

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

**USO POTENCIAL DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE PASTURAS EN
LAS ZONAS DE INFLUENCIA DEL CANAL DE RIEGO CAYAMBE-PEDRO
MONCAYO ECUADOR 2012.**

AUTOR:

SEGUNDO EDUARDO LANCHIMBA IMBAQUINGO

DIRECTOR:

ING. AGR. CHARLES CACHIPUENDO Ms.

Quito, Mayo del 2014

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo Segundo Eduardo Lanchimba Imbaquingo, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fin de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor

Quito, Mayo del 2014.

Lanchimba Imbaquingo Segundo Eduardo

C.I.: 171936722 - 7

DEDICATORIA

Con mucho amor

A mi madre

Por haber estado junto a mí en los buenos y malos momentos, por sus consejos oportunos y su voz de aliento en búsqueda de mi mayor ilusión para finalmente cumplir con su objetivo de hacer de mí un hombre de bien

A mi Padre y Hermanas

Quienes me supieron brindar su apoyo incondicional en búsqueda de mis sueños

A mis amigos y familiares

Eduardo L.

AGRADECIMIENTO

Una vez concluida una etapa más de mi vida, quiero dejar constancia de mi más profundo agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, a la carrera de Ingeniería Agropecuaria así como a todos los catedráticos y personal administrativo por haberme formado académicamente y permitido alcanzar mi mayor anhelo, que es ser un gran profesional. A la Línea de Investigación de la Gestión Integral del Agua y el Suelo, principalmente al Ing. Charles Cachipundo por ser el gestor del proyecto, a la Ing. Catalina Sandoval quién con su iniciativa fue fundamental en la ejecución del proyecto.

A los señores Elías Imbaquingo y Rodrigo Carrillo quienes con su ejemplo y apoyo incondicional supieron guiarme para cumplir con la meta trazada

A mis compañeros Jorge Sandoval y Gloria Collaguazo por su apoyo fundamental en las salidas de campo y recolección de datos, a todos mis amigos quienes supieron brindarme su amistad sincera

A todos mis agradecimientos.

RESUMEN

La potencialidad de un sector para la explotación agropecuaria depende fundamentalmente de dos factores, las características climáticas y el comportamiento químico - físico de los suelos, los cuales influyen en la fertilidad del suelo y por ende en su rentabilidad. Las parroquias que se encuentran en la zona de influencia del canal de riego Cayambe – Pedro Moncayo son eminentemente agropecuarias debido a sus condiciones agroclimáticas, por ello fue necesario reconocer el uso potencial del suelo para la implantación de pasturas en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo, para lo cual se analizó el comportamiento climático de los últimos diez años (Anuario del INAMHI, estaciones de Olmedo y Tomalon), además de analizar los resultados físico-químicos de los suelos.

El análisis físico realizado a los suelos de la zona de estudio registra como agregado principal en su composición textural partículas de arena, lo cual determina que en las 7 parroquias de la zona de influencia del canal son suelos ligeros o livianos. Mientras que en el análisis químico realizadas a las mismas muestras, se determinó los valores de pH; dicho valor indica que el pH es ideal para cualquier tipo de cultivo, ya que no reportan problemas de salinidad. Según los resultados encontrados en la presente investigación se puede implantar pastizales en todo el sector en estudio, debido a que no existe variabilidad significativa entre lo requerido por el cultivo de pasto y lo registrado en los anuarios del INHAMI, sin embargo mediante un manejo adecuado del suelo se puede mejorar las características físico – químicas del suelo principalmente en los suelos de textura arenosa.

En esta investigación se pudo cuantificar y señalar gráficamente en mapas temáticos las zonas potenciales para el cultivo de pastos. Las parroquias con mayor potencialidad para el cultivo de pasto de acuerdo a la clase textural son: Olmedo, Ayora y Tupigachi con el 100%, mientras que Tocachi y Malchingui registran porcentajes muy bajos de superficie en los que se podría implantar pasturas y por ende una explotación ganadera, sin embargo esto no quiere decir que sea completamente imposible la implantación del mencionado cultivo, claro que esto, conllevaría una mayor inversión económica.

SUMARY

The potential of an area for farming depends mainly on two factors, climatic characteristics and chemical behavior - physical soil, which influence soil fertility and hence its profitability. Parishes are in the area of influence of the irrigation canal Cayambe - Pedro Moncayo are eminently agricultural because of their agro-climatic conditions, it was necessary to recognize the potential use of land for the establishment of pasture in the area of influence of the channel Cayambe-Pedro Moncayo, for which the climatic behavior of the last ten years (Yearbook INAMHI stations Tomalon and Olmedo) was analyzed, in addition to analyzing the physical and chemical soil results.

The physical analysis of the soil survey area as recorded in its main added textural composition of sand particles, which determines that in the 7 parishes in the area of influence of the channel are light or light soils. While chemical analysis conducted in the same samples, pH values were determined; this value indicates that the pH is ideal for any type of crop, and reporting no salinity problems. According to the results found in this investigation may be implanted pastures across the sector under study, because there is no significant variability required for growing grass and recorded in the annuals of INHAMI, however through proper management can improve soil physic - chemical soil mainly in sandy soils.

This research could quantify and identify thematic maps graphically in potential areas for growing grasses. The parishes with the greatest potential for growing grass according to the textural class are: Olmedo, Ayora and Tupigachi with 100%, while Malchingui and Tocachi recorded the lowest rates in the area that could be implanted pastures and therefore a livestock farm, however this does not mean it's completely impossible the implementation of that crop, of course this would entail greater economic investment.

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 15 |
| 2. | OBJETIVOS..... | 17 |
| 2.1. | Objetivo General | 17 |
| 2.2. | Objetivos Específicos | 17 |
| 3. | MARCO TEÓRICO | 18 |
| 3.1. | Clima | 18 |
| 3.2. | Radiación solar | 18 |
| 3.2.1. | Temperatura | 19 |
| 3.2.2. | Humedad relativa | 19 |
| 3.2.3. | Vientos | 20 |
| 3.2.4. | Evapotranspiración..... | 21 |
| 3.2.5. | Caracterización climática | 22 |
| 3.3. | Suelo..... | 23 |
| 3.3.2. | Análisis del suelo | 23 |
| 3.3.3. | Recomendaciones para tomar muestras de suelo..... | 24 |
| 3.3.4. | Propiedades físicas | 27 |
| 3.3.5. | Propiedades químicas..... | 33 |
| 3.3.6. | Caracterización del suelo | 37 |
| 3.4. | Producción de pastos | 41 |
| 3.4.1. | El sistema pastizal..... | 41 |
| 3.4.2. | Establecimiento de pasturas | 42 |
| 3.4.3. | Variedades de especies forrajeras cultivadas en la zona andina | 42 |
| 3.4.4. | Mezclas forrajeras | 43 |
| 3.4.5. | Requerimientos climáticos del cultivo de pasto..... | 44 |
| 3.4.6. | Requerimientos físico-químicos del suelo para el cultivo de pastos... 45 | |
| 3.4.7. | Topografía..... | 46 |
| 3.5. | Sistemas de información geográfica..... | 46 |
| 3.5.1. | Importancia de los (SIG)..... | 47 |
| 3.5.2. | Funcionamiento de los (SIG) | 47 |
| 4. | UBICACIÓN | 49 |
| 4.1. | Ubicación Política Territorial..... | 49 |
| 4.2. | Ubicación Geográfica..... | 49 |
| 4.3. | Condiciones Agroecológica | 50 |
| 4.3.1. | Precipitación..... | 50 |
| 4.3.2. | Vientos | 50 |
| 4.3.3. | Temperatura | 50 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 4.3.4. | Heliofania | 51 |
| 4.4. | Suelo | 51 |
| 4.2. | Materiales | 52 |
| 4.3. | Métodos | 52 |
| 4.3.1. | Hipótesis..... | 52 |
| 4.3.2. | Variables | 53 |
| 5. | MANEJO ESPECÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 55 |
| 5.1. | Caracterización climática del sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo | 55 |
| 5.2. | Caracterización de los suelos según los parámetros físico-químicos del sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo..... | 56 |
| 5.3. | Superficie..... | 59 |
| 5.4. | Superficie regable | 60 |
| 5.5. | Superficie potencial para el cultivo de pasto..... | 60 |
| 6. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 62 |
| 6.1. | Clima | 62 |
| 6.2. | Suelo | 73 |
| 6.2.1. | pH y conductividad | 73 |
| 6.2.2. | Cationes y capacidad de intercambio catiónico | 77 |
| 6.2.3. | Densidad real y aparente y el porcentaje de porosidad | 78 |
| 6.2.4. | Textura y porcentaje de agregados del suelo | 82 |
| 6.3. | Identificación de las zonas potenciales para el cultivo de pasto | 86 |
| 6.3.1. | Superficie cultivada con pasto | 86 |
| 6.3.2. | Superficie regable..... | 87 |
| 6.3.3. | Superficie potencial para el cultivo de pasto..... | 89 |
| 7. | CONCLUSIONES..... | 95 |
| 8. | RECOMENDACIONES..... | 97 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA..... | 98 |
| 10. | ANEXOS | 101 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| CUADRO 1. Opciones de mezclas forrajeras y cantidad de semilla por hectárea para zonas lecheras de la sierra ecuatoriana..... | 44 |
| CUADRO 2. Necesidades climáticas del cultivo de pasto | 45 |
| CUADRO 3. Parámetros físicos óptimos para el cultivo de pastos..... | 45 |
| CUADRO 4. Parámetros químicos óptimos para el cultivo de pastos..... | 46 |
| CUADRO 5. Conductividad eléctrica y pH de los suelos en cada una de las zonas de las 7 parroquias que se encuentran en el sector de influencia del canal de riego Cayambe -Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012..... | 74 |
| CUADRO 6. Cationes y Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos en cada una de las zonas de las 7 parroquias que se encuentran en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012..... | 77 |
| CUADRO 7. Densidades y porcentaje de porosidad de los suelos en cada una de las zonas de las 7 parroquias que se encuentran en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas..... | 79 |
| CUADRO 8. Clase textural y porcentaje de agregados del suelo en cada una de las zonas de las 7 parroquias que se encuentran en el sector de influencia del canal de riego Cayambe- Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012..... | 82 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Estaciones meteorológicas ubicadas en el sector de influencia en en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo 2012..... | 55 |
| Tabla 2. Zonas altitudinales por parroquias en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo 2012 | 57 |
| Tabla 3. Numero de muestras por parroquias y zonas en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo 2012..... | 58 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 1. Salinidad del suelo y su relación con la disponibilidad y absorción de agua | 36 |
| GRÁFICO 2. Temperaturas promedio anuales en °C de las estaciones Olmedo y Tomalon en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012 | 63 |
| GRÁFICO 3. Precipitaciones anuales en mm de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalon en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012..... | 65 |
| GRÁFICO 4. Heliofania anual por horas de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalon en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012..... | 67 |
| GRÁFICO 5. Velocidad del viento anual expresada en m/s de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalon en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012 | 70 |
| GRÁFICO 6. Superficie total y superficie cultivada con pasto en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012 | 86 |
| GRÁFICO 7. Superficie total y bajo riego del sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012 | 88 |
| GRÁFICO 8. Superficie potencial por parroquias expresadas en porcentajes para el cultivo de pasto de acuerdo a la clase textural en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012..... | 92 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Ficha de campo..... | 101 |
| Anexo 2. Ejemplo de formato de informe de análisis de suelos emitido por el laboratorio de suelos de la UPS | 102 |
| Anexo 3. Resultado de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelos recolectados en la zona de estudio | 103 |
| Anexo 4. Cuadro de promedios de cada uno de los parámetros analizados en el laboratorio y agrupados por zonas y parroquias | 109 |
| Anexo 5. Formato de los anuarios del INHAMI estación Tomalon | 110 |
| Anexo 6. Formato de los anuarios del INHAMI de la estación Olmedo | 111 |
| Anexo 7. Cuadro superficie total y superficie cultivada con pastizales expresada en hectáreas en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas Ecuador 2012..... | 112 |
| Anexo 8. Cuadro superficie total y superficie bajo riego expresada en hectáreas del sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012 | 112 |
| Anexo 9. Cuadro superficie potencial por parroquias expresadas en hectáreas para el cultivo de pasto de acuerdo a la clase textural en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012..... | 113 |

ÍNDICE DE MAPAS

| | |
|--|----|
| MAPA 1. Ubicación de la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo..... | 49 |
| MAPA 2. Comportamiento de la temperatura registrada en los últimos 10 años registrados en las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón. | 64 |
| MAPA 3. Ilustración del comportamiento de la precipitación en los últimos 10 años registrados en la estación meteorológica de Olmedo y Tomalón | 66 |
| MAPA 4. Comportamiento de la Heliofania en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo..... | 69 |
| MAPA 5. Comportamiento de la velocidad del viento en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo. | 72 |
| MAPA 6- Comportamiento del pH en los suelos del área de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo..... | 76 |
| MAPA 7. Porosidad de los suelos de la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo..... | 81 |
| MAPA 8. Mapa temático de la textura de los suelos de la zona en estudio..... | 85 |
| MAPA 9. Superficie potencial para el cultivo de pastos de acuerdo a la clase textural | 94 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|--|-----|
| Foto 1. Barreno para toma de muestras de suelo | 114 |
| Foto 2. Acoples del barreno | 114 |
| Foto 3. Toma de muestra del suelo | 115 |
| Foto 4. Desacople del barreno para extraer la muestra | 115 |
| Foto 5. Procedimiento de la toma de muestra para análisis de densidades..... | 116 |
| Foto 6. Muestra indisturbada para análisis de densidades | 116 |
| Foto 7. Cilindro para toma de muestra..... | 117 |
| Foto 8. Muestra para análisis físico-químico | 117 |
| Foto 9. Medición de la profundidad para toma de muestra de suelo | 118 |

1. INTRODUCCIÓN

La actividad lechera en la zona norte del país especialmente en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, es de suma importancia para el desarrollo económico de la población, prueba fehaciente de esto es la introducción y formación de grandes empresas procesadoras de productos lácteos las cuales se fortalecen día tras día con la materia prima de pequeños y medianos productores asentados en sus alrededores, sin embargo los productores a lo largo de la historia han tenido dificultades al momento de establecer sus pasturas debido al desconocimiento del comportamiento tanto edafológico como climáticos del sector. El conocimiento de las características del suelo y la variación climática de la zona en estudio, permitirá al productor optimizar de mejor manera los recursos tanto naturales como humanos y por ende obtener mayores réditos y beneficios económicos así como ambientales.

Uno de los aspectos de mayor importancia para la explotación lechera es la producción de pastizales, por lo tanto el pasto debe implantarse en zonas en las que el mencionado cultivo aproveche al máximo las condiciones de variabilidad climáticas y características tanto físicas como químicas del suelo, dichos parámetros le permitirá al productor obtener un forraje de mayor calidad. Los parámetros físico-químicos así como la condición climática, establecerán las necesidades hídricas del cultivo desde la etapa inicial, etapa de crecimiento y etapa de producción, para lo cual necesitamos satisfacer esa necesidad hídrica mediante la aplicación correcta y necesaria del agua con la dependencia de factores principales como la lluvia y la disponibilidad del agua de riego.

El diagnóstico de aspectos físicos y químicos del suelo tales como la porosidad, la densidad real-aparente, conductividad eléctrica, capacidad de campo, textura y capacidad de intercambio catiónico establecerán el uso óptimo del agua de riego ya que de estas características depende fundamentalmente el aprovechamiento del agua por parte de la plantas o la pérdida en el suelo por encharcamientos o percolación hacia lugares a donde no llega el sistema radículas de los pastos. Todo este

conocimiento permitirá proporcionar una guía en la toma de decisiones para futuros programas enfocados al uso eficiente de los suelos y del agua de riego.

Las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. La tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía, analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información, todo con el interés de contribuir a la toma de mejores decisiones para la planificación adecuada del suelo y el agua de riego en las zonas de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo.

En este contexto la presente investigación busca mediante los datos climáticos locales, propiedades físico-químicas de los suelos determinar si el área de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo es apta para el cultivo de pasturas lo cual en relación conjunta con otros aspectos importantes e inherentes a la actividad ganadera. Permitirá realizar un análisis de la probabilidad de implementar la producción de leche.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo General

Determinar las zonas potenciales para el cultivo de pastos mediante la caracterización climática y de suelos, que permita planificar el uso del elemento agua en el territorio de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

2.2.Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar climáticamente la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.
- ✓ Caracterizar los suelos según los parámetros físico-químicos en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.
- ✓ Identificar las zonas potencialmente aptas para el cultivo de pastos en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo utilizando los sistemas de información geográfica (SIG).

3. MARCO TEÓRICO

3.1.Clima

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

3.2.Radiación solar

De acuerdo a Colon y Rodríguez.1996 la radiación solar se define como la cantidad de energía que el sol suministra a la tierra en forma de radiación electromagnética. Esta energía se emplea en los procesos fotosintéticos, calentamiento del suelo, calentamiento del aire, evaporación y transpiración. El clima a su vez, está determinado por el efecto de esta energía sobre el calentamiento del aire y la evaporación y su importancia se destaca como el principal elemento climático por las siguientes consideraciones (COLON & RODRIGUEZ, 1996).

“A mayor radiación solar, mayor intensidad de fotosíntesis a consecuencia hay mayor producción de savia elaborada, por lo tanto mayor transpiración de agua en las plantas” (CADENA, 2012).

“La radiación solar se destaca como el principal elemento climático por las siguientes consideraciones”

- *La cantidad de radiación solar recibida rige los procesos fundamentales de transformación de energía a través de la fotosíntesis.*
- *La cantidad de radiación solar recibida en cualquier punto de la superficie terrestre y los continuos intercambios de radiación de onda corta y larga entre la tierra y la atmósfera, condicionan la temperatura local y las variaciones estacionales y anuales de la*

temperatura, regulando de este modo la distribución de los cultivos en la superficie terrestre.

- *La radiación constituye la fuente fundamental de energía en el ciclo hidrológico y ejerce gran influencia en las posibilidades agrícolas de cada región a través de las características de la lluvia, que a su vez está sujeta a la influencia, en las zonas tropicales como la nuestra, del movimiento aparente estacional del sol y de las consiguientes variaciones de la distribución de la radiación (FRERE, REN, & RIIKS, 1974).*

3.2.1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores del ambiente que influyen directamente sobre la tasa de crecimiento foliar, ya que este es causante de abrir o cerrar los estomas de las hojas. Las hojas de las plantas tienen temperatura diferente que la del ambiente, (MAHOTIERE, 1967). La temperatura afecta la tasa de división y expansión celular. Por tanto favorece la transpiración.

Con temperaturas altas los cultivos necesitan más insumos (nutrientes, agua, radiación solar) para poder mantener su nivel de metabolismo. Para evitar pérdidas importantes de rendimiento a medida que aumente la temperatura, el manejo del cultivo deberá ser cada día más preciso; se pueden obtener buenos rendimientos compensando el efecto de las altas temperaturas con un óptimo suministro de agua y de nutrientes, a medida que aumenta la temperatura, el desarrollo se acelera más que el crecimiento; aún bajo condiciones óptimas de manejo, el rendimiento se puede reducir hasta 4 por ciento por cada 1°C que aumente la temperatura media (MAHOTIERE, 1967).

3.2.2. Humedad relativa

Es la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el ambiente. Se expresa en unidades enteras correspondiendo al 0 (cero) como sequedad absoluta y al 100% como saturación (GIANCOLI DOUGLAS, 2006).

El vapor de agua además de absorber el calor actúa como un regulador de la temperatura, su acción es decisiva sobre los seres vivos y su ausencia o proporciones mínimas en regiones áridas es el principal obstáculo que se opone al desarrollo de la vida en tales regiones.

Según (CANDEL, 1971) Dentro de la atmósfera, el agua se encuentra en tres fases; vapor de agua, que es invisible; pequeños cristales y gotas de agua en nubes visibles. De la cantidad de vapor de agua contenido en la atmósfera dependen las posibilidades de lluvia, y de éstas la producción de energía hidráulica. El vapor de agua además absorbe el calor, y por consiguiente actúa como regulador de la temperatura, su acción es decisiva sobre los seres vivos, y su ausencia o proporciones mínimas en regiones áridas es el principal obstáculo que se opone al desarrollo de la vida en tales regiones (CANDEL, 1971).

3.2.3. Vientos

El viento es el movimiento de aire en la superficie terrestre. Es generado por la acción de gradientes de presión atmosférica producida por el calentamiento diferencial de las superficies y masas de aire. En una hoja se puede crear una fina capa, producto de la transpiración, a mayor velocidad del viento, favorece la intensidad de la transpiración (FUENTES, 2003).

“El desequilibrio creado por la diferencia de presión tiende a equilibrarse de una forma natural mediante el desplazamiento de aire de la zona de mayor presión a la de menor presión; este desplazamiento de aire horizontal recibe el nombre de viento” (FUENTES, 2003).

Desde el punto de vista ecológico, el conocimiento de la variabilidad del viento tiene implicaciones amplias en la agricultura y en el manejo de los suelos. Los vientos influyen en:

- *La remoción de CO₂.*
- *Transferencia y/o remoción de vapor de agua.*
- *Transporte de insectos, polen y esporas de enfermedades.*
- *Cambios en la humedad atmosférica local.*

- *Aumento en las tasas de evapotranspiración.*
- *Pérdidas en las aplicaciones de agua en los sistemas de riego por aspersión-*
- *Cambios térmicos en las primeras capas del suelo.*
- *Pérdidas de suelos por erosión eólica (CHANG & ROSEMBERGJ, 1971;1974).*

3.2.4. Evapotranspiración

La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros por unidad de tiempo ya sea este una hora, un día, 10 días, un mes o incluso un completo periodo de cultivo o un año. El rendimiento máximo de un cultivo depende mucho de la evapotranspiración y esto ocurre en condiciones óptimas (FUENTES, 2003).

En un proceso de producción, las pérdidas de agua por evaporación del suelo son mayores al momento del establecimiento del cultivo, por la influencia de los rayos solares, el agua escapa hacia la atmósfera; conforme el cultivo va desarrollando estas pérdidas van decreciendo y la transpiración de las plantas va aumentando. Estos dos procesos sumados se denominan “evapotranspiración” (CADENA, 2012).

Usualmente se expresa en unidades de lámina de agua por tiempo, es decir en mm, sea por mes o estación. La lámina de 1mm de agua, se traduce a volumen por superficie; de la siguiente manera:

$$1\text{mm} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

La evaporación, la transpiración y la evapotranspiración (ET) son elementos climáticos importantes para realizar la programación de riego.

Para determinar los requerimientos de riego es necesario estimar la ET(evapotranspiración) por medidas directamente en el campo o utilizando datos meteorológicos. Las medidas directamente en el campo son muy costosas y se utilizan mayormente para calibrar los métodos que estiman la evapotranspiración utilizando datos del clima (FUENTES, 2003).

Los factores que condicionan la evapotranspiración son los siguientes:

- a) *Condiciones meteorológicas.* La insolación fuerte, las temperaturas elevadas, la sequedad del ambiente y el viento; favorecen la evapotranspiración, es decir, el clima nos permite decir las más altas necesidades de agua de los cultivos dependiendo del clima del lugar donde este establecido (CADENA, 2012).
- b) *Condiciones de cultivo.* La naturaleza de la vegetación, la fase vegetativa del cultivo y la densidad de siembra influyen en la necesidad de agua. La evapotranspiración varía a lo largo del ciclo vegetativo, plantas poco desarrolladas la mayor parte del agua se pierde por evaporación en el suelo; a medida que el cultivo se desarrolla aumenta la transpiración debido a que aumenta el follaje y este cubre la superficie del suelo (CADENA, 2012).
- c) *Condiciones dependientes del suelo.* Principalmente se destaca la capacidad de retención del agua.

3.2.5. Caracterización climática

La importancia del clima en un estudio de Reconocimiento Biofísico es incuestionable, pues integra un conjunto de elementos, factores y fenómenos (precipitaciones, insolación, nubosidad, etc.) que se localizan en el estrato de la atmósfera (biosfera) en contacto directo con los seres vivos y con el suelo (en el que viven y del que se alimentan también los seres vivos). Por tanto, es un factor importante en el estudio de los suelos y básico en lo que se refiere a la distribución de los seres vivos (bioclimatología) y muy especialmente de los vegetales (Fito climatología).

3.3. Suelo

El suelo es un cuerpo natural, tridimensional, no consolidado, producto de la interacción de los llamados factores formadores del suelo (clima, rocas, organismos, relieve, tiempo). Está compuesto por sólidos (material mineral y orgánico), líquidos y gases, que se mezclan para formar los horizontes o capas diferenciales, resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia a través del tiempo, y cuyo espesor puede ir desde la superficie terrestre hasta varios metros de profundidad.

3.3.2. Análisis del suelo

El análisis de suelo nos permite determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos. El análisis de suelo permite determinar el grado de fertilidad del suelo. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente es productivo, debido a que existen otros factores de tipo físico como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, etc., que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas. (DIAZ & HUNTER, 1978).

El análisis de suelos cumple con dos funciones básicas (Inpofos 1997):

- Indica los niveles nutricionales en el suelo y por lo tanto es útil para desarrollar un programa de fertilización.
- Sirve para monitorear en forma regular los cambios en la fertilidad del suelo que ocurren como consecuencia de la explotación agrícola y los efectos residuales de la aplicación de fertilizantes.

Existen muchos procedimientos analíticos para el análisis de suelos, los cuales varían según las características de los suelos, tales como su mineralogía de arcillas, el tipo

de carga iónica, la Capacidad de Intercambio Catiónico, el pH, etc. Muchos de esos procedimientos fueron diseñados para condiciones específicas de suelos (DIAZ & HUNTER, 1978).

Para realizar el análisis del suelo se basa en dos procesos fundamentales que son: el proceso de muestreo y el protocolo de análisis de las muestras que se debe seguir para obtener los resultados de las propiedades analizadas.

3.3.3. Recomendaciones para tomar muestras de suelo

El análisis de suelos será tan bueno como la calidad de las muestras tomadas, pues la muestra enviada al laboratorio, de 0,5 a 1,0 kg, representa millones de kilogramos de suelo, por este motivos se debe seguir los siguientes pasos. (ZAGAL & ZADSAWKA, 2007).

- Delimitación de las áreas

Para la delimitación de las áreas a estudiarse es necesario realizar un croquis o mapa sencillo con las superficies más o menos homogéneas, en cuanto al tipo de suelo, apariencia física y clase de manejo. Luego de realizar este trabajo por simple inspección visual es necesario ubicar los detalles más importantes de la finca como lo son partes altas o bajas, planas o inclinadas, coloración del suelo, si es arenoso o pesado, vegetación alta, media o baja, áreas que no se han trabajado ni fertilizado, y áreas trabajadas y fertilizadas.. (ZAGAL & ZADSAWKA, 2007).

- Época de muestreo

En suelos no sembrados anteriormente, haga el muestreo de dos a tres meses antes de la siembra; en cultivos de ciclo corto dos meses antes, y en cultivos permanentes, anualmente, dos meses antes de la fertilización. (ZAGAL & ZADSAWKA, 2007).

- Herramientas y materiales necesarios

Para la toma de muestra en cada lote se debe utilizar los implementos necesarios como barreno, pala, bolsa plástica, etiquetas, balde, etc.

- Toma de la muestra

Identificar los predios, luego determinar el punto central del mismo y coger la muestra a 0,5 cm y a 0,15 cm con el barreno, depositar la muestra en un balde, luego en fundas plásticas, identificarlas y enviarlas al laboratorio (ZAGAL & ZADSAWKA, 2007).

3.3.3.1. Protocolo de análisis de muestras

El protocolo a seguir para realizar los análisis de las muestras el laboratorio es el siguiente.

- Homogeneización de la muestra

Disgregar los terrones manualmente o mediante un martillo de goma, eliminando las piedras y los residuos vegetales de mayor tamaño, tales como raíces gruesas o cualquier otro tipo de agregados (ZAGAL & ZADSAWKA, 2007).

- Secado de la muestra

Colocar la muestra en bandejas de plástico o madera con la finalidad de exponerla al aire libre y se acelere el proceso de secado.

- Tamizado de la muestra

Cernir la muestra a través del tamiz de 0,5mm y de 2mm. Los terrones que no pasan se disgregan en un mortero y se tamizan nuevamente (ZAGAL & ZADSAWKA, 2007).

- Almacenamiento de la muestra

Se separa las muestras tanto de 0.5 mm y de 2mm en una bolsa de plástico siendo esta ultima la muestra que se somete a los procedimientos analíticos pertinentes.

3.3.4. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de un suelo tienen mucho que ver con la capacidad que el hombre les da para muchos usos. Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. Están íntimamente conectados con la condición física del suelo (PORTA, LOPEZ, & ROQUERO, 1994).

3.3.4.1. Textura

Según (Castro, 1998), la textura indica la proporción o cantidad en que se encuentran la arcilla (Ar), el limo (L) y la arena (A) en el suelo. Al ser la propiedad física más estable del suelo, se le considera constante por un número largo de años. Esta propiedad se usa comúnmente como criterio para determinar en un suelo la permeabilidad o infiltración, la capacidad de retención de humedad, la plasticidad o adhesividad, la aireación, las condiciones de labranza, la capacidad de intercambio catiónico y la fertilidad (CELY, 2010).

En el diseño y planificación del riego la textura es un parámetro fundamental del cual depende en alto grado el comportamiento hidrodinámico del suelo. Las clases texturales, ordenadas según el aumento de las proporciones de las partículas finas, son: arenosa, arenosa franca, franca, franco limosa, limosa, franco arcillo limosa, franco arcillosa, arcillo arenosa, arcillo limosa y arcillosa. Para fines prácticos las clases texturales son agrupadas en los llamados GRUPOS TEXTURALES, teniendo en cuenta su similitud en el comportamiento (CELY, 2010).

Es el tamaño de las partículas que componen un suelo, es decir, por su diámetro se definen en: arena, limo y arcilla, su nombre va en función a la proporción dominante de las mismas. Las partículas de arena tiene diámetro entre 2 y 0.02 mm, limo entre

0.02 a 0.002 mm y arcilla inferiores a 0.002 mm según el Sistema Internacional (CELY, 2010).

