los fertilizantes orgánicos también conocidas como enmiendas orgánicas incluyen un gran grupo de sustancias provenientes de origen animal (sangre, vísceras, deyecciones de cerdos, gallinas, bovinos, etc.) y vegetal (vegetales, leguminosas y basura de los mercados que se encuentren en descomposición) que se utilizan con

distintos propósitos. Uno de los principales es poner a disposición del pasto los nutrientes requeridos para un normal desarrollo y así no afectar la producción (ÁLVAREZ, 2002).

La composición nutricional de los fertilizantes orgánicos es muy variada, ya que depende de las condiciones de almacenamiento como del procesamiento. La gran diferencia entre los fertilizantes orgánicos es el contenido de materia seca, esta puede variar entre un 12% en el caso de líquidos (mezclados con agua de lavados) y el 80% en abonos deshidratados (ÁLVAREZ, 2002).

#### 3.6.2.1. Funciones de los fertilizantes orgánicos

Son dos las funciones de los abonos orgánicos:

- Aporte de nutrientes
  
- Aporte de materia orgánica para mejorar condiciones físicas y químicas del suelo (aireación, movimiento de agua, exploración radicular, capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables, etc.)

*Con el aporte de M.O. fresca se desarrolla un gran incremento de los productos microbiales que son capaces de formar agregados estables al combinar las partículas minerales del suelo. Para lograr esto se debe aplicar grandes cantidades de M.O. (por ejemplo estiércol), pues su utilización depende de la actividad microbiana y con ello una estructura de suelo favorable al movimiento del aire, del agua y a la actividad radicular (ÁLVAREZ, 2002).*

#### 3.6.2.1.1. Efecto de los fertilizantes orgánicos sobre las propiedades físicas del suelo

El efecto de residuos frescos tal como ocurre con los abonos verdes mejora notablemente la agregación del suelo, disminuye la densidad haciéndolo más esponjoso, aumentando la capacidad de aireación y el agua es retenida para ser aprovechada por las plantas, pero si se aplica en exceso se puede cambiar estas propiedades en especial incrementando sales como el sodio (Na), disminuyendo la permeabilidad y aumentando la densidad y por ende menor disponibilidad de agua para las plantas (ÁLVAREZ, 2002).

Al cultivarse un suelo debe protegerse la capa superficial donde se encuentra la materia orgánica y evitar pérdidas por lavado o volatilización de sus nutrientes. Es importante devolver al suelo nuevas fuentes de M.O. mediante la incorporación de abonos y/o fertilizantes orgánicos, las fuentes más útiles son los de origen animal (porquinaza, gallinaza, o bovinaza) y los residuos vegetales descompuestos (compost) (ÁLVAREZ, 2002).

*Son efectivos como abonos orgánicos en la medida que sean fácilmente descompuestos y siempre que se incorporen adecuadamente al suelo. Sin embargo, no debe esperarse un aumento grande en el contenido de humus, debido a que este tiende a ser estable en el suelo, por un equilibrio entre la población de microorganismos y la pérdida de las sustancias simples que no sean aprovechadas como alimento por las plantas (ÁLVAREZ, 2002).*

#### 3.6.3. Enmiendas correctivas

Todo cultivo en su ciclo de vida absorbe nutrientes, mismo que los saca del suelo y este puede irse deteriorando hasta llegar al punto de erosionarse, es por esta razón que se debe realizar enmiendas correctivas ya sea con fertilizantes artificiales o por medio de los abonos orgánicos (ÁLVAREZ, 2002).

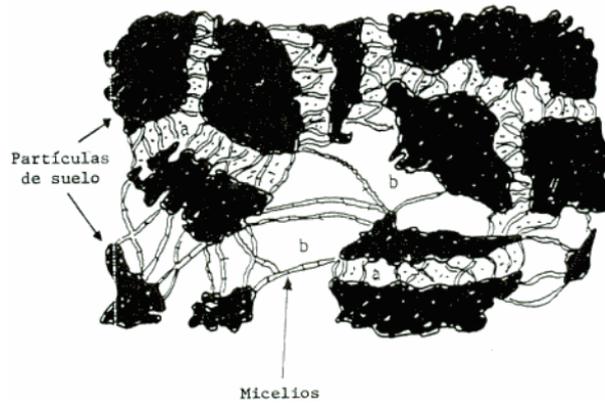
*Las enmiendas correctivas se deben realizar gradualmente ya que un área de suelo podría necesitar grandes volúmenes de compost y además el coeficiente isohúmico de la mayor parte de las sustancias orgánicas son bajos, para tener una idea una hectárea de terreno con un 4% de materia orgánica necesita de 8 toneladas de M.O. para mantenerse en el porcentaje mencionado. En explotaciones ganaderas es fácil mantener el nivel de M.O. ya que se composta el estiércol con el rechazo del pasto (COLMEIRO, 2007).*

#### 3.6.4. Retención de agua.

Indirecta o directamente el tipo de arcilla influye mucho en lo que se refiere a retención de agua. Suelos arenosos presentan grandes poros y esto quiere decir que tienen mucho aire y poca agua, la materia orgánica puede retener un peso de agua superior al suyo, muchos suelos orgánicos puede retener de 100% a 150% de agua y otros como la turba de esfagnos retienen de 500% a 600% de agua en peso (THOMPSON & TROEH, 2002).

En suelos arenosos la M.O. influye en la retención hídrica. Un 1% de M.O. en un suelo puede retener 1,5% de agua en volumen (THOMPSON & TROEH, 2002).

*La materia orgánica y los microorganismos del suelo unen las partículas minerales entre si y crean las condiciones en las cuales las plantas respirarán, absorberán agua, nutrientes y desarrollarán las raíces. Los micelios de los hongos y los mucilagos bacterianos ayudan a mantenerlas juntas, en agregados entre los cuales se forman poros receptores de aire y agua. Las micorrizas facilitan la transferencia de nutrientes a la planta. Los nutrientes son liberados en el suelo por la acción bacteriana y fungosa de la M.O., lo que también produce humus que es una forma estable de la M.O. El humus retiene agua y nutrientes, fortalece al suelo lo que ayuda a resistir a la erosión (DALZELL, BIDDLESTONE, GRAY, & THURAIRAJAN, 1991).*



**Fuente:** Manejo del suelo: producción y uso del Compost en ambientes tropicales y subtropicales. FAO.

**GRÁFICO 3.** Partículas de suelo agrupadas entre sí por micelios y mucílagos. Los espacios más pequeños están llenos con agua retenida y los otros espacios llenos de aire.

### 3.7. Necesidades hídricas de los cultivos

#### 3.7.1. Requisito de agua en el cultivo pasto

El agua en el suelo es esencial para el buen desarrollo de la planta, para producir 1kg de M.S. el pasto necesita de 400 litros de agua en promedio en todo su ciclo, el agua en el suelo es el encargado del transporte de los nutrientes a las raíces de las plantas, un pastizal que tenga altas producciones necesitará grandes aportaciones de agua (ÁLVAREZ, 2002).

En la práctica se habla de la necesidad de aportar 5 mm de agua por día para pastos o sea 150 mm por mes, con los 5 mm de agua se puede llegar a tener producciones de 60 ton/ha/año de forraje verde (12 ton/ha/año). Y cuando las condiciones son favorables podemos llegar a tener de 2 a 3 ton de M.S. por corte cada 6 a 8 semanas durante 2 años, pero con fertilización y un buen riego también se puede llegar a doblar la producción, lográndose producciones de 20 a 25 ton de M.S. por año (100 a 175 ton/ha de forraje verde), pero se debe tener muy en cuenta que no toda el agua que cae está disponible para la planta, hay pérdidas por escurrimiento, filtración y

evaporación, estas pérdidas varían de acuerdo al tipo de suelo y una de las alternativas para lograr que el agua quede retenida es incorporar compost al suelo para así mejorar la estructura del mismo (ÁLVAREZ, 2002).

Los cultivos necesitan agua para los diferentes procesos, el proceso por el cual el vapor de agua de las plantas se desprende ya sea por hojas y/o tallo y pasa a la atmósfera se llama transpiración y la transferencia de agua hacía el aire desde el suelo, la superficie de agua o de hojas mojadas de las plantas se llama evaporación (YAGÜE, 2003).

Las necesidades de los cultivos depende principalmente de:

- **Clima:** en días calurosos y despejados los cultivos necesitan más agua que en días nublados y fríos. En un clima frío un determinado cultivo crecerá más lentamente que en un clima cálido.
- **Cultivo:** depende mucho de los cultivos como por ejemplo el cultivo de papa requiere de más agua que el cultivo de chocho.
- **Fase de Desarrollo:** cultivos ya crecidos necesitan más agua que los que están recién plantados.

Cultivos que crecen en lugares despejados y cálidos necesitarán más agua por día que el mismo cultivo en una localidad cuyo clima es más frío (YAGÜE, 2003).

### 3.7.2. Evapotranspiración

La evaporación más la transpiración se denomina evapotranspiración, esta tiene lugar durante el día y se la expresa en unidades de lámina por tiempo, es decir milímetros (mm) por día, mes o estación (YAGÜE, 2003).

### 3.7.3. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos

Las necesidades de agua de un cultivo se las puede calcular por diversas formas, uno de estos es el método directo del lisímetro, este es un recipiente lleno de tierra en donde se siembra una planta y se la cultiva lo más parecida posible a lo que se hace en el campo, debe estar a la intemperie y se lo debe pesar periódicamente (YAGÜE, 2003).

Para calcular la evapotranspiración de un cultivo cualquiera se valora antes la evapotranspiración de un cultivo de referencia, relacionándose ambos mediante un coeficiente obtenido experimentalmente (YAGÜE, 2003).

$$ET(cultivo) = ET_o \times Kc$$

Dónde:

$ET(cultivo)$  = Evapotranspiración de un cultivo determinado (mm/día).

$ET_o$  = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

$Kc$  = Coeficiente de cultivo, variable con el cultivo y su fase de desarrollo.

La  $ET_c$ , es la evapotranspiración de un cultivo determinado en un suelo fértil, sin enfermedades y con suficiente cantidad de agua para dar una plena producción (YAGÜE, 2003).

### 3.7.4. Evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ )

Se lo define como la tasa de evapotranspiración de un cultivo extenso y uniforme de gramíneas, de 8 a 15 cm de altura, que no está escaso de agua y sombrea el suelo totalmente (YAGÜE, 2003).

### 3.7.4.1. Tanque evaporímetro

Este método consiste en llenar el agua en el tanque, se deja que el agua se evapore durante un cierto tiempo (24 horas), si hubo lluvia se puede medir simultáneamente, lo que se mide es la profundidad del agua que queda en el recipiente. La diferencia entre las 2 medidas consecutivas nos da la lámina de agua evaporada ( $E_p$ ) en la unidad de tiempo.

*Los tanques evaporímetros proporcionan una medida del efecto combinado de la temperatura, humedad, velocidad del viento y luz solar sobre la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ). El más conocido es el tanque de clase A (tanque circular), el mismo que tiene un diámetro de 121 cm y una profundidad de 25,5 cm, es de hierro galvanizado (calibre 22) o de metal de Monel (0,8mm). Al momento de la instalación se lo debe realizar completamente a nivel, cada año se debe pintar con pintura color aluminio (YAGÜE, 2003).*

Este valor de  $E_p$  se multiplica por un coeficiente  $K_p$  del tanque y obtenemos la  $ET_o$ .

$$ET_o = K_p \times E_p$$

Dónde:

$ET_o$  = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

$K_p$  = Coeficiente de tanque

$E_p$  = Evaporación del tanque

Cuando se usa el tanque evaporímetro para estimar la  $ET_o$  en realidad lo que se hace es una comparación entre la evaporación desde la superficie libre del agua en el tanque con la evapotranspiración de la pradera normalizada (YAGÜE, 2003).

Para un tanque evaporímetro clase A, el  $K_p$  varía entre 0,35 y 0,85 con un valor medio de 0,70.

### 3.7.5. Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )

El valor del coeficiente del cultivo depende de las características de la planta y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su período vegetativo. Esta variación es más evidente en cultivos anuales, que cubren todo su ciclo en un período reducido de tiempo (YAGÜE, 2003).

El ( $K_c$ ) es el resultado de la relación entre la evapotranspiración de un cultivo ( $ET_c$ ) durante una etapa definida, con la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

YAGÜE, 2003 menciona que la FAO ha publicado coeficientes de cultivo, donde señala que deben ser confirmados regionalmente para cada cultivo y variedad; estos valores deben servir como guía o punto de referencia para la programación y manejo del riego.

## 3.8. Programación del riego

La programación del riego tiene por finalidad el ahorro del agua sin reducir la producción (YAGÜE, 2003), tratando de dar una respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo se debe regar?
- ¿Cuánta cantidad de agua se debe aplicar en cada riego?
- ¿Cuánto tiempo se debe aplicar el agua en cada riego?

Donde para responder a las 2 primeras preguntas se tiene que conocer las necesidades de agua del cultivo y las características del suelo en cuanto a la retención de agua y para contestar a la última pregunta se tiene que tener en cuenta la velocidad de infiltración del agua en el suelo (YAGÜE, 2003).

Para determinar el calendario de riegos el método del balance hídrico es el más indicado (YAGÜE, 2003), en el cuál se tiene los siguientes pasos:

- Necesidades netas de riego de un cultivo
- Dosis de riego
- Intervalo entre riegos
- Caudal necesario
- Valoración del balance hídrico

#### 3.8.1. Necesidades netas de riego de un cultivo

Se tiene que conocer las necesidades de riego que tiene el cultivo y diferenciar entre necesidades netas y necesidades totales, siendo las necesidades netas la cantidad de agua de la que dispone el cultivo y las totales la cantidad de agua que necesitamos aplicar, considerando que no toda el agua que se aplica es aprovechada (YAGÜE, 2003).

Depende de las siguientes variables:

- Las necesidades de agua del cultivo (*Evapotranspiración del cultivo E<sub>Tc</sub>*)
- Aportaciones de precipitación efectiva (*P<sub>e</sub>*)
- Aporte capilar desde una capa freática próxima a la raíces
- Variación en el almacenamiento de agua en el suelo.

### 3.8.1.1. Necesidades netas

La fórmula es la siguiente:

$$Nn = ETc - Pe - \text{Aporte capilar} - \text{Variación de almacenamiento.}$$

Dónde:

$Nn$  = Son las necesidades netas (mm)

$ETc$  = Es la evapotranspiración del cultivo (mm)

$Pe$  = Es la precipitación efectiva

### 3.8.1.2. Evapotranspiración del cultivo ( $ETc$ )

Es la tasa de evaporación de un cultivo exento de enfermedades, en suelos con buenas condiciones de micro y macronutrientes y una buena humedad (YAGÜE, 2003).

La  $ETc$  se puede calcular de forma directa e indirecta, el modo directo es la utilización del lisímetro y el indirecto es la utilización de fórmulas empíricas que a partir de datos climáticos, ubicación y orientación del cultivo, etc., nos permite obtener la  $ETo$ , para obtener la  $ETc$  (mm) a partir de la  $ETo$  es necesario multiplicar por el coeficiente de cultivo  $Kc$  (YAGÜE, 2003).

$$ETc = ETo \times Kc$$

Otra fórmula con la que se puede calcular la  $ETc$  es con la de Balance Hídrico.

$$P + I \pm Ro = ETc \pm D \pm \Delta W$$

De la cual se despeja la  $ET$ , obteniendo:

$$ET_c = P + I - D \pm \Delta W$$

Dónde:

$R_o$  = Escorrentía, controlada por las paredes del lisímetro (0).

$P$  = Precipitación, que se mide a través del pluviómetro (mm)

$I$  = Lámina de riego aplicada (mm)

$D$  = Drenaje, agua que cayó al fondo del lisímetro (mm)

$\Delta W$  = Cambios del contenido de humedad del suelo.

La evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) es la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de 8 a 15 cm de cubierta de gramíneas verdes que están en crecimiento activo con abundante agua y sombran al suelo en su totalidad (YAGÜE, 2003).

Los métodos utilizados son:

- Método de la cubeta evaporimétrica
- Método de Blaney-Criddle
- Método de la radiación
- Método de Penman

Hay que utilizar el más adecuado al lugar en donde se lleve a cabo el ensayo.

Depende de las características del cultivo y del estado vegetativo en que se encuentre, ya que marca la variación de la capacidad del cultivo para extraer agua del suelo durante su período vegetativo (YAGÜE, 2003).

El  $Kc$  se ha establecido con el criterio de que la planta tenga a su disposición la cantidad de agua necesario para satisfacer al máximo sus necesidades hídricas (YAGÜE, 2003).

### 3.8.1.3. Precipitación efectiva

Es la fracción de las precipitaciones totales que queda retenida en la capa radical de la planta y resulta útil para satisfacer las necesidades de agua de cultivo; quedan excluidas la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo (YAGÜE, 2003).

- En función de la precipitación caída durante el mes ( $P$ )

Cuando  $P$  es superior a 75 mm, la precipitación efectiva ( $Pe$ ) se puede calcular mediante la fórmula:

$$Pe = (0,8 \times P) - 25$$

Cuando  $P$  es inferior a 75 mm se aplica la fórmula:

$$Pe = (0,6 \times p) - 10$$

- En función de la precipitación mensual en suelos de pendiente ligera.

Lámina precipitada	$Pe$
10	9,50
20	18,00
30	24,74

<b>40</b>	29,44
<b>50</b>	33,40
<b>60</b>	36,78
<b>70</b>	39,65
<b>80</b>	42,08
<b>90</b>	44,12
<b>100</b>	45,80

Fuente: Módulo de Hidrología I 2009-2010

Elaborador por: El Autor

**CUADRO 1.** Equivalencia de la precipitación efectiva en función a la lámina precipitada en suelos de pendiente ligera.

- En función de la precipitación mensual ( $P$ ) y del número de precipitaciones habidas durante el mes ( $n$ ).

$$Pe = (0,8 \times P) - (12,5 \times n)$$

- En climas secos, las lluvias inferiores a 5 mm no añaden humedad a la reserva del suelo, si la precipitación es inferior a 5mm se considera una precipitación efectiva nula. Por otro lado solo un 75% de la lluvia sobre los 5 mm se puede considerar efectiva (FAO, 1978).

$$Pe = 0,75 \times (\text{lluvia caída} - 5\text{mm})$$

#### 3.8.1.4. Necesidades totales

No toda el agua que se aplica a un cultivo es aprovechado por él, hay una parte que se pierde por evaporación en el suelo, escorrentía superficial, percolación profunda, lavado o lixiviación, evaporación directa desde el sistema de riego o deficiente distribución del agua, para cuantificar estas pérdidas se introduce el término eficiencia de aplicación (YAGÜE, 2003).

La fórmula es la siguiente:

$$N_t = \frac{N_n}{E_a}$$

- La eficiencia de aplicación es la proporción entre la cantidad de agua almacenada en la zona del sistema radical (disponible para la planta) y la cantidad de agua aplicada por el sistema de riego (YAGÜE, 2003).

$$E_a = \frac{N_n}{N_t}$$

La fórmula para el cálculo de la  $E_a$  es la siguiente:

$$E_a = R_t \times FL \times F_r \times CU$$

Dónde:

$R_t$  = Relación de transpiración

$FL$  = Factor de lavado

$F_r$  = Factor de rociado

$CU$  = Coeficiente de uniformidad del sistema de riego

- La relación de transpiración es la proporción entre la cantidad de agua evapotranspirada y la cantidad de agua puesta a disposición de la planta. La diferencia entre estas dos cantidades se debe a las pérdidas por escorrentía superficial y por percolación profunda (YAGÜE, 2003).

Normalmente con un buen manejo del sistema de riego a presión, las pérdidas por percolación son menores al 10% por lo que la  $R_t$  es mayor al 90% y no se tiene en cuenta (YAGÜE, 2003).

- El factor de lavado se lo define como:

$$FL = 1 - RL$$

Dónde  $RL$  es el requerimiento de lavado, en tanto por uno.