Textura gruesa o suelo arenoso

Se pueden observar con gran facilidad, son de textura rugosa por ende tiene poros grandes. Presentan una fracción de un 70% o más de todo el material en peso. Su capacidad de retención de agua es muy baja, presenta alta velocidad de infiltración ya que el paso de percolación es rápido debido a los espacios entre las partículas, menor capacidad de absorción de nutrientes lo que les convierte en suelos menos fértiles, generalmente son suelos livianos por ende fáciles de trabajar. A estos suelos tienen que regarse rápido, con menor caudal y con mayor frecuencia (CADENA, 2012).

Textura media o suelo franco

“Son suelos que contiene partículas grandes, medias y finas que dan lugar a poros medianos y pequeños, debido que existe una proporción balanceada de las fracciones de arena – limo – arcilla”.

Textura fina o suelo arcilloso

Estos suelos tienen alta retención de agua, baja velocidad de infiltración, mayor capacidad de absorción de nutrientes lo que les convierte en suelos fértiles, generalmente son suelos pesados consecuentemente difíciles de trabajar ya que cuando se humedecen se vuelve pegajoso. Los riegos a este tipo de suelo se deben realizar caudales grandes y con menor frecuencia (CADENA, 2012).

De acuerdo al "Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador" del INIAP, considera que los suelos con texturas óptimas para un buen desarrollo del

cultivo de pasto van desde: Franco, franco limoso, franco arcilloso y franco arenoso, con buen drenaje. (INIAP, 2000).

Las texturas ideales son las equilibradas, con proporciones adecuadas de arcillas, limos y arenas, con buenas propiedades físicas y químicas. Las texturas desequilibradas pueden dar origen a diversos problemas. Las texturas arenosas finas y limosas son propensas a la erosión. Por otro lado, la textura arenosa presenta baja capacidad de retención de agua y baja capacidad de suministro de nutrientes. Las texturas limosas, franco-limosas favorecen la formación de una costra superficial, con el consiguiente apelmazamiento. Las texturas arcillosas son ricas en nutrientes y tienen alta capacidad de retención de agua, pero presentan una muy baja permeabilidad, presentando graves problemas de hidromorfía. (CELY, 2010).

3.3.4.2. Densidad Aparente

“La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa (secada al horno) de las partículas del suelo y el volumen total, incluyendo el espacio poroso que ocupan. Esta medida tienen los siguientes usos”:

- Transforma los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y consecuentemente calculada la lámina de agua en el suelo.
- Calcula la porosidad total de un suelo cuando se conoce la densidad de las partículas.
- Estima el grado de compactación del suelo por medio del cálculo de la porosidad.
- Estima la masa de la capa arable (MENDOZA, 1989).

La clasificación de la densidad aparente está dada de acuerdo a su valor, así por ejemplo aquellos suelos en los que su valor es menor a 1 se lo cataloga como muy bajos, valores de 1 a 2 gr/cm³ son caracterizados como bajos, aquellos suelos donde su valor va de 1,2 gr/cm³ a 1,45 gr/cm³ tiene una densidad aparente media, suelos con valores de 1,45 gr/cm³ a 1,60 gr/cm³ considerados como altos, y los suelos que

poseen valores de densidad aparente por sobre 1,60 gr/cm³ son catalogados como rangos muy altos. (DUARTE, FIGUEROA, HERNANDEZ, & AGUILAR, 2011).

Jones (1983) distingue para suelos de diferente textura un umbral o “valor crítico menor” de densidad aparente por debajo del cual el crecimiento radicular no es impedido. En función de las clases texturales, urgen para suelos con un rango de limo+arcilla del 90% al 10%, valores que fluctúan entre 1,2-1,6 Mg m³, respectivamente. Por otra parte, para esas mismas proporciones de arcilla, limo y arena, determina el “valor crítico superior” que oscila entre 1,4 y 1,8 Mg m³, cuando la densidad aparente del suelo supera dicho valor, el crecimiento de las raíces se ve severamente impedido (JONES, 1983).

“En un tipo de suelo los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados con. Buen drenaje y buena penetración de raíces, todo lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de las plantas”. (DONOSO 1992).

Por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene mala aireación, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamiento, y que las raíces tienen dificultades para elongarse y penetrar hasta donde encuentren agua y nutrientes. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de las plantas es impedido o retardado consistentemente. (DONOSO 1992).

Las condiciones ideales de suelo para los cultivos en cuanto a la densidad aparente tienen un rango que van desde 0,9 g/cm³ a 1.4 g/cm³, este rango permitirá un crecimiento correcto del sistema radicular además de tener un adecuado equilibrio entre los poros lo que permitirá establecer un sistema de riego adecuado. (KOFELER, BONZELLI 1987).

3.3.4.3. Densidad Real

La densidad real o densidad de partículas mide exclusivamente, la relación entre la masa de esas partículas y su peso. Se expresa como la relación de la masa total de partículas sólidas respecto a su volumen total, excluyendo el volumen ocupado por los poros que hay entre las partículas.

“La densidad real de las partículas de suelos diferentes varía dentro de cierta amplitud, pero no tanto como la densidad aparente. Para la mayor parte de los suelos se halla entre 2,6 gr/cm³ y 2,7 gr/cm³. El valor de 2,65 gr/cm³ se puede tomar como promedio” (CAIRO, 1995).

El contenido de los distintos elementos constituyentes de los suelos es el que determina las variaciones de su densidad real, por lo que la determinación de este parámetro permite, por ejemplo, estimar su composición mineralógica. Si la densidad real es muy inferior a 2,65 gr/cm³, podemos pensar que el suelo posee un alto contenido de yeso o de materia orgánica, si es significativamente superior a 2,65 gr/cm³ podemos inferir que posee un elevado contenido de óxidos de Fe o minerales ferro magnésicos (CAIRO, 1995).

De acuerdo a los valores de densidad real que tienen los suelos, estos reciben su categorización por ejemplo, valores por debajo 2,4 gr/cm³ son suelos con densidad real muy bajos, entre 2,4 gr/cm³ y 2,6 gr/cm³ su densidad real es bajo, de 2,6 gr/cm³ a 2,8 gr/cm³ catalogada como una densidad real media y valores por sobre 2,8 gr/cm³ son suelos que poseen una densidad real alta. (CAIRO, 1995).

3.3.4.4. Porosidad

Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O₂) y bióxido de carbono (CO₂) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire.

Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (AGUILERA, 1989).

Los terrenos arenosos son ricos en macro poros, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retención del mismo, mientras que los suelos arcillosos son ricos en micro poros, y pueden manifestar una escasa aeración, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua.

“Un suelo ideal debe tener 50% de porosidad, con 1/3 de poros grandes y 2/3 de poros medianos. La porosidad óptima para que las plantas se desarrollen correctamente es de 35% a 50% de la composición total” (AGUILAR, 2000).

(Aguilar. 2000), realiza una descripción del espacio poroso de los suelos de acuerdo al porcentaje de los mismos, así por ejemplo aquellos suelos que poseen un porcentaje menor a 25 % tienen un espacio poroso muy reducido, suelos que tienen entre 25 % y 45 % su espacio poroso es reducido, de 46 % a 50 % tienen un espacio poroso medio, de 51 % a 60 % su espacio poroso es amplio y finalmente aquellos que exceden el 60 % su espacio poroso es catalogado como muy amplio.

3.3.4.5. Capacidad de campo

Es el contenido de agua que retiene un suelo en contra de la gravedad, después de haber estado saturado (CADENA, 2012). A capacidad de campo se considera que el contenido de agua y aire del suelo es el ideal para el desarrollo de la planta.

La capacidad de campo representa el contenido de humedad del suelo cuando el agua que este contiene deja de fluir por gravedad, cuando este fenómeno ocurre el agua libre o gravitacional deja de existir en el suelo. En el suelo provisto de un buen drenaje interno la máxima capacidad de almacenamiento de agua está representada por la capacidad de campo. (GARY & DOROTA, 1988).

De acuerdo a la clase textural a la cual pertenece un determinado suelo se puede considerar los siguientes rango admisibles de capacidad de campo, Suelos arenosos de 2,5 a 7,5, suelos franco arenosos de 7,5 a 20,5, suelos franco limosos 20,5 a 33,0 y suelos arcillosos de 33,0 a 50,0 (BLEIR, 1965).

3.3.4.6. Contenido de humedad

El suelo, desde el punto de vista hidrológico, es un depósito o almacén de agua. El contenido del agua en el suelo depende de varios factores, uno de ellos, la cantidad de lluvia en un área pero también la habilidad del suelo para retener esta agua depende de factores físicos del suelo, tales como el espacio o poros del suelo, o bolsas de aire, entre los agregados del suelo y la textura de la misma.

La fórmula para el cálculo del porcentaje de humedad del suelo es la siguiente:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso de suelo húmedo} - \text{Peso de suelo seco}}{\text{Peso de suelo húmedo}} \times 100$$

“Un porcentaje de humedad ideal del suelo para el establecimiento de cultivos es aquel que supera el 25% hasta el 75%, en este estado del suelo las plantas se desarrollan con toda normalidad” (GONZALES, 1993).

3.3.5. Propiedades químicas

La química de los suelos se define como aquella parte de la ciencia del suelo que estudia la composición, las propiedades y las reacciones del suelo, dentro de las más

importantes tenemos al: pH, conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico.

3.3.5.1. pH

El término pH define la relativa condición básica o ácida de una sustancia. La escala del pH cubre un rango de 0 a 14. Un valor de pH de 7.0 es neutro. Los valores por debajo de 7.0 son ácidos. Aquellos que están sobre 7.0 son básicos. Cuando un suelo se satura con H^+ actúa como un ácido débil. Mientras mayor sea el H^+ retenido por el complejo de intercambio, mayor será la acidez del suelo.

Por lo general la acidez del suelo es común en todas las regiones donde la precipitación es alta, lo que ocasiona la lixiviación de grandes cantidades de bases intercambiables de los niveles superficiales de los suelos; en este caso, la solución del suelo contiene más iones hidrógeno (H^+) que hidroxilos (OH^-). Los suelos alcalinos son característicos de las regiones áridas y semiáridas; la alcalinidad se presenta cuando existe un alto grado de saturación de bases. La presencia de sales especialmente de calcio, magnesio y sodio en formas de carbonatos da también preponderancia a los iones (OH^-) sobre los iones (H^+) en la solución del suelo (MILLAR ET AL., 1971).

“En el pH del suelo tienen influencia varios factores, entre los que se incluyen: material de origen y profundidad del suelo, precipitación inundación, vegetación natural, cultivos sembrados y fertilización nitrogenada”. (MAIER, PEPER, & YERBA, 1999).

El principal efecto de un pH muy alto o muy bajo es que algunos nutrientes pueden estar disponibles en forma excesiva y ser tóxicos mientras que la disponibilidad de otros puede disminuir y aparecer como deficiencias del cultivo (MAIER, PEPER, & YERBA, 1999).

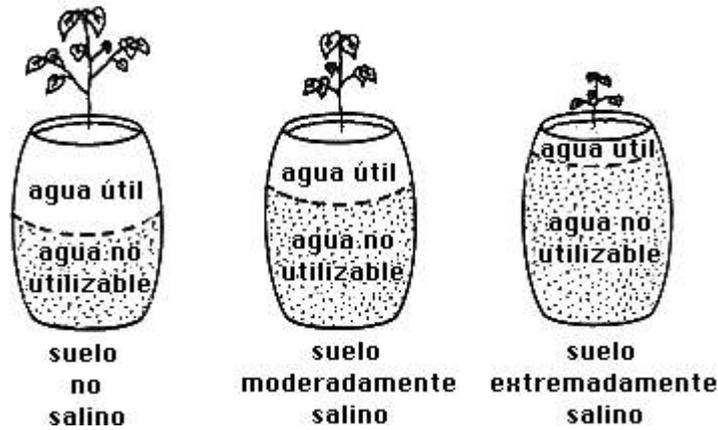
El pH caracteriza a los suelos según su valor, partiendo desde el rango mínimo que va de 0 a 5,5, estos suelos son conocidos como ácidos generalmente suelos en los que se tienen problemas para los cultivos, suelos ligeramente ácidos aquellos que poseen un valor de 5,6 a 6,4, suelos neutros aquellos que tienen valores de 6,5 a 7,5 y suelos alcalinos todos los suelos que tienen valores por sobre 7,5.

3.3.5.2. Conductividad eléctrica

Es una propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos. La determinación de la conductividad eléctrica es por lo tanto una forma indirecta de medir la salinidad de extractos del suelo.

Los efectos perjudiciales de la salinidad en los cultivos son de relevancia importancia por ejemplo el balance energético, no ocasiona en las plantas estrés hídrico sino que disminuyen considerablemente su altura. Para explicar este efecto, desarrollo la teoría del ajuste osmótico, la cual propone que las plantas, al aumentar la presión osmótica de la solución del suelo, se ven obligadas a una adaptación osmótica de sus células para poder seguir absorbiendo agua; adaptación que requiere un consumo de energía que se hace a costa de un menor crecimiento. (BERNSTEIN 1961).

La piel de la raíz actúa como una membrana semipermeable que en condiciones normales deja entrar el agua del suelo (el agua pasa del medio más concentrado hacia el menos para tratar de buscar un equilibrio; soluciones isotónicas) pero en los suelo salinos no ocurre así, sino a veces el efecto contrario ¡la planta cede su agua al suelo!, efecto conocido como plasmólisis. Como resultado gran parte del agua de un suelo salino no es absorbible por las plantas.



Fuente: Vázquez y Bautista 1993

GRÁFICO 1. Salinidad del suelo y su relación con la disponibilidad y absorción de agua.

Un valor de conductividad eléctrica comprendido entre 0.7 y 1 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ permitirá el crecimiento de cualquier cultivo sin mayores problemas. Es conveniente recordar que una salinidad elevada restringe las posibilidades de cultivo, pero no significa un impedimento insalvable. Al menos, no necesariamente (VASQUEZ & BAUTISTA, 1993).

(Vázquez y Bautista 1993), establecen que los suelos llamados no salinos son aquellos que tienen una conductividad de va de 0 a 4 (dS/cm), suelos moderadamente salinos aquellos que tienen valores de 4,1 (dS/cm) a 8 (dS/cm) y suelos extremadamente salinos a los suelos que poseen una conductividad por sobre los 8 (dS/cm) (VASQUEZ & BAUTISTA, 1993).

3.3.5.3. Capacidad de Intercambio Catiónico

La CIC o capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales. Esta capacidad aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica, y podría decirse que es la base de lo que llamamos fertilidad del suelo,

La CIC depende de la textura del suelo y del contenido de materia orgánica. En general, entre más arcilla y materia orgánica en el suelo, la capacidad de intercambio es mayor. El contenido de arcilla es importante, debido a que estas pequeñas partículas tienen una relación alta de área superficial a volumen. Los diferentes tipos de arcillas presentan diferentes valores de la CIC. (GRIM, 1953).

“Una CIC mayor de 30 **cmol.**, puede ser considerada como aceptable valores muy bajos indica que se hace necesario aplicar enmiendas al suelo como por ejemplo la incorporación de materia orgánica”. (CHANG & ROSEMBERGJ, 1971;1974).

La fertilidad de los suelos se basa en el valor de CIC, por ejemplo son suelos de baja fertilidad aquellos que tienen un valor menor a 10 cmol, suelos con fertilidad media aquellos que tienen valores de 10 cmol a 20 cmol y suelos de fertilidad alta aquellos que tienen valores por sobre los 20 cmol (PALADINES, 1992).

3.3.6. Caracterización del suelo

La caracterización del suelo es un proceso que busca tener un conocimiento claro y técnico de las propiedades del suelo. Entre las propiedades más importantes tenemos a las físicas, químicas y biológicas, el conocimiento en conjunto de estos parámetros es una herramienta básica para recomendar la implantación de diferentes cultivos.

3.3.6.1. Calidad del suelo

La habilidad que tiene el suelo de sostener la productividad biológica, soportar las funcionalidades del ecosistema y mantener el balance ambiental biofísico está íntimamente relacionada con la calidad del suelo. Por otra parte, sostienen que la calidad del suelo debe ser evaluada basándose en su funcionalidad específica, dentro de las cuales destacan: el mantenimiento de la productividad y biodiversidad, la regulación de los flujos hidrológicos, la filtración y

amortiguamiento de contaminantes, la regulación de los ciclos biogeoquímicos, el soporte estructural y la resistencia a la degradación y erosión, etc. (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

“Agrupando las funciones anteriores, Nortcliff, (2002) y Karlen et al., (2003) incluyen tres principios importantes en la definición de la calidad del suelo”:

1. La productividad del suelo, que se refiere a la habilidad del mismo para promover la productividad del ecosistema, sin perder o alterar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
2. La calidad del ambiente biofísico, entendida como la capacidad de un suelo para atenuar los contaminantes ambientales, los patógenos, y cualquier posible daño hacia el exterior del sistema, incluyendo también los servicios ecosistemas que ofrece (reservorio de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, recarga de acuíferos, etc. (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).
3. La salud del suelo, que se refiere a la capacidad de un suelo para producir alimentos sanos y nutritivos para los seres humanos y otros organismos.

La evaluación de la calidad del suelo es un proceso de conocimiento de la dinámica que presentan las propiedades edáficas que existen en los suelos. Dicho conocimiento es eficaz para evaluar la sustentabilidad de las prácticas de manejo del suelo. Esta evaluación debe considerar una estructura de metas prioritarias e identificar las funciones críticas del suelo necesarias para lograr esas metas y además seleccionar indicadores que provean información útil para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre la funcionalidad del suelo durante un periodo de tiempo (Gil-Stores et al., 2005). (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

3.3.6.2. Indicadores de la calidad del suelo

“Los indicadores que se utilizan comúnmente corresponden con las propiedades físicas, químicas del suelo. De acuerdo con ello, los indicadores de calidad del suelo deben cumplir con las siguientes condiciones” (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

- Que sean fáciles de medir.
- Que abarquen las propiedades físicas, químicas del suelo.
- Que sean accesibles a los evaluadores y aplicables en condiciones de campo.
- Que sean sensibles a las variaciones climáticas y de manejo (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

Asimismo, los indicadores de calidad del suelo deben permitir (Etchevers et al., 2009):

- Analizar la situación actual del suelo con respecto a la funcionalidad específica que se evalúa.
- Identificar los puntos críticos respecto de su sustentabilidad.
- Prever los impactos de una intervención y minimizarlos.
- Ayudar en la toma de decisiones (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011)

3.3.6.3. Indicadores Químicos

Entre las propiedades químicas propuestas como indicadores, se señalan aquellas que inciden en la relación suelo-planta como: la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas, entre otros (Etchevers et al., 2009). Propiedades químicas como la capacidad de intercambio catiónico (CIC) reducen la presencia de cambios drásticos en el pH y la disminución en la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Astier- Calderón et al., 2002). (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

Doran y Parkin (1994), propusieron como indicadores químicos el contenido de materia orgánica (MO), carbono y nitrógeno orgánico, pH, conductividad eléctrica (CE), y N, P y K, disponibles. Los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, MO, N, P y K) son importantes en términos de producción de cultivos. Por su parte Nortcliff (2002), propuso al pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos como el Al y Mn. Es importante considerar que uno de los problemas que presenta la utilización de las propiedades químicas como indicadores de la calidad del suelo es su alta variabilidad estacional a la vez se la considera como ventaja ya que son parámetros que se pueden mejorar y modificar a corto y mediano plazo mediante la aplicación de enmiendas agrícolas lo cual no ocurre con las propiedades físicas (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

3.3.6.4. Indicadores Físicos

Los indicadores físicos que se han empleado en la evaluación de la aptitud del suelo están relacionados, por un lado, con propiedades que reflejen como el suelo acepta, retiene y proporciona agua a las plantas y por otro lado, a las condiciones que limitan el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración y el movimiento del agua dentro del perfil (Etchevers et al., 2009). (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

Existe una amplia variedad de indicadores físicos de la calidad del suelo, éstos varían de acuerdo con las características predominantes del lugar en estudio. Doran y Parkin (1994), seleccionaron como indicadores la textura, profundidad, conductividad hidráulica, densidad aparente y capacidad de retención de agua. Por otra parte Nortcliff (2002), sugirió la textura, porosidad, densidad aparente y profundidad, del suelo. (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

3.4. Producción de pastos

Las principales funciones de los pastos de pastoreo, como virtualmente en la mayoría de las plantas superiores, son atrapar la luz del sol con el follaje, para asegurar el suministro de energía para el crecimiento, absorber el agua, los nutrimentos naturales y los minerales del suelo por medio de las raíces. Además, el desarrollo del tejido nuevo de la planta proveniente de estos sitios de crecimiento es un proceso implícitamente continuo, mientras las condiciones climáticas lo permiten (HODGSON, 1994).

En la consecución del desarrollo deseado, el suelo es un recurso natural indispensable, cuya degradación engendra: pobreza desplazamiento, violencia e injusticia a consecuencia del hambre. Esto lo hace no solo un tema ideal para una enseñanza de la ciencia compleja e integrada a la realidad social; una ciencia capaz de contribuir al desarrollo a través de la construcción de una educación ex profeso, sino igualmente un tema indispensable a abordar en toda práctica científica y educativa, pues de él depende la existencia de la vida en la tierra (ARCILA & CHÁVEZ, 2005).

3.4.1. El sistema pastizal

El proceso fundamental de todos los sistemas convencionales de producción de alimentos, es el aprovechamiento de la energía solar y el suministro a las plantas de nutrimentos del propio suelo para la producción de tejido vegetal. En los sistemas de producción animal existen dos etapas: Las plantas que primeramente sirven de alimento a los animales y más adelante son convertidas en productos animales utilizables. Cada una de estas etapas tiene su propia eficiencia (producción total expresada como una proporción de la energía absorbida) la cuál puede estar influida por el manejo y junto con estas eficiencias se determina la producción que se logra (HODGSON, 1994).

3.4.2. Establecimiento de pasturas

Los principales requerimientos para el establecimiento del pastizal son en forma preliminar la atención al desagüe, al pH del suelo y al estado de los principales y menores nutrimentos de la planta y a la preparación de un plantío firme. El encalado inicial y las aplicaciones de fertilizantes se deberán basar en análisis preliminares del suelo. La aplicación temprana de fertilizantes de N ayuda a estimular el crecimiento de plantas en semillero (HODGSON, 1994).

Un manejo cuidadoso del pastizal es en esencial durante la fase de establecimiento, con el fin de estimular el retoñar en pastos y el desarrollo de estolones en tréboles (HODGSON, 1994).

3.4.3. Variedades de especies forrajeras cultivadas en la zona andina

Entre las especies más importantes que se cultivan la zona andina tenemos a las siguientes:

Rye grass híbrido (*Lolium hybridum* H.)

Las variedades híbridas presentan características intermedias entre ambos parentales encontrándose variedades muy cercanas al rye grass anual y otras al perenne. Sin embargo casi ninguna contiene más del 25% de rye grass anual en su composición genética. Son consideradas como perennes de vida corta (hasta 4 años según la variedad y el clima (DUTHIL, 1989).

Trébol rojo (*Trifolium pratense* L.)

Se trata de una herbácea perenne de 10-60 cm de altura (puede alcanzar hasta los 110 cm) y pilosidad variable. Tallos erectos o ascendentes. Su sistema radicular consta de una raíz pivotante, que

resulta pequeña en comparación con las numerosas raíces adventicias forman una corona que arranca del cuello. (DUTHIL, 1989).

Presenta hojas trifoliadas con folíolos ovalados, blandos, de grandes dimensiones (1-3 cm de longitud. y 8-15 mm de ancho), con dos estípulas basales estrechadas en arista, un peciolo de 1-4 cm de longitud y de color verde con un característico pálido creciente en la mitad más afuera de la hojuela. Se disponen alternamente. (DUTHIL, 1989).

3.4.4. Mezclas forrajeras

“Las mezclas forrajeras como a una población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas, en la que al menos una es de hábito de vida perenne”. (CARAMBULA, 2002).

Las gramíneas están presentes en todas las asociaciones prátcolas del mundo. Están adaptadas biológica y estructuralmente a sobrevivir en condiciones adversas (competencia, fuego, pastoreo). Por lo tanto: se adaptan a una variedad de suelos baja sensibilidad a pastoreos o cortes son estables (poblaciones adecuadas) productividad muchos años baja susceptibilidad a enfermedades y plagas compiten con las malezas (CARAMBULA, 2002).

“Las **leguminosas** aportan N a las gramíneas y al suelo en forma gradual, y son de alto valor nutritivo aumentando el consumo animal”. (CARAMBULA, 2002).

El Ecuador es un país muy diverso en cuanto a clima por lo que resulta muy difícil encontrar semillas de pastos que se adapten a todas las zonas, mucho más aún si la mayor parte de ellas son producidas en regiones de cuatro estaciones presentando un comportamiento muy variable según la región donde se utilice. (INIAP I. N., 2011).

CUADRO 1. Opciones de mezclas forrajeras y cantidad de semilla por hectárea para zonas lecheras de la sierra ecuatoriana.

| ALTERNATIVAS DE MEZCLAS FORRAJERAS | Kg/ha | % |
|------------------------------------|------------|------------|
| OPCIÓN 1 | 45 | 100 |
| Rye grass perenne | 20 | 44 |
| Rye grass anual | 10 | 22 |
| Pasto azul | 12 | 27 |
| Trébol rojo | 2 | 4 |
| Trébol blanco | 1 | 2 |
| OPCIÓN 2 | 45 | 100 |
| Rye grass perenne | 25 | 56 |
| Rye grass anual | 15 | 34 |
| Trébol blanco | 5 | 10 |
| OPCIÓN 3 | 50 | 100 |
| Rye grass perenne | 43 | 86 |
| Trébol blanco | 7 | 14 |
| OPCIÓN 4 | 45 | 100 |
| Falaris | 38 | 85 |
| Trébol blanco | 7 | 15 |
| OPCIÓN 5 | 135 | 100 |
| Avena | 90 | 67 |
| Vicia | 45 | 33 |

Fuente: INIAP, 2004
Elaborado por: El Autor.

3.4.5. Requerimientos climáticos del cultivo de pasto

El cultivo de pasto requiere de las siguientes condiciones climáticas para alcanzar los mayores rendimientos en productividad y desarrollo.

CUADRO 2. Necesidades climáticas del cultivo de pasto.

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Altura | 2500 a 3000msnm |
| Temperatura | 8 a 18 grados |
| Precipitación | 600 a 1200 mm/año |
| Heliofania | 100 a 1500 horas/ año |
| Vientos | 2 m/s |

Fuente: INIAP, 2011
Elaborado por: El Autor.

3.4.6. Requerimientos físico-químicos del suelo para el cultivo de pastos

El cultivo de pasto al igual que diferentes cultivos requieren de suelos con características óptimas para su desarrollo, dentro de estas características tenemos a los parámetros físicos y químicos entre las cuales citamos las siguientes:

3.4.6.1. Parámetros físicos

CUADRO 3. Parámetros físicos óptimos para el cultivo de pastos.

| <i>Parámetro</i> | <i>Rango Optimo</i> |
|---------------------------|---|
| Textura | <ul style="list-style-type: none">• Franco• Franco limoso• Franco arcilloso• Franco arenoso, |
| Densidad aparente | 0,9g/cm ³ a 1.4 g/cm ³ , |
| Densidad real | 2,65 gr/cm ³ |
| Porosidad | >35% |
| Capacidad de campo | 30%-50% |
| % de humedad | 25% a 75% |

Fuente: INIAP, FAO
Elaborado por: El autor.

3.4.6.2. Parámetros Químicos

CUADRO 4. Parámetros químicos óptimos para el cultivo de pastos.

| <i>Parámetro</i> | <i>Rango óptimo</i> |
|---|---------------------|
| pH | 5,5 – 7,5 |
| Conductividad Eléctrica | 0,7 a 1,1 |
| Capacidad de intercambio Catiónico | >30 cmol |

Fuente: INIAP, FAO
Elaborado por: El autor.

3.4.7. Topografía

Los suelos con pendientes superiores al 40 % se consideran como aptos solamente para cultivos forestales ya que si se implanta otro tipo de cultivo con grandes requerimientos de agua están propensos a la erosión debido a su pronunciada topografía existiendo desplazamientos de capas superficiales. No obstante son muchas las áreas de la sierra que tienen iguales o superiores y sostienen explotaciones ganaderas. No hay duda alguna que a medida que aumenta la pendiente aumenta los riesgos de erosión hídrica y eólica, sobre todo en pasturas recién establecidas cuando hay suelo descubierto y cuando la carga animal es alta, una topografía ideal es aquella que no sobrepasa el 20% de desnivel (RAMÍREZ, ET AL, 1996).

3.5. Sistemas de información geográfica

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía. (CALVO, 1992).

3.5.1. Importancia de los (SIG)

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma (BOSQUE, 1992).

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

1. **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
2. **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
3. **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
4. **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
5. **Pautas:** detección de pautas espaciales.
6. **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas (BOSQUE, 1992).

3.5.2. Funcionamiento de los (SIG)

Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador (DAO o CAD) con capacidades de georeferenciación. (BERRY, 1993).

Dada la amplia disponibilidad de imágenes orto-rectificadas (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización (BERRY, 1993).

4. UBICACIÓN

4.1.Ubicación Política Territorial

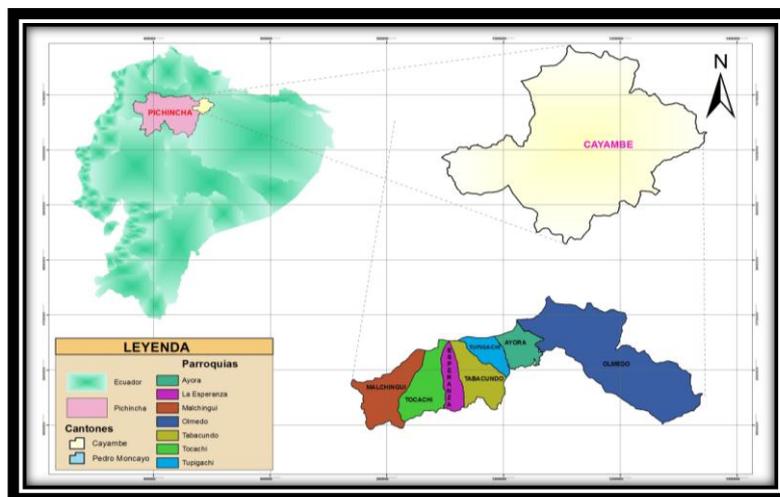
El canal de riego Cayambe Pedro Moncayo se encuentra ubicado en:

País : Ecuador
Provincia : Pichincha
Cantón : Cayambe- Pedro Moncayo
Parroquia : Olmedo, Ayora, Tupigachi, Tabacundo, La Esperanza, Tocachi, Malchingui

4.2.Ubicación Geográfica

El área de estudio abarca las zonas de influencia del canal de riego Cayambe- Pedro Moncayo se localiza entre los 809644,59 UTM latitud Este y 10009153,37UTM longitud Norte, en el cantón Cayambe y Pedro Moncayo, provincia de Pichincha, al Noreste de la ciudad de Quito y aproximadamente a 3 200 metros sobre el nivel del mar.

MAPA 1. Ubicación de la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo



Fuente: Laboratorio SIG – UPS.

4.3. Condiciones Agroecológica

Según los parámetros climatológicos tomados de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón, el canal de riego Cayambe- Pedro Moncayo, involucra tres zonas importantes que son: zona alta la parroquia de Olmedo, zona media la parroquia de Ayora, Tupigachi y parte media de Tabacundo, y la zona baja se encuentran la parte baja de la parroquia de Tabacundo, La Esperanza, Tocachi y Malchingui.

4.3.1. Precipitación

El régimen de precipitaciones en la zona de influencia del canal de riego Cayambe – Pedro Moncayo es de característica interandinas, por lo general inician en el mes de octubre y se extiende al mes de mayo, con promedios mensuales de 52,9mm, observándose los valores máximos en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre con valores por sobre los 87,2mm y los valores mínimos en los meses de julio y agosto con 11,4mm.

4.3.2. Vientos

Según los registros meteorológicos de las estaciones del INAMHI ubicados en Olmedo y Tomalón, se registraron velocidades de viento promedio anuales de: 2m/s hasta 4m/s, observándose los vientos más fuertes en los meses de Julio, Agosto y Septiembre con velocidades de hasta 7m/s.

4.3.3. Temperatura

En el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo las temperaturas máximas promedio oscilan los 22°C, las mínimas en 8,8°C y las temperaturas promedio mensual 14,9°C, dichos datos fueron recopilados del anuario del 2009 de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón.

4.3.4. Heliofania

El brillo solar en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo de acuerdo al anuario de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón del 2009 demuestran poca variabilidad con registros máximos en los meses de Julio, Agosto y Septiembre con valores por sobre las 200 horas/luz y las mínimas en los meses de Enero y Febrero con apenas 100 horas/luz.

4.4. Suelo

El suelo es otro de los elementos importantes del territorio, ya que al relacionarse con una agua de calidad es favorable para la vida humana, animal y vegetal, además es el elemento básico para el desarrollo de las actividades productivas de tipo agrícola y pecuario, por esa razón es importante conocer sus características para poder darle el uso más idóneo así como un eficiente manejo para su conservación, caso contrario pueden producirse fenómenos nocivos como la erosión y la contaminación.

En el cantón Cayambe se puede diferenciar tres tipos de suelo: Suelos derivados de materiales piroclásticos, alofánicos, francos - arenosos, con gran capacidad de retención de agua, muy negros en régimen frígido y mésico, negros en régimen térmico y con presencia de horizonte amarillo de gran espesor en régimen hipertérmico. Suelos poco profundos, erosionados, sobre una capa dura (cangagua) a menos de un metro de profundidad, con horizonte argílico de poco espesor, textura franco arcillo arenoso. (CACHIPUENDO, 20119).

Para Pedro Moncayo, los tipos de suelo existentes son: En la parte alta tierra negra, franca y arcillosa, suelos profundos derivados de materiales piro clásticos. En la parte media son suelos meteorizados con baja retención de humedad, franco arenoso, limo arenoso, poco profundo, con una retención media de humedad derivados de materiales volcánicos, meteorizados de acuerdo al proceso de erosión de sedimentación. En la parte baja los suelos son arenosos severamente erosionados en los cuales diferentes áreas o superficies se encuentran cangagua, con una retención de humedad muy baja y con menos de 1% de materia orgánica, entre 0 a 20 centímetros. (CACHIPUENDO, 2011). MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos empleados durante la investigación son:

4.2. Materiales

- ✓ Equipo GPS
- ✓ Barreno
- ✓ Balde
- ✓ Fundas Plásticas
- ✓ Encuestas
- ✓ Cinta Métrica
- ✓ Cámara

4.3. Métodos

Los métodos aplicados dentro de la investigación fueron: el método inductivo y deductivo. Para esto se recopiló dos tipos de información, la información primaria a través del levantamiento en campo utilizando como herramientas principales las fichas de observación, fichas de campo, equipo GPS y análisis de parámetros físicos y químicos en el laboratorio, y como segundo la información secundaria que fue la recopilación bibliográfica y el trabajo de gabinete de la investigación.

4.3.1. Hipótesis

El presente trabajo se realizó mediante la siguiente pregunta de Investigación:

¿Cuáles son las zonas potenciales para la producción de pastos en el territorio de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo?

4.3.2. Variables

En cumplimiento de los objetivos y despejar la pregunta de investigación planteados en el presente proyecto de tesis se estudiarán las siguientes variables:

4.3.2.1. Variables del Clima

Se tomó en cuenta los siguientes parámetros climáticos

- ✓ Temperatura, se expresó en °C.
- ✓ Precipitación en mm/mes.
- ✓ Velocidad del viento en m/s.
- ✓ Horas de sol (año).

Se utilizó datos de los últimos 10 años de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón, ubicadas en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

4.3.2.2. Variables del suelo

Para evaluar el comportamiento físico de los suelos de la zona en estudio se tomó en cuenta los siguientes parámetros.

- ✓ Textura
- ✓ Porosidad
- ✓ Densidad Real
- ✓ Densidad Aparente
- ✓ Capacidad de campo
- ✓ Cantidad de humedad

En la evaluación de los suelos para la parte química se analizó los siguientes parámetros.

- ✓ pH
- ✓ Conductividad eléctrica
- ✓ Capacidad de Intercambio Catiónico

Todos los parámetros tanto físicos como químicos fueron analizados en el laboratorio de suelos de la UPS.

4.3.2.3. Superficie

Esta variable se la ejecutó con la información catastral de los cantones Cayambe y Pedro Moncayo y se cuantificó la superficie cultivada con pastizales utilizando el padrón de usuarios vigente que facilitó el CODEMIA CPM a través de la matriz de padrón.

4.3.2.4. Superficie regable

En esta variable se utilizó los datos de la superficie total y la superficie que se encuentra bajo riego y se expresó en hectáreas.

5. MANEJO ESPECÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN

En la ejecución del presente estudio se tuvo la colaboración de personas inherentes al proyecto, para lo cual se realizó acercamientos directos con los respectivos representantes de cada comunidad y sectores de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo y se realizaron las siguientes actividades.

5.1. Caracterización climática del sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo

Para cumplir con esta variable se procedió a revisar la información meteorológica de los anuarios de las estaciones del INHAMI Olmedo, y Tomalón, cuya información recopilada fue desde hace 10 años atrás es decir desde el 2 000 al 2 009 año hasta el que se tiene información y se analizó factores inherentes e influyentes para el manejo del agua de riego, cabe recalcar que de las estaciones antes mencionadas únicamente la estación de Tomalón sigue aportando datos climáticos del sector.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas ubicadas en el sector de influencia.

| Cantón | Estación Meteorológica | Este | Norte | Altura (msnm) |
|----------------------|------------------------|-----------|----------|---------------|
| Cayambe | MO23 – Olmedo | 828653,76 | 16386,48 | 3120 |
| Pedro Moncayo | MA2T - Tomalón | 807981,19 | 3688,66 | 2790 |

Fuente: INHAMI
Elaborado por: El Autor

Temperatura

Para este parámetro se procedió a analizar la información existente en los anuarios y se tomó en cuenta las temperaturas máximas y mínimas en grados centígrados, luego se sacó promedios por cada uno de los años en estudio.

Precipitación

Los anuarios del INHAMI revelan datos de precipitación en mm por año, por lo tanto se agrupó los valores de los años 2 000 hasta el 2 009 y se analizó las precipitaciones máximas y mínimas por año.

Heliofania

Para realizar el análisis de este parámetro se recopiló información de los últimos diez años y se procedió a revisar la variabilidad existente en el sector de influencia del canal de riego.

Velocidad del viento

La información existente en los anuarios del INHAMI está dada en km/h, por lo que para el estudio fue necesario transformar a m/s. Con esta información se procedió a analizar la variabilidad existente entre los años y las estaciones existentes en la zona de estudio.

5.2. Caracterización de los suelos según los parámetros físico-químicos del sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo

Con la finalidad de tener conocimiento técnico de las características tanto físicas como químicas de los suelos que comprenden el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo fue necesario realizar las siguientes actividades.

a) Identificación de las zonas altitudinales por parroquias

Para poder determinar los puntos de muestreo fue necesario establecer las diferentes zonas altitudinales que poseen cada una de las 7 parroquias que comprenden la zona de estudio, quedando establecido de la siguiente manera:

Tabla 2. Zonas altitudinales por parroquias.

| Parroquias | Zona Altitudinal | Altitud(msnm) |
|-------------------|------------------|---------------|
| Olmedo | Alta | 2800->3000 |
| Ayora | Alta | 2800->3000 |
| | Media | 2600-2800 |
| Tupigachi | Alta | 2800->3000 |
| | Alta | 2800->3000 |
| Tabacundo | Baja | < 2600 |
| | Media | 2600-2800 |
| La | Alta | 2800->3000 |
| Esperanza | Baja | < 2600 |
| | Media | 2600-2800 |
| | Alta | 2800->3000 |
| Tocachi | Baja | < 2600 |
| | Media | 2600-2800 |
| | Alta | 2800->3000 |
| Malchingui | Baja | < 2600 |
| | Media | 2600-2800 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor

b) Distribución del número de muestras por zonas y parroquias

Para determinar el número de muestras por parroquias se basó en la zona altitudinal de las mismas y de acuerdo al mapa de suelos que ya existe en el país. Se utilizó el método al azar es decir la totalidad de las muestras dividido de acuerdo a la superficie de cada sector, quedando distribuido de la siguiente manera.

Tabla 3. Numero de muestras por parroquias.

| Parroquias | Zona Altitudinal | # de Muestras |
|---------------------|------------------|---------------|
| Olmedo | Alta | 20 |
| Ayora | Alta | 24 |
| | Media | 4 |
| Tupigachi | Alta | 24 |
| Tabacundo | Alta | 12 |
| | Baja | 2 |
| | Media | 14 |
| La Esperanza | Alta | 6 |
| | Baja | 2 |
| | Media | 8 |
| Tocachi | Alta | 14 |
| | Baja | 24 |
| | Media | 26 |
| Malchingui | Alta | 2 |
| | Baja | 12 |
| | Media | 32 |
| TOTAL | | 224 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor

c) Toma de la muestra

Para la recolección de las muestras se utilizó el método de muestreo simple, el cual consiste en extraer dos muestras a doble profundidad a 0,5 cm y a 0,15 cm en un mismo punto, para este trabajo se realizó las siguientes tareas.

- ✓ Se realizó una limpieza superficial del sitio de muestreo.
- ✓ Se introdujo el barreno para la muestra a 0,5 cm y se procedió a extraer 1 kg de tierra.

- ✓ A la misma profundidad se cogió la muestra para realizar el análisis de la densidad, con cilindros de 0,5 cm de alto por 0,6 cm de ancho, tratando de que la muestra no sufra ninguna alteración.
- ✓ Para recolectar la muestra a 0,15 cm se realizó la misma metodología de la muestra superficial.
- ✓ Luego de obtener las muestras se procedió a etiquetarlas para finalmente enviarlas al laboratorio de suelos de la UPS.
- ✓ Por último se llenó la ficha con los datos de campo del sitio de muestreo y sus respectivas observaciones.

5.3. Superficie

Con la colaboración del laboratorio de los SIG de la Universidad Politécnica Salesiana se realizó la cuantificación de la superficie que comprende el sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro-Moncayo, esta información fue procesada utilizando los sistemas de información geográfica y se obtuvo los siguientes productos:

- ✓ La ubicación de la zona de estudio.
- ✓ Se cuantificó la superficie cultivada con pastizales.

Otra herramienta utilizada para realizar la cuantificación de la superficie cultivada con pastizales fue la ficha de campo, (Anexo3) la cual fue aplicada a los propietarios o por simple visualización de los predios muestreados esta información se procesó y se analizó el ítem cultivo actual. Esta información fue procesada utilizando las siguientes herramientas de los sistemas de información geográfica:

- Analysis Tools (Extract, Overlyn).
- Data Management Tools.
- Spatial Analyst Tools (Interpolation).
- Editor.

5.4. Superficie regable

Mediante la colaboración del laboratorio de los SIG de la Universidad Politécnica Salesiana se realizó la cuantificación de la superficie que se encuentra bajo riego de la acequia Tabacundo y con la finalidad de cumplir con esta variable se utilizaron las siguientes herramientas que posee la UPS sobre la información geográfica de la zona de estudio.

- ✓ La ubicación geográfica del Canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.
- ✓ Los Catastro de los cantones Cayambe y Pedro Moncayo.
- ✓ Curvas de Nivel.
- ✓ Mapa de pendientes.

Esta información fue procesada utilizando las siguientes herramientas de los sistemas de información geográfica:

- Analysis Tools (Extract, Overlyn).
- Data Management Tools.
- Spatial Analyst Tools (Interpolation).
- Editor.

5.5. Superficie potencial para el cultivo de pasto

Se analizó las características climáticas del sector así como los parámetros físicos y químicos del suelo se procesó y utilizando un software libre de los sistemas de información geográfica se elaboró un mapa temático de las zonas potenciales para el cultivo de pastizales en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Esta información fue procesada utilizando las siguientes herramientas de los sistemas de información geográfica:

- Analysis Tools (Extract, Overlyn).
- Data Management Tools.
- Spatial Analyst Tools (Interpolation).
- Editor.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

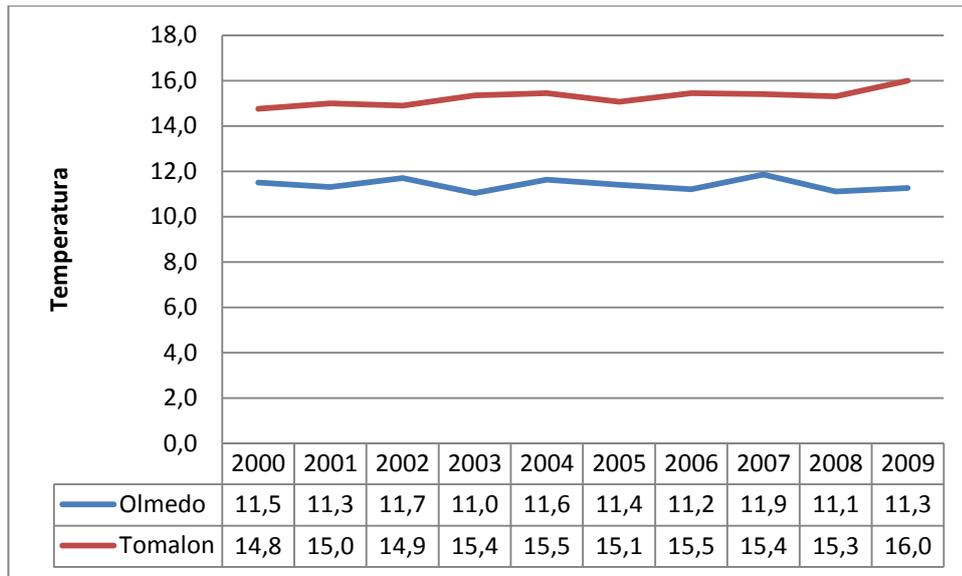
6.1. Clima

El clima en la zona de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo, viene dado por tres zonas importantes como son la zona alta de la parroquia de Olmedo, la zona media parroquia Ayora, Tupigachi y parte de Tabacundo, y la zona baja las comunidades de la parte baja de Tabacundo y la parroquia de La Esperanza.

Los parámetros climatológicos se han tomado de las estaciones que han funcionado a través de la historia en las zonas descritas como Olmedo (M023) y Tomalón (MA2T), y se ha tomado los datos promedio anual de los últimos diez años desde el año 2000 hasta el año 2009 para cada uno de los parámetros climáticos, cabe destacar que de estas estaciones la estación de Tomalón ubicada en la parroquia La Esperanza a los 2700msnm, es la única que sigue aportando datos reales hasta la actualidad. En esta caracterización se tomó en cuenta datos de temperatura, precipitación, velocidad del viento y Heliofania.

TEMPERATURA

La temperatura es un factor muy importante para el desarrollo del cultivo de pasto debido a su influencia directa sobre procesos como la fotosíntesis, transpiración, etc. Según establece el INIAP la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de pasto va desde los 8 grados hasta los 18 grados centígrados, temperaturas por sobre este valor dificulta el desarrollo de las plantas ya que según (Stapper y Fischer, 1990) por cada 1°C que aumente la temperatura media existe un 4 % de reducción en el rendimiento, esto se explica debido a que el cultivo necesita más nutrientes y por sobre todo mayor cantidad de agua para evitar el estrés hídrico.



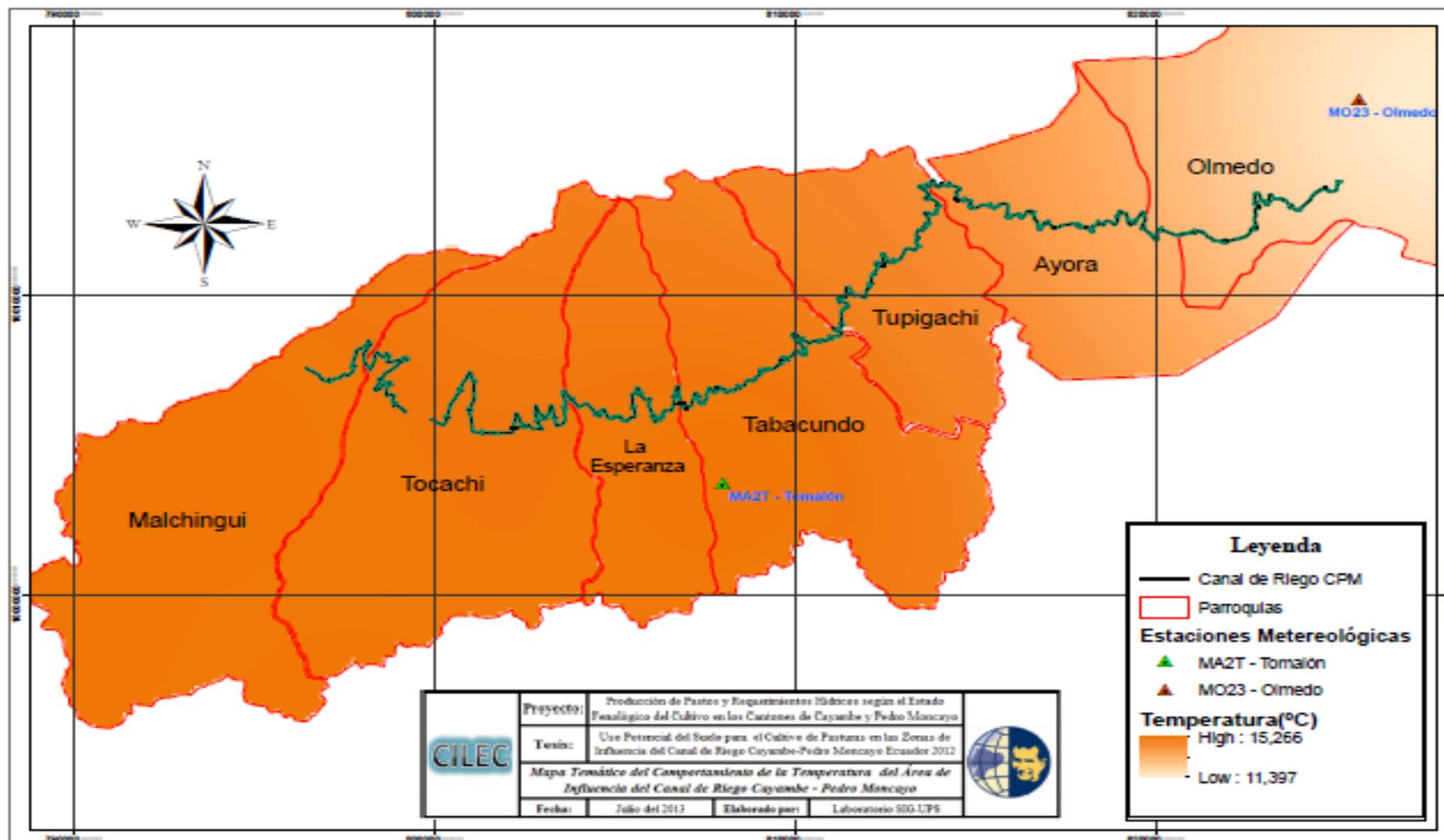
Fuente: INHAMI
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 2. Temperaturas promedio anuales en °C de las estaciones Olmedo y Tomalón en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

En el gráfico 2 se muestran las temperaturas promedio anual de los años 2000 hasta el 2009, año hasta el que se tiene información en los anuarios del INAMHI. En la estación Olmedo la temperatura máxima se registra en el año 2007 con 11,9 °C y la mínima en el año 2008 con 11,1 °C, en la estación de Tomalón la máxima temperatura se registra en el año 2009 con 16 °C y la mínima en el año 2000 con 14,8 °C.

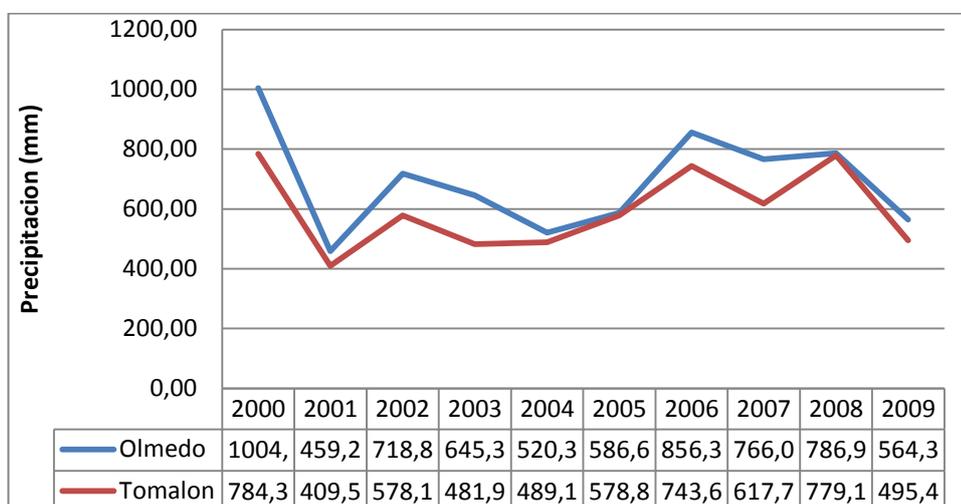
(SQUEO & CARDEMIL, 2006), aseveran que el efecto de temperaturas por sobre los 20 °C en el cultivo de forrajes es significativamente negativa, ya que afecta a los glúcidos solubles en agua porque al elevarse la temperatura en la planta el metabolismo se incrementa y esto resulta en un menor contenido de glúcidos, mientras que las bajas temperaturas afectan los procesos fisiológicos disminuyendo la velocidad de las reacciones enzimáticas, una disminución de pocos grados produce un cambio significativo en la tasa de crecimiento.

MAPA 2. Comportamiento de la temperatura registrada en los últimos 10 años en las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón.



PRECIPITACIÓN

Entre los parámetros climáticos más importantes para el establecimiento de pasturas tenemos a la precipitación, por tal razón se recopiló información de las precipitaciones anual de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón, El instituto de investigaciones agropecuarias (INIAP) establece que una precipitación óptima para el cultivo de pasto va de 600 mm/ año a 1 200 mm/ año, precipitaciones por debajo de dichos valores provocan que el cultivo sufra variabilidad en su crecimiento, mientras que precipitaciones muy elevadas provocaran en suelos arenosos la lixiviación de nutrientes hacia capas más profundas a las que las raicillas no pueden llegar.

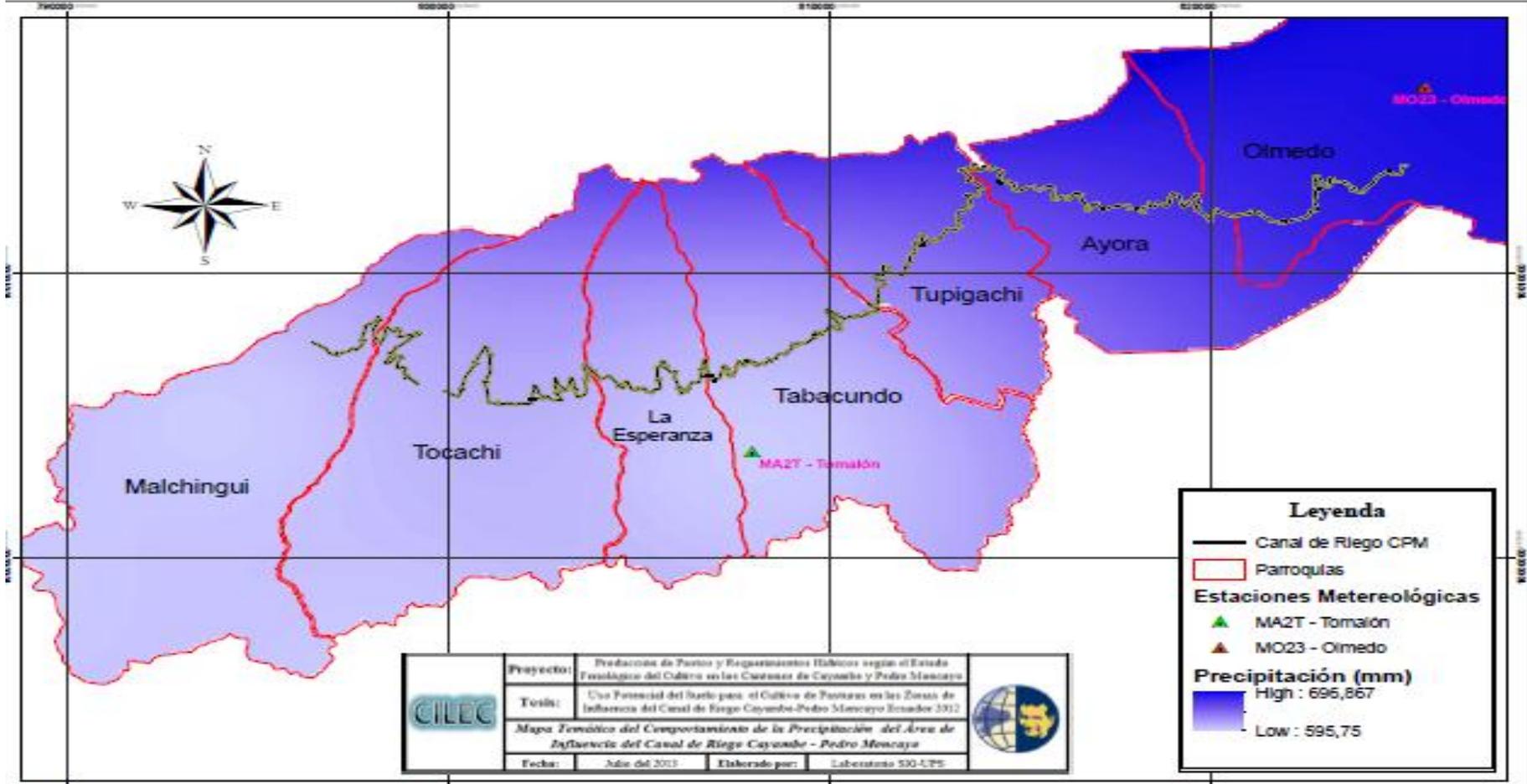


Fuente: INHAMI
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 3. Precipitaciones anuales en mm de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

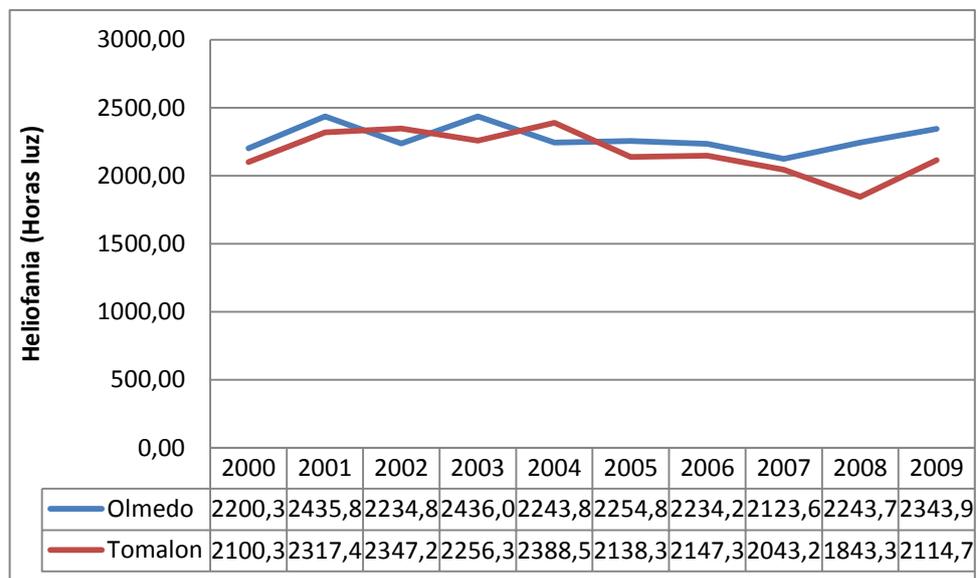
En el gráfico 3 se ilustran las precipitaciones registradas en cada una de las estaciones meteorológicas instaladas en la zona de estudio. La precipitación máxima en Olmedo es de 1 004,0 mm en el año 2 000, mientras que la mínima es la que se registra en el año 2 001 con apenas 459,2 mm, en la estación Tomalón la máxima precipitación es de 784,3 mm en el año 2 000 y la precipitación mínima es de 409,5 en el año 2 001, observando una deficiencia marcada en el año 2 001, tanto en la estación Olmedo como en la estación Tomalón.