La fracción de agua de riego que debe atravesar la zona radical para arrastrar el exceso de sales es el requerimiento de lavado ( $RL$ ), cuya cuantía viene en función de la salinidad del agua de riego y de la tolerancia de los cultivos a la salinidad (YAGÜE, 2003).

La fórmula es:

$$RL = \frac{CEa}{5CEe - CEa}$$

Dónde:

$CEa$  = Conductividad eléctrica del agua de riego en dS/m y

$CEe$  = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo expresada en las mismas unidades, para la cual se produce un descenso de producción determinado.

- Factor de rociado se define como:

$$Fr = 1 - Pr$$

Dónde:

$Pr$  = Son las pérdidas por evaporación directa, tanto por uno.

*Al aplicar el agua por aspersión o difusores se produce una pérdida por evaporación directa desde el agua del chorro y desde el agua que moja la parte aérea de las plantas. Las pérdidas por evaporación directa vienen en función de factores climáticos y del grado de pulverización del chorro. En condiciones normales estas pueden desde 1% hasta un 6%, pero en condiciones severas pueden ser mucho más elevadas (YAGÜE, 2003).*

- El coeficiente de uniformidad se refiere al reparto más o menos uniforme del agua infiltrada y se expresa mediante un valor porcentual (YAGÜE, 2003).

*El riego por aspersión utiliza el CU propuesto por Christiansen, por tanto en condiciones normales la  $E_a$  depende de la percolación ( $R_p$ ), las exigencias del FL y de la uniformidad de distribución (CU).  $R_p$  y FL no se toma simultáneamente, sino que se toma sólo la de menor eficiencia, o sea la que produce mayor pérdida de agua (YAGÜE, 2003).*

Si  $R_p < FL$ ,  $E_a = R_p \times CU$

Si  $FL < R_p$ ,  $E_a = (1 - RL) \times CU$

De modo general las eficiencias de los diferentes sistemas de riego vienen indicadas en la siguiente tabla:

<b>Riego por superficie</b>	
- Por surcos	0,50 a 0,70
- Por fajas	0,60 a 0,75
- Por inundación	0,60 a 0,80
- Por inundación permanente	0,30 a 0,40
Riego por aspersión	0,65 a 0,85
Riego por goteo	0,75 a 0,95

**Fuente:** Módulo de Hidrología I 2009-2010

**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 2.** Eficiencia de aplicación de los diferentes sistemas de riego.

### 3.8.2. Dosis de riego

Es la cantidad de agua que se aplica en el riego por unidad de superficie. Hay que diferenciar entre  $Dn$  y  $Dt$ .

La dosis neta en  $m^3/ha$  se calcula según la siguiente fórmula:

$$Dn = 100 \times H \times Da \times (Cc - Pm) \times f$$

Dónde:

$H$  = Profundidad de las raíces en m

$Da$  = Densidad aparente del suelo en  $t/m^3$

$Cc$  = Es la capacidad de campo, expresada en porcentaje en peso de suelo seco

$Pm$  = Es el punto de marchitamiento, expresado en porcentaje en peso de suelo seco

$f$  = Fracción de agotamiento del agua disponible expresada en tanto por uno.

- Cuando  $Cc$  y  $Pm$  vienen expresados en porcentaje del volumen seco, la fórmula es:

$$Dn = 100 \times H \times (Cc - Pm) \times f$$

- Cuando  $Cc$  y  $Pm$  viene expresado en mm de altura de agua, la fórmula es:

$$Dn = H \times (Cc - Pm) \times f$$

La dosis total se calcula a través de la siguiente formula:

$$Dt = \frac{Dn}{Ea}$$

### 3.8.3. Intervalo entre riegos

Se debe regar cuando las extracciones de las plantas agoten la reserva fácilmente disponible (YAGÜE, 2003), el intervalo entre riegos se calculará:

$$i = \frac{Dn}{Nn} = \frac{Dn}{ETc - Pe}$$

El número de días resultante de la fórmula del intervalo entre riegos se redondea por defecto obteniéndose la dosis neta ajustada.

$$Dn_{ajust} = Intervalo_{ajust} \times Nn$$

Análogamente, la dosis total ajustada:

$$Dt_{ajust} = \frac{Dn_{ajust}}{Ea}$$

### 3.8.4. Caudal necesario

El caudal de agua necesaria viene dado por la expresión:

$$Q = 10 \times (S \times Dt) / (ir \times T)$$

Dónde:

$Q$  = Caudal necesario, m<sup>3</sup>/h

$S$  = Superficie regada, en ha

$Dt$  = Dosis total, en mm

$ir$  = Número de días empleados en regar, dentro del intervalo de riego

$T$  = Tiempo de riego, en horas/día

## 4. UBICACIÓN

### 4.1. Ubicación Política Territorial

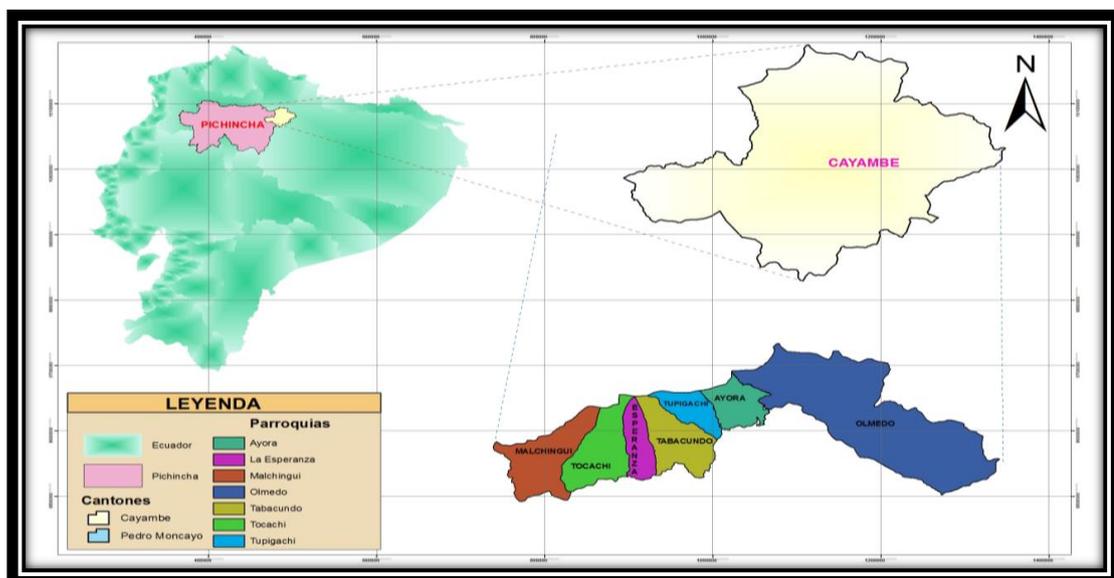
Las zonas donde se llevaron a cabo los experimentos para determinar las Necesidades Hídricas de Pasturas con manejo orgánico, se encuentran bajo la influencia del Canal de Riego Cayambe-Pedro Moncayo. El canal nace en las faldas del nevado Cayambe al nororiente de la Provincia de Pichincha, tiene un recorrido de 67 km el mismo que atraviesa a las distintas parroquias de los dos Cantones Cayambe y Pedro Moncayo.

PAÍS: Ecuador

PROVINCIA: Pichincha

CANTONES: Cayambe, Pedro Moncayo

PARROQUIAS: Olmedo, Ayora, Tupigachi, Tabacundo, La Esperanza, Tocachi y Malchinguí.



Fuente: Laboratorio SIG UPS

Elaborador por: Laboratorio SIG-UPS

**MAPA 1.** Ubicación Geográfica del área de influencia del Canal de Riego Cayambe-Pedro Moncayo.

## 4.2. Ubicación Geográfica

El canal se ubica al interior de los Cantones Cayambe y Pedro Moncayo en la Provincia de Pichincha, a 70 Km noreste de la ciudad de Quito. Las coordenadas UTM del canal de Riego Cayambe-Pedro Moncayo comprenden entre 10010232,23 norte y 812036,47 este.

Cantón	Parroquia	Comunidad	Propietario	Ubicación Geográfica		
				Este	Norte	Altura msnm
Cayambe	Olmedo	El Chaupi (zona alta)	Benjamín Tarabata	824146	10012170	3061
Pedro Moncayo	Tupigachi	Chaupiloma (zona media)	SEDE CODEMIA	812461	10009244	2959
Pedro Moncayo	La Esperanza	Cubinche (zona baja)	Amauta Huasi	806477	10002059	2747

Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**CUADRO 3.** Ubicación geográfica de los ensayos en la investigación Necesidades Hídricas de Pasturas con manejo orgánico en la zona de Influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

## 4.3. Condiciones Agroecológicas

### 4.3.1. Clima

Para todos los parámetros del clima, se tomó en cuenta a dos estaciones meteorológicas del INAMHI que se encuentran ubicadas en las zonas de influencia del canal de riego.

ESTACIÓN	Ubicación Geográfica		
	Este	Norte	Altitud (msnm)
Olmedo	828406	10016602	3120
Tomalón	805812	10001605	2659

Fuente: INAMHI  
Elaborador por: El Autor

**CUADRO 4.** Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en la zona del canal de Riego Cayambe-Pedro Moncayo.

#### 4.3.2. Temperatura

En toda el área de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo se encontraron promedios de temperaturas máximas que oscilan entre los 22 °C y temperaturas mínimas que oscilan entre los 8,8 °C, dándonos un promedio de temperaturas mensuales de 14,9 °C.

#### 4.3.3. Precipitación

En el área en donde se encuentra el canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo tiene características interandinas con precipitaciones promedias mensuales de 41,2 mm siendo en Octubre, Noviembre y Diciembre los meses en donde encontramos las mayores precipitaciones.

#### 4.3.4. Heliofanía

En los meses de Julio, Agosto y Septiembre se encontraron las lecturas máximas de brillo solar con valores de 200 horas/luz y con escasamente 100 horas/luz en los meses de Enero y Febrero.

#### 4.3.5. Vientos

Según el INAMHI en la estación de Olmedo y Tomalón se encontraron velocidades de vientos promedios de 4 m/s y de 2 m/s respectivamente, siendo los meses de Julio, Agosto y Septiembre en donde existen mayor velocidad de viento.

#### 4.3.6. Suelo

##### 4.3.6.1. Propiedades Físicas

Como se puede observar en el cuadro 5, los suelos en los 3 ensayos contienen como principal agregado a las partículas de arena. Las características de estos suelos es que permite con facilidad la penetración del sistema radicular, existe abundante aireación y la circulación del agua (drenaje) no tiene dificultad gracias al gran porcentaje de porosidad. Según el cuadro 5 en la zona alta y zona baja tenemos una clase textural de arena franca y en la zona media tenemos una textura franco arenoso.

<b>TEXTURA</b>	<b>Zona Alta</b>	<b>Zona Media</b>	<b>Zona Baja</b>
Arena (%)	72	56	80
Limo (%)	26	34	16
Arcilla (%)	2	10	4
Clase Textural	Arena Franca	Franco Arenoso	Arena Franca
Densidad Real (g/cc)	1,73	1,45	1,75
Densidad Aparente (g/cc)	0,85	1,05	1,67
Porosidad (%)	50,95	27,61	4,57

**Fuente:** Laboratorio de Agua y Suelos UPS  
**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 5.** Propiedades físicas del suelo en las 3 zonas altitudinales en la investigación Necesidades Hídricas de Pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo.

#### 4.3.6.2. Características Químicas

Como se observa en el cuadro 6, los suelos en las 3 zonas altitudinales no son salinos ya que presentan valores menores a 1 en la conductividad, en lo que se refiere a pH se puede decir que están bien ya que no son ni alcalinos ni tampoco tienden a la acidez, pero lo que es más importante en este estudio, se puede ver que en la zona media y en la zona baja los valores de materia orgánica son muy bajos y todo lo contrario sucede en la zona alta que tenemos un valor muy alto de materia orgánica.

	Zona Alta	Zona Media	Zona baja
pH	7,12	6,54	6,95
Conductividad (dS/m)	0,22	0,16	0,13
Materia Orgánica (%)	8,08	1,97	0,65
Nitrógeno Total (%)	0,60	0,10	0,03
P Asimilable (P ppm)	4,86	1,07	1,66
K Intercambiable (cmol K/kg)	0,46	0,13	0,16
Ca Intercambiable (cmol Ca/kg)	9,39	9,11	3,24
Mg Intercambiable (cmol Mg/kg)	7,00	3,24	1,66
C.I.C. (cmol kg)	17,07	12,64	5,19

**Fuente:** Laboratorio de Agua y Suelos UPS

**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 6.** Características químicas del suelo en las 3 zonas altitudinales en la investigación Necesidades Hídricas de Pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se detalla los materiales, insumos y los métodos empleados en esta investigación.

### 5.1. Materiales e Insumos

#### 5.1.1. Materiales

- Lisímetros
- Pluviómetros
- Tensiómetros
- Termohigrómetro
- Probetas
- Sistema de riego
- Material para cercado
- Motocultor
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica
- Herramienta menor (azadón, pico, barra, martillo, alicate, llave de tubo, clavos de 2", Grapas "U", excavadora)
- Fundas de papel
- Fundas plásticas grande
- Moto guadaña
- Balanza
- Estufa
- Cronómetro
- Equipo GPS
- Manguera de 1/2"
- Balde de 20 litros
- Bomba de mochila

- Alambre de púa
- Malla para cercado
- Manómetro

#### 5.1.2. Insumos

- Mezcla forrajera (rye grass híbrido boxer más trébol blanco)
- Compost (16% M.O.)
- Herbicida (ranger 500 ml)

## **5.2. Metodología**

En la presente investigación se instalaron 3 ensayos de campo ubicados en la zona alta, media y baja, mismas que se encuentran dentro del área de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo

#### 5.2.1. Unidad de Estudio

La unidad de estudio comprende tres lugares específicos dentro de la zona de influencia del canal de riego.

Zona	Parroquia	Comunidad
Alta	Olmedo	El Chaupi
Media	Tupigachi	Chaupiloma
Baja	La Esperanza	Cubinche

**Fuente:** Laboratorio de Agua y Suelos UPS

**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 7.** Zonas que comprende la unidad de estudio en la investigación Necesidades Hídricas de Pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

La primera zona donde se instaló el ensayo fue en la Parroquia de Olmedo en la propiedad del Sr. Benjamín Tarabata ubicada a 3061 msnm (zona alta); el segundo ensayo se instaló en la Parroquia de Tupigachi en la Sede del CODEMIA, esta se encuentra ubicada a 2959 msnm (zona media) y el último ensayo se ubicó a 2747 msnm (zona baja) en uno de los terrenos de la Amauta Huasi.

### 5.2.2. Hipótesis

La presente investigación tiene como finalidad responder a la siguiente pregunta:

¿Cuál es la cantidad de agua necesaria para cada fase del estado fenológico del ciclo productivo de pastos en las zonas de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo?

### 5.2.3. Variables

En la presente investigación se analizó las siguientes variables.

➤ Número de macollos

Una vez que las semillas emergieron se esperó que de las 10 plantas que se cogieron al azar nos dé un promedio de 2 a 3 macollos, entonces empezamos a contabilizar dos veces por semana ya sea lunes y viernes o lunes y miércoles, registrando el número de macollos en la libreta de apuntes.

➤ Evapotranspiración del cultivo (**ETc**)

Se aplicó la fórmula del balance hídrico, en donde ya despejada la evapotranspiración queda de la siguiente manera:

$$ETc = (Pe + Lámina riego) - drenaje$$

Dónde:

*Pe* = Es la precipitación de lluvia que se midió en el tanque evaporímetro, en mm/semana.

*Lámina riego* = Es la cantidad de agua que se aplicó en cada riego cada 2 días, en mm/semana.

*Drenaje* = Es la cantidad de agua infiltrada en el lisímetro después de un riego o de una lluvia, ml/semana.

➤ Precipitación efectiva (**Pe**)

Se utilizó datos históricos de las dos estaciones meteorológicas del INAMHI, las fórmulas utilizadas fueron:

$$Pe = (0,8 \times P) - 25$$

$$Pe = (0,6 \times p) - 10$$

$$Pe = 0,75 \times (\text{lluvia caída} - 5\text{mm})$$

Dónde:

$Pe$  = Precipitación efectiva, mm/mes

$P$  = Precipitación, mm/mes

➤ Coeficiente de cultivo ( **$Kc$** )

Para la obtención del coeficiente de cultivo se hizo la relación entre la  $ETc$  y la  $ETo$ .

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

➤ Dosis de riego

Se realizó la diferencia entre dosis netas y dosis totales y se calculó en  $m^3$  por hectárea utilizando las siguientes fórmulas:

$$Dn = 100 \times H \times Da \times (Cc - Pm) \times f$$

$$Dt = \frac{Dn}{Ea}$$

➤ Intervalo entre riego ( **$i$** )

Se realizó un establecimiento en días, siempre y cuando las plantas agoten las reservas fácilmente disponibles se debe regar, la fórmula empleada fue:

$$i = \frac{Dn}{Nn} = \frac{Dn}{ETc - Pe}$$

➤ Caudal necesario

Se calculó en m<sup>3</sup>/hora y es la cantidad de agua que requiere la planta, la fórmula a utilizar fue:

$$Q = 10 \times (S \times Dt) / (ir \times T)$$

➤ Biomasa de forraje en verde y en seco

En los 5 cortes realizados durante todo el ensayo se procedió a cortar con la hoz toda la biomasa que se encuentra dentro de área del lisímetro que fue de 1 m<sup>2</sup> dejando 5 cm de altura desde el suelo. Esta biomasa se recogió y se pesó para determinar el rendimiento de la materia verde (RMV); para luego llevar al laboratorio y dejar en estufa por 48 horas a 105 °C alícuotas de 200 gr, con esto se determinó el rendimiento en materia seca (RMS).

## **6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO**

Para la limitación y cercamiento de los ensayos se obtuvo la colaboración del Consorcio de Desarrollo de Manejo Integral del Agua y Ambiente Cayambe-Pedro Moncayo CODEMIA-CPM.

### **6.1. Instalación del ensayo de campo.**

#### 6.1.1. Definición del sitio y tamaño del ensayo.

Los sitios donde se instalaron los ensayos se los definió conjuntamente con todas las partes interesadas, donde se tomó en cuenta a El Chaupi como zona alta (3061 msnm), Tupigachi como zona media (2959 msnm) y Cubinche como zona baja (2747 msnm), el área de trabajo fue de (5 x 10 m), dándonos un total de 50 m<sup>2</sup>.

Ubicados los lugares, fuimos a los sitios para realizar un reconocimiento para determinar las herramientas, la cantidad de material y accesorios necesarios para la instalación. Adquiridos los materiales y las herramientas empezamos realizar los hoyos (60cm), donde se colocaron los palos, luego se colocó la malla y el alambre de púa, finalmente se elaboró una puerta y se colocó en la cerca para asegurar el ensayo.

#### 6.1.2. Preparación del suelo.

Para la preparación del suelo se utilizó azadones, picos ya que nos encontramos con el suelo muy compactado, una vez que se terminó de remover el terreno con estas herramientas menores se procedió a trabajar con el motocultor, esta máquina agrícola nos ayudó mucho ya que se logró dejar el suelo bien suelto (mullido), paralelamente se fue sacando las malezas (kikuyo) y otros objetos (piedras, trozos de ladrillos, palos, alambre, plástico, etc.),

Como parte de la preparación del suelo se realizó un análisis en laboratorio, para lo cual se procedió a tomar una muestra compuesta de suelo para determinar los valores nutricionales, en este caso se analizó el porcentaje de materia orgánica existente, para cada zona de los ensayos. Recogimos 6 sub-muestras a 10 cm de profundidad, las mezclamos y sacamos una sola muestra para enviarla al laboratorio de la UPS. Los parámetros analizados fueron físico-químicos y % de M.O., los análisis se realizaron antes de la siembra.