MAPA 3. Comportamiento de la precipitación en los últimos 10 años registrados en la estación meteorológica de Olmedo y Tomalón



HELIOFANIA

La Heliofania representa la duración del brillo solar u horas de sol que necesitan las plantas para su óptimo desarrollo, El INIAP recomienda un rango de horas luz para el cultivo de pasto, el mismo que va de 100 a 1500 horas/año. Las zonas en las que el valor sobrepasa el rango establecido provoca en los suelos elevada evaporación y por ende la pérdida inmediata de la humedad, influyendo directamente en la absorción del agua por parte de las plantas.



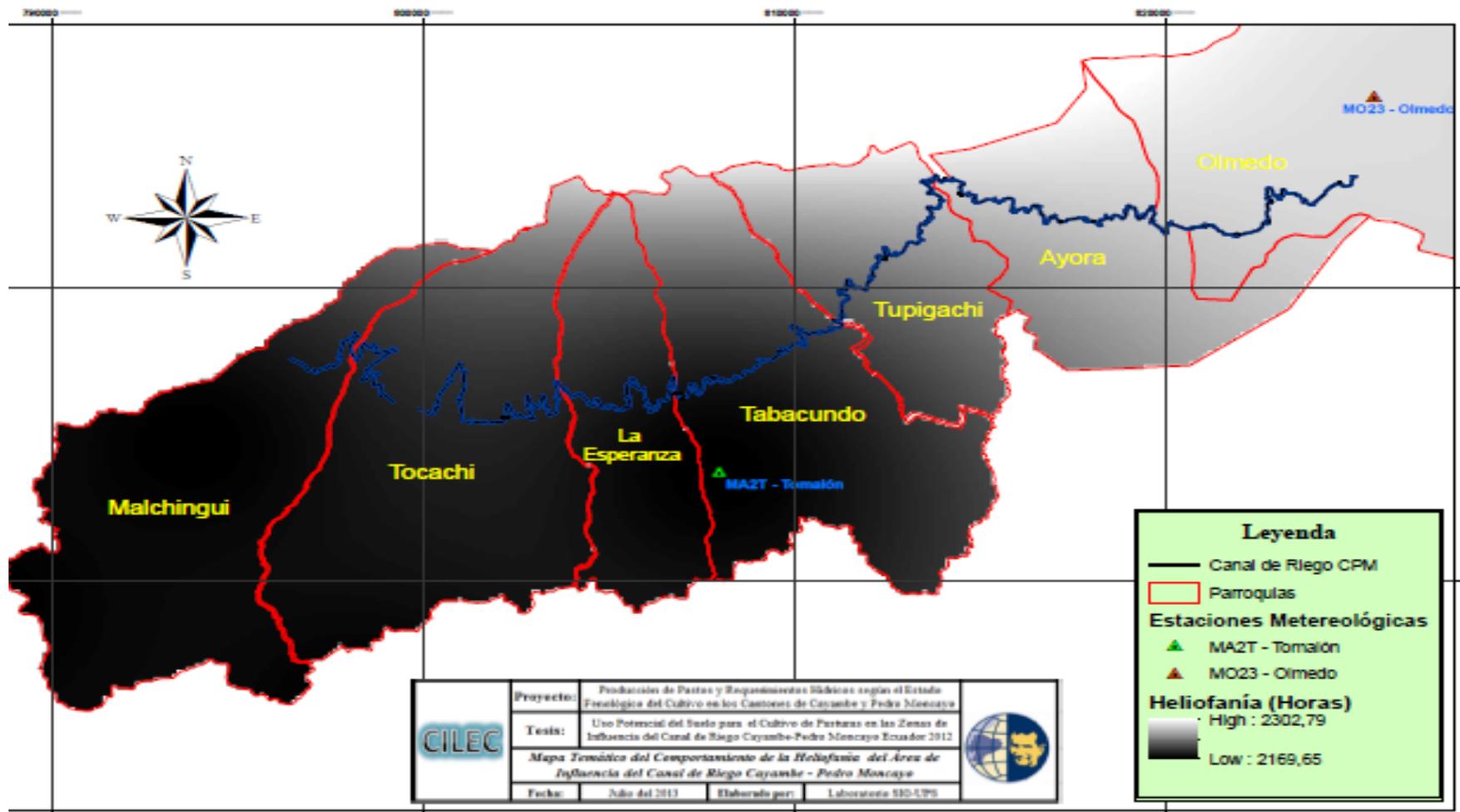
Fuente: INHAMI
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4. Heliofania anual por horas de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

En el gráfico 4 se detallan los valores de brillo solar de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón. En Olmedo se registra el valor más alto en el año 2003 con 2436 horas/luz, en tanto que el valor más bajo se detalla en el año 2007 con 2123 horas/luz, mientras que en la estación Tomalón se tiene como valor máximo 2388 horas/luz en el año 2004, y como mínimo en el año 2008 con 1848 horas/luz, no observando diferencias marcadas entre los años y las estaciones excepto en el año 2008 de la estación Tomalón.

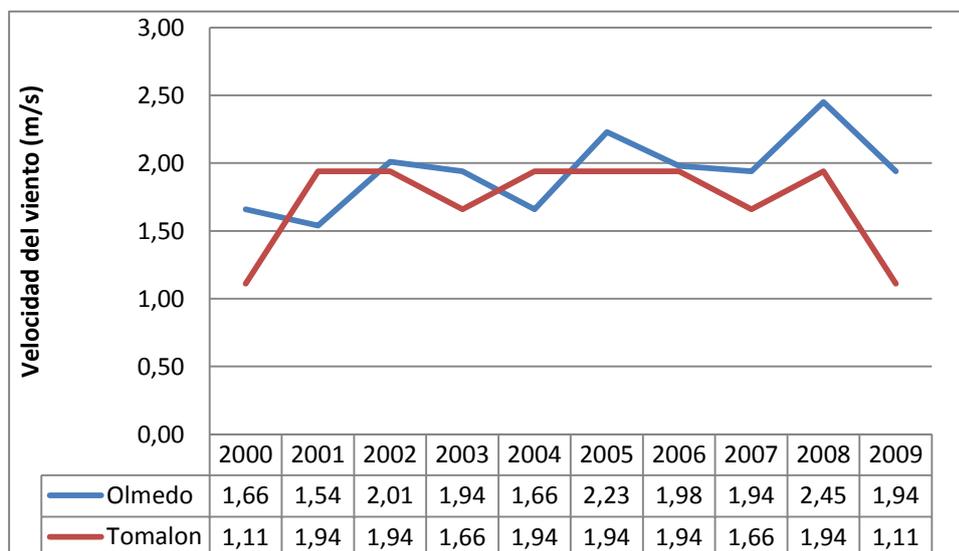
De acuerdo a los autores (SQUEO & CARDEMIL, 2006), la luz promueve la fotosíntesis y ello aumenta el contenido de glúcidos solubles, además afirman que la luz es el único factor que aumenta tanto la producción de forraje como la calidad del mismo.

MAPA 4. Comportamiento de la Heliofania en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo registrada en la estación meteorológica de Olmedo Y Tomalón



VELOCIDAD DEL VIENTO

El viento es el movimiento de aire en la superficie terrestre. Es generado por la acción de gradientes de presión atmosférica producida por el calentamiento diferencial de las superficies y masas de aire (Jaramillo, 1999).



Fuente: INHAMI
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 5. Velocidad del viento anual expresada en m/s de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

La FAO recomienda para los cultivos velocidades de vientos de hasta 2m/s, dependiendo de la altura y tipo de sistema radicular de los mismos, en este contexto en el grafico 5 se reflejan las velocidades del viento en m/s en donde se registran valores máximos en la estación de Olmedo en el año 2 008 con 2,45m/s y la mínima en el 2 001 con 1,54m/s, mientras que en la estación de Tomalón se detalla la velocidad máxima en los años 2 001, 2 002, 2 004, 2 005, 2 006 y 2 008 con 1,94m/s y la velocidad mínima en los años 2 000 y 2 009 con 1,11m/s, además se observa una diferencia mínima en el año 2 007 con un valor de 1,66 m/s.

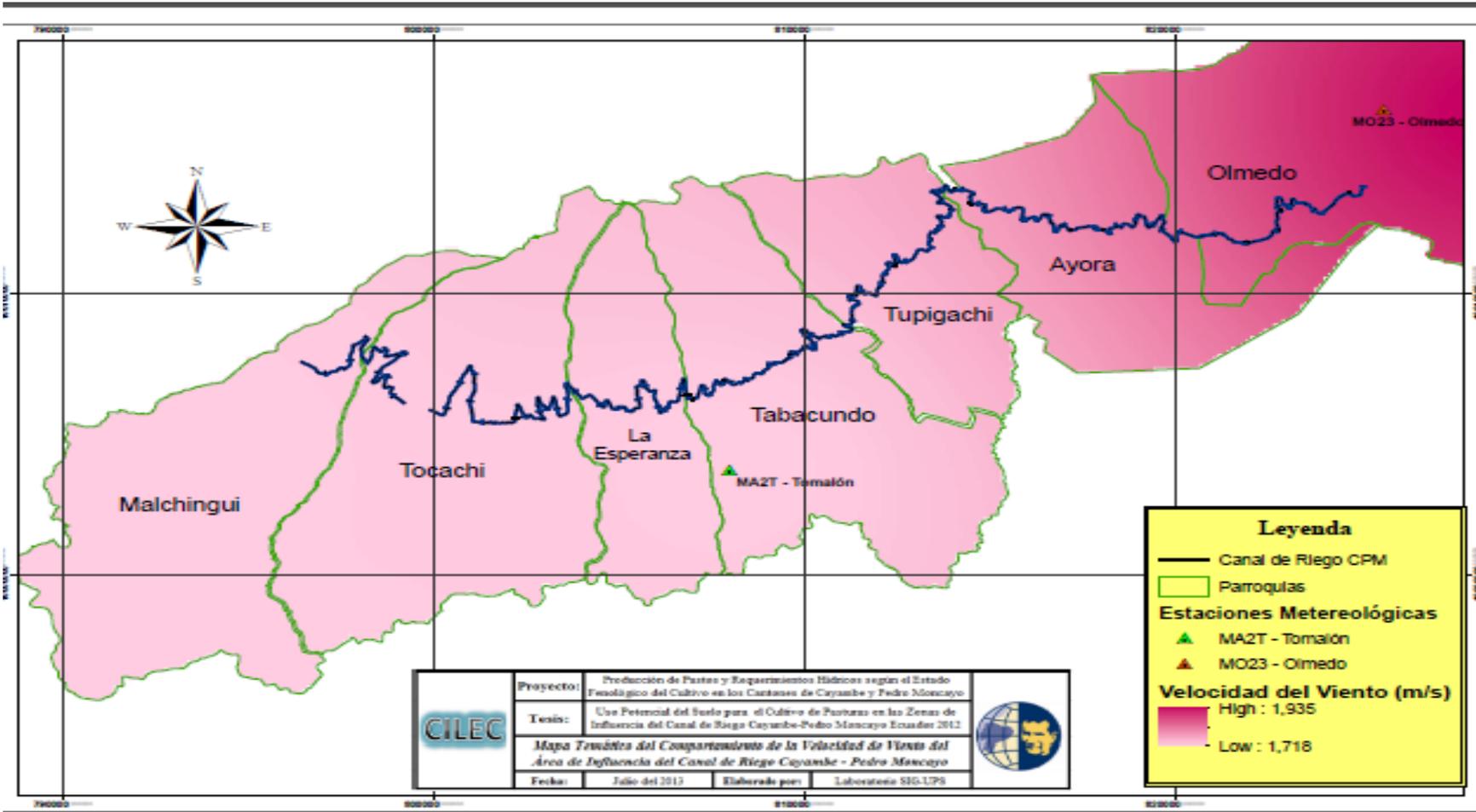
Los vientos fuertes provocan una disminución en la eficiencia del sistema de riego utilizado en el cultivo de pasto, es conocido que la mayoría de productores de pastizales utilizan el sistema de riego por aspersión para suministrar agua a sus

parcelas, por lo tanto al existir vientos fuertes el riego no será uniforme y se tendrán problemas de sequedad en diferentes sitios.

El viento influye sobre un parámetro muy importante para el cultivo de pasto que es la evapotranspiración, ya que la existencia de aire circulante en una zona pastizal desplaza el vapor que se acumula en el follaje.

El comportamiento del viento en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo se ilustra en el siguiente mapa.

MAPA 5. Comportamiento de la velocidad del viento en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo registrada en la estación meteorológica de Olmedo Y Tomalón



6.2.Suelo

Para la caracterización del suelo con la finalidad de determinar la aptitud para el cultivo de pastizales fue necesario realizar un análisis físico-químico del mismo. Con este fin se estableció puntos de muestreo según los pisos altitudinales y se procedió a la toma de muestras en los sitios específicos. En el proceso de análisis se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, la densidad real y aparente., textura, porosidad, capacidad de campo y porcentaje de humedad.

Con la finalidad de ilustrar el número de cuadros netamente necesarios y didácticos y realizar su análisis pormenorizado de los resultados, se realizó la agrupación entre los parámetros físicos y químicos de acuerdo a la relación existente entre los mismos, quedando de la siguiente manera.

6.2.1. pH y conductividad

El pH y la conductividad controlan muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tienen una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas. Según estos parámetros del suelo la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos puede ser alta o nula debido a los iones de hidrogeno presentes en las soluciones.

CUADRO 5. Conductividad eléctrica y pH de los suelos en cada una de las zonas de las 7 parroquias que se encuentran en el sector de influencia del canal de riego Cayambe -Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

| Parroquias | Zona Altitudinal | CONDUCTIVIDAD dS/m | pH |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|
| Olmedo | Alta | 0,22 | 6,79 |
| Ayora | Alta | 0,16 | 6,8 |
| | Media | 0,77 | 8,24 |
| Tupigachi | Alta | 0,25 | 6,84 |
| Tabacundo | Alta | 0,23 | 7,1 |
| | Baja | 0,14 | 6,95 |
| | Media | 0,17 | 6,78 |
| La Esperanza | Alta | 0,21 | 7,26 |
| | Baja | 0,22 | 6,87 |
| | Media | 0,33 | 6,48 |
| Tocachi | Alta | 0,15 | 6,86 |
| | Baja | 0,22 | 7,15 |
| | Media | 0,22 | 6,95 |
| Malchingui | Alta | 0,32 | 6,49 |
| | Baja | 0,23 | 6,73 |
| | Media | 0,18 | 6,84 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor

En el cuadro 5 se reflejan los resultados del análisis de la conductividad eléctrica y el potencial de hidrogeno (pH) de los suelos del territorio de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

En el pH del suelo tienen influencia varios factores, entre los que se incluyen: material de origen y profundidad del suelo, precipitación inundación, vegetación natural, cultivos sembrados y fertilización nitrogenada. (Maier *et al.*, 1999), el pH es una propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos. La determinación de la

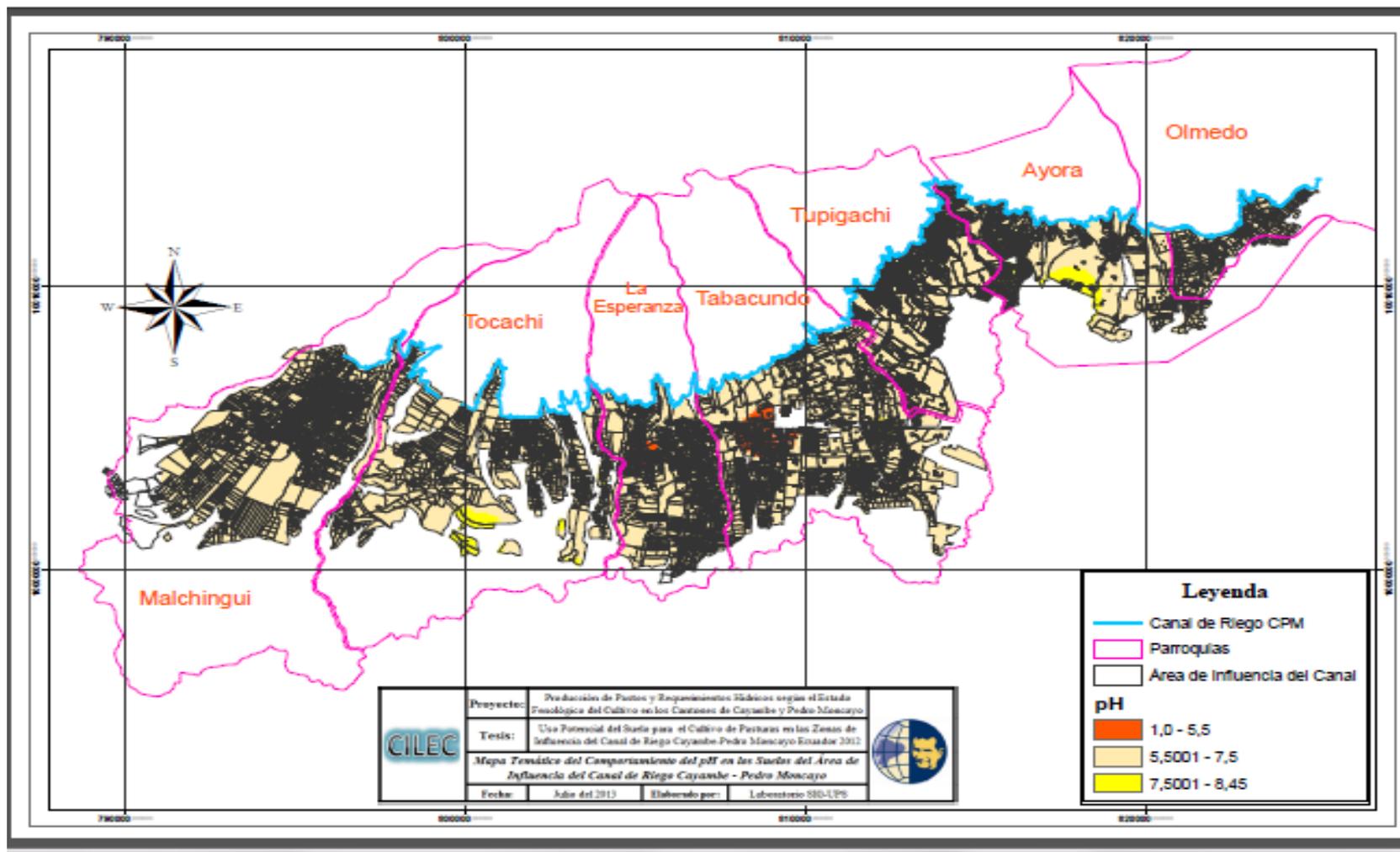
conductividad eléctrica es por lo tanto una forma indirecta de medir la salinidad de extractos del suelo.

INIAP, mediante el MANUAL DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL ECUADOR y con investigaciones realizadas con anterioridad recomienda para el cultivo de pastos un pH de 5,5 a 7,5, es decir un suelo que va de neutro a moderadamente alcalino, mientras que la FAO establece que una conductividad eléctrica ideal para que los cultivos se desarrollen con normalidad son aquellos suelos que tienen un valor menor a uno, es decir un suelo no salino, debido a que una elevada salinidad restringe el agua disponible para las plantas a mayor salinidad menor disponibilidad de agua.

En la parroquia de Ayora se registra el valor más alto de pH 8,24 y una conductividad de 0,77, mientras que el valor más bajo de pH se registran en la zona media de La Esperanza y el valor más bajo de conductividad se observa en la zona baja de Tabacundo 0,14. Se observa que los suelos analizados en todo el sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro-Moncayo no tienen problemas de salinidad, acidez o alcalinidad por lo tanto de acuerdo a estos parámetros no existe inconvenientes para implantar el mencionado cultivo en este sector.

El comportamiento del pH de los suelos de la zona de influencia de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo se encuentra ilustrado en el mapa 2 de acuerdo al rango establecido para acidez, neutralidad o básico.

MAPA 6- Comportamiento del pH en los suelos del área de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.



6.2.2. Cationes y capacidad de intercambio catiónico

Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), tales elementos son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas. También contribuyen a la CIC las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Los cationes no son retenidos con las mismas energías de enlace. Los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes. Las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como el Ca⁺⁺ y el Mg⁺⁺, con más energía que el K⁺. Esta característica puede afectar la disponibilidad de los nutrientes.

CUADRO 6. Cationes y Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos en cada una de las zonas de las 7 parroquias que se encuentran en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

| Parroquias | Zona Altitudinal | Ca (cmol K/kg) | k (cmol K/kg) | Mg (cmol K/kg) | CIC (cmol/kg) |
|---------------------|------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Olmedo | Alta | 6,16 | 0,17 | 3,67 | 10,66 |
| Ayora | Alta | 7,26 | 0,13 | 3,1 | 10,65 |
| | Media | 16,32 | 0,46 | 11,94 | 29,49 |
| Tupigachi | Alta | 6,44 | 0,13 | 3,17 | 10,06 |
| Tabacundo | Alta | 7,65 | 0,14 | 3,43 | 11,45 |
| | Baja | 5,38 | 0,07 | 2,64 | 8,22 |
| | Media | 6,07 | 1,2 | 3,07 | 9,52 |
| La Esperanza | Alta | 8,7 | 0,16 | 4,56 | 13,63 |
| | Baja | 6,54 | 0,28 | 5,47 | 12,51 |
| | Media | 4,67 | 0,15 | 1,95 | 6,94 |
| Tocachi | Alta | 6,1 | 0,18 | 5,09 | 12,16 |
| | Baja | 6,13 | 0,17 | 3,29 | 9,79 |
| | Media | 27,58 | 0,16 | 3,26 | 8,68 |
| Malchingui | Alta | 5,91 | 0,29 | 2,72 | 9,23 |
| | Baja | 5,07 | 0,19 | 2,24 | 8,54 |
| | Media | 2,8 | 0,06 | 1,36 | 4,38 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor

En el cuadro 6 se muestra la cantidad de cationes de Ca, K, y Mg presentes en el suelo y la capacidad de intercambio catiónico de los suelos en cada una de las zonas altitudinales de las 7 parroquias que comprenden el sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo. (Chan, R. 1993-1995), dice que una CIC mayor de 30 cmol, puede ser considerada como aceptable para el desarrollo del cultivo, valores muy bajos indica que se hace necesario aplicar enmiendas al suelo como por ejemplo la incorporación de materia orgánica.

Los suelos analizados poseen mínimas cantidades de arcilla en su composición granulométrica por lo que es explicable y lógico los niveles tan bajos de cationes y por ende de la capacidad de intercambio catiónico en general, entre más arcilla y materia orgánica en el suelo, la capacidad de intercambio catiónico es mayor. Se observa que los suelos de la zona media de la parroquia de Ayora posee el valor más alto de CIC con 29,49 cmol/kg, siendo esta la única zona y parroquia que cumple con lo requerido para la producción de pastos, mientras que los suelos con el nivel más bajo de CIC son los de la zona media de Malchingui con apenas 4,38 cmol/kg, determinando así que en esta zona la posibilidad para el establecimiento de pastizales es mínima a menos de que se realice una gran inversión para mejorar esta característica. En las parroquias de Olmedo, Tupigachi y la zona alta de ayora la CIC está por sobre los 10cmol/kg necesitando de igual manera enmiendas adicionales para mejorar esta propiedad, aunque no en grandes cantidades, de la misma manera se reflejan que las zonas altas de las parroquias Tabacundo, La Esperanza y Tocachi poseen valores más altos que los de las zonas media y baja con 11,45cmol/kg, 13,63 cmol/kg y 12,16 cmol/kg respectivamente.

6.2.3. Densidad real y aparente y el porcentaje de porosidad

La densidad real es la relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen de la fase sólida del suelo, mientras que la densidad aparente es importante para el manejo del suelo ya que refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire, tales densidades determinan el porcentaje de porosidad de los suelos.

CUADRO 7. Densidades y porcentaje de porosidad de los suelos en cada una de las zonas de las 7 parroquias que se encuentran en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

| Parroquias | Zona Altitudinal | Densidad real (g/cc) | Densidad aparente(g/cc) | % Porosidad |
|--------------|------------------|----------------------|-------------------------|-------------|
| Olmedo | Alta | 1,96 | 1,03 | 47,33 |
| Ayora | Alta | 2,02 | 1,15 | 43,02 |
| | Media | 2,11 | 0,9 | 57,94 |
| Tupigachi | Alta | 1,93 | 0,95 | 51,13 |
| Tabacundo | Alta | 1,91 | 1,1 | 41,91 |
| | Baja | 1,55 | 1,13 | 25,71 |
| | Media | 1,83 | 1,1 | 39,86 |
| La Esperanza | Alta | 1,92 | 0,96 | 49,22 |
| | Baja | 2,07 | 1,24 | 40,3 |
| | Media | 1,84 | 1,36 | 25,68 |
| Tocachi | Alta | 2,02 | 1,03 | 48,54 |
| | Baja | 2,02 | 1,12 | 44,71 |
| | Media | 2 | 1,38 | 41,33 |
| Malchingui | Alta | 1,56 | 1,03 | 32,98 |
| | Baja | 1,9 | 1,2 | 34,2 |
| | Media | 2,09 | 1,24 | 32,4 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor

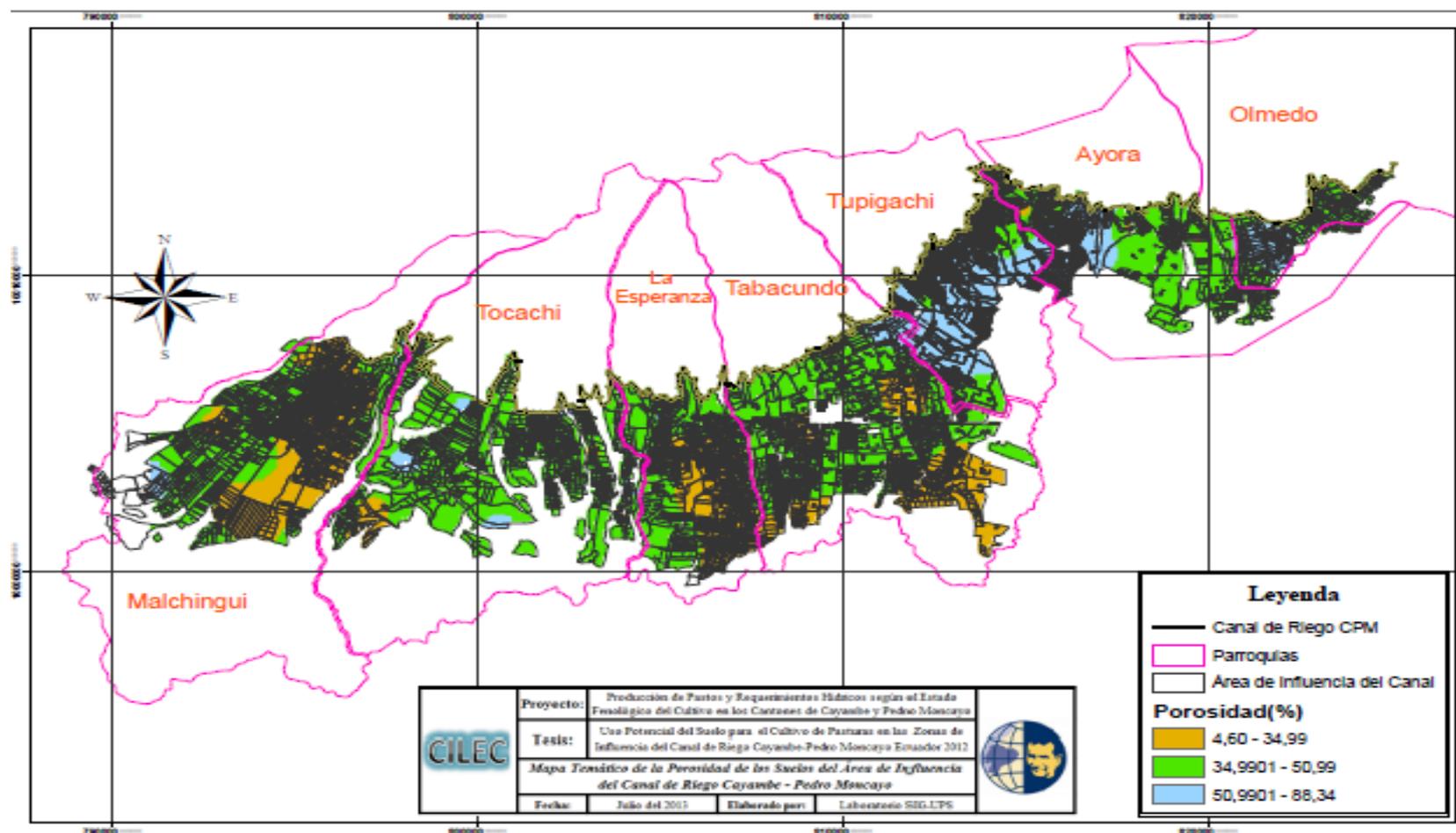
En el cuadro 7 se muestra la relación por zonas y parroquias de los parámetros físicos entre la densidad real y aparente y su influencia con la porosidad en los suelos de las zonas de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo. Se puede identificar que a medida que disminuye la densidad aparente la porosidad aumenta es decir suelos porosos, bien aireados con. Buen drenaje y buena penetración de raíces, todo lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de las plantas. (Donoso 1992), por otro lado se observa que la densidad real no tiene tanta variación entre el valor máximo y mínimo, todo lo contrario con la densidad aparente en donde si existe una variabilidad entre cada uno de los parámetros.