Luego vino la interpretación de los análisis y enmiendas correctivas de materia orgánica, donde para la zona baja se obtuvo 0,65%, zona media se obtuvo 1,97% y para la zona alta se tenía 8,08% de M.O. Para la zona alta se procedió nuevamente a tomar la muestra ya que el porcentaje encontrado fue muy alto y se pensó que estaba mal tomada la muestra, el nuevo porcentaje no varió mucho y se corroboró el resultado. Luego se procedió a realizar los cálculos de enmiendas de M.O., el porcentaje de M.O. como mínimo para cualquier cultivo es del 5%. El porcentaje a cubrir en la zona baja fue del 4,35% y en la zona media del 3,03%, con esto y la densidad aparente de cada ensayo (zona baja  $1,67\text{g/cm}^3$ , zona media  $1,05\text{g/cm}^3$ ) se calculó la cantidad de compost para cada lugar.

El compost que se utilizó fue del Municipio de Cayambe, mismo que tenía 16% de M.O. La cantidad para la zona baja fue de 2043,12 kg y para la zona media fue de 966,37 kg de compost por los 50 metros cuadrados, en la zona alta no se realizó ninguna enmienda ya que el porcentaje de materia orgánica encontrado fue de 8,08%. Para la incorporación se utilizó el motocultor. La enmienda se la realizó al momento de la siembra.

### 6.1.3. Ubicación del lisímetro

El lisímetro fue colocado en el centro de la parcela, para esto se excavó  $1\text{m}^3$ , al realizar la excavación se separó las distintas capas que se encontraron para luego ir

colocando en el mismo orden que se encontró. El lisímetro fue diseñado de Tol, con un ligero desnivel en la base y un pequeño depósito en donde se recogía el agua que se infiltraba, se introdujo los lisímetros en los huecos dejando 5 cm libres sobre el nivel del suelo para evitar que el agua de escorrentía ingrese al lisímetro, luego se colocó un tubo de PVC de 1,20 m de largo por 63 mm de diámetro que sirvió de conexión entre el depósito y el exterior, sobre la capa de ripio grueso que se colocó se ubicó una malla de plástico y por último se colocó las capas de tierra encontradas evitando que ingrese por el tubo.

#### 6.1.4. Instalación y evaluación del sistema de riego.

Para la instalación se vació el agua de la red principal, con la tijera felco se realizó un orificio en la tubería principal por donde saldrá el agua, en esta tubería se instaló el collarín de 75 mm por  $\frac{3}{4}$ , seguidamente en este collarín con un poco de teflón colocamos la llave de bola HG, luego en esta llave se puso el adaptador, con la ayuda de la abrazadera se unió la manguera al adaptador, se estiró la manguera hasta el centro de la parcela donde se ubicó el aspersor, en el extremo final de la manguera se colocó un tapón con la ayuda de un adaptador, se practicó otro orificio en la manguera para colocar el collarín de  $\frac{3}{4}$  a  $\frac{3}{4}$ , en este se colocó un pedazo (60 cm) de tubo, el cuál contenía al aspersor.

Terminada la instalación se realizó la evaluación del sistema, con una cinta métrica se dividió la parcela en cuadrículas de 1 metro y en cada cruce de las líneas se colocó una tarrina plástica, se dejó regar por 3 horas, terminado el tiempo se procedió a medir el volumen de agua recogida en cada una de las tarrinas, finalmente se calculó la lámina de agua que se puede aplicar con este sistema.

#### 6.1.5. Instalación del tanque evaporímetro.

Se utilizó un balde de 20 L, se ubicó una cinta de 30 cm, misma que se adhirió al balde con silicón, luego en un lugar a nivel e ininterrumpido por algún elemento que sombree al tanque se colocó agua a una altura de 16 cm. Al siguiente día se observó si hubo evaporación o existió presencia de lluvia.

#### 6.1.6. Instalación del tensiómetro.

Al tensiómetro se dejó 24 horas antes en agua limpia para saturar la copa de cerámica porosa, al siguiente día se llenó con agua destilada la parte hueca; en campo con la ayuda de la barra procedimos a hacer un hoyo donde con un poco de presión y con cuidado introducimos el tensiómetro a unos 30 cm de profundidad y se empezó a tomar los datos.

#### 6.1.7. Instalación del termohigrómetro.

Para la instalación del termohigrómetro se necesitó un palo, clavos, excavadora y una poma para ubicarlo como protección. Con la excavadora se realizó el hoyo donde se ubicó el palo, finalmente se ubicó el termohigrómetro, mismo que dio lecturas de temperatura y humedad relativa.

#### 6.1.8. Siembra y resiembra.

Para la siembra se utilizó una mezcla forrajera, obtenida en un sondeo rápido en las tiendas comerciales de semilla en Cayambe, se obtuvo que la mezcla más adquirida es el rye grass híbrido boxer más trébol blanco, con esta mezcla se procedió a realizar los cálculos, se sabe que 120 lb de semilla se necesitan para 1 ha de la cual el

95% es rye grass y un 5% debe ser trébol blanco. Con estos datos calculamos que para los 50 m<sup>2</sup> necesitamos de rye grass y de trébol 0,57 lb y 0,03 lb respectivamente.

La siembra se realizó al voleo, con la ayuda de un rastrillo se procedió a cubrir (1 a 2 cm de profundidad) la semilla que anteriormente se dispersó, pero antes se mezcló con un poco de tierra para que sea homogénea la distribución, seguidamente se procedió a regar. En la zona baja por motivo de los pájaros se tuvo que resembrar por 3 ocasiones, en la última resiembra se colocó una protección de sarán, misma que se retiró después de 2 semanas.

#### 6.1.9. Identificación de plantas

En oficina se elaboró banderas de color verde, numeradas del 1 al 10. Para colocar la identificación se observó primero que las plantas en general tengan de 2 a 3 macollos, con un pedazo de plástico se limitó a cada planta, esto nos ayudó para ver el progreso del macollamiento de las plantas.

#### 6.1.10. Control de malezas

Se utilizó Glifosato (herbicida sistémico) a 5 cc/l de agua y con la ayuda de una bomba de mochila se aspergió en los bordes de los ensayos a los 2 meses de edad del cultivo pasto.

#### 6.1.11. Riego

Las frecuencias de los riegos fueron cada 2 días, en el ensayo de la zona alta se regó 60 minutos, en el ensayo de la zona media se regó 30 minutos y en el ensayo de la zona baja se regó 45 minutos.

## **6.2. Recolección de datos**

Los datos de todas las variables se recolectaron 3 veces por semana a excepción del número de macollos, ésta se tomó 2 veces por semana.

### **6.2.1. Tanque evaporímetro**

Del tanque se tomó datos de precipitación y/o evaporación; se observó la altura de agua en la que se encontraba cada tanque y se registró. Para el cálculo de la precipitación o evaporación se restaba la lectura actual con la lectura anterior.

### **6.2.2. Temperatura y humedad relativa**

Para el registro de los datos sobre temperatura y humedad relativa, se observó las lecturas en las pantallas de los termohigrómetros en los tres ensayos y se registró.

### **6.2.3. Drenaje**

Para medir el agua infiltrada y almacenada en el fondo del lisímetro se utilizó una jeringa de 60 ml y un equipo de venoclisis, cada volumen extraído se registró en la libreta de campo. El volumen total se calculaba sumando todos los volúmenes extraídos. Este método sólo servía para cuando existía poca presencia de lluvia o para sacar lo drenado de la lámina de agua aplicada, cuando había presencia de fuertes lluvias se utilizaba una manguera de ½" y un balde de 20 L. A la manguera se la llenaba de agua limpia y por acción de la gravedad se podía evacuar toda el agua del lisímetro. El agua que subsistía se lo sacaba con la ayuda de la jeringa.

#### 6.2.4. Número de macollos

Para la identificación de las 10 plantas se marcaron con banderines, semana tras semana se contó el número de macollos de las 10 plantas de cada ensayo, esto se realizó 2 veces en la semana, los datos obtenidos se registraron en la libreta de apuntes. Este conteo se lo realizó hasta el tercer corte en los 3 ensayos ya que los macollos en la mayoría de las plantas se establecieron y en otras plantas los macollos sobrepasaron los 150 macollos y fue laborioso seguir contando.

#### 6.2.5. Cortes

Con una hoz se cortó la biomasa que se encontraba dentro lisímetro (1 m<sup>2</sup>), toda la materia verde se colocó en una funda negra con una etiqueta donde se registraba el nombre del sitio, el peso de la funda plástica, el peso de la biomasa (después de haber pesado), la fecha y la hora, inmediatamente con la ayuda de la moto-guadaña se cortó toda la materia verde del ensayo. Ya en el laboratorio antes de sacar las alícuotas se homogeneizaba bien toda la M.V. de la funda negra, se identificaba la funda papel (sitio, peso funda de papel, peso de la M.V., fecha, hora), luego se procedió a colocar 200 gr de M.V. en la estufa por 48 horas a 105 °C. Pasada las 48 horas se sacó y se pesó nuevamente.

### 6.3. Procesamiento e interpretación de la información

Con todos los datos obtenidos en campo, mismo que fueron registrados todas las semanas en la libreta de apuntes se procedió a ordenar en una hoja de Excel (Anexo 3 ítem 9), una vez que se ordenó se pudo calcular y llegar a obtener las variables de esta investigación (*ETc*, la *ETo*, etc.), todo el trabajo se lo realizó en oficina con la guía y ayuda del tutor.

## **7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados se los presenta en cuatro grupos de datos mismos que permite interrelacionar la información y poder cumplir con los objetivos y despejar la hipótesis planteada, primero se analizará el desarrollo fenológico de la planta, luego se calculó el coeficiente de cultivo ( $Kc$ ) para cada zona y en cada fase fenológica, seguidamente se realizó la programación del riego donde se trabajó con los coeficientes de cultivo encontrados en los ensayos y finalmente se hizo una relación del consumo de agua con la producción obtenida para cada zona.

En la zona media y baja se tuvo que realizar enmiendas correctivas de M.O. ya que los análisis preliminares de cada sitio nos dieron porcentajes muy bajos de M.O.

### **7.1. Desarrollo fenológico del cultivo de pasto**

El crecimiento y desarrollo fenológico de las plantas están fuertemente controladas (estimulados o frenados) por las condiciones ambientales tales como la temperatura (en especial), la luz y la disponibilidad de agua en cada de una sus fases fenológicas.

Los cultivos pueden llegar a cruzar 4 fases fenológicas, pero el cultivo pasto solo atraviesa 3 fases fenológicas en la etapa de establecimiento que son la fase inicial, la fase de desarrollo y la fase intermedia quedando excluida la fase final debido a que el pasto muy maduro tiende a disminuir la digestibilidad llegando hasta un 64% y no sirve como alimento nutritivo para los bovinos; y en la etapa de producción se tiene la fase de rebrote y la fase de desarrollo.

### 7.1.1. Fases fenológicas del pasto

La duración total del ciclo en días es el tiempo que transcurre desde la siembra o el trasplante hasta el día que se cosecha o en casos hasta el día que se realiza un corte de igualación como es el caso de los pastos (RUIZ, 1995). Esto depende mucho del tipo de cultivo, la variedad, el clima y la fecha de siembra.

Zona	Total (días)	Fase Inicial (días)	Fase Desarrollo (días)	Fase Intermedia (días)
Alta	102	22	28	52
Media	100	19	30	51
Baja	78	13	23	42

Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**CUADRO 8.** Fases fenológicas en la etapa de establecimiento (1 corte) en las 3 zonas altitudinales en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Si observamos el cuadro 8 se tiene solo tres fases; a todo ganadero lo que le interesa es que sus animales se nutran y no solo se llenen de pasto seco y es por esta razón que en este caso se realizó el corte de igualación en la fase intermedia, en esta fase este cultivo pasto tiene un alto porcentaje de proteína digerible (78-82%), en cambio si dejamos que pase a la fase final el pasto ya va a estar con bajo porcentaje de proteína digerible y con un alto porcentaje de lignina, mismo que no va a nutrir a un bovino.

Como podemos observar en el cuadro 8 la duración aproximada de cada fase fenológica en el primer corte del cultivo pasto varía entre las zonas; como se sabe el pasto es un cultivo anual y es por esta razón que se pudo determinar la duración aproximada de cada fase, en cambio en cultivos perennes como los frutales es un poco complicado ya que permanecen años y años en el terreno. En cultivos perennes

el requerimiento hídrico para todo su ciclo vegetativo es mayor, en cambio para los cultivos de ciclo corto la demanda de agua va a ser menor pero no menos importante.

La duración de cada fase fenológica va a depender mucho también de los pisos altitudinales, como se puede ver en el cuadro 8, en la zona baja la duración de la fase inicial, desarrollo e intermedia son más cortos con respecto a las otras zonas, esto se debe a la altitud en la que se encuentra la comunidad de Cubinche y también se puede atribuir a las altas temperaturas que registró el termo higrómetro (20-25°C diarios).

Ahora si analizamos el cuadro 9, vamos a ver que se tiene la duración aproximada de las fases de rebrote y desarrollo en los cuatro cortes siguientes que se realizaron en los ensayos. Por lo general existe un promedio de 30 días después del corte en los que un potrero se recupera y vuelve a tener la biomasa necesaria para alimentar al ganado ya sea a pastoreo o ya sea que se corte y se dé a los animales que se encuentran estabulados.

Ubicación	Total (días)	Fase Rebrote (días)	Fase Desarrollo (días)
Zona Alta	33	10	23
Zona Media	34	10	24
Zona Baja	31	10	21

Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**CUADRO 9.** Fases de rebrote y desarrollo en la etapa de producción (2-5 corte) en las 3 zonas altitudinales en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Según BAVERA, 2001 se tiene una producción de apenas 480 kg/ha si se deja descansar al cultivo pasto un lapso de 6 días después de un pastoreo o corte, esta cantidad de biomasa es demasiada baja y no cubriría la demanda de carga animal de

una hectárea, además que es muy poco tiempo como para que los brotes nuevos de la gramínea se recuperen. (BAVERA, 2001). También menciona que cuando se deja reposar un lapso de 9 días al cultivo pasto después de un corte se puede conseguir una producción de 1 600 kg/ha, según la experiencia de campo que se vivió se puede decir que la fase de rebrote se encuentra dentro de los 10 días posteriores al corte, dentro de este lapso de tiempo las reservas orgánicas que se encuentran almacenadas en las raíces y en la base de los tallos comienzan a reconstruir a las células verdes cuya fotosíntesis suministrará los materiales de construcción que permitirá la creación de nuevas células y así incrementar el área foliar, terminado este lapso de tiempo se pudo observar que existía masa foliar y que podía atrapar la energía solar para seguir con los procesos fotosintéticos y que la fase de desarrollo sería los 20 o 21 días posteriores llegando a completarse los 30 días para cada corte, de igual manera no se espera que el pasto llegue a madurar ya que se pierde las propiedades nutricionales.

Esto no quiere decir que siempre en cualquier sitio que se tenga cultivado al pasto, después de un corte se tenga que esperar los 30 días exactos para realizar el siguiente corte, todo va a depender de la altitud y en especial de la estabilidad de la temperatura del lugar, como se puede ver en el cuadro 9 en las zonas alta y media se puede tardar un poco más pero no se debería pasar de esos rangos; existe la posibilidad de que se puede adelantar unos días.

Como se expresó precedentemente el cultivo pasto cumple 3 fases fenológicas (cuadro 8) en la etapa de establecimiento que la fase inicial (promedio de  $\pm 20$  días), la fase de desarrollo (promedio de  $\pm 30$  días) y la fase intermedia (promedio de  $\pm 50$  días); y en la etapa de producción (cuadro 9) se tiene 2 fases fenológicas que son la fase de rebrote (10 días) y la fase de desarrollo que puede ser en promedio  $\pm 20$  días, todos estos tiempos están sujetos a los cambios ambientales que en cada zona altitudinal puede suceder.

### 7.1.2. Número de macollos

El macollo es la unidad básica del pasto ya que en el meristema apical se produce una diferenciación de células lo que origina primordios de hojas y yemas capaces de originar un nuevo macollo. Los primordios foliares se desarrollan con el paso del tiempo y por acción de las condiciones ambientales, especialmente de la temperatura se determinará el tiempo óptimo de corte o pastoreo (AGNUSDEI, et al., 2001).

Zona	Fase Inicial (unidad)	Fase Desarrollo (unidad)	Fase Intermedia (unidad)
Alta	2,1	4,4	12,8
Media	2,0	5,6	10,7
Baja	3,2	4,8	22,0

Fuente: La Investigación

Elaborador por: El Autor

**CUADRO 10.** Macollamiento en la etapa de establecimiento en las 3 zonas altitudinales en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

En el cuadro 10 se presentan los valores promedios del número de macollos en cada una de las fases fenológicas en las 3 zonas en el primer corte, donde se llevaron a cabo los ensayos. Los cultivos en general cumplen cuatro fases fenológicas que son la fase inicial, desarrollo, intermedia y la final (RUIZ, 1995). Para este caso nos hemos enfocado hasta la fase intermedia ya que en lo que se refiere a producción de pastos para la alimentación bovina no interesa que cumpla la fase final, debido a que los pastos pierden su valor nutricional y no proporcionan al animal la nutrición requerida.

En la fase inicial el promedio de macollos en la zona media y en la zona alta empiezan con 2 macollos, sobresaliendo la zona baja que presenta un promedio de 3 macollos, en esta fase hubo un cubrimiento del 10% del suelo por parte de las

plantas. En la fase de desarrollo que es a las 6 o 7 semanas de edad se tiene un cubrimiento del 70% al 80% del suelo (RUIZ, 1995) y como se observa el número de macollos no varía mucho entre los tres sitios. Pero en la fase intermedia se puede ver claramente que en la zona baja hubo un incremento del doble de macollos, se atribuye el gran aumento de macollos en este sitio a las altas temperaturas registradas por el termohigrómetro que se instaló en el ensayo (20-25°C). Según el autor AGNUSDEI, et al., 2001, por cada 10°C en el día, aparece una nueva hoja cada 11 días y la tasa de aparición de hojas es el factor que regula el macollaje en una gramínea.

En el cuadro 11 se presenta el promedio de macollos que se encontró al finalizar el segundo corte. Según BAVERA, 2001 para que una gramínea pueda rebrotar y macollar después de un corte o pastoreo depende mucho de las reservas (almidón, fructosanos e hidratos) que la planta pueda almacenar en la raíz y en la base de los tallos, ya que no tiene área foliar y como la aparición de macollos depende mucho del índice de área foliar y de la temperatura (AGNUSDEI, et al., 2001).

Zona	Fase Rebrote (unidad)	Fase Desarrollo (unidad)
Alta	16,1	18,0
Media	12,1	11,8
Baja	40,6	45,8

**Fuente:** La Investigación  
**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 11.** Macollamiento al segundo corte en los 3 ensayos en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Se puede decir que en la fase de rebrote en la zona media y en la zona alta no hubo un incremento notable de macollos debido a que en las lecturas del termohigrómetro que se registró hubo una variación enorme de temperatura de un día para el otro, se podría también atribuir que pudo haber una pobre reserva de nutrientes. Los cambios

bruscos de temperatura afectan al establecimiento, crecimiento y desarrollo de las plantas (GLIESSMAN, 2002). En la fase de desarrollo se puede ver que en la zona alta hubo un incremento de dos macollos y en la zona media bajó. En cambio en la zona baja el macollamiento en la fase de rebrote tiene un incremento enorme tendiendo a estabilizarse un poco en la fase de desarrollo, como ya se mencionó en este sitio la temperatura fue alta y además no tuvo mucha variabilidad que en los otros sectores.

En el cuadro 12, se representa el promedio de macollos al finalizar el tercer corte, en esta parte hay que resaltar que se tomó esta variable solo hasta el corte mencionado debido a que en la zona baja en la mayoría de las plantas el número de macollos estuvo entre los 50-60 y existieron unas que sobrepasaron los 150 macollos.

Zona	Fase Rebrote (unidad)	Fase Desarrollo (unidad)
Alta	18,7	19,1
Media	11,7	11,6
Baja	53,0	58,3

**Fuente:** La Investigación  
**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 12.** Macollamiento al tercer corte en los 3 ensayos en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Con este número significativo de macollos resultó complicado seguir contabilizando ya que se maltrataba mucho la planta y los primordios de hojas que estaban naciendo, además, como se puede apreciar en el cuadro 12 en la zona alta solo aumentó un macollo desde el rebrote hasta el final de la fase de desarrollo, en la zona media desde el rebrote hasta el desarrollo no tuvo un incremento y finalmente en la zona baja hubo un incremento de 5 macollos.

Otra de las razones que se tomó en cuenta para contabilizar hasta el tercer corte los macollos es, si analizamos el cuadro 8 y 9 se puede ver que las plantas se estabilizan y dejan de macollar, especialmente en las zonas alta y media. No existe literatura específica sobre el tema de macollos pero el Ing. Janss Beltrán especialista en pastos y forrajes argumentó que “es complicado seguir contabilizando los macollos ya que tienden a sobrepasar los 100 macollos por planta y que por lo general hasta el tercer corte los macollos llegan estabilizarse y por la experiencia de campo se podría justificar el por qué se contabilizó solo hasta el tercer corte”.

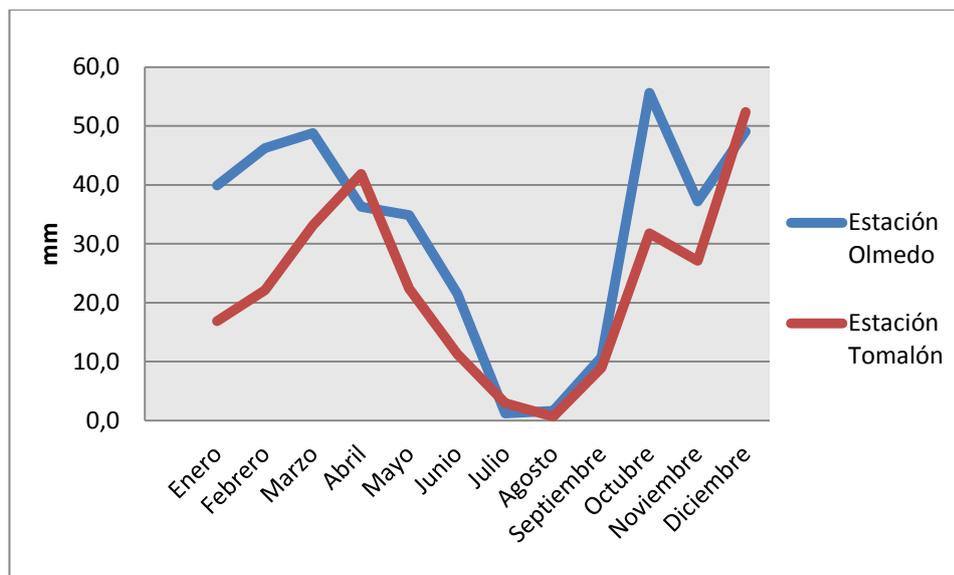
## **7.2. Estimación del $Kc$ en el cultivo de pasto**

Para la estimación del coeficiente de cultivo ( $Kc$ ) es necesario tomar en cuenta que resulta de la relación entre la evapotranspiración de un cultivo en una fase definida con la evapotranspiración de referencia, este coeficiente expresa las necesidades hídricas que tiene las plantas (YAGÜE, 2003), también depende mucho de las características de las plantas, cubriendo las necesidades hídricas del pasto se puede llegar a obtener los mayores índices de eficiencia y de productividad.

Razón por lo cual para su cálculo se analizó la precipitación efectiva ( $Pe$ ) mensual, la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) semanalmente.

### **7.2.1. Precipitación efectiva ( $Pe$ )**

Cuando existe presencia de lluvia, el agua tiende primero a humedecer el suelo y aquella que no circula en su totalidad por la superficie va a infiltrarse a través de los macro y micro poros del suelo para llegar a formar el agua subterránea; un milímetro de lluvia es igual a un litro de agua precipitada por metro cuadrado (YAGÜE, 2003).



**Fuente:** Estaciones INAMHI Olmedo y Tomalón

**Elaborador por:** El Autor

**GRÁFICO 4.** Precipitación efectiva en mm, en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Dentro de los parámetros importantes para que el pasto llegue a establecerse se encuentra la precipitación (lluvia), pero hay que diferenciar entre la precipitación y la precipitación efectiva.

LLEIDA, 2001, menciona que la precipitación es la lluvia que cae de las nubes ya sea en estado líquido o sólido, nubes que se han formado por las corrientes de aire y por la presencia de vapor de agua, donde la humedad atmosférica tiene un papel muy importante, pero YAGÜE, 2003 define a la precipitación efectiva como la fracción de agua que queda retenida en la capa radical de la planta y que resulta ser útil para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, en este caso para el cultivo de pasto, en este proceso no se toma en cuenta a la infiltración, escorrentía y a la evaporación de la superficie del suelo. Para el cálculo de la precipitación efectiva se utiliza tres fórmulas, las cuales dependen mucho de la cantidad de la precipitación caída en un determinado período de tiempo.

Con estas dos definiciones claras podemos decir que la precipitación efectiva depende mucho de la precipitación (lluvia) ya que si no hay una suficiente precipitación el agua no va a poder filtrarse y llegar a almacenarse en la zona radical. Cosa contraria sucedería si hay una exagerada precipitación ya que el agua se perdería por escorrentía causando una erosión o por filtración profunda produciendo un lavado de nutrientes. En el gráfico 4 se puede observar que los meses de julio y agosto son los más críticos para las plantas ya que no existe la suficiente precipitación y la precipitación efectiva es casi nula, esto causaría que las plantas lleguen a un estrés hídrico temporal o a un estrés hídrico permanente provocando la muerte del cultivo, lo que se reflejará en pérdidas económicas para el agricultor. La mejor opción para contrarrestar esta deficiencia de lluvia es la aplicación de agua mediante el riego.

La precipitación efectiva es la más importante para las plantas ya que gracias a este elemento y a las condiciones ambientales favorables pueden desarrollarse y cumplir las fases fenológicas, dentro de las fases se encuentran la producción de alimento ya sea para el ser humano, como para los animales o simplemente para la reproducción de las mismas.

### **7.2.2. Evapotranspiración del cultivo (*ETc*)**

La evapotranspiración del cultivo es la tasa de agua evaporada de un cultivo, dicho cultivo debe estar libre de enfermedades y/o plagas, el suelo de este cultivo debe tener buenas condiciones nutricionales y debe mantenerse con una buena humedad (YAGÜE, 2003).

La evapotranspiración se puede calcular de manera directa o indirecta, la manera directa es por medio de la utilización de lisímetros y la indirecta porque se puede utilizar fórmulas empíricas donde se parte de datos climáticos.

En el cuadro 13 tenemos los valores semanales de la evapotranspiración del cultivo que se calculó con datos obtenidos en cada uno de los ensayos, el método utilizado fue el método directo llamado lisimetría. Como se puede ver en algunas semanas la evapotranspiración tiene un incremento fuerte, esto se debe a que en esas semanas la temperatura sobrepasaban los 25°C, existen semanas que tienen un valor bajo con respecto a las demás, esto en cambio quiere decir que pasó sombreado o hubo presencia de lluvia y las temperaturas se mantenían bajo los 15°C, se menciona estos rangos de temperatura porque en los ensayos se tenía instalado los termohigrómetros.

<b>Zona</b>	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
SEMANA	<i>ET<sub>c</sub></i> (mm)	<i>ET<sub>c</sub></i> (mm)	<i>ET<sub>c</sub></i> (mm)
45		24,74	
46	22,46	17,85	
47	19,68	17,93	
48	21,45	19,38	
49	23,35	20,55	
50	22,94	19,73	
51	12,80	13,58	
52	6,22	1,29	
1	5,00	4,63	1,81
2	6,66	7,63	1,47
3	11,75	1,50	6,43
4	8,83	6,65	3,97
5	8,66	5,75	3,47
6	16,24	12,66	6,31
7	13,53	18,38	13,72
8	8,81	0,03	3,82
9	2,67	2,95	3,36
10	2,18	3,43	4,24

11	1,50	2,47	1,85
12	20,17	10,13	6,39
13	1,00	5,61	2,26
14	1,40	4,29	6,68
15	3,50	5,34	7,71
16	6,38	5,14	6,32
17	17,35	22,45	3,61
18	12,38	11,52	8,71
19	7,20	2,30	7,49
20	1,40	6,25	1,65
21	6,16	4,90	5,68
22	5,39	4,33	4,69
23	2,27	4,36	6,82
24	2,78	4,45	9,97
25	4,99	7,01	2,34
26	3,66	3,87	0,00
27	7,24	0,00	0,33
28			0,00
29			0,00
30			0,00

**Fuente:** La Investigación  
**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 13.** Evapotranspiración del cultivo semanal en los 3 ensayos en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Los valores de evapotranspiración también pueden cambiar y mucho, de acuerdo a la fase fenológica en la que se encuentre el cultivo, en este caso el pasto, este valor va a incrementarse conforme la planta va creciendo y desarrollándose, esto sucede y es más notorio desde la siembra hasta que se realiza el primer corte de igualación. Con respecto a los valores de cero que se tiene en las últimas semanas en la zona baja, se debe a que el agua se agotó y el cultivo prácticamente entró en un estado de estrés hídrico permanente y murió.

La temperatura y el estado fenológico del cultivo son los que determinan mucho la evapotranspiración de cultivo y se puede atribuir más a la temperatura porque puede estar en el estado fenológico más alto de desarrollo pero si no hay el efecto de la temperatura no se va a producir la transpiración y mucho menos la evaporación, lo que implica un descenso en el consumo de agua por parte de la planta. En campo en una situación de estas no se debería aportar agua al cultivo (pasto o cualesquiera) o se debería regar en lapsos más largos y en tiempos reducidos debido a que el pasto no va a consumir el agua como en un día soleado y se perdería el agua por infiltración profunda y de paso se lavarían los nutrientes del suelo provocando después una deficiencia de nutrientes al cultivo.

### 7.2.3. Evapotranspiración de referencia (*ET<sub>o</sub>*)

YAGÜE, 2003 alude que la evapotranspiración de referencia se toma de una pradera de gramíneas que se encuentre uniforme y que tenga una altura de 8 a 15 cm, que no se encuentre exento de agua y que la masa foliar cubra totalmente el suelo.

<b>Zona</b>	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>SEMANA</b>	<i>ET<sub>o</sub></i> (mm)	<i>ET<sub>o</sub></i> (mm)	<i>ET<sub>o</sub></i> (mm)
45		18,3	
46	14,8	18,3	
47	14,8	18,3	
48	14,8	19,1	
49	14,8	18,9	
50	14,8	9,5	
51	13,0	6,5	
52	1,2	12,9	
1	5,9	1,8	

2	3,6	4,7	4,90
3	5,7	0,7	3,38
4	2,5	2,9	11,88
5	2,0	2,9	6,41
6	3,6	3,6	4,28
7	3,1	3,6	1,19
8	3,6	2,4	4,75
9	5,2	3,1	3,75
10	11,2	8,6	9,26
11	4,6	6,1	4,90
12	2,1	2,1	0,95
13	6,5	3,9	8,55
14	8,2	7,8	7,84
15	5,9	7,6	4,99
16	5,2	8,6	3,09
17	4,5	3,7	4,90
18	4,1	7,8	4,75
19	4,8	2,4	2,38
20	3,1	4,3	2,85
21	2,4	3,6	3,09
22	1,8	1,9	6,65
23	1,9	5,3	4,08
24	7,1	5,4	4,08
25	8,4	4,7	5,10
26	4,1	3,0	6,33
27	6,7	5,6	2,65
28			6,74
29			2,45
30			14,06

**Fuente:** La Investigación

**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 14.** Evapotranspiración de referencia semanal en los 3 ensayos en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Los tanques evaporímetros proporcionan una medida del efecto combinado de la temperatura, humedad, la velocidad del viento y la luz solar sobre la evapotranspiración del cultivo de referencia (YAGÜE, 2003).

El cuadro 14 tiene los valores semanales de la evapotranspiración de referencia que se tomaron del tanque evaporímetro que se encontraba instalado en cada uno de los ensayos. Existen semanas donde los valores se elevan, esto se debe a las altas temperaturas y en casos como en la zona alta a los fuertes vientos que se producían, según (CAMPOS, 1998) los vientos pueden transportar vapor de agua a través de la atmósfera y puede influir en los procesos de evapotranspiración, esto interviene directamente sobre las plantas ya que se incrementa la evapotranspiración del cultivo y la demanda de agua se eleva por parte del cultivo. Para contrarrestar el efecto adverso de los vientos fuertes al momento de realizar un riego por aspersión se tiene que regar en las primeras horas de la mañana donde los vientos no son tan fuertes todavía.

#### **7.2.4. Coeficiente de cultivo ( $Kc$ )**

YAGÜE, 2003 indica que el valor del coeficiente de cultivo depende mucho de las características de las plantas y lo que expresa son las necesidades hídricas que tienen las plantas durante todo su período vegetativo. Se calculó el coeficiente de cultivo de cada fase fenológica del cultivo pasto para cada sitio; en dos de las tres zonas altitudinales se tuvo que realizar enmiendas correctivas de materia orgánica.

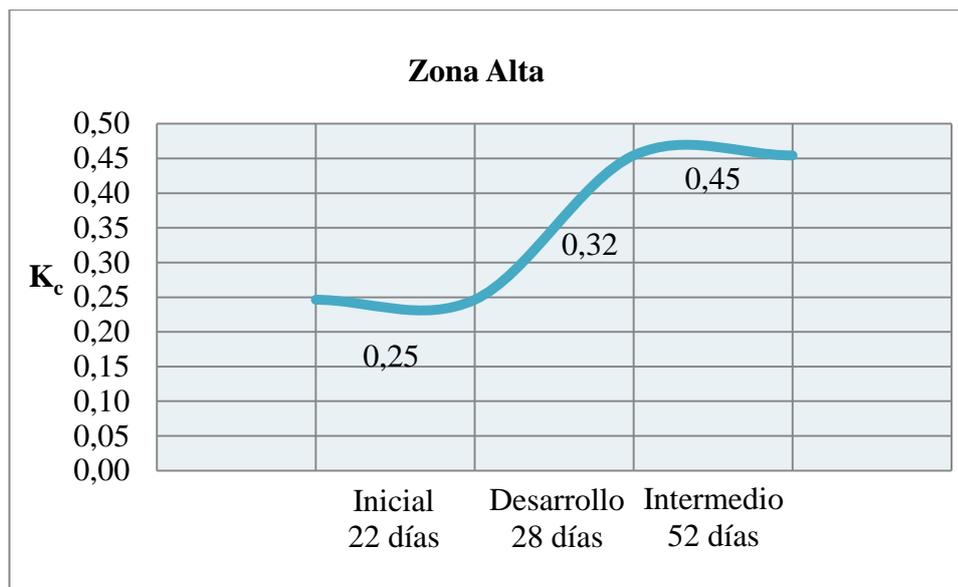
Al analizar el coeficiente de cultivo por fase fenológica se encontró mucha variabilidad en las tres zonas. Las variaciones se puede atribuir a las características propias de cada zona altitudinal ya que como se puede recordar cada ensayo se encuentra ubicado a diferentes alturas, también se puede atribuir al comportamiento del pasto durante las diferentes etapas de crecimiento. El  $kc$  cambia desde la siembra hasta que se realiza el primer corte de igualación; teniendo en cuenta las variaciones

presentadas al interior de cada fase fenológica, las gráficas siguientes muestran el comportamiento del coeficiente de cultivo durante el estado vegetativo del cultivo pasto.

Los valores obtenidos en los tres ensayos y en las fase fenológica muestran comportamientos semejantes a los que señala la FAO, los valores de  $kc$  que se conocen en literatura son mayores respecto a los encontrados en los ensayos; esto se debe a que las fases fenológicas del cultivo pasto no son iguales en la zona alta, media y baja y también se atribuye al efecto esponja que produce la materia orgánica en el suelo al mejorar la estructura. Como THOMPSON & TROEH, 2002 indica que en suelos arenosos que tengan 1% de materia orgánica puede retener 1,5% de agua en volumen, esto se debe a la acción de los microorganismos del suelo que conjuntamente con la materia orgánica unen las partículas minerales entre sí y crean las condiciones en las cuales las plantas respirarán, absorberán agua, nutrientes y desarrollarán las raíces. El humus retiene agua y nutrientes, fortalece el suelo lo que ayuda a resistir a la erosión (DALZELL, et al., 1991).

Dicho lo anterior, el análisis del coeficiente de cultivo ( $kc$ ) se lo realizó conforme se instaló los ensayos o sea por zona altitudinal (alta, media y baja), y también de acuerdo a las etapas del cultivo pasto, donde se tiene a la etapa de establecimiento (1 corte) y a la etapa de producción (2-5 corte) en las cuales se encuentran las diferentes fases fenológicas que caracteriza a cada etapa del cultivo pasto.

Primeramente analizaremos a la zona alta, donde los valores del coeficiente de cultivo encontrados corresponden a la etapa de establecimiento y dentro de esta encontramos a la fase inicial, a la fase de desarrollo y finalmente a la fase intermedia.



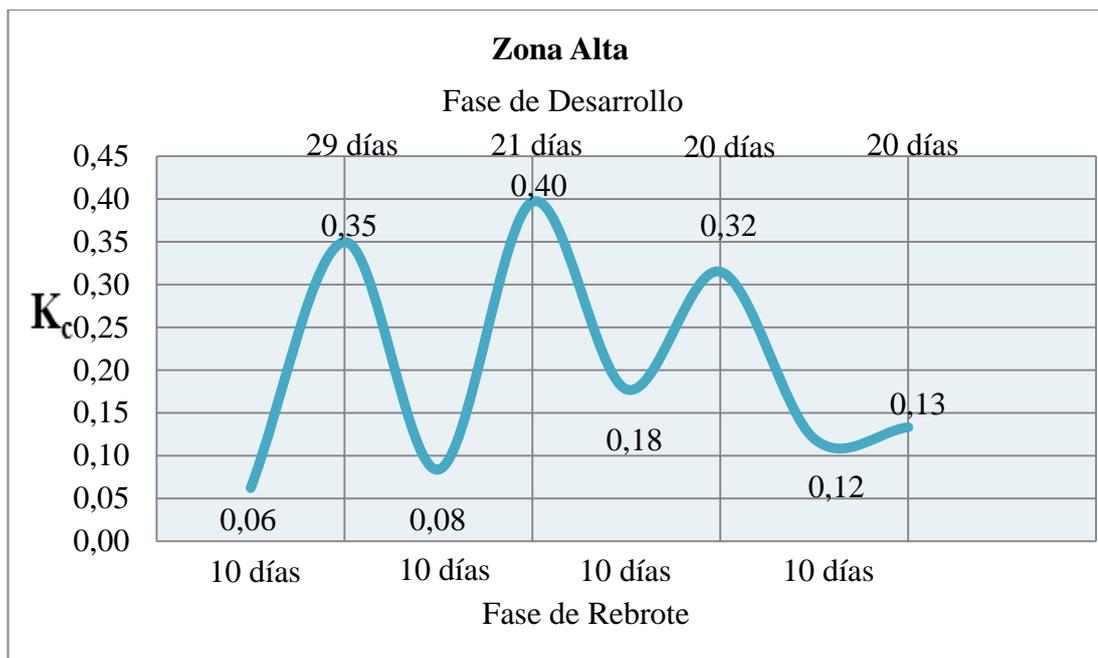
**Fuente:** La Investigación  
**Elaborador por:** El Autor

**GRÁFICO 5.** Coeficiente de cultivo en las fases fenológicas al primer corte en la zona alta en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Como se puede observar en el gráfico 5 durante el inicio de la primera fase de crecimiento el valor de  $k_c$  es bajo, esto se puede atribuir a que las plantas aún no se encuentran con la suficiente área foliar y por ende no va a transpirar mucho.