La densidad aparente es una propiedad de los suelos que mide el grado de compactación de las partículas y su estrecha relación con la porosidad establece que las condiciones ideales de suelo para los cultivos tienen un rango que van desde 0,9g/cm³ a 1.4 g/cm³, condición que permitirá un crecimiento correcto del sistema radicular además de tener un adecuado equilibrio entre los poros lo que permitirá establecer un sistema de riego adecuado. (Kofeler y Bonzelli 1987), por otro lado la densidad real ideal para los cultivos son aquellos que están dentro de un promedio de 2,65 gr/cm³, si esta es muy inferior a 2,65 gr/cm³ (menor a uno), podemos pensar que el suelo posee un alto contenido de yeso o de materia orgánica, si es significativamente superior a 2,65 gr/cm³ (mayor a tres) podemos inferir que posee un elevado contenido de óxidos de Fe o minerales ferro magnésicos

Un suelo ideal debe tener 50% de porosidad, con 1/3 de poros grandes y 2/3 de poros medianos. La porosidad óptima para que las plantas se desarrollen correctamente es de 35% a 50% de la composición total. (Aguilar, 2000)

Se observa que el mayor porcentaje de porosidad se tiene en la zona media de Ayora y en la zona alta de Tupigachi con un porcentaje por sobre el 50 %, mientras que el resto de parroquias poseen porcentajes que van del 30% al 50% de porosidad excepto en la zona baja de la parroquia de Tabacundo y la zona media de la parroquia La Esperanza donde el porcentaje de porosidad se encuentra por debajo del 30%.

MAPA 7. Comportamiento de la porosidad de los suelos de la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo



6.2.4. Textura y porcentaje de agregados del suelo

Así como otras variables en estudio la disposición y composición de diferentes agregados del suelo determinan su característica principal, por ejemplo un suelo está compuesto por partículas, cuya clasificación por tamaño se divide principalmente en tres: Arenas, limos y arcillas. Las diferentes proporciones de cada una de estas fases constituye la textura de un suelo.

CUADRO 8. Clase textural y porcentaje de agregados del suelo en cada una de las zonas de las 7 parroquias que se encuentran en el sector de influencia del canal de riego Cayambe- Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

| Parroquias | Zona Altitudinal | Textura Arena | Textura Limo % | Textura Arcilla % | Clase Textural | Muestras por zonas % |
|---------------------|------------------|---------------|----------------|-------------------|----------------|----------------------|
| Olmedo | Alta | 57,1 | 36,8 | 6,2 | F. Arenoso | 100 |
| Ayora | Alta | 56,33 | 30,21 | 13,83 | Franco | 85,7 |
| | Media | 59 | 30,5 | 10,5 | F. Arenoso | 14,3 |
| Tupigachi | Alta | 58,54 | 35,2 | 6,26 | F. Arenoso | 100 |
| Tabacundo | Alta | 69,17 | 23,5 | 7,33 | F. Arenoso | 42,8 |
| | Baja | 86 | 8,5 | 5,5 | A. Franca | 7,2 |
| | Media | 77,71 | 16,07 | 6,5 | F. Arenoso | 50 |
| La Esperanza | Alta | 62,83 | 26,5 | 10,67 | F. Arenoso | 37,5 |
| | Baja | 82 | 13 | 5 | A. Franca | 12,5 |
| | Media | 76,13 | 19,25 | 4,62 | A. Franca | 50 |
| Tocachi | Alta | 71,5 | 22,79 | 5,71 | F. Arenoso | 21,8 |
| | Baja | 78,75 | 16,46 | 3,46 | A. Franca | 37,5 |
| | Media | 80,38 | 16,08 | 2,77 | A. Franca | 40,7 |
| Malchingui | Alta | 71 | 22 | 7 | F. Arenoso | 4,5 |
| | Baja | 92 | 4 | 1 | Arena | 22,7 |
| | Media | 85,28 | 11,94 | 2,78 | A. Franca | 72,8 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor

En el cuadro 8 se presenta los resultados del análisis de granulometría y clase textural de los suelos de cada una de las parroquias con sus respectivas zonas altitudinales y el porcentaje de muestras por rango de altitud.

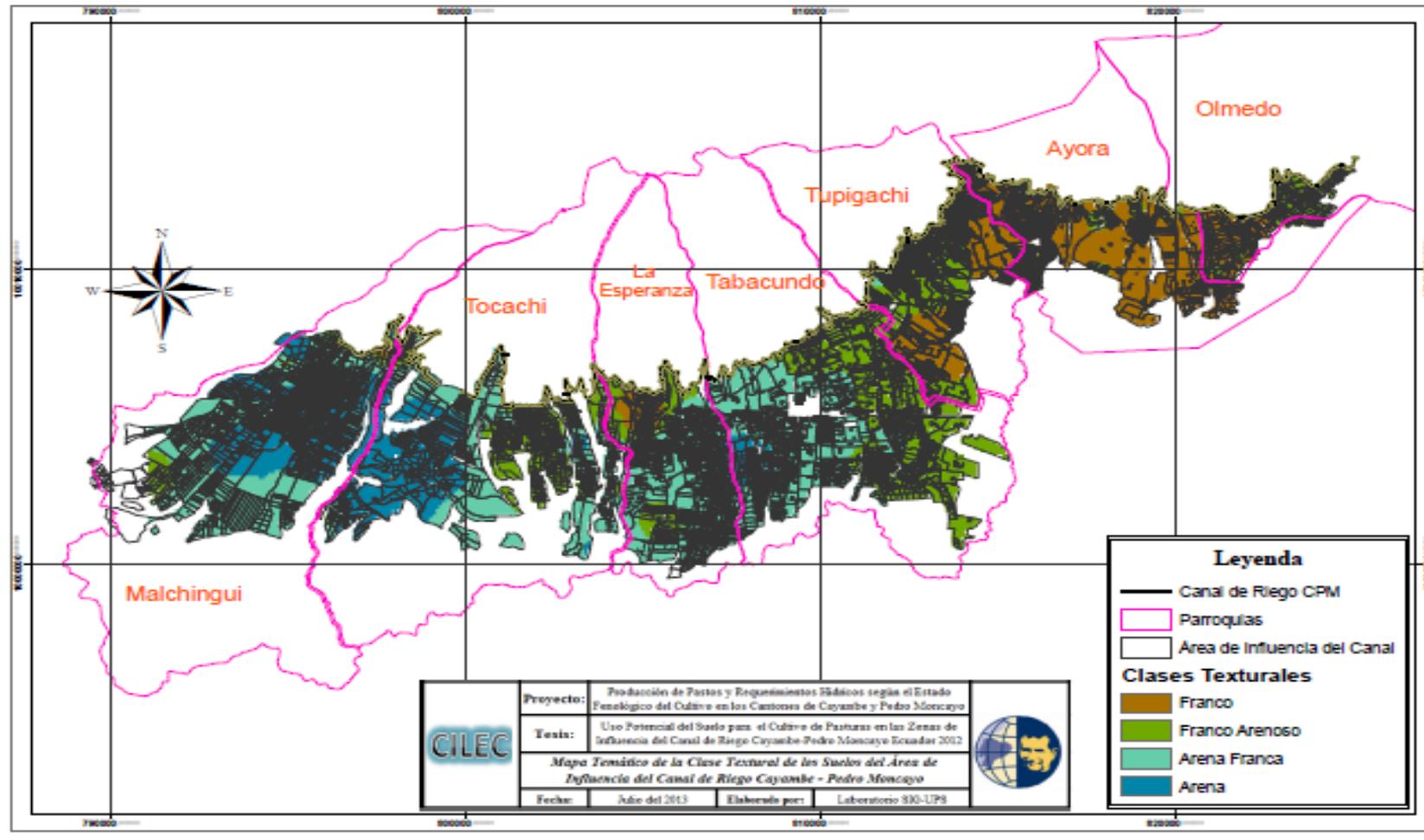
Como se puede observar en el cuadro, las parroquias de Olmedo y Tupigachi poseen únicamente una zona altitudinal por lo que no existe variabilidad en la clase textural encontrándose el 100 % de sus suelos de tipo franco arenosos, mientras que en la parroquia de Ayora se observa que el 85,5 % de los suelos analizados se encuentran en la zona alta los mismos que son de tipo franco y el 14,3 % de los suelos en estudio están en la zona media y son franco arenosos.

En las parroquias de Tabacundo, Tocachi, La Esperanza y Malchingui se ilustran tres zonas altitudinales alta, media y baja, así también diferentes clases texturales de sus suelos por ejemplo en la parroquia de Malchingui tenemos un 72,8 % de los mismos de tipo arena franca en la zona media, el 22,7 % de la zona baja suelos arenosos y únicamente el 4,50 % son suelos franco arenosos en la zona alta, en la parroquia de Tocachi un 78,2 % son suelos de tipo arena franca en la zona media y baja, teniendo tan solo el 21,8 % de la zona alta suelos de tipo franco arenoso, por otra parte en la parroquia de Tabacundo predominan los suelos franco arenosos en un 92,8 % en las zonas alta y media teniendo en la zona baja apenas el 7,2 % suelos de tipo arena franca, en la parroquia La Esperanza se observa dos tipos de suelos, el 62,50 % de tipo arena franca en las zonas media y baja y el restante 37,50 % suelos de tipo franco arenoso en la zona alta.

El INIAP mediante el MANUAL DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL ECUADOR recomienda a los suelos con mayor aptitud para el cultivo de pastos los suelos francos, franco arenosos, franco limoso y franco arcilloso, En todo el sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo se observa únicamente dos tipos de suelos de acuerdo a lo recomendado para el cultivo mencionado, dichos suelos son suelos francos y franco arenosos observando el 100 % de aptitud en las parroquias de Olmedo, Ayora y Tupigachi, mientras que en la parroquia de Tabacundo se tiene un 92,8 % de la superficie en estudio como apto para el cultivo de pasto. En la parroquia de Tocachi se observa apenas un 28 % de aptitud para la

implantación de pastos en la zona, finalmente el porcentaje, más bajo de aptitud para el cultivo de pasturas se detalla en la parroquia de Malchingui con apenas el 4,5 % de los suelos analizados.

MAPA 8. Comportamiento de la textura de los suelos de la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo

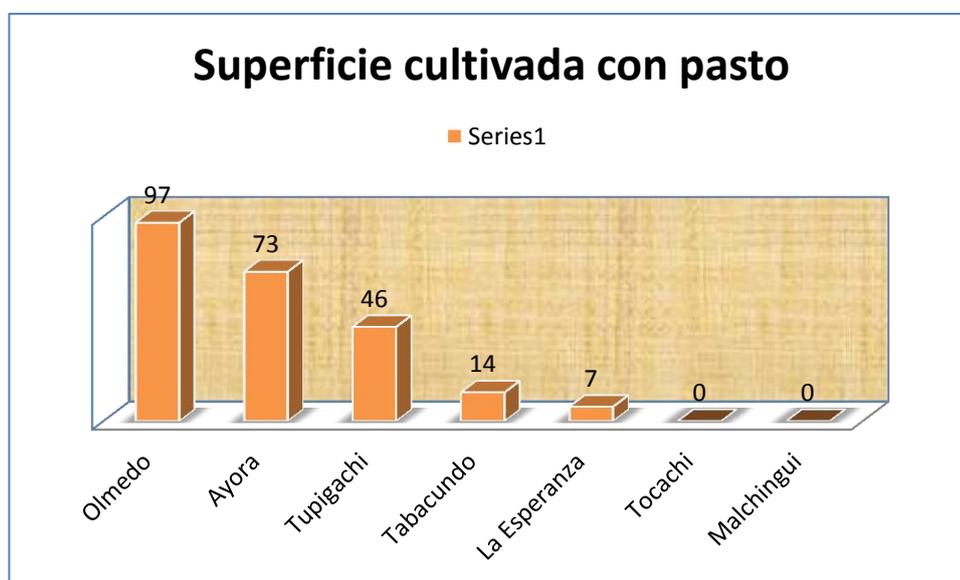


6.3. Identificación de las zonas potenciales para el cultivo de pasto

Con la información y herramientas que posee la UPS se procedió a calcular las diferentes superficies que comprenden el canal de riego, superficies que nos ayudaran a establecer las zonas potenciales para el establecimiento de pasturas.

6.3.1. Superficie cultivada con pasto

Dentro del sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro-Moncayo se tiene variada superficie cultivada con pasto, debido a las condiciones climáticas del sector, características del suelo, disponibilidad de agua de riego y por sobre todo la parte social de su población, ya que la rentabilidad de la actividad ganadera es muy representativa llegando a ser incluso la fuente principal de sus ingresos económicos, por tales razones en las parroquias con un alto porcentaje de producción de pasto, se ha visto la necesidad de crear centros de acopio de leche debido al gran porcentaje de familias dedicadas a la actividad lechera.



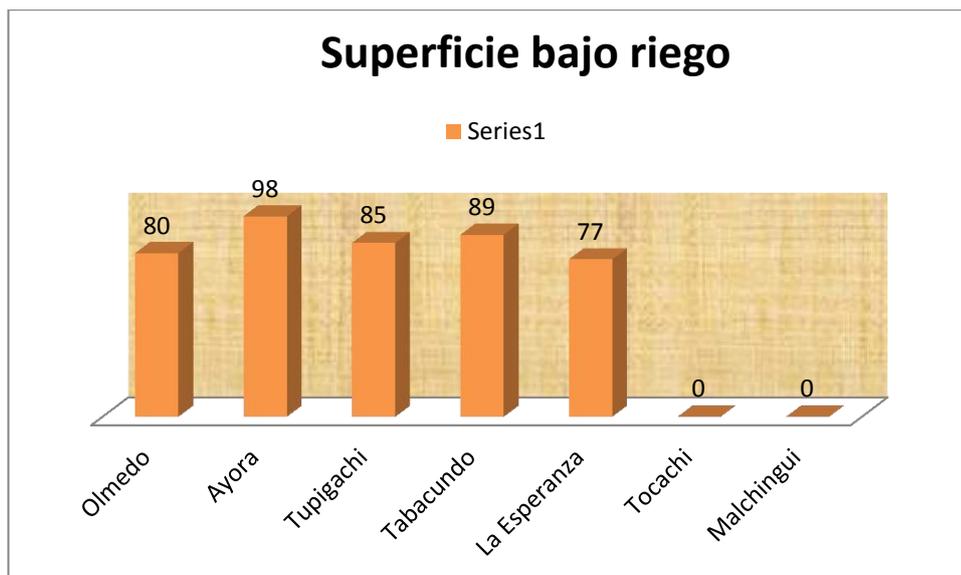
Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 6. Superficie cultivada con pasto expresada en % en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

En el gráfico 6 se detalla la superficie total y la superficie cultivada con pasto en porcentajes, estos datos se obtuvieron a través del análisis de las Ortofotos, el muestreo de suelos, y las fichas. Se ha determinado que la superficie que se encuentra sembrada con pastizales es de 3065,68 ha, (ver Anexo 8) dando alrededor del 30% de la superficie total del área de influencia del canal de riego Cayambe – Pedro Moncayo. Los mayores porcentajes de superficie cultivada con pasto se registran en las parroquias de Olmedo con el 97% y Ayora con el 73%, también en la parroquia de Tupigachi se registra un porcentaje considerable de predios con cultivo de pastos abarcando el 46% de la superficie total, en tanto que las parroquias que poseen porcentajes mínimos son Tabacundo y La Esperanza con apenas el 14% y 7% respectivamente, además se observa que en las parroquias de Tocachi y Malchingui no se realiza el cultivo de pasturas.

6.3.2. Superficie regable

En la actualidad el canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo no aporta con agua de riego a las parroquias beneficiarias debido a que el proyecto se ha alargado por un sinnúmero de inconvenientes para lo cual y con la finalidad de cumplir con esta variable se tomó en cuenta la zona de influencia de la acequia Tabacundo.



Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 7. Superficie bajo riego del sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

En el grafico 7 se observa las superficies total y bajo riego de todo el sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro-Moncayo, sin embargo para cumplir con esta variable se tomó en cuenta únicamente la superficie que se encuentra bajo la acequia actual, cuya influencia es hasta la parroquia de La Esperanza.

El canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo abarca una superficie total de 13378,55 ha, de las cuales 7430,47 ha, se encuentran bajo riego (ver anexo 9). En la parroquia Olmedo se observa el 80% de la superficie total dotada con agua de riego, en la parroquia Ayora la superficie que se encuentra bajo riego es del 98%, en la parroquia Tabacundo el área que se encuentra bajo riego es del 89%, en la parroquia Tupigachi la superficie con riego es del 85%, mientras que en la parroquia La Esperanza la acequia abarca el 77% de la superficie total.

Los datos ilustrados en el grafico 7 corresponden a las 5 parroquias que en la actualidad se benefician de la acequia Tabacundo, por tal motivo no se toma en cuenta las parroquias Tocachi y Malchingui en esta variable.

6.3.3. Superficie potencial para el cultivo de pasto

La determinación de una zona potencial para el cultivo de pasto se basa a los análisis realizados a un determinado sector, dichos análisis son de carácter climáticos y edafológicos. La determinación de la calidad del suelo se la realiza mediante indicadores o parámetros siendo estos físicos y químicos, los cuales determinan su uso potencial. Para establecer las zonas potenciales para el cultivo de pasturas en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo se tomó en cuenta las siguientes consideraciones.

Se analizó las características climáticas del sector así como los parámetros físicos y químicos del suelo se procesó y utilizando un software libre de los sistemas de información geográfica se elaboró el mapas temáticos de las zonas potenciales para el cultivo de pastizales en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

6.3.3.1. Zonas potenciales según el clima

Luego de realizar la caracterización climática del sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo mediante los anuarios del INHAMI de las estaciones meteorológicas de Olmedo y Tomalón de los años 2000 hasta el 2009, Gráficos: 2, 3, 4 y 5, se determina que no existe variabilidad significativa entre los parámetros climáticos Heliofania, precipitación, temperatura y velocidad del viento, además tales parámetros se encuentran en el rango optimo recomendado por el INIAP para el cultivo de pastos. En la caracterización climática y su influencia directa sobre el desarrollo de los cultivos se destacó a la precipitación y la temperatura como parámetros primordiales ya que la presente investigación busca realizar un manejo sostenible del agua de riego, por lo tanto los factores climáticos debido a su poca variabilidad con lo requerido por parte del cultivo no influye en la determinación de la zona potencial para el mencionado cultivo es decir de acuerdo al clima se puede implantar cultivos de pastos en las 7 parroquias del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

De acuerdo a (VALVERDE, 2007), el cultivo de pasto al tener un alto porcentaje de superficie del suelo cubierta de vegetación va a existir una mayor apertura y cierre de estomas tales factores inciden en la evapotranspiración, por lo tanto las condiciones climáticas como la humedad, temperatura, viento y Heliofania así como su altura, flexibilidad, orientación, densidad de siembra, etapa de crecimiento, influyen en el microclima, tales factores combinados afectan la evapotranspiración; lo que hace que el cultivo de pasto al ser exuberante, alto en ciertas variedades y denso debido a las mezclas forrajeras aumenten su evapotranspiración.

6.3.3.2. Zonas potenciales según el suelo

Parámetros químicos

La parte química del suelo va determinada especialmente por las características nutritivas, su disponibilidad, movimiento y asimilación por parte de las plantas, para que este proceso ocurra correctamente se necesita del conocimiento de propiedades tales como la conductividad eléctrica, el potencial de hidrogeno (pH), la capacidad de intercambio catiónico entre otros. Según citan los autores (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011), la desventaja de utilizar a los parámetros químicos como indicadores de la calidad del suelo es debido a su variabilidad estacional a corto plazo sea este por el clima o por intervención directa de la mano del hombre al aplicar enmiendas o un sinnúmero de acondicionadores y mejoradores de la nutrición, lo cual se interrelaciona y afecta a los demás parámetros.

Luego de realizar el análisis de los parámetros químicos estudiados en la presente investigación Cuadros 5 y 6, y de acuerdo a lo que recomienda el INIAP para el cultivo de pastos, los parámetros que se cumplen son el pH (5,5 a 7,5) y la conductividad eléctrica que califica a todos los suelos del sector como no salinos con estos parámetros es más que suficiente para establecer que se facilita la implantación del cultivo en todo el sector de influencia, siendo el único impedimento la parte nutricional es decir la capacidad de intercambio catiónico ya que los suelos analizados son muy pobres en cuanto al contenido de nutrientes, sin embargo este

parámetro se puede mejorar sin ningún inconveniente realizando la aplicación de fertilizantes sean estos de origen natural o artificial. De acuerdo a las propiedades químicas es posible realizar el establecimiento de pasturas en todo el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.

Parámetros físicos

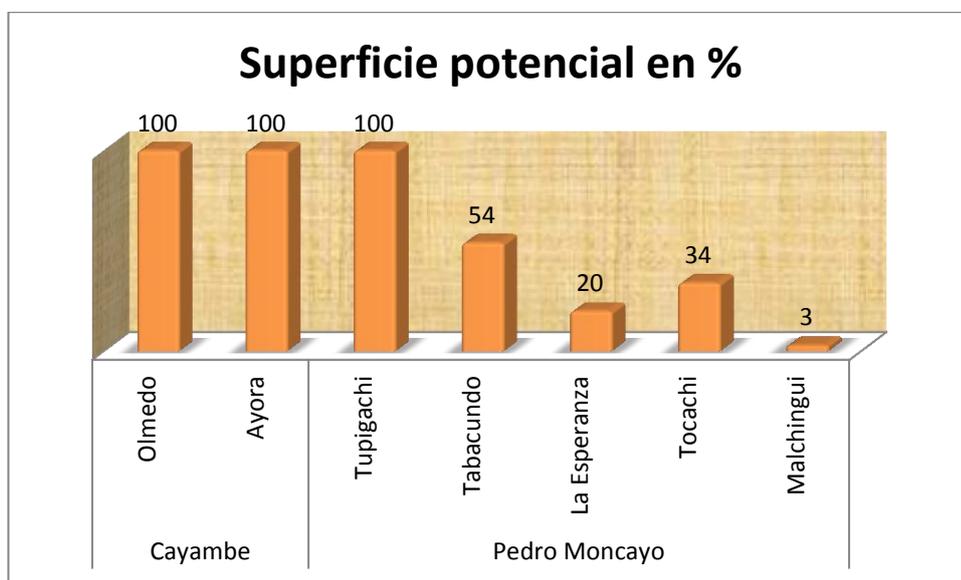
Las características físicas de los suelos nos ayudan a determinar la composición mineralógica y los agregados de las partículas, su disposición y conformación de los mismos.

En los cuadros 7, 8, y 9 se detallan los resultados del análisis de resultados obtenidos a través de las muestras de suelos, en dichos cuadros se realiza la agrupación de datos de acuerdo a la relación existente entre sí, siendo las propiedades analizadas la textura, porosidad, densidades real y aparente, capacidad de campo y porcentaje de humedad.

Existe una amplia variedad de indicadores físicos de la calidad del suelo, éstos varían de acuerdo con las características predominantes del lugar en estudio. Doran y Parkin (1994), seleccionaron como indicadores la textura, profundidad, conductividad hidráulica, densidad aparente y capacidad de retención de agua. Por otra parte Nortcliff (2002), sugirió la textura, porosidad, densidad aparente y profundidad, del suelo. (NAVARRETE, VELA, LOPEZ, & RODRIGUEZ, 2011).

Distintos autores señalan a la textura como indicador principal para la evaluación de la calidad de los suelos y su aptitud o no para la implantación de un determinado cultivo, esto tiene explicación debido a que el conjunto de propiedades físicas evaluadas en esta investigación nos ayudan en sí a determinar la textura ya que del conocimiento de este parámetro se derivan el comportamiento de otras propiedades físicas y su influencia directa en el manejo del agua de riego.

De acuerdo a la clase textural de los suelos se determinó las zonas potenciales para el cultivo de pastos en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo.



Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor.

GRÁFICO 8. Superficie potencial por parroquias expresadas en porcentajes para el cultivo de pasto de acuerdo a la clase textural en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012.

Las zonas potenciales para el cultivo de pasto de acuerdo a la clase textural en todo el sector de influencia es de 6679,27 ha, mientras que las zonas no potenciales abarcan una área de 6699,28 ha. (Ver anexo 10).

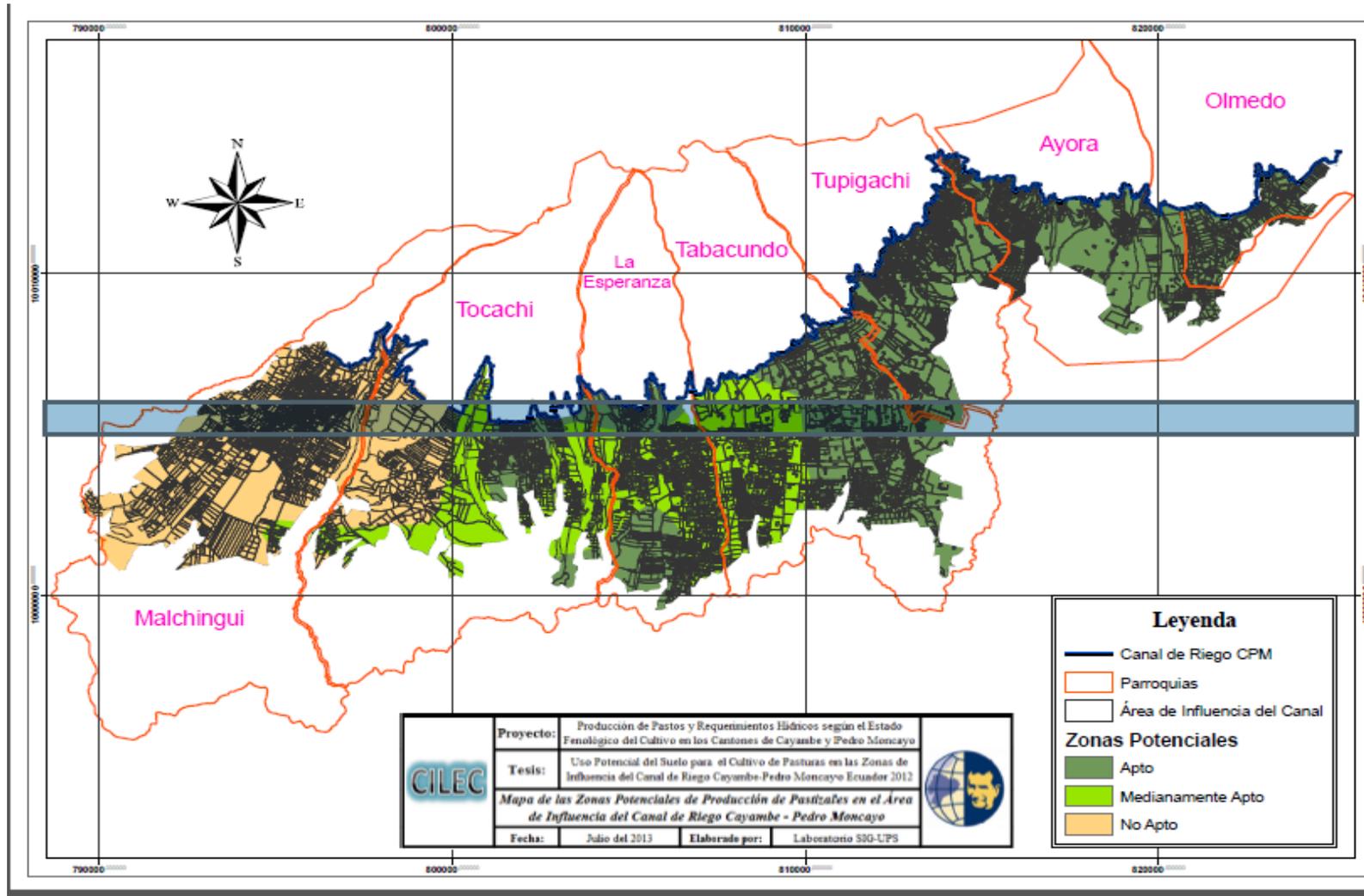
En el gráfico 8 se observa que en las parroquias de Olmedo, Ayora y Tupigachi el 100% de la superficie en estudio poseen las clases texturales más recomendadas para el cultivo de pasto, es decir estas parroquias tienen suelos de tipo Francos y franco arenosos, estas características se ilustra en el cuadro 8. Los suelos franco y franco arenosos permiten un mejor comportamiento en cuanto a su grado de permeabilidad, la cual se califica como moderada, además por el contenido de limo evita la percolación de los nutrientes hacia capas inferiores por medio de la lixiviación a donde no llega el crecimiento radicular de las especies forrajeras.

Las parroquias con suelos de texturas más pobres para los pastizales son Malchingui y La Esperanza ya que sus suelos son de tipo arenosos y arena franca con un predominio de arena en su composición, estos suelos según (CADENA, 2012), tienen una capacidad de retención de agua muy baja, presenta alta velocidad de infiltración ya que el paso de percolación es rápido debido a los espacios entre las partículas, menor capacidad de absorción de nutrientes lo que les convierte en suelos menos fértiles.

A estos suelos tienen que regarse rápido, con menor caudal y con mayor frecuencia, por estas razones no es recomendable cultivar pastos en estos sectores y por ende estas parroquias tienen apenas el 3% y 20% respectivamente, en el caso de Tocachi del total de la superficie en estudio el 34,07% se considera como apto para cultivar pastos. Del total de la superficie que comprende el área de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo el 49,92% cumple con la clase textural óptima para implementar el cultivo de pastizales y el 50,08% restante recomendado para otro tipo de cultivos y actividades.

Adicionalmente en el siguiente mapa se detalla las zonas potenciales, medianamente potenciales y no potenciales de acuerdo a la textura, porosidad y densidad aparente de los suelos analizados.

MAPA 9. Superficie potencial para el cultivo de pastos de acuerdo a la clase textural, porosidad y densidad aparente



7. CONCLUSIONES

- ✓ El análisis realizado a los parámetros climáticos de la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo determino que no existe variabilidad significativa entre los parámetros Heliofania y velocidad del viento, ya que los datos registrados en los anuarios del INHAMI tienen similar comportamiento durante los últimos diez años tanto en la estación Olmedo como en la estación Tomalón, mientras que los datos de precipitación y temperatura si varían entre las estaciones, registrándose valores más altos de precipitaciones en Olmedo y temperaturas más altas en Tomalón.
- ✓ Las parroquias que cultivan mayor cantidad de pastos son Olmedo, Ayora y Tupigachi con el 97,70%, 73, 42% y 45,95% respectivamente, mientras que en las parroquias Malchingui y Tocachi no se registra establecimiento de pastizales.
- ✓ La superficie beneficiada directamente con el canal de riego Cayambe Pedro Moncayo es de 13 378,55 hectáreas, de la cual la parroquia más extensa es Tabacundo con 3 106,62 hectáreas y la más pequeña Olmedo con apenas 495,55 hectáreas.
- ✓ El análisis químico realizado a los suelos de las parroquias que comprenden el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo, determino valores muy bajos en lo que tiene que ver a la parte nutricional, sin embargo este parámetro se lo puede mejorar realizando un manejo ya sea mediante la incorporación de materia orgánica o fertilizantes sintéticos acorde a lo requerido por el cultivo y características del suelo, además los predios en investigación registran como agregado principal en su composición textural partículas de arena, lo cual determina que en las 7 parroquias del sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo se hayan encontrado únicamente suelos de textura franca, franco arenosa, arenosa y arena franca.

- ✓ Se concluye que de acuerdo a los factores climáticos analizados en la presente investigación: temperatura, heliofania, precipitación y velocidad del viento durante los últimos diez años de las estaciones Olmedo y Tomalón, se puede implantar pastizales en todo el sector en estudio, debido a que no existe variabilidad significativa entre lo requerido por el cultivo de pasto y lo registrado en los anuarios del INHAMI.

- ✓ Las parroquias con mayor potencialidad para el cultivo de pasto de acuerdo a la clase textural son: Olmedo, Ayora y Tupigachi con el 100%, mientras que Tocachi y Malchingui registran porcentajes muy bajos de superficie en los que se podría implantar pasturas y por ende una explotación ganadera, sin embargo esto no quiere decir que sea completamente imposible la implantación del mencionado cultivo.

8. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda instalar una red de estaciones meteorológicas en todo el sector de influencia del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo, capaz de ofrecer información climática actual.
- ✓ Monitorear el comportamiento de los suelos analizados en esta investigación por lo menos en épocas de invierno y verano.
- ✓ Se recomienda aumentar el número de muestras para realizar la caracterización de suelos ya que mientras más muestras se recolecten se obtendrá un mayor número de datos analizados y por ende más confiable y profunda será la información.
- ✓ Para el conocimiento amplio y técnico de las características y comportamiento de un determinado suelo se recomienda realizar un análisis completo incluyendo el análisis microbiológico.
- ✓ En los sectores donde se registran poca aptitud para la implementación de pastizales se recomienda establecer cultivos que se adapten bien a parámetros tanto climáticos como edáficos propios de aquel sector por ejemplo se puede implantar cultivos de maíz, frejol, cereales, frutales, cítricos etc.
- ✓ En las parroquias con el 100% de aptitud para la implementación del cultivo de pasto se recomienda implementar sistemas intensivos de producción de leche en la mayoría de la superficie capaz de aprovechar al máximo las características tanto físicas como químicas del suelo.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- BERRY, J. (1993). *Concepts Algorithms issues in GIS*. World books.
- BLEIR, E. (1965). *Manual de riegos y avenidas* . Lima.
- BOSQUE, S. (1992). *Sistemas de informacion geografica* . Madrid.
- CADENA, V. (2012). *Hablemos de Riego. Dirección de Gestion Riego Provincia de Pichincha*. Quito: Creadores Gráficos.
- CAIRO, P. (1995). *Fertilidad fisica del suelo y la agricultura prganica en el tropico*,Pag 228. Manahua: UNA.
- CALVO, M. (1992). *SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA*.
- CANDEL, V. (1971). Meteorologia. En V. CANDEL, *Enciclopedia labor*. Barcelona.
- CANTU, M., BECKER, A., BEDANO, J., & SCHIAVO, H. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices Soil quality evaluation using indicators and indices. *DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACSESS*, 173-178.
- CARAMBULA, M. (2002). *Pastura y forrajes*.
- CARBONE, M., PICCOLO, C., & PERILLO, G. (2003). Caracterización climática de la cuenca del Arroyo Claromecó, Argentina . *DOAJ: Directory of Open Access Journals*, Pages: 41-60
- CELY, G. (2010). *UPS NET*. Recuperado el Viernes de Noviembre de 2012, de UPS NET: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2743/1/790551.2010.pdf>
- CHANG, J., & ROSEMBERGJ. (1971;1974). Climate and agriculture and ecological survey;Micrclimate the biologicale nvironment. En J. CHANG, & ROSEMBERGJ, *Climate and agriculture and ecological survey;Micrclimate the biologicale nvironment*. Chicago,Nebraska: Wiley-interscience.
- COLON, W., & RODRIGUEZ, J. (1996). Notas de clase de fisiologia vegetal Escuela Agricola Panamericana, Zamorano, Honduras. *DOAJ*, 3-4.
- DIAZ, R., & HUNTER, A. (1978). *UPS NET*. Recuperado el Lunes de Septiembre de 2013, de UPS NET:

<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

- DUARTE, N., FIGUEROA, M., HERNANDEZ, N., & AGUILAR, L. (2011). impacto de la preparación del suelo sobre las características físicas. *calera*, 26-32.
- DUTHIL, J. (1989). *Produccion de forrages* . Madrid: Ediciones Mundi Prensa
- FRERE, M., REN, J., & RIKS, J. (1974). *Estudio agroclimatico de la zona andina FAO UNESCO/OMM Informe tecnico* . Roma.
- FUENTES, J. L. (2003). *Técnicas de Riego*. Madrid, España: Grupo Mundi-Prensa.
- GARY, A., & DOROTA, Z. (1988). Microirrigation in Mulched bed Production Systems Universidad de florida . *DOAG*, 72.
- GIANCOLI DOUGLAS, C. (2006). *Física Principios con Aplicaciones* (Sexta Edición ed.). México: Pearson Educación.
- GONZALES, C. (1993). Relacion agua suelo planta atmosfera. *Contenido de humedad en el suelo*.
- GRIM, E. (1953). *Clay mineralogy Mcgraw*. New York.
- HODGSON, J. (1994). *Manejo de pastos, teoría y práctica*. México: Diana.
- INIAP. (2000). *UPS NET*. Recuperado el Jueves de Diciembre de 2012, de UPS NET: <http://www.crystal-chemical.com/pastos1.htm>
- INIAP, I. N. (2011). *Boletín de Guía de Manejo de Pastos para la Sierra Sur Ecuatoriana*. Cuenca.
- JONES, C. (1983). Effects of soil texture on critical bulk densities. *DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS*, 170.
- LIORCA, R. (2006). *Prácticas de Atmósfera, Suelo y Agua*. Valencia: Editorial de la UPV.
- MAHOTIERE, S. (1967). *Efecto de la Luz Solar sobre la Temperatura y Movimiento de Estomas en las Hojas del Cafeto (Coffea Arabica L.)*. Costa Rica.
- MAIER, R., PEPPER, J., & YERBA, C. (1999). Environmental microbiology.

- MAIER, J. PEPPER, & C. YERBA, *Environmental microbiology* (pág. 585). San Diego.
- MENDOZA, E. (1989). *Folleto de practicas de laboratorio de analisis de suelos y foliares* . Tumbaco.
- NAVARRETE, A., VELA, G., LOPEZ, J., & RODRIGUEZ, M. (Marzo de 2011). *UPS NET*. Recuperado el Lunes de Mayo de 2013, de UPS NET: <https://www.google.com.ec/#q=Naturaleza+y+utilidad+de+los+indicadores+de+calidad+del+suelo>
- PALADINES, O. (1992). *Metodologia de pastizales*. QUITO: PROFOGAN.
- PORTA, J., LOPEZ, M., & ROQUERO, C. (1994). *Edafologia para la agricultura y el medio ambiente pag 807*. Madrid: Mundi prensa .
- SQUEO, F., & CARDEMIL, L. (2006). *Fisiologia vegetal*. La serena: EDICIONES LA SERENA.
- VALVERDE, J. (2007). *Riego y drenaje*. Costa Rica: FUNED.
- VASQUEZ, A., & BAUTISTA, N. (1993). Guia para interpretar el analisis quimico de suelo y agua . En A. VASQUEZ, & N. BAUTISTA, *Guia para interpretar el analisis quimico de suelo y agua* . Mexico.
- ZAGAL, E., & ZADSAWKA, A. (2007). *UPS NET*. Recuperado el Martes de Abril de 2013, de UPS NET : http://www.sag.cl/sites/default/files/METODOS_LODOS_SUELOS.pdf

10. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de campo

| |
|--|
| UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA |
| FICHA - MUESTREO DE SUELO |

| |
|-----------------------------|
| UBICACION GEOGRAFICA |
|-----------------------------|

| | | | | |
|-----------|--|------|-------|------|
| Punto GPS | | Este | Norte | Cota |
| | | | | |

| |
|--------------|
| DATOS |
|--------------|

| | | | | | |
|--------|-----------------|-------|--|--------|--|
| Código | 0 cm-0,15 cm | MS001 | | Fecha: | |
| | 0,15 cm-0,30 cm | MS002 | | Hora: | |

| | | |
|---------------|------------------|------------------|
| Cantón | Parroquia | Comunidad |
| | | |

| | |
|--------------------------------|--|
| Propietario del terreno | |
|--------------------------------|--|

| | |
|-----------------------|--|
| Cultivo actual | |
| Observaciones | |

Elaborado por: Catalina Sandoval

Anexo 2. Ejemplo de formato de informe de análisis de suelos emitido por el laboratorio de suelos de la UPS

| LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------|--------|--------|-------------------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------------|------|------|--|----------|-------|---------------|------|------|------|---------|---------|----|----|--------|----|----|-----------|----|----|----------------|----|-------------------|-------------------|---------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|-----------|---|-------|-------|
| Cliete: | PROYECTO NECESIDADES HÍDRICAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dirección: | CODEMIA | Teléfono: 092843807 | E-mail: ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contacto: | Ing. Agrop. Sandoval Catalina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>INFORME DE RESULTADOS</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cantidad de muestras: | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tipo de Cultivo: | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de ingreso: | 27/07/2012 | Fecha Emisión: 09/08/2012 | N° de Informe: 151 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación de Coordenadas UTM: | Sin Oeste información | Sin Este información | Sin Altitud información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Total de pág. 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">IDENTIFICACIÓN USUARIO</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">UNIDAD</th> <th style="width: 15%;">MS-015</th> <th style="width: 15%;">MS-016</th> </tr> <tr> <th>CÓDIGO DE LABORATORIO</th> <td>LS-12-352</td> <td>LS-12-353</td> </tr> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pH</td> <td>NA</td> <td>6,77</td> <td>6,97</td> </tr> <tr> <td>CONDUCTIVIDAD</td> <td>dS/m</td> <td>0,19</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">TEXTURA</td> <td>% ARENA</td> <td>60</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>% LIMO</td> <td>28</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>% ARCILLA</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>CLASE TEXTURAL</td> <td>NA</td> <td>FRANCO ARENOSO</td> <td>FRANCO ARENOSO</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD REAL</td> <td>g/cc</td> <td>1,91</td> <td>1,83</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD APARENTE</td> <td>g/cc</td> <td>0,76</td> <td>0,61</td> </tr> <tr> <td>POROSIDAD</td> <td>%</td> <td>60,22</td> <td>66,83</td> </tr> </tbody> </table> | | | | IDENTIFICACIÓN USUARIO | UNIDAD | MS-015 | MS-016 | CÓDIGO DE LABORATORIO | LS-12-352 | LS-12-353 | PARÁMETROS | | | | pH | NA | 6,77 | 6,97 | CONDUCTIVIDAD | dS/m | 0,19 | 0,15 | TEXTURA | % ARENA | 60 | 60 | % LIMO | 28 | 28 | % ARCILLA | 12 | 12 | CLASE TEXTURAL | NA | FRANCO ARENOSO | FRANCO ARENOSO | DENSIDAD REAL | g/cc | 1,91 | 1,83 | DENSIDAD APARENTE | g/cc | 0,76 | 0,61 | POROSIDAD | % | 60,22 | 66,83 |
| IDENTIFICACIÓN USUARIO | UNIDAD | MS-015 | MS-016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CÓDIGO DE LABORATORIO | | LS-12-352 | LS-12-353 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PARÁMETROS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | NA | 6,77 | 6,97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONDUCTIVIDAD | dS/m | 0,19 | 0,15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TEXTURA | % ARENA | 60 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % LIMO | 28 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % ARCILLA | 12 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CLASE TEXTURAL | NA | FRANCO ARENOSO | FRANCO ARENOSO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DENSIDAD REAL | g/cc | 1,91 | 1,83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DENSIDAD APARENTE | g/cc | 0,76 | 0,61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| POROSIDAD | % | 60,22 | 66,83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 40%;">POTASIO (INTERCAMBIABLE)</td> <td style="width: 10%;">cmol K/kg</td> <td style="width: 15%;">0,11</td> <td style="width: 15%;">0,11</td> </tr> <tr> <td>CALCIO (INTERCAMBIABLE)</td> <td>cmol Ca/kg</td> <td>6,28</td> <td>6,69</td> </tr> <tr> <td>MAGNESIO (INTERCAMBIABLE)</td> <td>cmol Mg/kg</td> <td>3,93</td> <td>3,67</td> </tr> <tr> <td>CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO (C.I.C.)</td> <td>cmol /kg</td> <td>10,51</td> <td>10,62</td> </tr> </tbody> </table> | | | | POTASIO (INTERCAMBIABLE) | cmol K/kg | 0,11 | 0,11 | CALCIO (INTERCAMBIABLE) | cmol Ca/kg | 6,28 | 6,69 | MAGNESIO (INTERCAMBIABLE) | cmol Mg/kg | 3,93 | 3,67 | CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO (C.I.C.) | cmol /kg | 10,51 | 10,62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| POTASIO (INTERCAMBIABLE) | cmol K/kg | 0,11 | 0,11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CALCIO (INTERCAMBIABLE) | cmol Ca/kg | 6,28 | 6,69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAGNESIO (INTERCAMBIABLE) | cmol Mg/kg | 3,93 | 3,67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO (C.I.C.) | cmol /kg | 10,51 | 10,62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Laboratorio de suelos UPS
Elaborado por: Ing. Marcelo Gualavisí

Anexo 3. Resultado de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelos recolectados en la zona de estudio