Seguidamente con el crecimiento y aumento del área foliar se llegó a tener valores de 0,32 en la fase de desarrollo que duró aproximadamente 28 días y el valor más alto que se pudo observar fue en la fase intermedia donde el coeficiente fue de 0,45, momento en que la evapotranspiración tiene su mayor efecto ya que existe abundante área foliar. Como se puede observar los tres valores son bajos, los valores de coeficiente de cultivo presentados son los que se obtuvieron hasta el momento que se realizó el corte de igualación.

A continuación tenemos el gráfico 6 donde podemos apreciar los valores del coeficiente de cultivo en la etapa de producción (2-5 corte), a cada corte le corresponde una fase de rebrote y una fase de desarrollo.

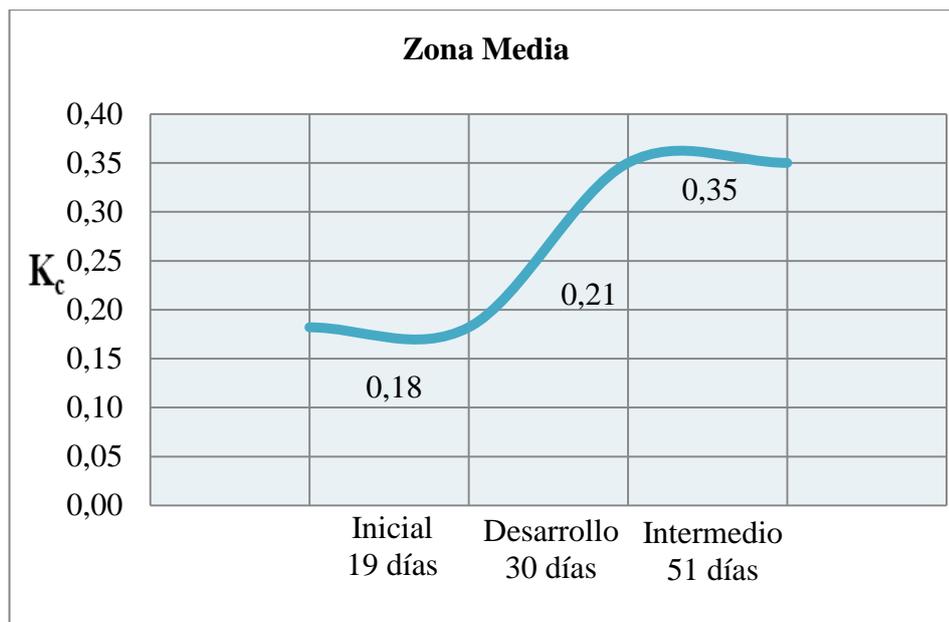


**Fuente:** La Investigación  
**Elaborador por:** El Autor

**GRÁFICO 6.** Coeficiente de cultivo en las fases de rebrote y desarrollo en los 4 siguientes cortes en la zona alta en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

En el gráfico 6 se presentan los valores de coeficiente de cultivo en los cortes siguientes, como se observar en la fase de rebrote los valores del coeficiente son sumamente bajos con valores de 0,06; 0,08; 0,18 y 0,12; de igual manera se puede ver que los coeficientes en la fase de desarrollo hasta el cuarto corte no varían mucho y se mantienen pero en el último corte se puede ver que el coeficiente obtenido es muy parecido al de la fase de rebrote, esto se debe a que el cultivo dejó de crecer, el área foliar presentó una fuerte reducción porque se empezaron a morir los macollos, como se mencionó en literatura el rye grass es muy susceptible a la competencia y se puede atribuir a esta razón por lo que el pasto dejó de macollar ya que se observó presencia de kikuyo en el ensayo.

Una vez que se terminó de analizar los coeficientes de cultivo de la zona alta se procede a analizar los valores de  $k_c$  obtenidos en la zona media, de igual forma los coeficientes de cultivo en la gráfica 7 corresponden a la etapa de establecimiento donde se encuentran las 3 fases fenológicas.



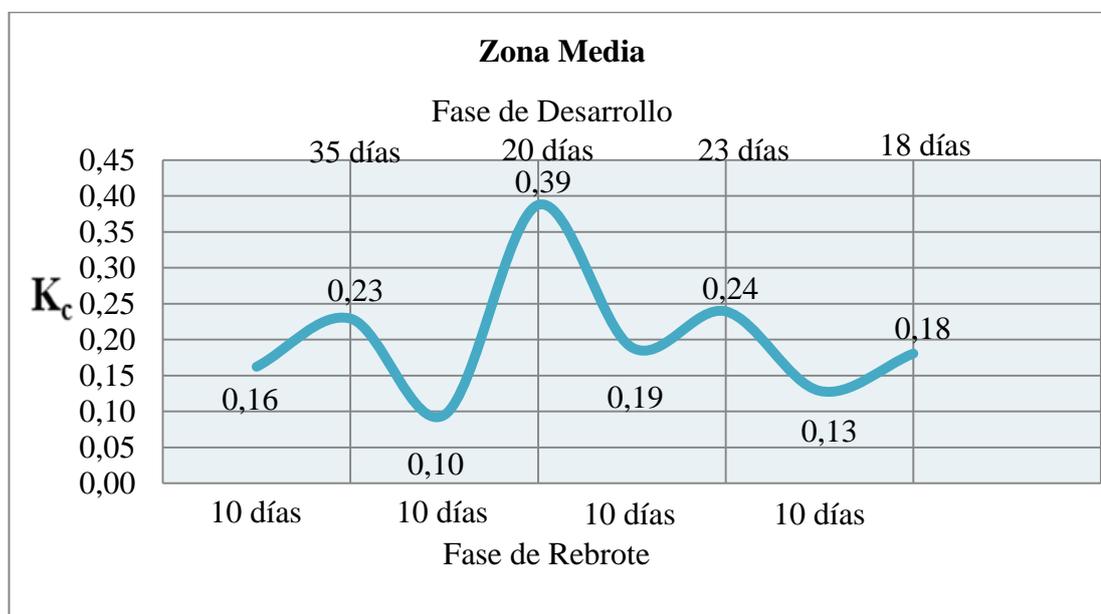
Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**GRÁFICO 7.** Coeficiente de cultivo en las fases fenológicas al primer corte en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

En el gráfico 7 se puede observar que se produce un efecto similar a lo que sucede en el gráfico 5 donde el fenómeno de baja evapotranspiración del cultivo prevalece; en el inicio y plenitud de la primera fase nos encontramos con un valor de 0,18, esto se debe a que existe un índice de área foliar (IAF) muy bajo.

En la segunda fase el cultivo mostró un coeficiente de cultivo mayor con un valor de 0,21 durante los 30 días, es el momento en que se presentó un aumento significativo en el área foliar. La fase intermedia presentó un valor de 0,35, debido a que de igual manera siguió aumentando el área foliar y la evapotranspiración de cultivo aumenta conforme el área foliar aumenta. Como se mencionó anteriormente los valores obtenidos en campo son sumamente bajos con respecto a los que la FAO menciona, se tiene que tomar en cuenta que la FAO obtuvo valores de coeficiente de cultivo en ensayos realizados en lugares distintos a nuestra investigación.

Seguidamente tenemos el gráfico 8 en la que se encuentran los valores de los coeficientes de cultivo en los siguientes cortes (etapa de producción) y que de similar forma tienen las fases de rebrote y desarrollo.

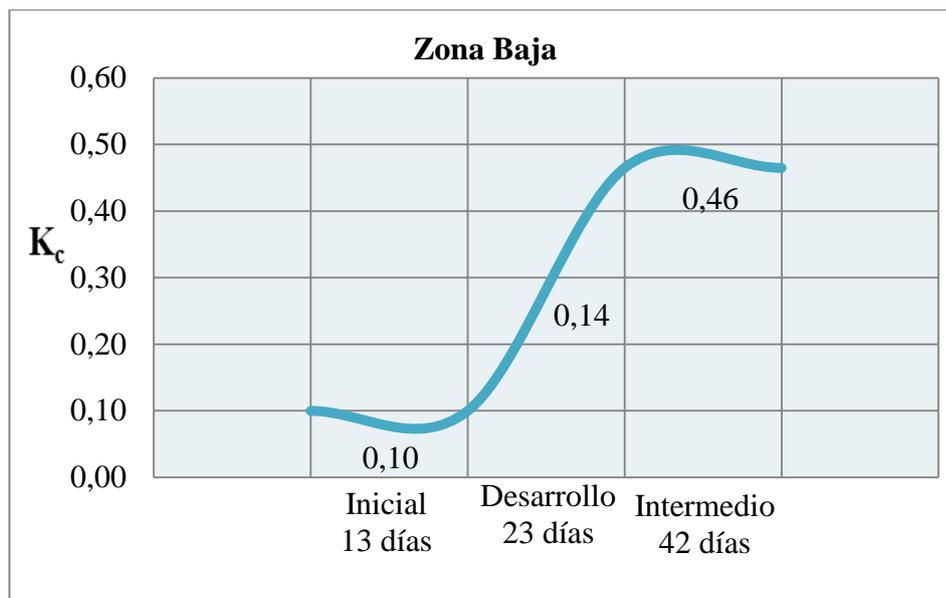


Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**GRÁFICO 8.** Coeficiente de cultivo en las fases de rebrote y desarrollo en los 4 siguientes cortes en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

El coeficiente de cultivo resulta de la relación entre la evapotranspiración de cultivo durante una etapa definida, con la evapotranspiración de referencia (YAGÜE, 2003). Como se puede ver en el gráfico 8 en el tercer corte se puede tener un comportamiento y un valor similar a los de la zona alta, en los demás cortes se tiene valores de 0,23; 0,24 y 0,18 en la fase de desarrollo, esta variabilidad se puede atribuir a la gran variabilidad de temperatura que se registró en el termohigrómetro que se instaló en el ensayo.

Finalmente tenemos a la zona baja, el gráfico 9 nos muestra los valores de coeficientes de cultivo que corresponden a la etapa de establecimiento en sus 3 primeras fases fenológicas.



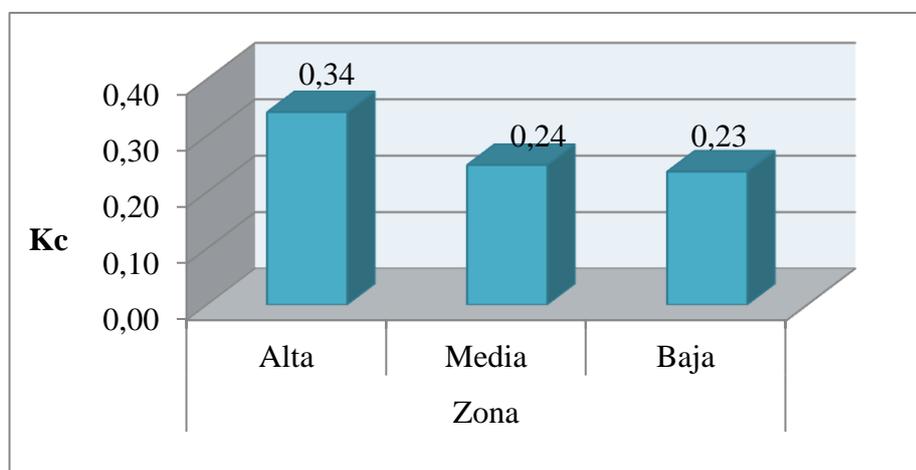
Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**GRÁFICO 9.** Coeficiente de cultivo en las fases fenológicas al primer corte en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Como el coeficiente de cultivo está directamente relacionado con la evapotranspiración de cultivo, se puede notar que de igual manera se repite el fenómeno donde en menos área foliar menos evapotranspiración y que en abundante área foliar se incrementa la evapotranspiración, por ende más demanda de agua. De igual manera el efecto de la materia orgánica tiene que ver mucho con los valores obtenidos ya que como se mencionó anteriormente la materia orgánica mejora la estructura del suelo y tiene un efecto esponja ya que puede retener el agua de donde la planta no se esfuerza mucho y la puede tomar para cumplir todas sus funciones vitales.

Si hacemos una pequeña comparación entre las 3 zonas altitudinales vamos a observar que los valores de los coeficientes de cultivo en la etapa de establecimiento difieren para cada zona altitudinal, ahora si se realiza un promedio general entre las tres fases fenológicas (inicial, desarrollo e intermedia) para cada zona vamos a tener que para la zona alta en el primer corte el valor en promedio del coeficiente de cultivo es de 0,34; para la zona media se tiene 0,24 y para la zona baja se tiene un

promedio de  $K_c$  de 0,23 como se puede observar en el gráfico 10. Con estos valores podemos decir que las plantas de la zona alta son las que tienen más necesidades hídricas en comparación con las zonas media y baja.

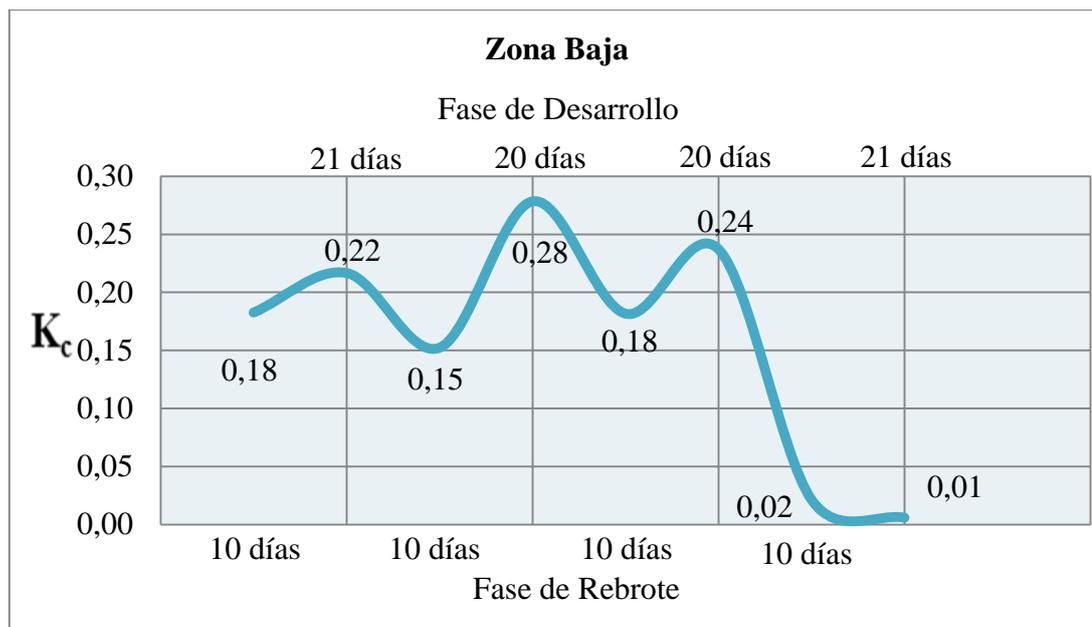


Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**GRÁFICO 10.** Promedio de los coeficientes de cultivo en las 3 zonas altitudinales en la etapa de establecimiento en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Es oportuno mencionar que el tipo de suelo que prevalece en la zona baja es arena franca, si se hubiese mantenido este tipo suelo, los valores de coeficientes de cultivo fueran más altos pero como se realizó enmiendas correctivas de materia orgánica llegando a un 5% pues se mejoró la estructura del suelo y esto favoreció a la retención del agua a la altura de la zona radicular y es por esta razón que se obtiene un valor de coeficiente de cultivo mínimo en las zonas baja y media, y en cambio las condiciones climáticas adversas en la zona alta y en especial de los fuertes vientos hizo que el coeficiente de cultivo sea un poco más alto y por ende existió más consumo de agua por parte del cultivo pasto.

Los coeficientes que se muestran en el gráfico 11 pertenecen a la etapa de producción en la zona baja donde se puede observar un similar comportamiento a las otras 2 zonas anteriormente mencionadas.



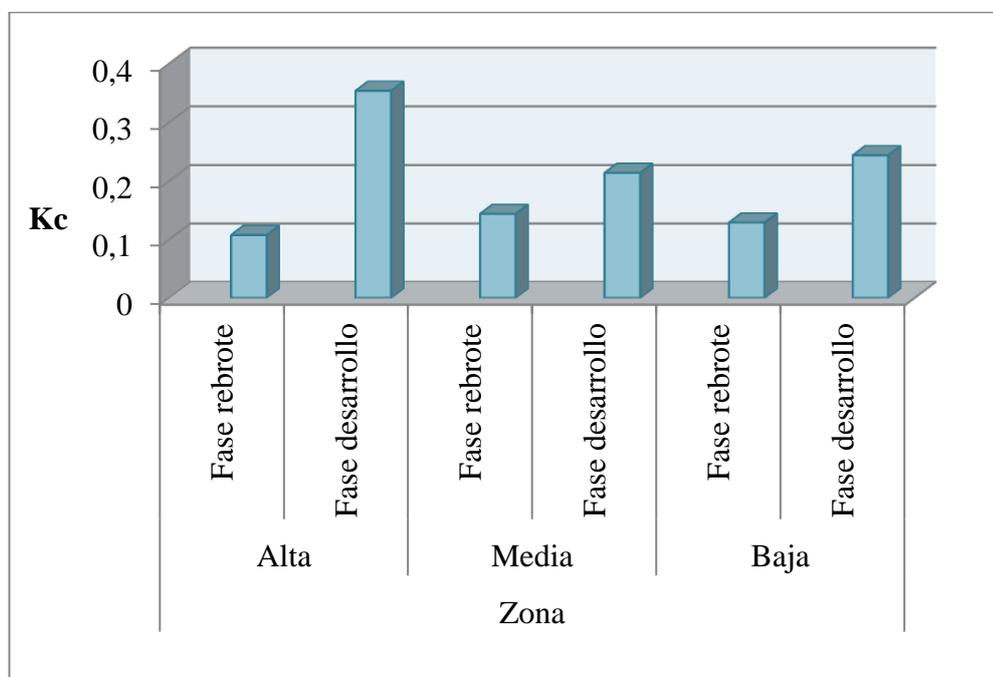
**Fuente:** La Investigación  
**Elaborador por:** El Autor

**GRÁFICO 11.** Coeficiente de cultivo en las fases de rebrote y desarrollo en los 4 siguientes cortes en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

En la zona baja se encontró valores de coeficiente de cultivo más bajos que los encontrados en la zona alta y que se asemejan más a los de la zona media. En el gráfico 11 desde el segundo corte hasta el cuarto corte se puede observar un comportamiento estable de la evapotranspiración, misma que decae enormemente en el último corte, esto se debe a que se dejó de suministrar el riego ya que los miembros de la comunidad tenían programado lavar el reservorio de donde se alimentaba la red y a esto se debe sumar la ruptura de la tubería principal que se produjo en el sitio. Por esta razón el cultivo pasto cayó en estrés hídrico permanente y murió, hasta el día que se realizó el quinto corte no se pudo regar. Como señala YAGÜE, 2003, si el agua del suelo decrece tanto que las plantas no pueden extraerla fácilmente, estas se marchitan y cesa el crecimiento, esto también quiere decir que el suelo se ha secado, que la planta ha alcanzado el punto de marchitez permanente y no podrán recuperarse aún si se les aplique riego.

Existen publicaciones realizadas por la FAO donde se plasman los coeficientes de cultivo pero YAGÜE, 2003, señala que estos valores deben ser confirmados regionalmente para cada cultivo y variedad y que simplemente estos coeficientes son valores de referencia.