| PARROQUIA | ZONA_MAPA | Ph | C.E | TEXTURA | TEXTURA LIMO | TEXTURA ARCIL | CLASE TEXTURAL | D REAL | D APARE | POROSIDAD | POTASIO | CALCIO | MAGNESIO | CIC (cmol/kg) | C. CAMPO | S DE HUMEDAD |
|--------------|-----------|------|------|---------|--------------|---------------|----------------|--------|---------|-----------|---------|--------|----------|---------------|----------|--------------|
| Ayora | Alta | 6,44 | 0,31 | 54,00 | 26,00 | 20,00 | Franco | 2,01 | 1,05 | 47,86 | 0,16 | 7,00 | 3,21 | 10,68 | 4,93 | 28,48 |
| Ayora | Alta | 6,46 | 0,19 | 56,00 | 27,00 | 17,00 | Franco Arenoso | 2,08 | 1,31 | 37,26 | 0,21 | 8,72 | 3,05 | 12,17 | 40,21 | 26,72 |
| Ayora | Alta | 6,49 | 0,14 | 52,00 | 25,00 | 33,00 | Franco | 1,32 | 0,91 | 30,66 | 0,11 | 5,81 | 2,99 | 9,05 | 8,74 | 24,67 |
| Ayora | Alta | 6,55 | 0,14 | 54,00 | 26,00 | 20,00 | Franco | 1,89 | 1,08 | 42,88 | 0,13 | 6,45 | 3,20 | 9,92 | 8,83 | 22,93 |
| Ayora | Alta | 6,47 | 0,11 | 56,00 | 24,00 | 20,00 | Franco | 1,41 | 1,00 | 28,78 | 0,06 | 5,78 | 2,86 | 8,81 | 0,3 | 4,41 |
| Ayora | Alta | 6,55 | 0,09 | 53,00 | 36,00 | 11,00 | Franco Arenoso | 1,79 | 0,95 | 47,08 | 0,06 | 6,82 | 2,47 | 9,44 | 5,17 | 19,57 |
| Ayora | Alta | 6,62 | 0,08 | 60,00 | 20,00 | 20,00 | Franco | 1,58 | 1,23 | 22,54 | 0,06 | 6,26 | 2,21 | 8,61 | 27,76 | 10,76 |
| Ayora | Alta | 6,64 | 0,06 | 60,00 | 30,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,99 | 1,18 | 40,52 | 0,06 | 7,89 | 1,19 | 9,20 | 23,34 | 28,65 |
| Ayora | Alta | 7,01 | 0,14 | 53,00 | 37,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,36 | 0,96 | 29,51 | 0,35 | 12,79 | 4,05 | 17,34 | 4,24 | 6,38 |
| Ayora | Alta | 6,70 | 0,19 | 58,00 | 30,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,62 | 0,87 | 46,35 | 0,30 | 12,31 | 6,36 | 19,17 | 1,79 | 10,37 |
| Ayora | Media | 8,46 | 0,88 | 64,00 | 26,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 2,44 | 1,29 | 46,97 | 0,58 | 30,76 | 9,28 | 41,50 | 37,86 | 42,40 |
| Ayora | Media | 8,14 | 0,87 | 55,00 | 25,00 | 20,00 | Franco | 2,62 | 1,04 | 60,30 | 0,90 | 13,28 | 4,02 | 19,06 | 4,08 | 47,47 |
| Ayora | Alta | 7,15 | 0,17 | 58,00 | 28,00 | 14,00 | Franco Arenoso | 1,95 | 1,26 | 35,56 | 0,27 | 8,43 | 2,84 | 11,71 | 32,59 | 43,72 |
| Ayora | Alta | 7,03 | 0,24 | 58,00 | 38,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 2,17 | 1,61 | 25,99 | 0,24 | 8,55 | 2,55 | 11,58 | 98,05 | 29,29 |
| Ayora | Alta | 7,02 | 0,18 | 54,00 | 40,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,60 | 1,34 | 48,63 | 0,16 | 8,59 | 1,81 | 10,74 | 45,27 | 24,08 |
| Ayora | Alta | 6,90 | 0,21 | 53,00 | 40,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,40 | 1,94 | 19,11 | 0,14 | 6,30 | 4,78 | 11,43 | 24,8 | 39,26 |
| Ayora | Alta | 6,81 | 0,15 | 54,00 | 32,00 | 14,00 | Franco | 2,09 | 1,45 | 30,45 | 0,16 | 6,59 | 1,85 | 8,75 | 65,97 | 4,48 |
| Ayora | Alta | 6,85 | 0,09 | 58,00 | 26,00 | 16,00 | Franco Arenoso | 2,55 | 1,47 | 42,47 | 0,10 | 5,76 | 2,84 | 8,78 | 68,75 | 23,49 |
| Ayora | Alta | 6,93 | 0,25 | 56,00 | 30,00 | 14,00 | Franco | 2,40 | 1,32 | 44,90 | 0,08 | 5,91 | 3,23 | 9,47 | 42,82 | 8,77 |
| Ayora | Alta | 7,18 | 0,20 | 56,00 | 28,00 | 16,00 | Franco | 2,39 | 0,98 | 59,11 | 0,06 | 5,93 | 5,10 | 11,29 | 2,18 | 7,56 |
| Ayora | Alta | 6,45 | 0,29 | 60,00 | 28,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 2,58 | 1,36 | 47,22 | 0,08 | 5,43 | 2,42 | 8,22 | 49,01 | 0,30 |
| Ayora | Alta | 6,68 | 0,12 | 60,00 | 27,00 | 13,00 | Franco Arenoso | 2,89 | 1,54 | 46,85 | 0,08 | 4,69 | 2,33 | 7,22 | 82,55 | 5,16 |
| Ayora | Alta | 6,86 | 0,17 | 58,00 | 26,00 | 16,00 | Franco | 1,98 | 0,46 | 76,90 | 0,05 | 7,98 | 3,43 | 11,63 | 1,18 | 18,41 |
| Ayora | Alta | 7,99 | 0,12 | 52,00 | 30,00 | 18,00 | Franco | 2,00 | 1,00 | 50,14 | 0,05 | 8,55 | 4,25 | 12,97 | 8,13 | 52,50 |
| Ayora | Alta | 6,79 | 0,12 | 60,00 | 36,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 1,87 | 1,06 | 43,28 | 0,08 | 5,54 | 2,35 | 8,09 | 13,28 | 4,23 |
| Ayora | Alta | 6,74 | 0,12 | 59,00 | 35,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 1,60 | 0,19 | 88,35 | 0,08 | 6,10 | 2,95 | 9,25 | 4,37 | 2,02 |
| Ayora | Media | 8,36 | 0,78 | 51,00 | 41,00 | 8,00 | Franco Arenoso | 1,72 | 0,63 | 63,38 | 0,18 | 4,50 | 23,83 | 29,28 | 14,38 | 22,69 |
| Ayora | Media | 7,98 | 0,55 | 66,00 | 30,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 1,67 | 0,65 | 61,12 | 0,18 | 16,73 | 10,64 | 28,10 | 15,98 | 3,78 |
| La Esperanza | Baja | 6,40 | 0,31 | 70,00 | 20,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 2,02 | 1,07 | 47,02 | 0,28 | 6,10 | 5,99 | 12,68 | 19,39 | 20,55 |
| La Esperanza | Baja | 7,34 | 0,13 | 78,00 | 13,00 | 9,00 | Arena Franca | 2,12 | 1,41 | 33,57 | 0,27 | 6,98 | 4,95 | 12,33 | 22,14 | 37,85 |
| La Esperanza | Alta | 7,45 | 0,28 | 68,00 | 26,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 1,67 | 1,03 | 38,31 | 0,13 | 8,74 | 3,14 | 12,29 | 20,23 | 25,25 |
| La Esperanza | Alta | 7,07 | 0,22 | 60,00 | 34,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,14 | 0,93 | 56,35 | 0,10 | 8,62 | 3,15 | 12,06 | 14,6 | 48,57 |
| La Esperanza | Alta | 7,25 | 0,18 | 50,00 | 28,00 | 22,00 | Franco | 1,87 | 0,93 | 50,43 | 0,26 | 10,27 | 6,93 | 17,64 | 16,86 | 31,27 |
| La Esperanza | Alta | 7,35 | 0,16 | 52,00 | 28,00 | 20,00 | Franco | 2,28 | 0,94 | 58,87 | 0,06 | 9,52 | 6,29 | 16,04 | 22,65 | 31,87 |
| La Esperanza | Media | 7,52 | 0,20 | 76,00 | 20,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,99 | 1,43 | 28,20 | 0,10 | 4,94 | 1,53 | 6,77 | 26,13 | 24,49 |
| La Esperanza | Media | 7,53 | 0,15 | 78,00 | 18,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,78 | 1,01 | 43,39 | 0,13 | 5,23 | 2,09 | 7,59 | 12,65 | 2,17 |
| La Esperanza | Media | 6,96 | 0,12 | 78,00 | 18,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,90 | 1,34 | 29,47 | 0,08 | 5,72 | 1,92 | 7,84 | 25,46 | 26,49 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------|------|-------|-------|-------|----------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|--------|-------|
| La Esperanza | Media | 7,02 | 0,14 | 74,00 | 19,00 | 7,00 | Arena Franca | 1,77 | 1,27 | 28,25 | 0,10 | 4,55 | 2,02 | 6,80 | 31,01 | 34,90 |
| La Esperanza | Media | 6,95 | 0,13 | 80,00 | 16,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,75 | 1,67 | 4,57 | 0,24 | 3,24 | 1,66 | 5,27 | 30,27 | 30,14 |
| La Esperanza | Media | 7,07 | 0,13 | 72,00 | 22,00 | 6,00 | Arena Franca | 2,07 | 1,42 | 31,40 | 0,15 | 3,68 | 2,22 | 6,19 | 27,9 | 35,50 |
| La Esperanza | Media | 7,03 | 0,29 | 74,00 | 22,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,73 | 1,29 | 25,40 | 0,24 | 5,04 | 1,81 | 7,38 | 19,54 | 11,40 |
| La Esperanza | Media | 1,74 | 1,48 | 77,00 | 19,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,74 | 1,48 | 14,78 | 0,16 | 4,98 | 2,36 | 7,69 | 29,04 | 40,14 |
| La Esperanza | Alta | 7,19 | 0,25 | 73,00 | 21,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,58 | 0,87 | 44,83 | 0,22 | 8,28 | 3,29 | 12,04 | 14,03 | 11,13 |
| La Esperanza | Alta | 7,27 | 0,17 | 74,00 | 22,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,97 | 1,05 | 46,52 | 0,19 | 6,78 | 4,57 | 11,71 | 25,3 | 2,51 |
| Malchingui | Baja | 6,68 | 0,11 | 86,00 | 10,00 | 4,00 | Arena | 2,75 | 1,18 | 56,97 | 0,13 | 3,68 | 1,60 | 5,52 | 21,5 | 19,73 |
| Malchingui | Baja | 6,79 | 0,23 | 68,00 | 26,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,42 | 1,04 | 56,86 | 0,05 | 4,94 | 2,29 | 7,50 | 4,36 | 13,15 |
| Malchingui | Baja | 6,68 | 0,54 | 84,00 | 15,00 | 1,00 | Arena | 1,84 | 1,23 | 33,04 | 0,10 | 2,71 | 2,06 | 5,40 | 28,4 | 13,36 |
| Malchingui | Baja | 6,69 | 0,54 | 84,00 | 15,00 | 1,00 | Arena Franca | 1,87 | 1,37 | 26,75 | 0,10 | 2,71 | 2,06 | 5,40 | 50,91 | 15,45 |
| Malchingui | Baja | 6,27 | 5,91 | 76,00 | 22,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,17 | 0,76 | 35,56 | 0,96 | 14,44 | 4,66 | 25,97 | 24,49 | 19,42 |
| Malchingui | Baja | 7,63 | 2,77 | 79,00 | 18,00 | 3,00 | Arena Franca | 1,14 | 0,90 | 20,41 | 0,32 | 13,57 | 4,51 | 20,97 | 9,51 | 16,42 |
| Malchingui | Media | 6,92 | 0,18 | 92,00 | 8,00 | 0,00 | Arena | 1,89 | 1,32 | 30,06 | 0,06 | 2,05 | 1,34 | 3,63 | 42,84 | 2,51 |
| Malchingui | Media | 7,04 | 0,22 | 90,00 | 10,00 | 0,00 | Arena | 2,25 | 1,31 | 41,67 | 0,05 | 1,94 | 1,50 | 3,71 | 41,1 | 7,52 |
| Malchingui | Media | 6,98 | 0,23 | 83,00 | 17,00 | 0,00 | Arena Franca | 1,53 | 1,15 | 24,68 | 0,05 | 3,00 | 2,11 | 5,38 | 17,45 | 11,13 |
| Malchingui | Media | 7,12 | 0,06 | 82,00 | 16,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,76 | 1,45 | 17,56 | 0,05 | 3,29 | 1,29 | 4,69 | 65,47 | 18,68 |
| Malchingui | Media | 7,08 | 0,21 | 92,00 | 8,00 | 0,00 | Arena | 1,92 | 1,17 | 39,11 | 0,08 | 2,71 | 0,89 | 3,89 | 19,49 | 18,58 |
| Malchingui | Media | 7,24 | 0,25 | 90,00 | 10,00 | 0,00 | Arena | 2,10 | 1,08 | 48,51 | 0,03 | 2,62 | 1,44 | 4,34 | 8,82 | 19,73 |
| Malchingui | Media | 6,93 | 0,12 | 84,00 | 16,00 | 0,00 | Arena Franca | 1,64 | 1,14 | 30,77 | 0,06 | 2,42 | 1,18 | 3,78 | 15,8 | 13,57 |
| Malchingui | Media | 7,11 | 0,28 | 86,00 | 13,00 | 1,00 | Arena Franca | 1,82 | 1,25 | 31,53 | 0,03 | 2,62 | 1,25 | 4,18 | 31,17 | 7,52 |
| Malchingui | Alta | 6,58 | 0,21 | 72,00 | 22,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 1,43 | 1,16 | 18,85 | 0,30 | 6,30 | 2,23 | 9,04 | 18,86 | 16,40 |
| Malchingui | Alta | 6,40 | 0,42 | 70,00 | 22,00 | 8,00 | Franco Arenoso | 1,69 | 0,89 | 47,10 | 0,27 | 5,52 | 3,20 | 9,41 | 10,59 | 15,34 |
| Malchingui | Media | 6,75 | 0,10 | 86,00 | 12,00 | 2,00 | Arena | 2,06 | 1,26 | 38,89 | 0,11 | 1,54 | 1,20 | 2,56 | 32,44 | 19,62 |
| Malchingui | Media | 6,91 | 0,13 | 86,00 | 11,00 | 3,00 | Arena | 1,71 | 1,14 | 33,02 | 0,03 | 2,05 | 1,62 | 3,83 | 16,3 | 16,49 |
| Malchingui | Media | 6,83 | 0,32 | 83,00 | 13,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,53 | 1,31 | 14,35 | 0,18 | 4,17 | 2,43 | 7,10 | 40,56 | 24,01 |
| Malchingui | Media | 7,51 | 0,30 | 87,00 | 9,00 | 4,00 | Arena | 1,42 | 1,27 | 10,68 | 0,11 | 3,10 | 1,46 | 4,97 | 33,67 | 13,15 |
| Malchingui | Media | 6,15 | 0,23 | 92,00 | 6,00 | 2,00 | Arena | 1,83 | 1,33 | 27,13 | 0,13 | 1,84 | 1,04 | 3,24 | 44,49 | 15,34 |
| Malchingui | Media | 6,73 | 0,22 | 84,00 | 14,00 | 2,00 | Arena | 1,56 | 1,31 | 14,98 | 0,03 | 2,64 | 0,86 | 3,75 | 42,49 | 19,42 |
| Malchingui | Media | 6,70 | 0,22 | 80,00 | 20,00 | 0,00 | Arena Franca | 1,73 | 1,08 | 37,47 | 0,11 | 3,49 | 1,35 | 5,17 | 8,84 | 15,96 |
| Malchingui | Media | 7,08 | 0,25 | 82,00 | 18,00 | 0,00 | Arena Franca | 1,70 | 1,04 | 38,66 | 0,06 | 3,88 | 1,32 | 5,52 | 4,49 | 18,68 |
| Malchingui | Media | 6,16 | 0,42 | 78,00 | 18,00 | 4,00 | Arena Franca | 2,30 | 1,07 | 53,45 | 0,06 | 4,50 | 2,19 | 7,17 | 7,77 | 13,15 |
| Malchingui | Media | 6,38 | 0,14 | 70,00 | 20,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 2,07 | 1,12 | 45,79 | 0,11 | 4,59 | 3,28 | 8,12 | 13,45 | 16,42 |
| Malchingui | Media | 6,57 | 0,12 | 89,00 | 9,00 | 2,00 | Arena | 1,97 | 1,23 | 37,70 | 0,13 | 1,94 | 2,09 | 4,27 | 27,85 | 15,34 |
| Malchingui | Media | 6,87 | 0,09 | 83,00 | 7,00 | 10,00 | Arena Franca | 1,68 | 1,30 | 22,83 | 0,06 | 3,53 | 1,25 | 4,94 | 38,89 | 18,58 |
| Malchingui | Media | 6,55 | 0,27 | 86,00 | 6,00 | 8,00 | Arena Franca | 2,06 | 1,24 | 39,51 | 0,03 | 2,13 | 1,69 | 4,12 | 30,34 | 24,01 |
| Malchingui | Media | 6,92 | 0,22 | 84,00 | 8,00 | 8,00 | Arena Franca | 1,87 | 1,20 | 35,71 | 0,03 | 2,75 | 1,19 | 4,19 | 23,93 | 19,73 |
| Malchingui | Media | 7,26 | 0,24 | 88,00 | 8,00 | 4,00 | Arena | 1,77 | 1,25 | 29,22 | 0,05 | 3,68 | 1,09 | 5,06 | 31,86 | 2,51 |
| Malchingui | Media | 7,28 | 0,25 | 80,00 | 14,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,77 | 1,25 | 29,24 | 0,06 | 4,28 | 1,53 | 6,12 | 104,28 | 13,88 |
| Malchineui | Media | 7,23 | 0,20 | 80,00 | 12,00 | 8,00 | Arena Franca | 1,99 | 1,20 | 39,54 | 0,03 | 2,36 | 0,90 | 3,49 | 24,53 | 19,42 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|------|------|-------|-------|-------|----------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| Valchिंगui | Media | 7,26 | 0,15 | 84,00 | 15,00 | 1,00 | Arena Franca | 1,59 | 1,10 | 30,71 | 0,02 | 2,71 | 0,79 | 3,66 | 10,99 | 15,96 |
| Valchिंगui | Media | 6,39 | 0,09 | 90,00 | 10,00 | 0,00 | Arena | 1,90 | 1,34 | 29,68 | 0,03 | 1,69 | 0,67 | 2,48 | 45,14 | 11,13 |
| Valchिंगui | Media | 6,79 | 0,06 | 84,00 | 14,00 | 2,00 | Arena Franca | 2,56 | 1,43 | 44,20 | 0,05 | 2,71 | 0,60 | 3,41 | 61,6 | 18,68 |
| Valchिंगui | Media | 6,46 | 0,01 | 91,00 | 9,00 | 0,00 | Arena | 9,21 | 1,47 | 33,39 | 0,02 | 1,74 | 0,48 | 2,25 | 69,64 | 19,62 |
| Valchिंगui | Media | 6,80 | 0,06 | 93,00 | 7,00 | 0,00 | Arena | 1,76 | 1,40 | 20,53 | 0,03 | 1,55 | 1,42 | 3,06 | 55,86 | 16,40 |
| Valchिंगui | Media | 6,46 | 0,10 | 90,00 | 10,00 | 0,00 | Arena | 2,07 | 1,34 | 35,24 | 0,05 | 2,40 | 1,03 | 3,57 | 46,05 | 15,96 |
| Valchिंगui | Media | 6,54 | 0,11 | 80,00 | 14,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,75 | 1,21 | 31,04 | 0,06 | 3,53 | 0,93 | 4,63 | 25,39 | 7,52 |
| Valchिंगui | Baja | 6,69 | 0,10 | 90,00 | 10,00 | 0,00 | Arena | 2,37 | 1,28 | 46,16 | 0,08 | 2,13 | 1,05 | 3,36 | 35,31 | 19,42 |
| Valchिंगui | Baja | 6,91 | 0,10 | 90,00 | 10,00 | 0,00 | Arena | 1,67 | 1,31 | 21,69 | 0,06 | 2,56 | 1,49 | 4,21 | 39,97 | 15,34 |
| Valchिंगui | Baja | 6,16 | 0,20 | 91,00 | 8,00 | 1,00 | Arena | 1,70 | 1,31 | 21,11 | 0,06 | 2,34 | 1,92 | 4,53 | 44,76 | 13,36 |
| Valchिंगui | Baja | 6,78 | 0,06 | 96,00 | 4,00 | 0,00 | Arena | 2,08 | 1,60 | 23,41 | 0,05 | 1,65 | 0,79 | 2,55 | 95,3 | 13,57 |
| Olmedo | Alta | 7,20 | 0,59 | 58,00 | 34,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,54 | 1,43 | 43,60 | 0,32 | 7,27 | 5,08 | 13,26 | 61,7 | 2,51 |
| Olmedo | Alta | 7,22 | 0,22 | 53,00 | 30,00 | 17,00 | Franco | 2,27 | 1,55 | 31,78 | 0,14 | 10,27 | 9,46 | 20,09 | 85,31 | 18,68 |
| Olmedo | Alta | 6,32 | 0,20 | 54,00 | 40,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,66 | 0,89 | 66,69 | 0,06 | 4,75 | 1,49 | 6,50 | 11,46 | 18,58 |
| Olmedo | Alta | 6,66 | 0,12 | 52,00 | 44,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 2,36 | 1,67 | 29,17 | 0,05 | 4,11 | 1,96 | 6,24 | 15,54 | 7,52 |
| Olmedo | Alta | 6,42 | 0,22 | 58,00 | 40,00 | 2,00 | Franco Arenoso | 1,95 | 0,89 | 54,50 | 0,16 | 4,30 | 2,06 | 6,74 | 11,15 | 24,01 |
| Olmedo | Alta | 6,63 | 0,15 | 52,00 | 35,00 | 13,00 | Franco | 1,97 | 1,04 | 47,33 | 0,05 | 4,15 | 1,62 | 5,97 | 2,67 | 13,36 |
| Olmedo | Alta | 6,56 | 0,26 | 64,00 | 30,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,24 | 1,08 | 51,71 | 0,08 | 5,81 | 0,04 | 6,19 | 26,54 | 15,45 |
| Olmedo | Alta | 6,59 | 0,15 | 57,00 | 33,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 2,70 | 1,17 | 56,66 | 0,10 | 6,59 | 3,23 | 10,06 | 17,72 | 11,13 |
| Olmedo | Alta | 6,77 | 0,13 | 63,00 | 36,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 1,87 | 0,99 | 47,18 | 0,27 | 6,01 | 4,77 | 11,18 | 15,54 | 15,96 |
| Olmedo | Alta | 6,88 | 0,19 | 60,00 | 40,00 | 0,00 | Franco Arenoso | 1,74 | 0,96 | 44,78 | 0,24 | 7,02 | 6,56 | 14,01 | 7,8 | 19,62 |
| Olmedo | Alta | 6,63 | 0,17 | 54,00 | 40,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 1,65 | 0,75 | 54,47 | 0,14 | 4,24 | 4,48 | 9,03 | 14,72 | 15,34 |
| Olmedo | Alta | 6,66 | 0,28 | 50,00 | 42,00 | 9,00 | Franco Arenoso | 1,66 | 1,07 | 35,41 | 0,16 | 6,24 | 3,58 | 10,26 | 19,39 | 16,42 |
| Olmedo | Alta | 7,12 | 0,22 | 72,00 | 26,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,73 | 0,85 | 50,95 | 0,46 | 9,39 | 7,00 | 17,07 | 20,75 | 13,15 |
| Olmedo | Alta | 6,93 | 0,32 | 55,00 | 44,00 | 1,00 | Franco Arenoso | 1,71 | 0,94 | 45,16 | 0,24 | 6,91 | 4,64 | 12,11 | 18,57 | 16,40 |
| Olmedo | Alta | 6,83 | 0,21 | 44,00 | 52,00 | 4,00 | Franco Limoso | 1,52 | 0,83 | 45,34 | 0,10 | 7,35 | 4,18 | 11,83 | 26,22 | 13,88 |
| Olmedo | Alta | 7,05 | 0,22 | 40,00 | 56,00 | 4,00 | Franco Limoso | 1,80 | 0,83 | 53,98 | 0,18 | 8,04 | 2,93 | 11,37 | 12,57 | 19,42 |
| Olmedo | Alta | 7,21 | 0,15 | 74,00 | 18,00 | 8,00 | Arena Franca | 1,81 | 0,87 | 51,70 | 0,22 | 5,23 | 2,30 | 7,90 | 15,77 | 13,57 |
| Olmedo | Alta | 6,95 | 0,13 | 74,00 | 20,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,66 | 1,26 | 23,89 | 0,14 | 5,89 | 1,81 | 7,77 | 30,36 | 19,73 |
| Olmedo | Alta | 6,31 | 0,37 | 50,00 | 36,00 | 14,00 | Franco | 1,50 | 0,50 | 66,29 | 0,18 | 9,34 | 4,45 | 14,30 | 9,5 | 16,49 |
| Olmedo | Alta | 6,83 | 0,13 | 58,00 | 40,00 | 2,00 | Franco Arenoso | 1,80 | 1,00 | 45,93 | 0,19 | 0,34 | 1,69 | 11,40 | 22,98 | 15,34 |
| Fabacundo | Alta | 7,46 | 0,21 | 66,00 | 20,00 | 14,00 | Franco Arenoso | 1,89 | 0,73 | 61,55 | 0,16 | 7,07 | 5,42 | 12,86 | 11,06 | 19,42 |
| Fabacundo | Alta | 7,28 | 0,27 | 58,00 | 26,00 | 16,00 | Franco Arenoso | 1,80 | 1,52 | 15,69 | 0,18 | 8,24 | 4,49 | 13,18 | 29,86 | 19,73 |
| Fabacundo | Alta | 6,31 | 0,19 | 66,00 | 24,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,68 | 0,78 | 53,45 | 0,14 | 6,69 | 2,61 | 9,63 | 14,14 | 15,34 |
| Fabacundo | Alta | 7,02 | 0,15 | 68,00 | 22,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,80 | 0,80 | 55,32 | 0,11 | 5,81 | 3,10 | 9,17 | 18,26 | 13,57 |
| Fabacundo | Media | 7,28 | 0,19 | 78,00 | 10,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,72 | 0,84 | 51,10 | 0,26 | 8,66 | 3,79 | 12,89 | 20,24 | 16,49 |
| Fabacundo | Media | 7,29 | 0,17 | 72,00 | 16,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,82 | 1,38 | 24,45 | 0,24 | 7,98 | 4,55 | 12,94 | 26,22 | 7,45 |
| Fabacundo | Media | 7,18 | 0,20 | 66,00 | 26,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,77 | 1,07 | 39,82 | 0,18 | 6,01 | 3,14 | 9,52 | 13,4 | 13,36 |
| Fabacundo | Media | 7,43 | 0,17 | 78,00 | 16,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,81 | 1,06 | 41,16 | 0,19 | 6,78 | 2,02 | 9,16 | 24,36 | 19,42 |
| Fabacundo | Media | 7,41 | 0,24 | 76,00 | 18,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,77 | 0,90 | 49,17 | 0,27 | 6,30 | 3,31 | 10,12 | 21,97 | 11,13 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|-------|----------------|------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|
| Tabacundo | Media | 7,54 | 0,21 | 60,00 | 30,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,82 | 1,24 | 32,01 | 0,22 | 8,20 | 3,05 | 11,68 | 24,33 | 16,42 |
| Tabacundo | Alta | 7,50 | 0,33 | 80,00 | 16,00 | 4,00 | Arena Franca | 2,34 | 0,98 | 58,20 | 0,06 | 11,30 | 2,85 | 14,55 | 18,62 | 19,62 |
| Tabacundo | Alta | 7,69 | 0,31 | 72,00 | 26,00 | 2,00 | Franco Arenoso | 1,57 | 1,02 | 34,91 | 0,21 | 10,87 | 4,40 | 15,79 | 8,29 | 15,45 |
| Tabacundo | Alta | 7,83 | 0,29 | 55,00 | 35,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,71 | 1,05 | 38,49 | 0,24 | 12,89 | 4,31 | 17,72 | 25,3 | 2,51 |
| Tabacundo | Alta | 7,16 | 0,22 | 64,00 | 28,00 | 8,00 | Franco Arenoso | 1,77 | 1,19 | 32,69 | 0,14 | 9,69 | 4,31 | 14,36 | 21,57 | 13,88 |
| Tabacundo | Alta | 6,70 | 0,20 | 83,00 | 15,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,71 | 0,90 | 47,17 | 0,10 | 3,91 | 1,71 | 5,91 | 13,88 | 15,34 |
| Tabacundo | Alta | 7,00 | 0,17 | 80,00 | 18,00 | 2,00 | Arena Franca | 2,55 | 1,75 | 31,30 | 0,10 | 2,23 | 2,97 | 5,46 | 27,48 | 15,96 |
| Tabacundo | Media | 6,78 | 0,08 | 85,00 | 11,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,73 | 1,09 | 37,17 | 0,10 | 5,25 | 3,30 | 8,73 | 2,8 | 19,73 |
| Tabacundo | Media | 6,72 | 0,08 | 85,00 | 10,00 | 5,00 | Arena Franca | 1,86 | 1,16 | 37,66 | 0,10 | 3,59 | 0,93 | 4,70 | 26,65 | 24,01 |
| Tabacundo | Baja | 6,93 | 0,14 | 86,00 | 9,00 | 5,00 | Arena Franca | 1,43 | 1,29 | 10,10 | 0,06 | 5,27 | 3,22 | 8,69 | 29,44 | 15,34 |
| Tabacundo | Baja | 6,97 | 0,13 | 86,00 | 8,00 | 6,00 | Arena | 1,66 | 0,97 | 41,32 | 0,08 | 5,48 | 2,05 | 7,74 | 7,88 | 19,42 |
| Tabacundo | Media | 0,99 | 0,12 | 80,00 | 16,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,85 | 1,29 | 29,99 | 14,00 | 4,26 | 1,78 | 6,31 | 40,76 | 18,58 |
| Tabacundo | Media | 7,51 | 0,18 | 84,00 | 14,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,88 | 1,21 | 35,79 | 0,14 | 3,78 | 1,42 | 5,53 | 18,66 | 18,68 |
| Tabacundo | Alta | 6,39 | 0,26 | 68,00 | 28,00 | 4,00 | Arena Franca | 2,16 | 1,33 | 36,66 | 0,10 | 6,45 | 2,29 | 9,10 | 20,88 | 16,40 |
| Tabacundo | Alta | 6,87 | 0,15 | 70,00 | 24,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,88 | 1,17 | 37,50 | 0,10 | 6,69 | 2,67 | 9,61 | 28,76 | 19,73 |
| Tabacundo | Media | 7,73 | 0,18 | 86,00 | 10,00 | 4,00 | Arena | 1,90 | 1,21 | 37,25 | 0,42 | 3,97 | 3,56 | 8,13 | 23,9 | 11,13 |
| Tabacundo | Media | 6,90 | 0,23 | 80,00 | 14,00 | 6,00 | Arena | 2,01 | 1,05 | 47,55 | 0,14 | 3,88 | 1,00 | 5,25 | 19,03 | 2,51 |
| Tabacundo | Media | 7,06 | 0,18 | 76,00 | 18,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,87 | 1,01 | 45,64 | 0,29 | 7,95 | 5,74 | 14,16 | 24,33 | 18,68 |
| Tabacundo | Media | 7,13 | 0,14 | 82,00 | 16,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,78 | 0,90 | 49,23 | 0,26 | 8,35 | 5,44 | 14,19 | 22,12 | 15,45 |
| Tocachi | Baja | 6,34 | 0,15 | 64,00 | 25,00 | 11,00 | Franco Arenoso | 1,87 | 0,86 | 54,05 | 0,08 | 3,90 | 1,43 | 5,56 | 13,94 | 19,73 |
| Tocachi | Baja | 6,30 | 0,12 | 60,00 | 30,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 2,02 | 0,96 | 52,44 | 0,06 | 4,67 | 1,06 | 5,91 | 3,71 | 18,58 |
| Tocachi | Alta | 6,40 | 0,12 | 56,00 | 24,00 | 20,00 | Franco | 1,72 | 1,12 | 34,68 | 0,03 | 6,49 | 2,63 | 9,27 | 13,71 | 24,01 |
| Tocachi | Alta | 6,81 | 0,27 | 78,00 | 18,00 | 4,00 | Arena Franca | 2,11 | 1,01 | 52,22 | 0,02 | 6,45 | 3,16 | 9,90 | 0,8 | 13,88 |
| Tocachi | Alta | 6,98 | 0,30 | 78,00 | 17,00 | 5,00 | Arena Franca | 1,75 | 0,90 | 48,78 | 0,10 | 8,43 | 5,36 | 14,19 | 10,51 | 15,34 |
| Tocachi | Alta | 7,00 | 0,17 | 71,00 | 22,00 | 7,00 | Franco Arenoso | 2,12 | 0,80 | 62,12 | 0,14 | 9,75 | 6,57 | 16,64 | 19,68 | 16,49 |
| Tocachi | Media | 5,59 | 0,84 | 86,00 | 12,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,63 | 7,13 | 30,70 | 0,05 | 2,23 | 1,38 | 4,49 | 94,42 | 28,90 |
| Tocachi | Media | 7,10 | 0,52 | 88,00 | 12,00 | 0,00 | Arena | 2,18 | 1,30 | 40,51 | 0,03 | 2,64 | 0,97 | 4,16 | 38,87 | 30,13 |
| Tocachi | Media | 7,09 | 0,25 | 86,00 | 14,00 | 0,00 | Arena | 1,93 | 1,04 | 45,95 | 0,03 | 2,97 | 1,11 | 4,36 | 4,51 | 13,57 |
| Tocachi | Media | 6,78 | 0,13 | 86,00 | 12,00 | 2,00 | Arena | 2,17 | 1,23 | 43,36 | 0,03 | 2,23 | 1,40 | 3,79 | 28,46 | 15,34 |
| Tocachi | Media | 5,79 | 0,32 | 86,00 | 12,00 | 2,00 | Arena | 1,60 | 1,41 | 11,73 | 0,06 | 2,44 | 0,85 | 3,68 | 57,83 | 19,42 |
| Tocachi | Media | 6,60 | 0,07 | 91,00 | 5,00 | 4,00 | Arena | 1,68 | 1,23 | 26,82 | 0,10 | 2,34 | 0,88 | 3,38 | 28,53 | 19,62 |
| Tocachi | Media | 6,80 | 0,24 | 68,00 | 22,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,85 | 1,51 | 18,65 | 0,26 | 6,98 | 4,90 | 12,38 | 29,82 | 5,31 |
| Tocachi | Media | 7,13 | 0,12 | 72,00 | 24,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 2,18 | 1,17 | 46,22 | 0,24 | 0,49 | 5,71 | 12,56 | 9,42 | 12,34 |
| Tocachi | Alta | 7,17 | 0,12 | 71,00 | 25,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 2,24 | 1,06 | 52,65 | 0,30 | 5,91 | 6,12 | 12,46 | 16,35 | 28,43 |
| Tocachi | Alta | 7,13 | 0,13 | 71,00 | 25,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 2,07 | 0,89 | 57,28 | 0,30 | 6,88 | 4,81 | 12,12 | 21,44 | 12,30 |
| Tocachi | Alta | 6,92 | 0,11 | 80,00 | 19,00 | 1,00 | Arena Franca | 1,83 | 1,10 | 39,75 | 0,29 | 6,01 | 5,94 | 12,34 | 13,78 | 15,84 |
| Tocachi | Alta | 7,12 | 0,14 | 80,00 | 19,00 | 1,00 | Arena Franca | 2,26 | 1,02 | 54,99 | 0,30 | 5,85 | 5,82 | 12,11 | 20,04 | 17,22 |
| Tocachi | Media | 6,99 | 0,16 | 68,00 | 30,00 | 2,00 | Franco Arenoso | 2,07 | 0,97 | 53,41 | 0,29 | 591,00 | 6,80 | 13,16 | 23,68 | 10,34 |
| Tocachi | Media | 7,35 | 0,10 | 72,00 | 27,00 | 1,00 | Franco Arenoso | 2,09 | 1,09 | 47,95 | 0,32 | 5,62 | 7,11 | 13,15 | 19,92 | 19,50 |
| Tocachi | Media | 7,25 | 0,21 | 71,00 | 28,00 | 1,00 | Franco Arenoso | 2,16 | 1,03 | 52,24 | 0,30 | 6,26 | 6,49 | 13,26 | 2,65 | 20,32 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|------|------|-------|-------|-------|----------------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tocachi | Media | 7,25 | 0,21 | 71,00 | 28,00 | 1,00 | Franco Arenoso | 2,16 | 1,03 | 52,24 | 0,30 | 6,26 | 6,49 | 13,26 | 2,65 | 20,32 |
| Tocachi | Media | 7,02 | 0,22 | 76,00 | 24,00 | 0,00 | Arena Franca | 1,65 | 0,89 | 46,22 | 0,30 | 5,23 | 6,54 | 12,30 | 14,35 | 19,97 |
| Tocachi | Alta | 6,87 | 0,14 | 78,00 | 16,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,96 | 1,32 | 32,81 | 0,34 | 5,43 | 6,90 | 12,81 | 23,93 | 26,60 |
| Tocachi | Alta | 7,07 | 0,12 | 75,00 | 19,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,08 | 1,02 | 50,88 | 0,34 | 5,52 | 6,57 | 12,55 | 19,38 | 6,99 |
| Tocachi | Alta | 7,14 | 0,22 | 56,00 | 30,00 | 14,00 | Franco Arenoso | 1,81 | 1,16 | 36,11 | 0,10 | 7,56 | 4,53 | 12,40 | 28,51 | 10,34 |
| Tocachi | Alta | 6,72 | 0,14 | 60,00 | 32,00 | 8,00 | Franco Arenoso | 2,36 | 1,00 | 57,66 | 0,10 | 0,57 | 7,93 | 17,74 | 31,59 | 22,69 |
| Tocachi | Media | 6,97 | 0,10 | 93,00 | 5,00 | 2,00 | Arena | 1,89 | 1,30 | 31,24 | 0,08 | 1,88 | 1,83 | 3,69 | 23,56 | 23,14 |
| Tocachi | Media | 6,72 | 0,10 | 94,00 | 6,00 | 0,00 | Arena | 2,07 | 1,48 | 28,71 | 0,08 | 2,33 | 1,60 | 4,11 | 35,66 | 4,86 |
| Tocachi | Media | 7,61 | 0,23 | 81,00 | 13,00 | 6,00 | Arena Franca | 1,64 | 1,10 | 33,04 | 0,27 | 15,21 | 4,62 | 20,33 | 25,1 | 23,70 |
| Tocachi | Media | 7,56 | 0,22 | 84,00 | 12,00 | 4,00 | Arena Franca | 2,02 | 0,88 | 56,39 | 0,30 | 14,63 | 7,24 | 22,40 | 20,22 | 22,34 |
| Tocachi | Media | 7,01 | 0,21 | 67,00 | 21,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,77 | 1,23 | 30,50 | 0,10 | 5,76 | 2,75 | 8,81 | 24,14 | 5,68 |
| Tocachi | Media | 7,35 | 0,14 | 65,00 | 26,00 | 9,00 | Franco Arenoso | 2,30 | 0,89 | 61,47 | 0,10 | 5,33 | 3,50 | 9,07 | 21,87 | 35,25 |
| Tocachi | Baja | 6,78 | 0,12 | 77,00 | 18,00 | 5,00 | Franco Arenoso | 2,33 | 1,14 | 50,79 | 0,13 | 2,62 | 1,84 | 4,71 | 14,28 | 15,31 |
| Tocachi | Baja | 6,92 | 0,14 | 80,00 | 16,00 | 4,00 | Arena Franca | 1,08 | 1,14 | 30,50 | 0,11 | 3,10 | 1,25 | 4,60 | 26,02 | 4,14 |
| Tocachi | Baja | 7,05 | 0,22 | 86,00 | 11,00 | 1,00 | Arena | 1,99 | 1,17 | 41,10 | 0,11 | 6,98 | 3,02 | 10,33 | 32,43 | 18,66 |
| Tocachi | Baja | 7,10 | 0,21 | 88,00 | 11,00 | 1,00 | Arena | 2,07 | 1,35 | 34,68 | 0,11 | 5,64 | 3,17 | 9,13 | 31,02 | 43,71 |
| Tocachi | Baja | 6,84 | 0,11 | 68,00 | 22,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 2,12 | 1,35 | 36,05 | 0,13 | 4,07 | 3,14 | 7,45 | 24,67 | 22,34 |
| Tocachi | Baja | 6,82 | 0,11 | 68,00 | 22,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 2,07 | 1,13 | 45,21 | 0,13 | 5,35 | 3,24 | 8,63 | 27,77 | 9,55 |
| Tocachi | Baja | 6,83 | 0,11 | 86,00 | 12,00 | 2,00 | Arena Franca | 2,51 | 1,39 | 41,74 | 0,06 | 2,95 | 1,36 | 4,50 | 31,72 | 24,50 |
| Tocachi | Baja | 6,85 | 0,07 | 86,00 | 12,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,88 | 1,31 | 30,34 | 0,10 | 3,49 | 0,97 | 4,63 | 41,39 | 23,88 |
| Tocachi | Baja | 7,77 | 0,16 | 80,00 | 16,00 | 4,00 | Arena Franca | 2,02 | 1,26 | 37,58 | 0,35 | 6,78 | 3,06 | 10,36 | 20,31 | 13,18 |
| Tocachi | Baja | 7,10 | 0,20 | 70,00 | 22,00 | 8,00 | Franco Arenoso | 1,72 | 1,19 | 31,19 | 0,19 | 7,36 | 4,41 | 12,17 | 21,57 | 31,11 |
| Tocachi | Media | 7,51 | 0,20 | 64,00 | 14,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,91 | 1,16 | 39,48 | 0,29 | 6,98 | 3,31 | 10,78 | 22,91 | 14,28 |
| Tocachi | Media | 7,46 | 0,43 | 87,00 | 11,00 | 2,00 | Arena Franca | 1,97 | 1,07 | 45,50 | 0,27 | 6,30 | 2,72 | 2,72 | 21 | 7,55 |
| Tocachi | Baja | 6,75 | 0,33 | 77,00 | 19,00 | 4,00 | Arena Franca | 2,55 | 1,11 | 56,40 | 0,13 | 21,41 | 10,52 | 32,39 | 12,47 | 12,17 |
| Tocachi | Baja | 7,90 | 0,26 | 54,00 | 12,00 | 4,00 | Arena Franca | 2,00 | 1,14 | 43,19 | 0,10 | 15,06 | 5,54 | 20,95 | 15,53 | 19,96 |
| Tocachi | Alta | 6,42 | 0,08 | 72,00 | 28,00 | 0,00 | Arena Franca | 2,04 | 0,96 | 52,73 | 0,10 | 5,14 | 3,14 | 8,45 | 3,51 | 13,98 |
| Tocachi | Alta | 6,34 | 0,06 | 75,00 | 25,00 | 0,00 | Arena Franca | 1,87 | 0,99 | 46,92 | 0,08 | 5,37 | 1,82 | 7,31 | 0,96 | 10,64 |
| Tocachi | Media | 5,89 | 0,22 | 76,00 | 24,00 | 0,00 | Arena Franca | 2,20 | 1,02 | 53,79 | 0,11 | 4,94 | 1,61 | 6,88 | 1,81 | 13,95 |
| Tocachi | Media | 6,41 | 0,17 | 86,00 | 14,00 | 0,00 | Arena | 2,51 | 1,25 | 50,24 | 0,11 | 5,27 | 2,83 | 8,38 | 31,28 | 3,72 |
| Tocachi | Media | 6,60 | 0,12 | 93,00 | 7,00 | 0,00 | Arena | 1,72 | 1,12 | 34,86 | 0,06 | 3,41 | 0,98 | 4,59 | 13,35 | 10,91 |
| Tocachi | Media | 6,83 | 0,06 | 88,00 | 11,00 | 1,00 | Arena | 2,46 | 1,04 | 57,88 | 0,06 | 3,10 | 1,88 | 5,11 | 3,89 | 0,79 |
| Tocachi | Media | 7,60 | 0,14 | 84,00 | 16,00 | 0,00 | Arena Franca | 2,24 | 1,24 | 44,60 | 0,10 | 4,57 | 1,37 | 6,18 | 30,03 | 10,46 |
| Tocachi | Media | 7,65 | 0,17 | 78,00 | 16,00 | 6,00 | Arena Franca | 2,01 | 1,14 | 43,23 | 0,34 | 6,98 | 4,48 | 11,97 | 15,95 | 19,75 |
| Tocachi | Baja | 7,15 | 0,11 | 72,00 | 24,00 | 4,00 | Franco Arenoso | 2,01 | 0,88 | 56,20 | 0,32 | 4,07 | 4,31 | 8,81 | 12,04 | 11,69 |
| Tocachi | Baja | 7,70 | 0,27 | 74,00 | 26,00 | 0,00 | Arena Franca | 1,67 | 0,71 | 57,52 | 0,54 | 6,10 | 7,69 | 14,60 | 29,27 | 23,02 |
| Tocachi | Baja | 7,80 | 0,18 | 86,00 | 14,00 | 0,00 | Arena Franca | 2,09 | 1,05 | 49,66 | 0,16 | 8,33 | 3,87 | 12,54 | 5,13 | 4,16 |
| Tocachi | Baja | 8,19 | 0,26 | 72,00 | 27,00 | 1,00 | Arena Franca | 1,57 | 0,77 | 50,75 | 0,19 | 12,62 | 4,89 | 17,96 | 22,74 | 18,79 |
| Tocachi | Baja | 7,19 | 0,10 | 96,00 | 4,00 | 0,00 | Arena | 1,57 | 1,13 | 27,95 | 0,10 | 3,31 | 2,63 | 6,14 | 14,6 | 20,48 |
| Tocachi | Baja | 7,34 | 0,11 | 78,00 | 20,00 | 2,00 | Arena Franca | 2,49 | 1,14 | 54,28 | 0,08 | 2,42 | 4,47 | 7,08 | 15,64 | 12,51 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|-------|-------|-------|----------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| Tocachi | Baja | 7,42 | 1,19 | 92,00 | 8,00 | 0,00 | Arena | 1,95 | 1,30 | 33,46 | 0,38 | 4,65 | 1,65 | 7,87 | 38,95 | 23,64 |
| Tocachi | Baja | 8,09 | 0,34 | 91,00 | 9,00 | 0,00 | Arena | 2,11 | 1,13 | 46,35 | 0,32 | 6,20 | 1,86 | 8,72 | 14,89 | 20,96 |
| Tocachi | Baja | 6,86 | 0,18 | 91,00 | 9,00 | 0,00 | Arena | 2,61 | 1,07 | 59,29 | 0,08 | 3,04 | 2,16 | 5,46 | 7,04 | 25,07 |
| Tocachi | Baja | 6,42 | 0,26 | 94,00 | 6,00 | 0,00 | Arena | 2,29 | 1,09 | 52,41 | 0,06 | 2,91 | 1,34 | 4,57 | 9,98 | 24,49 |
| Tupigachi | Alta | 7,05 | 0,15 | 66,00 | 24,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,86 | 0,72 | 61,04 | 0,05 | 7,33 | 2,05 | 9,57 | 22,75 | 7,56 |
| Tupigachi | Alta | 6,99 | 0,13 | 56,00 | 23,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,68 | 0,96 | 42,90 | 0,05 | 6,45 | 2,61 | 9,24 | 23,59 | 4,14 |
| Tupigachi | Alta | 7,25 | 0,53 | 57,00 | 27,00 | 16,00 | Franco Arenoso | 1,71 | 0,81 | 52,54 | 0,32 | 10,85 | 4,68 | 16,38 | 2,08 | 6,77 |
| Tupigachi | Alta | 7,18 | 0,40 | 56,00 | 26,00 | 18,00 | Franco | 1,91 | 0,68 | 64,15 | 0,24 | 10,43 | 5,25 | 16,32 | 10,96 | 10,72 |
| Tupigachi | Alta | 7,19 | 0,43 | 55,00 | 25,00 | 20,00 | Franco | 2,02 | 1,40 | 30,93 | 0,18 | 9,48 | 3,57 | 13,06 | 55,75 | 18,46 |
| Tupigachi | Alta | 7,31 | 0,17 | 60,00 | 30,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,95 | 1,36 | 30,13 | 0,14 | 7,42 | 5,41 | 13,14 | 49,59 | 23,03 |
| Tupigachi | Alta | 6,85 | 0,43 | 60,00 | 34,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,43 | 0,75 | 68,96 | 0,08 | 4,09 | 3,65 | 8,25 | 24,56 | 19,66 |
| Tupigachi | Alta | 5,97 | 0,13 | 60,00 | 32,00 | 8,00 | Franco Arenoso | 2,12 | 1,30 | 38,75 | 0,10 | 4,94 | 3,86 | 9,03 | 38,69 | 16,62 |
| Tupigachi | Alta | 6,54 | 0,16 | 56,00 | 34,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 1,45 | 1,05 | 27,61 | 0,13 | 9,11 | 3,24 | 12,64 | 4,85 | 20,31 |
| Tupigachi | Alta | 6,58 | 0,21 | 60,00 | 34,00 | 6,00 | Franco Arenoso | 2,11 | 1,24 | 41,06 | 0,19 | 7,46 | 5,27 | 13,13 | 30,18 | 45,48 |
| Tupigachi | Alta | 6,57 | 0,15 | 60,00 | 30,00 | 10,00 | Arena Franca | 2,18 | 0,89 | 59,13 | 0,10 | 4,55 | 0,96 | 5,76 | 10,73 | 16,97 |
| Tupigachi | Alta | 6,64 | 0,25 | 63,00 | 25,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 2,15 | 0,71 | 66,75 | 0,11 | 5,10 | 1,20 | 6,66 | 28,51 | 9,08 |
| Tupigachi | Alta | 6,66 | 0,11 | 62,00 | 26,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,98 | 1,07 | 46,17 | 0,13 | 4,55 | 2,87 | 7,66 | 7,29 | 25,20 |
| Tupigachi | Alta | 6,78 | 0,10 | 59,00 | 29,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 2,16 | 1,06 | 51,12 | 0,11 | 4,75 | 2,36 | 7,32 | 12,26 | 30,11 |
| Tupigachi | Alta | 6,74 | 0,11 | 58,00 | 33,00 | 9,00 | Franco Arenoso | 2,13 | 0,58 | 72,93 | 0,11 | 4,36 | 1,69 | 6,27 | 42,69 | 32,14 |
| Tupigachi | Alta | 6,90 | 0,89 | 60,00 | 30,00 | 10,00 | Franco Arenoso | 2,07 | 0,53 | 74,57 | 0,11 | 4,55 | 2,02 | 7,58 | 47,89 | 28,52 |
| Tupigachi | Alta | 7,40 | 0,39 | 60,00 | 28,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,98 | 0,56 | 71,56 | 0,21 | 6,20 | 3,90 | 10,70 | 43,51 | 25,58 |
| Tupigachi | Alta | 6,41 | 0,19 | 56,00 | 30,00 | 13,00 | Franco Arenoso | 1,93 | 1,41 | 26,75 | 0,13 | 5,72 | 3,19 | 9,23 | 58,39 | 17,35 |
| Tupigachi | Alta | 6,77 | 0,19 | 60,00 | 28,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,91 | 0,76 | 60,22 | 0,11 | 6,28 | 3,93 | 10,51 | 24,11 | 29,08 |
| Tupigachi | Alta | 6,97 | 0,15 | 60,00 | 28,00 | 12,00 | Franco Arenoso | 1,83 | 0,61 | 66,83 | 0,11 | 6,69 | 3,67 | 10,62 | 39,42 | 18,83 |
| Tupigachi | Alta | 6,66 | 0,25 | 56,00 | 30,00 | 14,00 | Franco Arenoso | 1,87 | 1,18 | 36,52 | 0,06 | 5,19 | 2,23 | 7,73 | 18,2 | 21,62 |
| Tupigachi | Alta | 6,64 | 0,10 | 59,00 | 27,00 | 14,00 | Franco Arenoso | 1,61 | 1,63 | 37,01 | 0,08 | 5,77 | 2,14 | 8,09 | 29,78 | 23,38 |
| Tupigachi | Alta | 7,31 | 0,39 | 56,00 | 28,00 | 16,00 | Franco Arenoso | 1,49 | 0,99 | 33,39 | 0,06 | 8,85 | 3,13 | 11,93 | 23,85 | 25,47 |
| Tupigachi | Alta | 6,87 | 0,10 | 50,00 | 32,00 | 18,00 | Franco | 1,89 | 0,61 | 66,21 | 0,13 | 6,94 | 3,29 | 10,56 | 11,98 | 37,33 |