De igual modo en el gráfico 12 se presentan los promedios de los coeficientes de cultivo encontrados en la etapa de producción para cada fase fenológica y para cada zona altitudinal. El promedio que se obtuvo para la fase de rebrote y desarrollo va desde el segundo corte hasta el cuarto corte, al quinto corte no se tomó en cuenta debido a que en la zona alta hubo un alto porcentaje de muerte de los macollos y en los pocos que quedaron no se produjo un buen desarrollo del área foliar y esto hizo que los valores de los coeficientes de cultivo no sean los reales, en cambio en la zona baja los datos varían debido a la escasez del agua de riego, ya que el cultivo pasto entró en estrés hídrico permanente lo que provocó que se murieran las plantas y que los datos sean erróneos.



Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**GRÁFICO 12.** Coeficientes de cultivo en las 3 zonas altitudinales en la etapa de producción en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Si seguimos analizando el gráfico 12 podemos ver que los coeficientes de cultivo se comportan de similar manera como en la etapa de establecimiento (gráfico 10), donde se observa que en la zona alta en todo el tiempo del ciclo del cultivo las plantas tienen necesidades hídricas más altas, y que en las zonas media y baja durante todo el tiempo el consumo de agua es relativamente bajo, haciendo referencia a lo dicho anteriormente se puede decir que la zona alta es la que demanda mayor cantidad de agua para cubrir las etapas de establecimiento y de producción.

Una de las formas más claras que se puede encontrar para observar que el consumo de agua tiene que ver con el desarrollo fenológico lo podemos encontrar en el cuadro 15, donde se encuentra el número de macollos y el coeficiente de cultivo en la etapa de establecimiento.

	<b>ZONA</b>					
	Alta		Media		Baja	
<b>FASE</b>	Macollos	Kc	Macollos	Kc	Macollos	Kc
Inicial	2,1	0,25	2	0,18	3,2	0,10
Desarrollo	4,4	0,32	5,6	0,21	4,8	0,14
Intermedia	12,8	0,45	10,7	0,35	22,0	0,46

**Fuente:** La Investigación  
**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 15.** Coeficiente de cultivo con respecto al número de macollos en las 3 zonas altitudinales en la etapa de establecimiento en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

En resumen se puede ver en el cuadro 15, donde se muestra que las necesidades hídricas del cultivo pasto aumentan conforme va desarrollándose la planta, y que también depende mucho de la fase fenológica en la que se encuentre el mismo, como se mencionó anteriormente la zona de mayor demanda hídrica es la zona alta, seguida por la zona media y finalmente se tiene a la zona baja donde el consumo de agua es menor con referente a las otras dos zonas.

### 7.3. Programación de riego

En la programación de riego se toma en cuenta parámetros que permitan establecer la aplicación del agua mediante métodos de riego de manera eficiente, dónde se determinó los siguientes:

- Dosis de riego
- Intervalo de riego
- Caudal necesario

#### 7.3.1. Determinación de la dosis de agua, intervalo de riego y caudal necesario en la zona alta.

Para determinar la dosis de agua, el intervalo de riego y el caudal necesario por el método de aspersión fue necesario determinar las necesidades hídricas del cultivo en cada una de las fases fenológicas y una vez obtenidos estos datos toda la programación del riego se la realizó para cada mes.

Los valores de los coeficientes de cultivo que se obtienen cuando se maneja el cultivo pasto con un 5% de materia orgánica en el suelo son relativamente bajos con respecto a los que se puede encontrar en literatura; los valores de  $kc$  obtenidos son una referencia y se debe corregir realizando ensayos para cada lugar (FAO, 1978); el coeficiente de cultivo resulta de la relación entre la  $ETc$  y la  $ETo$ ; se obtuvo valores semanales de evapotranspiración de cultivo y de la evapotranspiración de referencia mismos que se obtuvieron mediante los lisímetros y el tanque evaporímetro que se instalaron en cada zona altitudinal.

El objetivo principal de una programación de riego es aportar agua al cultivo cuando las precipitaciones han cesado o no son las suficientes, siempre basándose en una

estimación real del consumo de agua por parte del cultivo sea cualquiera que sea, otro de los objetivos es tener siempre un suelo húmedo donde se pueda encontrar agua disponible y de fácil acceso para un buen desarrollo de las plantas.

Con lo anterior se logra mantener un equilibrio entre las necesidades de agua del cultivo y los aportes ya sea de la lluvia o por el riego realizado por el sistema de aspersión, sin aplicar excesos o déficit que de alguna manera interfieran en la expresión del potencial productivo del cultivo.

MES	P mes mm	Dn (m <sup>3</sup> /ha)	Dt (m <sup>3</sup> /ha)	Intervalo calculado (día)	Q m <sup>3</sup> /hora
Noviembre	43,4	-	-	-	-
Diciembre	29,9	61,1	76,4	11	0,35
Enero	23,5	60,9	76,2	6	0,69
Febrero	28,3	59,5	74,4	8	0,48
Marzo	39,1	59,7	74,7	20	0,18
Abril	37,6	59,7	74,6	21	0,17
Mayo	29,8	59,0	73,8	12	0,30
Junio	14,2	60,0	75,0	10	0,71
Julio	13,2	-	-	-	-

Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**CUADRO 16.** Programación de riego para 1 hectárea de pasto en la zona alta en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

ÁLVAREZ, 2002 menciona que el agua es esencial para el buen desarrollo de la planta ya que esta es la encargada de transportar los nutrientes hasta la zona radicular y una vez que las raíces absorben los nutrientes, el agua es la responsable de transportarlos a cada una de las partes dentro de la planta. Solo un pequeño porcentaje del agua se queda dentro de la planta el resto sale ya sea llevando toxinas hacia el suelo o se pierde por medio de la transpiración.

En el cuadro 16 podemos observar las necesidades hídricas del cultivo cuando se maneja un suelo con un 8,08% de materia orgánica, estos valores se obtuvieron en los cinco cortes que se realizaron en cada uno de los ensayos y se programó para una hectárea de terreno.

Como se observa en el cuadro 16, no se definen parámetros para el mes de noviembre puesto que el cultivo pasto no exige demanda hídrica ya que se encuentra en la fase inicial donde no existe masa foliar abundante y como se puede observar existe una garantía del 80% que va a caer 43,4 milímetros o más de agua, esta precipitación cubriría eficientemente las demandas de agua del cultivo pasto sin tener la necesidad de regar. De igual manera el mes de julio no se define parámetros, en este mes se terminó el ensayo realizando el quinto corte y solamente se obtuvo datos la primera semana, mismo que no representa en su totalidad al mes de julio y como se puede ver hay una garantía del 80% que caerá apenas 13,2 milímetros de agua, esta cantidad de agua precipitada no va a cubrir la demanda de agua que necesita el pasto, por ende se va a requerir de riegos en intervalos más seguidos como sucede en los meses de enero y febrero donde se ve que los intervalos de riego son cada 6 y 8 días respectivamente, regresando al mes de julio, no requiere de riego esto se debe a que los macollos del cultivo pasto empezaron a decrecer (morir), la planta dejó de crecer, no hubo área foliar y por consiguiente no existió evapotranspiración de cultivo y además que solamente se recogió los datos en la primera semana como ya se aludió anteriormente; sabemos que el coeficiente de cultivo resulta de la relación de la evapotranspiración de cultivo con la evapotranspiración de referencia, en este caso se tuvo un valor equivalente a cero y es por esta razón que no se tiene valores en este mes.

En lo que se refiere al caudal necesario, el mes de junio es el mes de mayor demanda de agua, requiriendo un caudal de  $0,71 \text{ m}^3$  por hora, esto en l/s nos da un equivalente a 0,19, para cuestiones de riego es preferible hacer referencia al mes de mayor caudal ya que es preferible tener un poco caudal de sobra a que nos falte y así evitar influir en el normal desarrollo de la planta y por último podemos mencionar al mes de abril y mayo donde la demanda de agua es de apenas  $0,17$  y  $0,18 \text{ m}^3/\text{h}$  respectivamente,

esto se debe a que en estos meses existe una buena precipitación y por ende si hay que realizar riegos complementarios se los realizará en intervalos más largos como se puede apreciar en el cuadro 16.

### 7.3.2. Determinación de la dosis de agua, intervalo de riego y caudal necesario en la zona media.

Existen referencias de aportaciones diarias de agua como menciona ÁLVAREZ, 2002, que en la práctica se debe aportar unos 5 mm de agua diarios y que además se debe tener en cuenta que existen pérdidas ya sea por escurrimiento, filtración y/o evaporación y que estas pérdidas suceden en mayor o menor porcentaje dependiendo del tipo de suelo.

De igual manera en el cuadro 17 se puede apreciar los intervalos, el caudal y las dosis de agua que se requiere pero en este caso para la zona media, como se puede mirar se tiene dos meses en los que no se tiene parámetros calculados ya que no existe requerimiento hídrico. Para el mes de noviembre una garantía del 80% que va a caer 34 o más milímetros de agua son suficientes para cubrir la demanda de agua en la fase inicial donde no hay abundante área foliar ya que el cultivo recién se encontró germinando y emergiendo del suelo y a esto se debe sumarse el efecto favorable que realiza la materia orgánica en el suelo al convertirlo en un esponja donde se puede retener una cierta cantidad de agua disponible para las plantas.

<b>MES</b>	<b>P mes mm</b>	<b>Dn (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Dt (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Intervalo calculado (día)</b>	<b>Q m<sup>3</sup>/hora</b>
Noviembre	34	-	-	-	-
Diciembre	35,9	74,1	92,6	23	0,19
Enero	25,4	72,1	90,2	8	0,59
Febrero	29,2	75,2	94,0	16	0,28
Marzo	47,7	73,3	91,6	14	0,48

Abril	63,6	-	-	-	-
Mayo	33,3	74,9	93,6	21	0,21
Junio	8,5	73,5	91,8	15	0,30
Julio	2,7	69,9	87,4	8	0,72

Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**CUADRO 17.** Programación de riego para 1 hectárea de pasto en la zona media en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Si observamos detenidamente los cuadros 16 y 17 vamos a notar que las precipitaciones son distintas, esto se debe a que para la zona alta se trabajó con datos de la estación del INAMHI ubicado en la Parroquia de Olmedo y para la zona media y baja se trabajó con los datos de la estación del INAMHI ubicado en la Parroquia La Esperanza en la comunidad de Tomalón. Es por esta razón que en este sitio difiere con la zona alta con respecto al mes donde no se requiere regar, en este caso el mes de abril es donde no se requiere realizar riegos complementarios ya que existe una garantía del 80% que va a llover 63,6 o más milímetros de agua.

De igual manera se tiene meses en los que se requiere mayor o menor caudal, como por ejemplo el mes de mayor demanda hídrica es el mes de julio donde se requiere de 0,72 m<sup>3</sup>/h de agua en intervalos de 8 días cada riego para la hectárea, esto se debe a que en este mes apenas hay una precipitación de 2,7 mm, esta cantidad de agua no va a cubrir los requerimientos hídricos del cultivo. Finalmente se tiene al mes de diciembre, este mes es el de menor requerimiento hídrico con una demanda de apenas 0,19 m<sup>3</sup>/h, se debe a que hay precipitaciones que alcanzan 35,9 mm de altura y por ende los riegos complementarios van a ser en intervalos más amplios como es el ejemplo de diciembre que hay que regar cada 23 días es decir una aplicación por mes.

7.3.3. Determinación de la dosis de agua, intervalo de riego y caudal necesario para la zona baja.

En el cuadro 18 donde se encuentran los valores obtenidos en la zona baja, lugar donde se realizó en último ensayo.

MES	P mes mm	<i>Dn</i> (m <sup>3</sup> /ha)	<i>Dt</i> (m <sup>3</sup> /ha)	Intervalo calculado (día)	Q m <sup>3</sup> /hora
Enero	25,4	-	-	-	-
Febrero	29,2	120,2	150,2	16	0,46
Marzo	47,7	114,9	143,6	20	0,34
Abril	63,6	-	-	-	-
Mayo	33,3	119,6	149,5	30	0,23
Junio	8,5	118,6	148,3	10	0,39
Julio	2,7	120	150	8	0,45

Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**CUADRO 18.** Programación de riego para 1 hectárea de pasto en la zona baja en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

De igual manera como se obtuvo los resultados en la zona alta y media, en esta zona la utilización de los lisímetros y el tanque evaporímetro nos sirvió de mucho para llegar a obtener los valores que nos valió como referencia para poder realizar la programación de riego.

Después que se realizó el cuarto corte no hubo precipitación ni hubo riegos complementarios durante los 30 días siguientes donde se tenía que realizar el último corte, como sabemos el agua es muy importante para que un ser vivo pueda cumplir con sus funciones vitales, en este caso, así las reservas de las raíces y macollos hubiesen sido las suficientes las plantas no sobrevivieron ya que no hubo agua de

riego ni mucho menos precipitaciones. Por esta razón y solo para lo que es programación de riego para el mes de julio se tomó los datos del coeficiente de cultivo del mes de junio, lo característico de este mes de junio es que se puede ver que la retención de agua fue mayor por parte de la materia orgánica ya que hubo presencia de apenas 8,5 mm de precipitación y que con tan 0,39 m<sup>3</sup>/h se puede regar una hectárea de pasto cada 10 días, pero como anteriormente ya se dijo es preferible tener un caudal que nos sobre a que nos falte, en este caso el mayor caudal necesario para regar una hectárea de pasto en la zona baja es de 0,46 m<sup>3</sup>/h, mismo que se obtiene en el mes de febrero, estos caudales son referentes siempre y cuando se garantice que el suelo tenga un 5% de materia orgánica.

De una manera resumida y comparativa se presenta el cuadro 19 donde se encuentra el promedio de los caudales mensuales y los intervalos de los días de riego de las 3 zonas altitudinales.

Zona	Q (m <sup>3</sup> /hora)	Intervalos de días
Alta	0,41	13
Media	0,39	15
Baja	0,37	17

**Fuente:** La Investigación  
**Elaborador por:** El Autor

**CUADRO 19.** Caudales e intervalos de riego en las 3 zonas altitudinales en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

El cuadro 19 muestra claramente que la zona de mayor consumo de agua es la zona alta con 0,41 m<sup>3</sup>/h y con intervalos más cortos dándonos un total de dos riegos cada 26 días, este mayor consumo de agua se puede atribuir a la presencia de los vientos fuertes que caracterizan a la zona donde un porcentaje de agua se pierde cuando se riega por el método de aspersión, en cambio la zona media y baja son las que siempre se han mantenido parejos, pero la zona baja es la que menor consumo de agua con 0,37 m<sup>3</sup>/h cada 17 días, o sea 1 riego por mes, este bajo consumo de agua en las dos

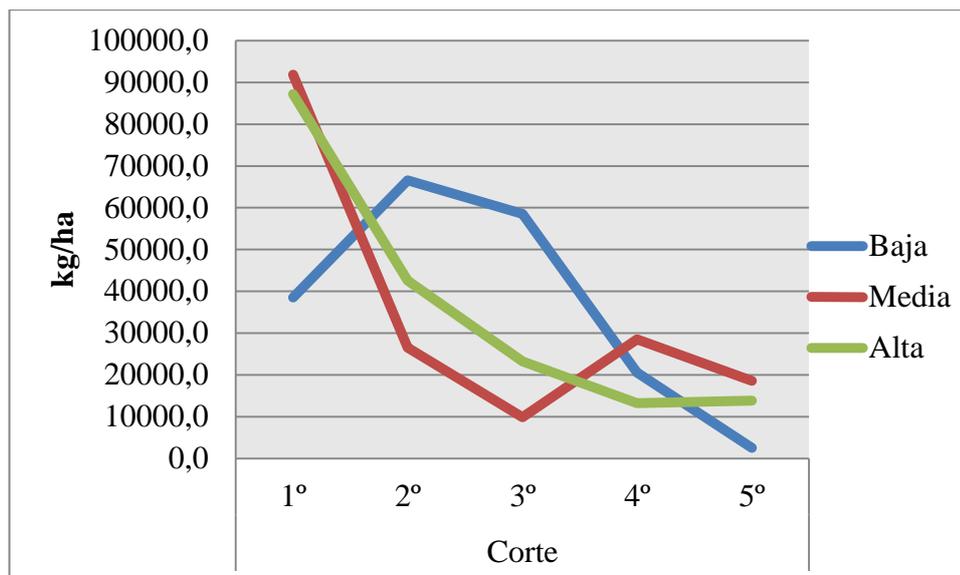
zonas se debe al mejoramiento de la estructura del suelo que se realizó al realizar las enmiendas correctivas de materia orgánica y que además los vientos en estas 2 zonas no son tan fuertes. Si no se hubiera realizado las enmiendas correctivas de materia orgánica los coeficientes de cultivo encontrados en la zona media y baja de seguro fueran más altos que los de la zona alta, debido a que el tipo de suelo que predomina en estas 2 zonas es el franco arenoso y arena franca respectivamente.

#### **7.4. Producción de pasto**

La producción de forraje se encuentra estrechamente relacionada con la cantidad de agua que se aplique en cada una de las fases fenológicas del cultivo pasto, por tal motivo en la presente investigación se tomó en cuenta los tiempos que dura cada fase fenológica en cada una de las zonas donde se observó que el comportamiento son diferentes y obviamente las producciones no son iguales en ninguna de las 3 zonas altitudinales. Como datos de producción se tomó en cuenta a la biomasa en verde y a la materia seca.

##### **7.4.1. Biomasa en verde**

Conocer la producción primaria significa determinar cuantitativamente la cantidad de forraje que una hectárea de pastizal produce en la unidad de tiempo. La cantidad de forraje se puede expresar como forraje fresco o como materia seca, las 2 formas de expresión indican la misma cualidad de producción. A continuación tenemos el gráfico 13 donde se presentan las producciones de biomasa en verde que se obtuvieron en cada zona altitudinal y en cada corte.



Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**GRÁFICO 13.** Producción de biomasa forrajera en las 3 zonas altitudinales en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

En el gráfico 13 se encuentran la producción de biomasa verde en las 3 zonas donde se llevó a cabo los ensayos, como se puede observar la zona donde se obtuvo mayor producción de materia verde es en la zona media con una producción promedio de 91 879,7 kg MV/ha, seguido por la zona alta con una producción de 87 203 kg MV/ha, y finalmente tenemos a la zona baja con una producción de apenas 38 536,3 kg MV/ha.

Estos datos de producción son los que se encontraron al momento de realizar el primer corte de igualación y como nos podemos dar cuenta en las zonas media y alta la producción casi son las mismas y si regresamos a revisar las gráficas 5 y 7, vamos a ver que los valores del coeficiente de cultivo no varían mucho y que se asemejan entre los dos sitios al igual que la producción, esto demuestra que mientras más área foliar más evapotranspiración de cultivo puede existir pero que también depende mucho de la temperatura y las condiciones climáticas de cada lugar; la diferencia entre estos sitios se podría atribuir a que en la zona media existía mucha variabilidad con respecto a la temperatura y en cambio en la zona alta se podría atribuir a los fuertes vientos que caracterizan a la zona donde se realizó el ensayo. Ahora si

observamos los valores del coeficiente de cultivo obtenidos en la zona baja vemos que en comparación a las otras zonas son bajos y si hacemos relación con la producción que se obtuvo al primer corte nos vamos a dar cuenta que si concuerda y que a menos área foliar menos será la evapotranspiración del cultivo y por ende menos será el valor del coeficiente de cultivo. Este fenómeno se repite de similar forma en los siguientes cortes donde de igual manera se pueden obtener los valores del coeficiente del cultivo, mismos que fueron muy importantes para poder realizar la programación de riego.

Si seguimos analizando el gráfico 13 vamos a ver en los cortes siguientes la producción en las zonas alta y media tienden a disminuir mientras que en la zona baja la producción aumenta pero en ninguno de los cortes supera la producción que se obtuvo en el primer corte en las otras 2 zonas. Finalmente en el último corte vemos que la producción en las 3 zonas disminuye llegando a tener producciones de hasta 2 559,1 kg MV/ha como es el caso de la zona baja, en este caso se puede justificar ya que después que se realizó el cuarto corte empezamos a carecer de agua y justamente en este mes de julio no hubo precipitaciones entonces prácticamente el cultivo fue marchitándose hasta que llegó el último corte donde prácticamente el pasto se encontraba muerto. En cambio en los otros lugares los macollos fueron disminuyendo en vez de seguir aumentando, una de las razones se podría atribuir a que primeramente el rye grass tiene una duración corta de vida, aunque tenga un manejo excelente y la más importante es que es muy susceptible a la competencia (kikuyo, entre otras especies) (PALADINES, 2001). Se podría atribuir al kikuyo el causante de la muerte de los macollos en la zona alta ya que en el ensayo se observó presencia de kikuyo; en cambio en la zona media se podría atribuir al trébol blanco que se utilizó en la mezcla forrajera ya que observó que poco a poco esta especie fue predominado en esta zona, se puede atribuir a esta especie ya que en las otras 2 zonas (alta y baja) la presencia de esta fue mínima.

Otras de las razones que también se pueden sumar a este comportamiento del pasto es que esta especie responde bien a aplicaciones nitrogenadas especialmente al momento de la siembra (PALADINES, 2001); al momento de la siembra se realizó

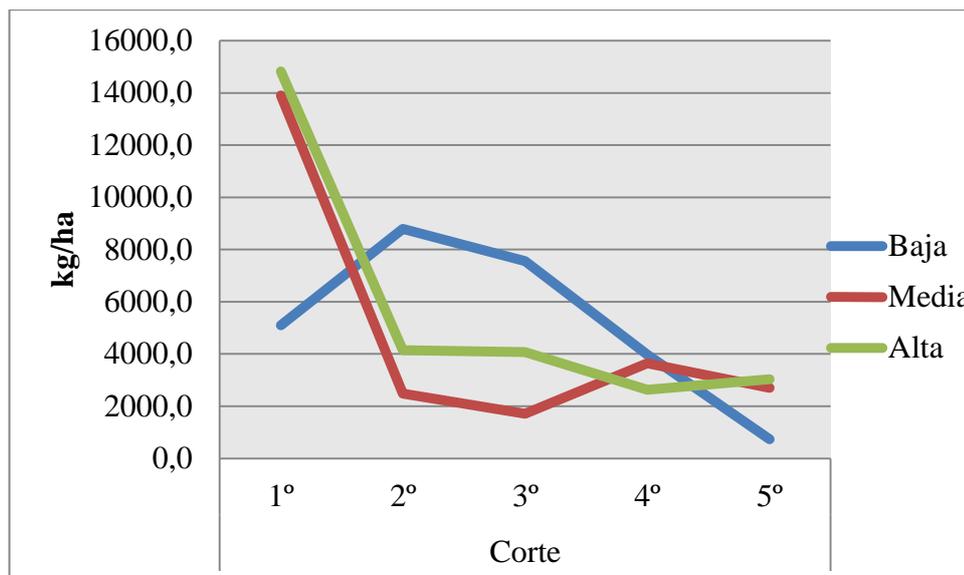
enmiendas correctivas de la materia orgánica más no de la parte nutricional del suelo y como ya se describió anteriormente no se volvió a realizar ninguna otra enmienda, esta sería otra razón por la cual el pasto no pudo desarrollar su característica fuerte y dando oportunidad a las especies invasoras.

ÁLVAREZ, 2002 menciona que generalmente se llega a tener producciones de 60-80 ton/ha/año pero que con las condiciones ambientales favorables para el cultivo pasto, con una buena fertilización y con un buen manejo del riego se puede llegar a duplicar las producciones llegando a tener de 100 a 175 ton/ha/año de biomasa en verde. Las producciones obtenidas en la zona baja si las proyectamos para el año nos sale de 186,70 ton/ha/año, en la zona media se tiene un valor similar al citado en literatura que es de 175,34 ton/ha/año y en la zona alta se obtiene una producción de 180,01 ton/ha/año, como se puede ver las cantidades están dentro de las producciones que ÁLVAREZ, 2002 indica.

#### **7.4.2. Materia seca**

El valor nutricional de una especie forrajera varía de acuerdo a la especie y madurez de la planta, uno de los nutrientes que componen los pastos y la más relevante para la nutricional bovina es la materia seca, el resto de nutrientes se los calcula porcentualmente en función de la materia seca y es por esta razón que la materia seca es muy importante y porque los rumiantes regulan su consumo básicamente por el contenido de materia seca del pasto.

En el gráfico 14 se muestra las producciones de materia seca que se obtuvo en base a la materia verde en cada uno de las zonas altitudinales.

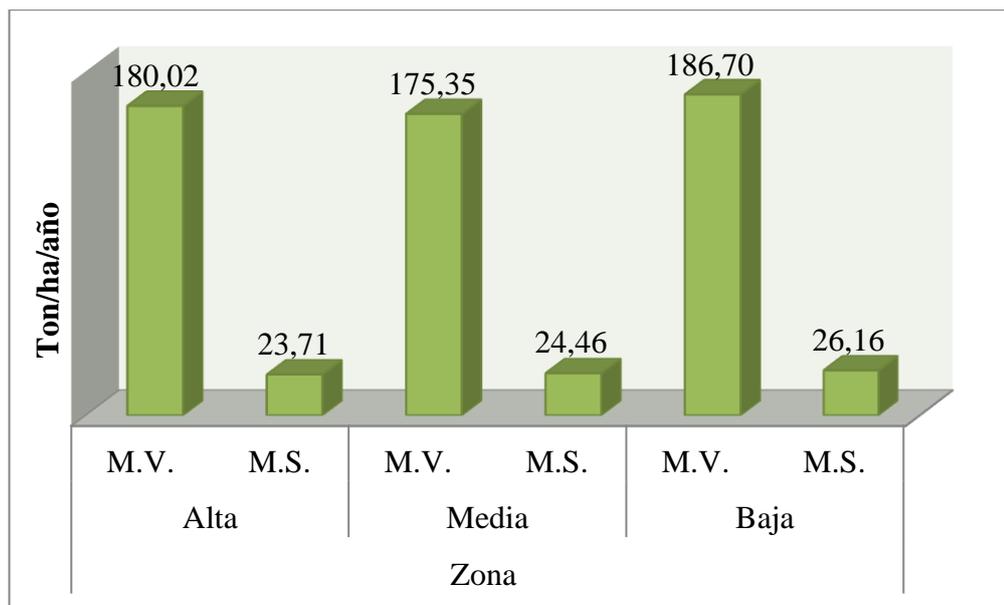


Fuente: La investigación  
Elaborador por: El autor

**GRÁFICO 14.** Producción de materia seca en las 3 zonas altitudinales en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Como se puede observar la materia seca tienen la misma secuencia que la materia verde, de igual forma que se obtuvo una buena cantidad de materia verde en el primer corte se obtuvo una buena cantidad de materia seca y al final también se obtuvo una baja cantidad de materia seca al igual que la baja cantidad de materia verde encontrado. ÁLVAREZ, 2002 señala que se puede llegar a tener de 20 a 25 ton/ha/año de materia seca siempre y cuando el pasto tenga un buen manejo, en este ensayo la materia seca no es la excepción ya que se obtiene directamente de la materia verde, si se realiza el mismo trabajo que se realizó con la materia verde, se puede proyectar para la zona alta una producción de 23,71 ton/ha/año, para la zona media 24,46 ton/ha/año y finalmente para la zona baja una producción de 26,16 ton/ha/año, en comparación a los que literatura menciona estamos dentro de las producciones señaladas

Al igual que se realizó una comparación entre zonas en las anteriores variables, en el gráfico 15 se presenta las producciones encontradas en cada zona en términos de materia verde y seca.



Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

**GRÁFICO 15.** Producción de materia verde y seca en las 3 zonas altitudinales en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

El gráfico 15 señala claramente las diferentes producciones de materia verde y seca que se puede llegar a tener por hectárea y por año cuando se realiza enmiendas de materia orgánica y se realiza un buen manejo al cultivo pasto, como se puede ver la zona baja es la de mayor producción con 186,70 ton/ha/año de materia verde y con 26,16 ton/ha/año de materia seca, ahora si revisamos el cuadro 19 vamos a ver que esta zona es la que menos demanda de agua tiene con 0,37 m<sup>3</sup>/h, el efecto favorable de la materia orgánica, mismo que mejoró la estructura del suelo al hacer que las partículas minerales se unan entre sí y se creen condiciones favorables para un buen desarrollo radicular y en especial que el agua quede retenida y a disposición de la planta, a este efecto favorable se puede resumir en una sola acción, en que se riega menos y se produce más como es el claro ejemplo de la zona baja pero si vamos a ver la zona alta pues el efecto negativo que produce el viento pues hace que esta zona sea la que mayor demanda de agua tenga y la que produzca menos en comparación a las otras dos zonas altitudinales, pese a que el suelo posee un 8,08% de materia orgánica. Normalmente se llega a tener producciones de 60-80 ton/ha/año de materia verde (ÁLVAREZ, 2002), pero si observamos el gráfico 15 las producciones están duplicadas, esto quiere decir que a pesar de las condiciones adversas que se tuvo, en

especial en la zona alta, pues el efecto favorable de la materia orgánica es grande ya que nos ayuda a ahorrar agua, tener mayores producciones y sobre todo mejorar la estructura del suelo para así evitar la erosión del mismo.

## 8. CONCLUSIONES

En el desarrollo fenológico del cultivo pasto se estudiaron dos etapas, la primera etapa la de establecimiento que va desde el momento de la siembra hasta que se realiza el corte de igualación (primer corte), dentro de esta etapa se puede identificar 3 fases fenológicas: la primera es la fase inicial ( $\pm 18$  días), la segunda es la fase de desarrollo ( $\pm 27$  días) y la última es la fase intermedia ( $\pm 48$  días). La segunda etapa es la de producción, esta va desde el momento que se realiza el corte (primer corte) hasta el siguiente corte (segundo corte) y así sucesivamente hasta terminar en el quinto corte, dentro de la etapa de producción encontramos a la fase de rebrote (10 días) y a la fase de desarrollo ( $\pm 20$  días).

La zona altitudinal si influye en el desarrollo fenológico debido al rango de variación que tienen los parámetros climáticos de cada zona, la temperatura y viento son los principales parámetros que determina la durabilidad y proceder de las fases fenológicas; en la zona baja y media las temperaturas siempre oscilaban entre los  $18^{\circ}\text{C}$  como mínima y de  $25\text{-}30^{\circ}\text{C}$  como máximas y es por esta razón que la fase inicial tuvo una durabilidad de 13 días, la fase de desarrollo duró 23 días y la fase intermedia duró 42 días dándonos un total de 78 días hasta el primer corte en la zona baja y en la zona media la fase inicial duró 19 días, la fase de desarrollo duró 30 días y la fase intermedia duró 51 días dándonos un total de 100 días; en la zona alta la temperatura oscilaba entre los  $12^{\circ}\text{C}$  como mínima y de  $20$  a  $25^{\circ}\text{C}$  como máxima, razón por la cual la durabilidad de la fase inicial fue 22 días, la fase de desarrollo 28 días y la fase intermedia 52 días, dándonos un total de 102 días respectivamente hasta el primer corte; los siguientes cortes obtuvieron una duración en promedio de 33 días (zona alta), 34 días (zona media) y 31 días (zona baja), siendo la zona baja donde se tiene un espacio menor entre cortes por efecto de la temperatura.

El coeficiente de cultivo en la fase inicial del cultivo encontrado en la zona alta es de 0,25; en la zona media es de 0,18 y para la zona baja fue de 0,10; esto demuestra que hubo una mayor demanda hídrica en la zona alta y una menor demanda hídrica en la

zona baja. En la fase de desarrollo los valores del coeficiente de cultivo encontrados para la zona alta, media y baja son: 0,32, 0,21 y 0,14 respectivamente, se sigue observando que el mayor requerimiento hídrico es en la zona alta y que la zona baja es el lugar dónde menor requerimiento hídrico necesita. Finalmente tenemos a la fase intermedia donde para la zona alta se obtuvo un valor de 0,45; para la zona media 0,35; y, para la zona baja 0,46. La demanda hídrica de las plantas en las 3 zonas es mínimo y esto se debe a que el compost incorporado mejoró la estructura del suelo y lo convirtió en una especie de esponja donde el agua precipitada o regada por el sistema de riego se retenía y quedaba a disposición de la planta para que pueda extraerla fácilmente.

Con potreros con un porcentaje mínimo del 5% de materia orgánica se puede tener un gran ahorro de agua y en los meses más críticos del año como son junio y julio se puede contrarrestar el déficit hídrico ya que el agua que se riega se puede almacenar en la rizosfera y estar a disposición de la planta. Dicho esto se puede concluir que para la zona alta un caudal de 0,71 m<sup>3</sup>/hora son suficientes para cubrir las demandas hídricas con lo cual se puede llegar a producir 180,02 ton/ha/año de materia verde; para la zona media un caudal de 0,72 m<sup>3</sup>/hora cubre las demandas hídricas con lo cual se llega a tener producciones de 175,35 ton/ha/año de materia verde y para la zona baja un caudal de 0,46 m<sup>3</sup>/hora cubre la demanda hídrica del cultivo llegando a tener la mayor producción (186,70 ton/ha/año de M.V.) si se compara con las otras 2 zonas, todo esto se puede obtener siempre y cuando se maneje terrenos con un 5% de materia orgánica como mínimo.

El efecto de la materia orgánica fue de mucha ayuda para ahorrar agua ya que los valores del coeficiente de cultivo encontrados en los ensayos son bajos con respecto a los que se encuentra en literatura y a los que la FAO, 1978 estima; también se tiene que resaltar que los coeficientes de cultivo encontrados no tuvieron ningún efecto negativo con respecto a la producción en especial en el primer corte ya que se obtuvo volúmenes de 91 879,7 kg M.V./ha (zona media), 87 203 kg M.V./h (zona alta) y 38 536,3 kg M.V./ha (zona baja). De igual forma para los siguientes cortes en las 3 zonas el consumo de agua fue bajo ya que se obtuvo coeficientes de cultivo con

valores que van desde 0,06 (zona alta) en la fase de rebrote y de 0,40 (zona alta) en la fase de desarrollo; en la zona media y baja los parámetros de  $kc$  encontrados se encuentran dentro de los rangos que se obtuvo en la zona alta. Por esta razón es que se resalta la importancia de la materia orgánica en este cultivo o en cualquier otro ya que mejora la estructura del suelo y el agua puede quedar disponible y accesible para la planta; se puede notar claramente su enorme beneficio en el ahorro del agua.

Con los coeficientes de cultivo obtenidos en cada zona y en cada fase fenológica del cultivo pasto se pudo realizar la programación de riego, misma que cubrirá las demandas hídricas del pasto en todo su ciclo productivo (5 cortes); donde se obtuvo que para la zona alta para el mes de abril se requiere un caudal mínimo de 0,17 m<sup>3</sup>/ha/hora (fase inicial) y para el mes de junio un caudal máximo de 0,71 m<sup>3</sup>/ha/hora (fase desarrollo en el último corte); para la zona media en el mes de diciembre se requiere un caudal mínimo de 0,19 m<sup>3</sup>/ha/hora (fase inicial) y para el mes de julio un caudal máximo de 1,32 m<sup>3</sup>/ha/hora (fase desarrollo en el último corte); para la zona baja para el mes de junio se requiere un caudal de 0,29 m<sup>3</sup>/ha/hora (fase inicial) como mínimo y un caudal de 0,46 m<sup>3</sup>/ha/hora (fase intermedia en el primer corte) para el mes de febrero.

## 9. RECOMENDACIONES

Con los datos obtenidos en campo se recomienda lo siguiente:

- Dar continuidad a la investigación por lo menos dos o tres años seguidos, en sitios diferentes ya que lo que se obtuvo es un referente generalizado para las tres zonas altitudinales donde se instalaron los ensayos.
- Realizar una réplica del ensayo (5% de materia orgánica) pero con varias mezclas forrajeras y así determinar cuál de estos consume más agua en todo su ciclo de producción.
- Instalar estaciones agro-meteorológicas en lugares estratégicos tomando en cuenta los pisos altitudinales y especialmente ubicarlos en zonas de influencia de algún canal, acequia, río, etc. que sea de interés agropecuario.
- En las zonas altas como es el caso de Olmedo se recomienda realizar riegos en las primeras horas de la mañana debido a que en los meses mayo, junio y julio los vientos son más fuertes y esto afecta a la eficiencia de aplicación del riego.
- Se recomienda seguir la programación de riego que resultó de los ensayos para cada zona, ya que los cálculos se realizaron teniendo en cuenta un 80% de probabilidad de que va a existir precipitaciones y existen meses en los que no es necesario regar ya que la demanda hídrica estaría cubierta con lo precipitado.
- Se recomienda también tomar mucho en cuenta el consumo de agua cuando se trabaja en terrenos con porcentajes de materia orgánica óptimos (5% o más)

debido a que el efecto de retención de agua que este provoca es muy favorable para los cultivos haciendo que el agua quede a disposición y de fácil acceso para las plantas.

## 10. RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en 3 zonas altitudinales dentro de la influencia del canal de riego, misma que está ubicado en los 2 cantones (Cayambe y Pedro Moncayo), el primer sitio donde se instaló el primer ensayo es la zona alta ubicada a 3061msnm, luego viene la zona media que está ubicada a 2959 msnm y finalmente se instaló el tercer ensayo en la zona baja ubicada a 2747 msnm. A las 3 zonas se las considera potencialmente regables pero la mala distribución y el inadecuado uso del agua de riego hacen que sea deficiente.

El objetivo principal de este estudio fue determinar los requerimientos hídricos del cultivo pasto en cada fase fenológica, se utilizó el sistema de riego por aspersión y se realizó enmiendas correctivas de materia orgánica (5%) en los suelos donde se instaló los ensayos. Se determinó los estadios fenológicos del cultivo pasto y se estimó el coeficiente de cultivo ( $kc$ ) en cada una de las etapas definidas. La evaluación de los estadios fenológicos se realizó a través de la observación *in vivo* y registro fotográfico.

El valor del  $kc$  se determinó a través de la relación entre la evapotranspiración de cultivo ( $ETc$ ), como una medida del consumo hídrico del cultivo pasto en un lisímetro y la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ETo$ ) obtenida con los datos climáticos de la zona, a través del método de la cubeta evaporimétrica clase A.

Se estableció 3 fases fenológicas para el cultivo desde la siembra hasta el corte de igualación, mismos que consisten en, fase inicial que radica desde la siembra hasta que cubre un 10% del suelo, fase de desarrollo que va desde el final de la primera fase hasta que llega a cubrir un 70-80% del suelo o a la vez que tenga de 6 a 7 semanas de edad y la tercera y última que es la fase intermedia, misma que empieza desde el final de la fase de desarrollo hasta cuando empieza la senescencia de las primeras hojas de las bases de las plantas del cultivo, donde se realiza el corte de

igualación; después del primer corte se estableció dos fases fenológicas más que consiste en la fase de rebrote que dura en promedio 10 días y la fase de desarrollo que puede durar en promedio 20 días, dándonos un total de 30 días en promedio entre cortes después del primer corte de igualación.

Los valores obtenidos de kc son bajos en comparación a los que se encuentra en literatura, estos valores son: para la zona alta 0,25 en la fase inicial; 0,32 en la fase de desarrollo y 0,45 para la fase intermedia; para la zona media 0,18 en la fase inicial, 0,21 en la fase de desarrollo y 0,35 para la fase intermedia y finalmente para la zona baja 0,10 para la fase inicial, 0,14 en la fase de desarrollo y 0,46 en la fase intermedia.

Finalmente con base en los valores obtenidos se realizó una programación de riego, mismo que permitirá generar una estrategia para el uso racional del agua de riego en los sistemas de producción agropecuarios. Dentro de la programación se obtuvo que para la zona alta un caudal de 0,71 m<sup>3</sup>/hora nos puede permitir llegar a obtener producciones de 180,02 ton/ha/año de materia verde; para la zona media un caudal de 0,72 m<sup>3</sup>/hora nos puede permitir tener producciones de 175,35 ton/ha/año de materia verde y finalmente para la zona baja un caudal de 0,46 m<sup>3</sup>/hora nos puede permitir llegar a producir 186,70 ton/ha/año de materia verde, siempre y cuando el suelo tenga por lo menos un mínimo del 5% de materia orgánica.