Fuente: Laboratorio de suelos UPS
Elaborado por: El autor.

Anexo 4. Cuadro de promedios de cada uno de los parámetros analizados en el laboratorio y agrupados por zonas y parroquias

| Parroquias | Zona Altitudinal | D. Real | POROSIDAD | DENSIDAD APARENTE | C.E | pH | CALCIO | POTASIO | MAGNESIO | CIC (cmol/kg) | CC | % de Humedad | # de muestras |
|--------------|------------------|---------|-----------|-------------------|------|------|--------|---------|----------|---------------|-------|--------------|---------------|
| Olmedo | Alta | 1,96 | 47,33 | 1,03 | 0,22 | 6,79 | 6,16 | 0,17 | 3,67 | 10,66 | 22,31 | 15,33 | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Ayora | Alta | 2,02 | 43,02 | 1,15 | 0,16 | 6,80 | 7,26 | 0,13 | 3,10 | 10,65 | 27,68 | 18,59 | 24 |
| | Media | 2,11 | 57,94 | 0,90 | 0,77 | 8,24 | 16,32 | 0,46 | 11,94 | 29,49 | 18,08 | 29,08 | 4 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Tupigachi | Alta | 1,93 | 51,13 | 0,95 | 0,25 | 6,84 | 6,44 | 0,13 | 3,17 | 10,06 | 27,57 | 21,39 | 24 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Tabacundo | Alta | 1,91 | 41,91 | 1,10 | 0,23 | 7,10 | 7,65 | 0,14 | 3,43 | 11,45 | 19,84 | 15,58 | 12 |
| | Baja | 1,55 | 25,71 | 1,13 | 0,14 | 6,95 | 5,38 | 0,07 | 2,64 | 8,22 | 18,66 | 17,38 | 2 |
| | Media | 1,83 | 39,86 | 1,10 | 0,17 | 6,78 | 6,07 | 1,20 | 3,07 | 9,52 | 22,06 | 15,22 | 14 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| La Esperanza | Alta | 1,92 | 49,22 | 0,96 | 0,21 | 7,26 | 8,70 | 0,16 | 4,56 | 13,63 | 18,95 | 19,27 | 6 |
| | Baja | 2,07 | 40,30 | 1,24 | 0,22 | 6,87 | 6,54 | 0,28 | 5,47 | 12,51 | 20,77 | 20,00 | 2 |
| | Media | 1,84 | 25,68 | 1,36 | 0,33 | 6,48 | 4,67 | 0,15 | 1,95 | 6,94 | 25,25 | 18,13 | 8 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Tocachi | Alta | 2,02 | 48,54 | 1,03 | 0,15 | 6,86 | 6,10 | 0,18 | 5,09 | 12,16 | 16,01 | 16,77 | 14 |
| | Baja | 2,02 | 44,71 | 1,12 | 0,22 | 7,15 | 6,13 | 0,17 | 3,29 | 9,79 | 20,30 | 19,23 | 24 |
| | Media | 2,00 | 41,33 | 1,38 | 0,22 | 6,95 | 27,58 | 0,16 | 3,26 | 8,68 | 24,74 | 15,81 | 26 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Malchingui | Alta | 1,56 | 32,98 | 1,03 | 0,32 | 6,49 | 5,91 | 0,29 | 2,72 | 9,23 | 14,73 | 15,87 | 2 |
| | Baja | 1,90 | 34,20 | 1,20 | 1,06 | 6,73 | 5,07 | 0,19 | 2,24 | 8,54 | 35,45 | 15,92 | 10 |
| | Media | 2,09 | 32,40 | 1,24 | 0,18 | 6,84 | 2,80 | 0,06 | 1,36 | 4,38 | 33,84 | 15,32 | 32 |

Anexo 5. Formato de los anuarios del INHAMI estación Tomalón

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|
| MA2T | TOMALON-TABACUNDO | | | | | | | | | | INAMHI | | | |
|------|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|

| MES | HELIOFANIA (Horas) | TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C) | | | | | | HUMEDAD RELATIVA (%) | | | PUNTO DE ROCIO (°C) | TENSION DE VAPOR (hPa) | PRECIPITACION(mm) | | Número de días con precipitación | | | | |
|-------------|-----------------------|---------------------------------------|------------|--------|--------|---------|-----|----------------------|------------|-------|---------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|--|-------|------|----|----|
| | | ABSOLUTAS | | MEDIAS | | | | Máxima día | Mínima día | Media | | | Suma Mensual | Máxima en 24hrs día | | | | | |
| | | Máxima día | Mínima día | Máxima | Mínima | Mensual | | | | | | | | | | | | | |
| ENERO | 164.3 | 23.7 | 24 | 5.2 | 9 | 19.5 | 8.9 | 13.5 | 100 | 1 | 30 | 20 | 79 | 9.2 | 11.7 | 78.5 | 14.5 | 27 | 18 |
| FEBRERO | 151.6 | 23.3 | 8 | 6.0 | 9 | 19.8 | 8.9 | 13.5 | 100 | 16 | 35 | 8 | 81 | 9.7 | 12.1 | 99.0 | 17.5 | 28 | 20 |
| MARZO | 125.7 | 21.7 | 16 | 7.8 | 24 | 19.4 | 9.4 | 13.5 | 100 | 13 | 39 | 16 | 83 | 10.2 | 12.5 | 72.0 | 10.1 | 23 | 22 |
| ABRIL | 138.7 | 23.5 | 27 | 7.4 | 18 | 19.9 | 9.6 | 14.0 | 100 | 13 | 37 | 2 | 82 | 10.6 | 12.9 | 93.7 | 14.6 | 11 | 18 |
| MAYO | 125.6 | 21.6 | 25 | 7.6 | 16 | 19.2 | 9.7 | 13.7 | 100 | 13 | 43 | 11 | 82 | 10.4 | 12.7 | 167.1 | 20.9 | 23 | 27 |
| JUNIO | 172.7 | 23.0 | 6 | 6.6 | 26 | 20.3 | 8.6 | 14.1 | 100 | 23 | 34 | 28 | 74 | 9.0 | 11.6 | 61.5 | 34.0 | 16 | 9 |
| JULIO | 223.9 | 24.0 | 6 | 5.2 | 31 | 21.0 | 8.3 | 14.4 | | | | | 83 | 6.7 | 9.9 | 6.2 | 5.1 | 20 | 3 |
| AGOSTO | 222.5 | 23.8 | 13 | 5.8 | 31 | 21.3 | 8.6 | 14.9 | | | | | 62 | 6.8 | 10.0 | 4.2 | 1.7 | 24 | 5 |
| SEPTIEMBRE | 162.3 | 24.0 | 2 | 5.2 | 16 | 20.9 | 7.4 | 13.8 | 100 | 9 | 31 | 15 | 77 | 9.1 | 11.6 | 99.4 | 27.5 | 3 | 15 |
| OCTUBRE | 228.3 | 25.3 | 23 | 6.4 | 26 | 22.7 | 8.8 | 15.6 | | | | | 64 | 7.9 | 10.8 | 35.5 | 18.0 | 31 | 7 |
| NOVIEMBRE | 187.7 | 24.6 | 21 | 4.2 | 13 | 21.9 | 7.8 | 14.6 | | | | | 70 | 8.3 | 11.1 | 32.4 | 17.0 | 1 | 8 |
| DICIEMBRE | 197.0 | 24.5 | 9 | 5.0 | 18 | 21.7 | 7.9 | 14.5 | 100 | 7 | 26 | 17 | 70 | 8.2 | 11.0 | 34.8 | 13.5 | 14 | 12 |
| VALOR ANUAL | 2100.3 | 25.3 | 4.2 | 20.6 | 8.7 | 14.2 | | | | | | | 73 | 8.8 | 11.5 | 784.3 | 34.0 | | |

| MES | EVAPORACION (mm) | | NUBOSIDAD MEDIA (Octas) | VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO | | | | | | | | | | | | | | Vel. Mayor Observada (m/s) DIR | VELOCIDAD MEDIA (Km/h) | | | | | | | |
|-------------|------------------|------------------------|-------------------------------|---|-----|----|-----|----|-----|----|------|-------|------------|-----|-------|----|-------|--------------------------------------|------------------------------|---|-------|----|-------|----|-------|-----|
| | Suma Mensual | Máxima en 24hrs día | | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | CALMA | Nro OBS | Obs | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | (m/s) | % | (m/s) | | | % | (m/s) | % | (m/s) | % | (m/s) | % |
| ENERO | 110.2 | 7.0 | 24 | 6 | 1.4 | 8 | 1.5 | 2 | 6.3 | 4 | 5.8 | 7 | 2.7 | 11 | 1.7 | 26 | 1.8 | 10 | 1.0 | 1 | 32 | 93 | 10.0 | E | 3.1 | |
| FEBRERO | 94.5 | 8.0 | 7 | 6 | 2.0 | 14 | 3.6 | 6 | 4.0 | 1 | 3.0 | 2 | 2.7 | 7 | 2.1 | 21 | 2.9 | 18 | 0.0 | 0 | 31 | 87 | 8.0 | N | 2.9 | |
| MARZO | 82.8 | 5.0 | 16 | 7 | 1.6 | 12 | 3.6 | 11 | 3.3 | 3 | 0.0 | 0 | 1.0 | 2 | 2.6 | 23 | 2.0 | 25 | 0.0 | 0 | 25 | 93 | 10.0 | NE | 2.4 | |
| ABRIL | 84.3 | 4.7 | 27 | 6 | 1.7 | 11 | 2.8 | 6 | 2.0 | 6 | 8.0 | 2 | 2.7 | 3 | 2.1 | 20 | 1.7 | 30 | 0.0 | 0 | 22 | 90 | 12.0 | SE | 2.4 | |
| MAYO | 69.2 | 3.5 | 3 | 6 | 1.5 | 9 | 2.8 | 13 | 4.0 | 5 | 5.3 | 3 | 1.0 | 1 | 1.6 | 20 | 1.4 | 25 | 0.0 | 0 | 24 | 93 | 8.0 | NE | 2.1 | |
| JUNIO | 102.9 | 6.5 | 28 | 5 | 1.8 | 11 | 3.7 | 22 | 6.5 | 9 | 8.6 | 6 | 4.0 | 3 | 1.7 | 12 | 1.4 | 19 | 0.0 | 0 | 18 | 90 | 14.0 | SE | 3.7 | |
| JULIO | 182.2 | 9.0 | 16 | 4 | 1.5 | 12 | 5.3 | 16 | 6.8 | 18 | 9.8 | 25 | 3.8 | 4 | 3.4 | 5 | 2.7 | 10 | 1.4 | 5 | 4 | 93 | 20.0 | SE | 6.6 | |
| AGOSTO | 198.2 | 10.0 | 22 | 4 | 1.4 | 9 | 4.1 | 23 | 8.0 | 13 | 10.9 | 39 | 3.0 | 3 | 2.0 | 1 | 2.0 | 10 | 0.0 | 0 | 3 | 93 | 20.0 | SE | 8.4 | |
| SEPTIEMBRE | 111.9 | 7.5 | 1 | 5 | 1.3 | 17 | 2.6 | 10 | 5.3 | 12 | 6.6 | 8 | 0.0 | 0 | 3.8 | 6 | 1.7 | 30 | 0.0 | 0 | 18 | 90 | 10.0 | SE | 3.3 | |
| OCTUBRE | 182.0 | 12.0 | 18 | 4 | 1.6 | 9 | 3.8 | 14 | 6.0 | 14 | 11.1 | 20 | 4.0 | 2 | 3.4 | 10 | 1.6 | 15 | 1.0 | 1 | 15 | 93 | 20.0 | SE | 6.5 | |
| NOVIEMBRE | 137.4 | 8.0 | 6 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4.2 |
| DICIEMBRE | 140.7 | 10.0 | 22 | 5 | 1.3 | 13 | 4.1 | 10 | 8.3 | 7 | 10.6 | 8 | 6.0 | 1 | 2.8 | 22 | 1.3 | 19 | 1.0 | 1 | 20 | 93 | 12.0 | E | 4.6 | |
| VALOR ANUAL | 1476.3 | 12.0 | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4.0 |

Fuente: La investigación

Anexo 6. Formato de los anuarios del INHAMI de la estación Olmedo

| MES | HELIOFANIA (Horas) | TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C) | | | | | HUMEDAD RELATIVA (%) | | | | PUNTO DE ROCIO (°C) | TENSIÓN DE VAPOR (hPa) | PRECIPITACION (mm) | | Número de días con precipitación | | | | |
|-------------|-----------------------|---------------------------------------|------------|-------------|--------|---------|----------------------|------------|-------|---------|---------------------------|------------------------------|--------------------|---------|--|------|------|----|----|
| | | ABSOLUTAS | | M E D I A S | | | Máxima día | Mínima día | Media | Mensual | | | Máxima en 24hrs | Mensual | | | | | |
| | | Máxima día | Mínima día | Máxima | Mínima | Mensual | | | | | | | | | | | | | |
| ENERO | 212.1 | | | 22.6 | 8.7 | 15.1 | 98 | 31 | 31 | 25 | 68 | 7.9 | 10.8 | 38.8 | 18.8 | 19 | 6 | | |
| FEBRERO | 170.3 | | 7.0 | 15 | 22.4 | 9.7 | 15.4 | 100 | 1 | 28 | 23 | 71 | 9.0 | 11.7 | 54.3 | 19.4 | 27 | 11 | |
| MARZO | 128.4 | 24.0 | 20 | 6.8 | 30 | 21.0 | 8.9 | 14.4 | 100 | 28 | 27 | 20 | 71 | 8.4 | 11.1 | 32.5 | 8.8 | 26 | 15 |
| ABRIL | 179.7 | 24.5 | 4 | 6.5 | 1 | 21.5 | 9.4 | 14.9 | | | | 73 | 9.3 | 11.9 | 75.7 | 17.8 | 21 | 16 | |
| MAYO | 183.4 | 27.0 | 30 | 7.0 | 25 | 21.9 | 8.7 | 14.8 | 100 | 18 | 33 | 22 | 70 | 8.4 | 11.2 | 14.4 | 7.5 | 5 | 11 |
| JUNIO | 153.3 | | | 5.0 | 11 | 20.9 | 8.5 | 14.3 | 100 | 12 | 25 | 10 | 68 | 7.3 | 10.4 | 35.3 | 9.1 | 15 | 15 |
| JULIO | 283.0 | 24.5 | 2 | 5.0 | 3 | 21.4 | 8.7 | 15.1 | | | | 57 | 5.8 | 9.4 | 24.6 | 13.0 | 7 | 4 | |
| AGOSTO | 250.0 | | | 5.8 | 8 | 22.2 | 9.0 | 15.7 | 97 | 22 | 26 | 21 | 54 | 5.7 | 9.2 | 0.0 | 0.0 | 1 | 0 |
| SEPTIEMBRE | 196.2 | | | | | 22.6 | 8.5 | 15.0 | 100 | 28 | 27 | 15 | 64 | 6.7 | 10.1 | 20.5 | 5.7 | 28 | 8 |
| OCTUBRE | 182.6 | 26.5 | 25 | 5.5 | 3 | 22.3 | 8.2 | 14.5 | 100 | 2 | 27 | 3 | 75 | 9.1 | 11.7 | 83.7 | 19.9 | 25 | 15 |
| NOVIEMBRE | 174.1 | 25.0 | 15 | 5.5 | 1 | 22.4 | 8.2 | 14.6 | | | | 72 | 8.4 | 11.2 | 63.4 | 10.7 | 30 | 15 | |
| DICIEMBRE | 163.2 | 25.0 | 5 | 6.0 | 30 | 21.7 | 8.7 | 14.5 | 100 | 13 | 24 | 4 | 71 | 8.2 | 11.0 | 38.7 | 11.8 | 25 | 10 |
| VALOR ANUAL | 2256.3 | | | 21.9 | 8.8 | 14.9 | | | | | | 67 | 7.9 | 10.8 | 481.9 | 19.9 | | | |

| MES | EVAPORACION (mm) | | | NUBOSIDAD MEDIA (Octas) | VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO | | | | | | | | | | | | | | Vel. Mayor Observada (m/s) | VELOCIDAD MEDIA (Km/h) | | | | | | |
|-------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------------------|---|----|-----|----|-----|----|-----|----|-------|------------|-----|-------|-----|-------|----------------------------------|------------------------------|----|-------|------|-------|------|-------|
| | Suma Mensual | Máxima en 24hrs | Máxima en día | | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | CALMA | Nro DIR | Obs | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | (m/s) | % | (m/s) | | | % | (m/s) | % | (m/s) | % | (m/s) |
| ENERO | 135.3 | 7.5 | 5 | 5 | 2.1 | 19 | 4.7 | 10 | 6.9 | 15 | 8.2 | 14 | 8.0 | 2 | 3.8 | 17 | 2.1 | 19 | 0.0 | 0 | 3 | 93 | 14.0 | SE | 6.5 | |
| FEBRERO | 120.8 | 7.0 | 4 | 5 | 2.2 | 11 | 4.9 | 11 | 7.1 | 8 | 7.1 | 17 | 0.0 | 0 | 3.7 | 11 | 2.2 | 32 | 5.0 | 2 | 8 | 84 | 14.0 | E | 5.8 | |
| MARZO | 109.5 | 6.0 | 7 | 6 | 1.9 | 20 | 3.7 | 15 | 5.6 | 15 | 7.2 | 5 | 0.0 | 0 | 3.8 | 16 | 2.3 | 23 | 1.0 | 1 | 4 | 93 | 10.0 | E | 4.6 | |
| ABRIL | 110.2 | 7.3 | 9 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4.7 |
| MAYO | 117.4 | 6.5 | 13 | 5 | 1.8 | 9 | 4.3 | 20 | 5.4 | 29 | 6.7 | 10 | 0.0 | 0 | 4.0 | 5 | 1.6 | 19 | 1.5 | 2 | 5 | 93 | 10.0 | E | 5.3 | |
| JUNIO | 102.0 | 6.0 | 9 | 5 | 2.7 | 17 | 4.0 | 16 | 5.7 | 23 | 7.2 | 6 | 0.0 | 0 | 2.9 | 9 | 2.2 | 23 | 1.0 | 1 | 6 | 90 | 10.0 | E | 5.5 | |
| JULIO | 178.9 | 10.5 | 20 | 3 | 2.3 | 7 | 4.5 | 17 | 8.1 | 46 | 9.8 | 20 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 2.8 | 9 | 0.0 | 0 | 1 | 93 | 20.0 | E | 11.5 | |
| AGOSTO | 151.5 | 8.5 | 4 | 4 | 2.0 | 3 | 3.6 | 17 | 6.8 | 53 | 8.9 | 16 | 6.0 | 1 | 2.0 | 1 | 2.4 | 5 | 2.0 | 1 | 2 | 93 | 20.0 | SE | 12.2 | |
| SEPTIEMBRE | 132.5 | 8.0 | 13 | 5 | 5.3 | 7 | 4.1 | 17 | 7.5 | 38 | 5.5 | 9 | 3.0 | 2 | 3.6 | 6 | 2.3 | 13 | 0.0 | 0 | 9 | 90 | 20.0 | E | 7.5 | |
| OCTUBRE | 113.7 | 7.0 | 1 | 5 | 1.8 | 11 | 4.3 | 9 | 4.7 | 14 | 5.8 | 7 | 0.0 | 0 | 2.7 | 16 | 2.4 | 26 | 2.5 | 2 | 16 | 93 | 10.0 | E | 4.7 | |
| NOVIEMBRE | 98.9 | 6.0 | 1 | 5 | 1.7 | 12 | 4.3 | 12 | 5.0 | 9 | 4.8 | 9 | 4.0 | 1 | 4.1 | 19 | 1.7 | 20 | 0.0 | 0 | 18 | 90 | 8.0 | SE | 4.0 | |
| DICIEMBRE | 117.7 | 7.0 | 5 | 5 | 2.5 | 13 | 2.9 | 18 | 5.0 | 8 | 6.7 | 3 | 0.0 | 0 | 3.8 | 17 | 2.6 | 30 | 0.0 | 0 | 11 | 93 | 10.0 | E | 5.0 | |
| VALOR ANUAL | 1488.4 | 10.5 | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6.0 |

Fuente: La investigación

Anexo 7. Cuadro superficie total y superficie cultivada con pastizales expresada en hectáreas en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas Ecuador 2012

| Parroquia | Superficie Total (ha) | Superficie Cultivada con Pasto (ha) |
|------------------|--------------------------------------|--|
| Olmedo | 495,55 | 484,20 |
| Ayora | 1861,37 | 1366,63 |
| Tupigachi | 1477,59 | 678,94 |
| Tabacundo | 3106,62 | 431,11 |
| La Esperanza | 1568,14 | 104,80 |
| Tocachi | 2198,38 | 0,00 |
| Malchingui | 2670,90 | 0,00 |
| TOTAL | 13378,55 | 3065,68 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor.

Anexo 8. Cuadro superficie total y superficie bajo riego expresada en hectáreas del sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012

| Parroquia | Superficie Total (ha) | Superficie Bajo Riego (ha) |
|------------------|--------------------------------------|---|
| Olmedo | 495,55 | 396,15 |
| Ayora | 1861,37 | 1810,52 |
| Tupigachi | 1477,59 | 1254,60 |
| Tabacundo | 3106,62 | 2757,96 |
| La Esperanza | 1568,14 | 1211,24 |
| Tocachi | 2198,38 | 0,00 |
| Malchingui | 2670,90 | 0,00 |
| TOTAL | 13378,55 | 7430,47 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor.

Anexo 9. Cuadro superficie potencial por parroquias expresadas en hectáreas para el cultivo de pasto de acuerdo a la clase textural en el sector de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo en la investigación uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas 2012

| Parroquia | Superficie Total (ha) | Superficie Potencial (ha) | Superficie No Potencial (ha) |
|------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Olmedo | 495,55 | 495,55 | 0,00 |
| Ayora | 1861,37 | 1861,37 | 0,00 |
| Tupigachi | 1477,59 | 1477,59 | 0,00 |
| Tabacundo | 3106,62 | 1690,03 | 1416,59 |
| La Esperanza | 1568,14 | 314,58 | 1253,56 |
| Tocachi | 2198,38 | 749,10 | 1449,28 |
| Malchingui | 2670,90 | 91,05 | 2579,85 |
| TOTAL | 13378,55 | 6679,27 | 6699,28 |

Fuente: La investigación
Elaborado por: El Autor.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Fuente: La investigación

Foto 1. Barreno para toma de muestras de suelo



Fuente: La investigación

Foto 2. Acoples del barreno



Fuente: La investigación

Foto 3. Toma de muestra del suelo



Fuente: La investigación

Foto 4. Desacople del barreno para extraer la muestra



Fuente: La investigación

Foto 5. Procedimiento de la toma de muestra para análisis de densidades



Fuente: La investigación

Foto 6. Muestra indisturbada para análisis de densidades



Fuente: La investigación

Foto 7. Cilindro para toma de muestra



Fuente: La investigación

Foto 8. Muestra para análisis físico-químico



Fuente: La investigación

Foto 9. Medición de la profundidad para toma de muestra de suelo