## 11. SUMMARY

This research was carried out in 3 altitudinal zones within the influence of the irrigation canal, it is located in 2 counties (Cayambe and Pedro Moncayo), the first place where the first trial was installed is located uptown 3061msnm, then comes the middle zone that is located 2959 msnm, above sea level and finally the third trial was installed in the lower area located 2747 msnm. At 3 areas are considered potentially irrigable but bad distribution and misuse of irrigation water makes it poor.

The main objective of this study was to determine the water requirements of the grass crop in each phenological stage, the sprinkler system was used and corrective amendments of organic matter (5%) was performed on soils where the tests are installed. Phenological stages of culture were determined and the pasture crop coefficient ( $K_c$ ) was estimated for each of the steps defined. Evaluation of the phenological stages was performed using the in vivo observation and photographic recording.

The value of  $k_c$  was determined by the ratio of crop evapotranspiration ( $ET_c$ ), as a measure of water consumption of grass growing in the lysimeter and the reference crop evapotranspiration ( $ET_o$ ) obtained with the climatic data of the area, through the method of the class A cuvette evaporimétrica.

Three phenological phases for cultivation from sowing to cutting evening, same, consisting of initial phase lies from planting to covering 10% of the ground phase of development from the end of the first phase was established until it comes to cover 70-80% of the ground or the time is 6 to 7 weeks of age and the third and last one is the intermediate phase, which starts from the same end of the development phase begins to when the senescence of the first leaves of the bases of crop plants, where the cut equalization is performed, after the first cut two more phenological phases consisting of regrowth phase lasts on average 10 days and the development phase

was established which can last on average 20 days, giving us a total of 30 days on average after the first cut cuts equalization.

The values of  $k_c$  are low compared to those found in literature, these values are: 0.25 for the high zone at the initial stage, 0.32 in the development phase and 0.45 for the intermediate phase; 0.18 for the middle area in the initial stage was 0.21 in the development phase and 0.35 for the intermediate phase, and finally to the lower area to the initial phase 0.10, 0.14 in the development phase and 0.46 in the intermediate phase.

Finally, based on the values obtained irrigation programming, same to generate a strategy for the rational use of irrigation water in agricultural production systems was conducted. Within the program was obtained for the upper area of 0.71 m<sup>3</sup>/hr flow rate can allow us to get to get productions of 180.02 ton / ha / year of green matter, to the middle a flow rate of 0.72 m<sup>3</sup>/hour can allow us to have productions 175,35 ton / ha / year of green stuff and finally to the lower area a flow rate of 0.46 m<sup>3</sup>/hr allow us to eventually produce 186,70 ton / ha / year green matter, as long as the soil is at least a minimum of 5% organic matter.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI, M. G., COLABELLI, M. R., & FERNÁNDEZ, G. (2001). Crecimiento Estacional de Forraje de Pasturas y Pastizales Naturales para el Sudeste Bonaerentes.
- ÁLVAREZ, J. E. (2002). Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano In U. d. Caldas (Ed.) (pp. 106, 109, 112, 113, 127, 128). Colombia, Manizales.
- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., & SMITH, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo, *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (pp. 29). Italia, Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- BAVERA, G. A. (2001). Curso de Producción Bovina de Carne. from [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- CAMPOS, D. F. A. (1998). Procesos del Ciclo Hidrológico. In U. Potosina (Ed.) (3 ed., pp. 3-26). México, San Luis Potosí.
- COLMEIRO, R. F. (2007). Agrosistemas sostenibles y ecológicos LA RECONVERSIÓN AGROPECUARIA. In S. d. P. e. I. Científico (Ed.) (pp. 40, 41). Santiago de Compostela.
- DALZELL, H. W., BIDDLESTONE, A. J., GRAY, K. R., & THURAIRAJAN, K. (1991). Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. In FAO (Ed.) (pp. 9). Roma.
- FAO. (1978). *Irrigation and Drainage Papers* (Vol. 25).
- FILLAT, F., GONZÁLEZ, R. G., GÓMEZ, D., & REINÉ, R. (2008). PASTOS DEL PIRINEO (pp. 72). España.
- GLIESSMAN, S. R. (2002). AGROECOLOGÍA, *Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible* (pp. 64). Costa Rica, Turrialba: LITOCAT.
- HODGSON, J. (1994). Manejo de Pastos teoría y práctica *Manejo de Pastos teoría y práctica* (1 ed., pp. 122, 131). México, México D.F.: DIANA.
- IICA. (1971). PASTOS Y FORRAJES. In E. F. García (Ed.), *CURSO REGULAR DE POSTGRADO* (pp. 4). Costa Rica, Turrialba: ROCAP (IICA/ZN-ROCAP).
- LLEIDA, D. d. M. A. y. C. d. S. U. D. (2001). Agrometeorología (2 ed., pp. 206, 207, 212). España, Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- LLORCA, R. L. I., & CARRASCOSA, I. B. (2006). PRÁCTICAS DE ATMÓSFERA, SUELO Y AGUA. In E. D. L. UPV (Ed.) (pp. 16). Valencia.
- MAÑAS, F. M. d. S. O., FUSTER, P. L., & BELMONTE, A. C. (2005). Agua y Agronomía (pp. 241, 242, 243, 246, 247, 248). España, Madrid: Grupo Mundi-Prensa.
- MORALES, J. L., & CHAVARRÍA, J. A. (Eds.). (1985). Turrialba, Costa Rica.
- PALADINES, O. (2001). Especies Forrajeras de Clima Templado de Mayor uso en el Ecuador (pp. 6, 7, 10, 17, 18). Ecuador, Quito.
- PALADINES, O. (2002). Establecimiento de Pasturas (pp. 20). Ecuador.
- PALADINES, O., IZQUIERDO, F., & SALAZAR, M. (1997-2003). Recomendaciones Técnicas para la Fertilización de Pasturas en el Centro-Norte de la Sierra Ecuatoriana (pp. 2, 7). Ecuador.
- RUIZ, F. S. (1995). El Cultivo de la CAÑA DE AZÚCAR. In EUNED (Ed.), (Primera ed., pp. 187-188). San José, Costa Rica.

- SACCARELLO, M. V., & BORGIOLI, L. (2010). La Madera. In M. V. Saccarello (Ed.), *DE SU CONOCIMIENTO A SU CONSERVACIÓN* (pp. 43). Bolivia: Editorial Gente Común.
- TERRON, P. U. (1992). *TRATADO DE FITOTECNIA GENERAL* (2 ed., pp. 1). España: Grupo Mundi-Prensa.
- THOMPSON, L. M., & TROEH, F. R. (2002). Los suelos y su fertilidad. In REVERTÉ (Ed.) (Cuarta ed., pp. 127). España, Barcelona: Publidisa.
- YAGÜE, J. L. F. (Ed.). (2003). *Técnicas de Riego* (4 ed.). España, Madrid: Mundi-Prensa.

## 13. ANEXOS

### ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA



**Cercamiento del área del ensayo**



**Preparación del suelo**



**Excavación para los lisímetros**



**Ubicación de los lisímetros**



**Instalación de los lisímetros**



**Muestreo de suelos**



**Instalación del sistema de riego**



**Evaluación del sistema de riego**



**Compost**



**Enmiendas correctivas de Materia Orgánica**



**Incorporación del Compost**



**Siembra del pasto**



**Instalación del Termo higrómetro**



**Termo higrómetro**



**Tensiómetro**



**Identificación de las plantas**



**Corte de los cuadrantes para llevar al laboratorio**



**Tamizaje de alícuotas**



**Ingreso de las muestras a estufa**

## ANEXO 2. ANÁLISIS DEL SUELO

### Análisis físico y químico de suelos de los sectores El Chaupi y Tupigachi

#### LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cliete: **PROYECTO NECESIDADES HÍDRICAS**

Dirección: CODEMIA (Tupig - Olmedo)

Teléfono: 092843807

E-mail: ...

Contacto: Ing. Agrop. Sandoval Catalina

#### INFORME DE RESULTADOS

Cantidad de muestras: 4

Tipo de Cultivo:...

Fecha de ingreso: 31/08/2012

Fecha Emisión: 24/09/2012

N° de Informe: 187

Ubicación de Coordenadas UTM: Oeste Sin información Este Sin información

Altitud: Sin información

IDENTIFICACIÓN USUARIO	UNIDAD	MS-005	MS-006	MS-067	MS-068
CÓDIGO DE LABORATORIO		LS-12-316	LS-12-317	LS-12-455	LS-12-456
PARÁMETROS					
pH	NA	6,54	6,58	7,12	6,93
CONDUCTIVIDAD	dS/m	0,16	0,21	0,22	0,32
TEXTURA	% ARENA	56	60	72	55
	% LIMO	34	34	26	44
	% ARCILLA	10	6	2	1
CLASE TEXTURAL	NA	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARENOSO	ARENA FRANCA	FRANCO ARENOSO
DENSIDAD REAL	g/cc	1,45	2,11	1,73	1,71
DENSIDAD APARENTE	g/cc	1,05	1,24	0,85	0,94
POROSIDAD	%	27,61	41,06	50,95	45,16
MATERIA ORGÁNICA	%	1,97	2,12	8,08	6,68
NITRÓGENO TOTAL	%	0,10	0,11	0,40	0,33
FÓSFORO (ASIMILABLE)	P ppm	1,07	10,22	4,86	3,45
POTASIO (INTERCAMBIABLE)	cmol K/kg	0,13	0,19	0,46	0,24
CALCIO (INTERCAMBIABLE)	cmol Ca/kg	9,11	7,46	9,39	6,91
MAGNESIO (INTERCAMBIABLE)	cmol Mg/kg	3,24	5,27	7,00	4,64
CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO (C.I.C.)	cmol /kg	12,64	13,13	17,07	12,11

Método Análisis: C.I.C.- Acetato Amonio 7.0; pH 1:1,25 H2O; Pasta Saturada: Conductividad Eléctrica; Textura: Hidrómetro Bouyoucos.

Símbología: No Aplica (NA)

Nota Aclaratoria: Los resultados corresponden únicamente a las muestras entregadas por el cliente.

# Análisis físico y químico de suelos del sector Cubinche

## LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cliente: **PROYECTO NECESIDADES HÍDRICAS**

Dirección: CODEMIA (La Esperanza)

Teléfono: 092843807

E-mail: ...

Contacto: Ing. Agrop. Sandoval Catalina

### INFORME DE RESULTADOS

Cantidad de muestras: 4

Tipo de Cultivo:...

Fecha de ingreso: 21/09/2012

Fecha Emisión: 16/10/2012

N° de Informe: 243

Ubicación de Coordenadas UTM: Oeste Sin información Este Sin información

Altitud: Sin información

IDENTIFICACIÓN USUARIO	UNIDAD	MS-105	MS-106		
CÓDIGO DE LABORATORIO		LS-12-545	LS-12-546		
PARÁMETROS					
pH	NA	6,95	7,07		
CONDUCTIVIDAD	dS/m	0,13	0,13		
TEXTURA	% ARENA	80	72		
	% LIMO	16	22		
	% ARCILLA	4	6		
CLASE TEXTURAL	NA	ARENA FRANCA	ARENA FRANCA		
DENSIDAD REAL	g/cc	1,75	2,07		
DENSIDAD APARENTE	g/cc	1,67	1,42		
POROSIDAD	%	4,57	31,40		
MATERIA ORGÁNICA	%	0,65	0,34		
NITRÓGENO TOTAL	%	0,03	0,02		
FÓSFORO (ASIMILABLE)	P ppm	1,66	1,06		
POTASIO (INTERCAMBIABLE)	cmol K/kg	0,24	0,16		
CALCIO (INTERCAMBIABLE)	cmol Ca/kg	3,24	3,68		
MAGNESIO (INTERCAMBIABLE)	cmol Mg/kg	1,66	2,22		
CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO (C.I.C.)	cmol /kg	5,27	6,19		

**Método Análisis:** C.I.C.- Acetato Amonio 7.0; pH 1:1,25 H2O; Pasta Saturada: Conductividad Eléctrica; Textura: Hidrómetro Bouyoucos.

**Símbología:** No Aplica (NA)

**Nota Aclaratoria:** Los resultados corresponden únicamente a las muestras entregadas por el cliente.

### ANEXO 3. TABLAS

**Coficiente  $K_p$ , en el caso de una cubeta clase A, en diferentes cubiertas, niveles de humedad relativa y velocidades de viento durante las 24 horas.**

Cubeta clase A	Caso A				Caso B			
	Cubeta rodeada de cubierta verde baja				Cubeta con barbecho de secano			
RH media %		Baja -40	Media 40-70	Alta +70		Baja -40	Media 40-70	Alta +70
Vientos km/día	Distancia a barlovento de la cubierta verde (en m)				Distancia a barlovento del barbecho de secano (en m)			
<b>Débiles -175</b>	0	0,55	0,65	0,75	0	0,7	0,8	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,6	0,7	0,8
	100	0,7	0,8	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,5	0,6	0,7
<b>Moderados 175-425</b>	0	0,5	0,6	0,65	0	0,65	0,75	0,8
	10	0,6	0,7	0,75	10	0,55	0,65	0,7
	100	0,65	0,75	0,8	100	0,5	0,6	0,65
	1000	0,7	0,8	0,8	1000	0,45	0,55	0,6
<b>Fuertes 425-700</b>	0	0,45	0,5	0,6	0	0,6	0,65	0,7
	10	0,55	0,6	0,65	10	0,5	0,55	0,65
	100	0,6	0,65	0,7	100	0,45	0,5	0,6
	1000	0,65	0,7	0,75	1000	0,4	0,45	0,55
<b>Muy Fuertes +700</b>	0	0,4	0,45	0,5	0	0,5	0,6	0,65
	10	0,45	0,55	0,6	10	0,45	0,5	0,55
	100	0,5	0,6	0,65	100	0,4	0,45	0,5
	1000	0,55	0,6	0,65	1000	0,35	0,4	0,45

Fuente: FUENTES, Yagüe José Luis, Técnicas de riego, 4.edición  
Elaborador por: El Autor

### Velocidad del viento para el sector de Olmedo.

MESES	Velocidad del Viento (m/s)	Equivalencia 1 Km/día	Velocidad del Viento (Km/día)
Enero	4,81	0,01157	415,7
Febrero	4,68	0,01157	404,5
Marzo	4,2	0,01157	363,0
Abril	4,3	0,01157	375,1
Mayo	4,7	0,01157	408,8
Junio	5,5	0,01157	475,4
Julio	6,8	0,01157	587,7
Noviembre	4,47	0,01157	386,3
Diciembre	4,29	0,01157	370,8

Fuente: INAMHI, Estación Olmedo

Elaborador por: El Autor

### Velocidad del viento para los sectores de Tupigachi y Cubinche.

MESES	Velocidad del Viento (m/s)	Equivalencia 1 Km/día	Velocidad del Viento (Km/día)
Enero	3,08	0,01157	266,2
Febrero	3,08	0,01157	266,2
Marzo	2,65	0,01157	229,0
Abril	2,8	0,01157	245,5
Mayo	3,2	0,01157	280,0
Junio	5,0	0,01157	430,4
Julio	6,67	0,01157	576,5
Noviembre	2,47	0,01157	213,5
Diciembre	3,02	0,01157	261,0

Fuente: INAMHI, Estación Tomalón

Elaborador por: El Autor

### Aforo del aspersor para la zona alta

Nº	Segundos	Vol./H2O ml	ml/s
T1	3	260	87
T2		250	83
T3		260	87
T4		275	92
<b>Promedio</b>			87,08
<b>l/s</b>			0,087

Fuente: La investigación  
Elaborador por: El Autor

### Aforo del aspersor para la zona media

Nº	Segundos	Vol./H2O ml	ml/s
T1	3	345	115
T2		335	112
T3		355	118
T4		320	107
<b>Promedio</b>			113
<b>l/s</b>			0,113

Fuente: La investigación  
Elaborador por: El Autor

### Aforo del aspersor para la zona baja

Nº	Segundos	Vol./H2O ml	ml/s
T1	3	345	115
T2		375	125
T3		395	132
T4		300	100
<b>Promedio</b>			118
<b>l/s</b>			0,118

Fuente: La investigación  
Elaborador por: El Autor

**Precipitaciones mensuales con una garantía del 80% en las estaciones del INAMHI.**

<b>MESES</b>	<b>Estación Olmedo</b>	<b>Estación Tomalón</b>
<b>Enero</b>	23,5	25,4
<b>Febrero</b>	28,3	29,2
<b>Marzo</b>	39,1	47,7
<b>Abril</b>	37,6	63,6
<b>Mayo</b>	29,8	33,3
<b>Junio</b>	14,2	8,5
<b>Julio</b>	13,2	2,7
<b>Agosto</b>	7,3	0
<b>Septiembre</b>	12,1	11
<b>Octubre</b>	42,7	33,4
<b>Noviembre</b>	43,4	34
<b>Diciembre</b>	29,9	35,9

Fuente: INAMHI, Estación Olmedo y Tomalón  
Elaborador por: El Autor

**Cantidad de Compost necesarios para realizar las enmiendas correctivas de Materia Orgánica para las zonas media y baja.**

	<b>M.O. (%) Faltante</b>	<b>Peso suelo (kg)</b>	<b>M.O. (kg) Faltante</b>	<b>Compost (kg) Faltante</b>	<b>Compost (qq) Faltante</b>
<b>Tupigachi</b>	3,03	5103	154,62	966,38	19,33
<b>Cubinche</b>	4,35	7515	326,90	2043,14	40,86

Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor

## Datos en hoja de Excel en la investigación necesidades hídricas de pasturas con manejo orgánico.

CUADROS DEFINITIVOS\_Programación Riego - Mi

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista PDF Architect

Normal Diseño de página Ver salt. Pág. Vistas personalizadas Pantalla completa

Regla Barra de fórmulas

Líneas de cuadrícula Títulos

Zoom 100% Ampliar selección Nueva ventana Organizar todo

A8 28/09/2012

	A	B	C	D	F	G	H	J	K
1	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA								
2	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA LECHE								
3	Necesidades Hídricas de Pasturas								
4	VARIABLES								
5	FECHA	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Tensiómetro (cb)	Ep (ml)	Precip (ml)	H2O Lisímetro M.O. (ml)	Tiempo de Riego (min)	OBSERVACIONES
7	EL CHAUPI								
24	21/12/2012	12,9	81	24	15	0	2	60	Instalación del Ter
25	24/12/2012	25,5	38	28	0	5	1010	60	
26	26/12/2012	19,6	52	14	5	0	936	60	
27	28/12/2012	18,2	53	22	0	10	381	60	
28	31/12/2012	12,7	65	30	25	0	3	0	No hay agua
29	02/01/2013	15	66	30	0	1	0	0	No hay agua
30	04/01/2013	16,5	62	16	0	14	0	0	
31	07/01/2013	25,8	34	4	0	16	0	15	No hay agua
32	09/01/2013	20,1	51	0	5	0	0	60	No hay agua
33	11/01/2013	42,2	43	0	10	0	0	45	No hay agua
34	14/01/2013	19,2	72	0	0	22	0	0	Lluvia
35	16/01/2013	27,9	28	0	16	0	0	45	
36	21/01/2013	30,7	25	0	2	0	0	75	
37	23/01/2013	27,1	36	0	10	0	0	60	
38	25/01/2013	24,1	54	0	0	20	0	60	
39	28/01/2013	29,8	33	0	5	0	1	60	
40	30/01/2013	29,7	25	0	0	20	0	60	
41	01/02/2013	24,2	35	0	5	0	0	60	No hay agua

Estaciones INAMHI Enmiendas M.O. Chaupi Sema\_Cha Tupigachi Sema\_Tup Cubinche Sema\_Cubi ETC

Listo

Fuente: La Investigación  
Elaborador por: El Autor