



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

Diseño de un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus b*), en el barrio Landanguí, parroquia Malacatos, cantón y provincia Loja.

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola

AUTOR:

Daniel Alejandro Guamán Ojeda

DIRECTOR:

Ing. Pedro Manuel Guaya Pauta, Mg. Sc

Loja - Ecuador

2023

Educamos para Transformar

Certificación

Loja, 24 de marzo 2023

Ing. Pedro Manuel Guaya Pauta, M.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus b*), en el barrio Landangui, parroquia Malacatos, cantón y provincia Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de la autoría del estudiante **Daniel Alejandro Guamán Ojeda**, con cédula de identidad Nro. **1150220679**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Pedro Manuel Guaya Pauta, M.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Daniel Alejandro Guamán Ojeda**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150220679

Fecha: 23/10/2023

Correo electrónico: daniel.guaman@unl.edu.ec

Teléfono: 0979358174

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Daniel Alejandro Guamán Ojeda**, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus b*), en el barrio Landangui, parroquia Malacatos, cantón y provincia Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintitrés días del mes de octubre del dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Daniel Alejandro Guamán Ojeda

Cédula: 1150220679

Dirección: Malacatos-sector Chorrillos

Correo electrónico: daniel.guaman@unl.edu.ec

Teléfono: 0979358174

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Pedro Manuel Guaya Pauta, M.Sc.

Dedicatoria

De manera muy especial quiero dedicar este trabajo de titulación a mis padres, por confiar en mí y por el apoyo incondicional en cada momento durante esta etapa; de igual manera a mis hermanas quienes han estado conmigo en este proceso, a mi abuelita por ser una persona muy especial en mi vida y quien siempre ha esperado este logro.

Además, dedico el presente, a todas las personas que me han ayudado de una u otra manera a cumplir con este sueño y a mis familiares que me han alentado para que cumpla con mis metas.

Daniel Alejandro Guamán Ojeda

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, con cariño a la Carrera de Ingeniería Agrícola a su planta docente quienes contribuido con sus conocimientos y destrezas a mi formación académica.

De manera muy especial al Ing. Pedro Manuel Guaya, Director del Trabajo de Titulación por todas las facilidades brindadas durante este proceso, al Ing. Miguel Villamagua, Ing. Fernanda Livisaca y Ing. Jimmy Cordero por sus conocimientos y apoyo al presente trabajo.

Mi agradecimiento a mis amigos Carlos Sabedra, Leonardo Requena y Ángel Guayanay por su ayuda brindada

Finalmente agradecer a mis familiares y amigos por su confianza y amistad; y a todas las personas que han hecho posible cumplir esta meta.

Daniel Alejandro Guamán Ojeda

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1 El suelo.....	6
4.1.1 Propiedades físicas del suelo.....	6
4.1.2 Niveles de humedad del suelo.....	7
4.1.3 Curva de retención de agua del suelo.....	8
4.1.4 Evaluación de las condiciones físicas del suelo.....	9
4.2 Agua para riego	9
4.2.1 Calidad de agua para riego.....	9
4.2.2 Parámetros para evaluar el agua de riego.....	10
4.2.3 Valores para interpretar análisis de agua de riego	11
4.3 Fertirrigación.....	12
4.3.1 Fertirriego a nivel global.....	12
4.3.2 Fertirriego en el Ecuador.....	12
4.3.3 Ventajas de la Fertirrigación	13
4.3.4 Desventajas e Inconvenientes de la Fertirrigación.....	14
4.3.5 Sistemas de Riego Aptos Para la Fertirrigación.....	14
4.3.6 Fertirrigación Cuantitativa	15
4.3.7 Fertirrigación Proporcional	15

4.3.8	Fertilizantes usados en la fertirrigación	15
4.3.9	Compatibilidad de fertilizantes	16
4.3.10	Solubilidad de fertilizantes.....	17
4.3.11	Eficiencia de uso de fertilizante	18
4.3.12	Equipos usados en fertirrigación.....	18
4.3.13	Soluciones Madre.....	20
4.3.14	Preparación y Aplicaciones de Soluciones Madre	20
4.4	El Cultivo de Mora de Castilla (<i>Rubus glaucus B</i>)	21
4.4.1	Generalidades.....	22
4.4.2	Clasificación taxonómica	22
4.4.3	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo	23
4.4.4	Fases Fenológicas de la mora.....	23
4.4.5	Curvas de absorción de nutrientes de la mora.....	24
5.	Metodología	27
5.1	Descripción del Área de Estudio.....	27
5.2	Ubicación geográfica	27
5.3	Aspectos biofísicos	28
5.3.1	Clima.....	28
5.3.2	Suelos	28
5.4	Materiales y equipos	28
5.4.1	Materiales de campo	28
5.4.2	Materiales de laboratorio.....	28
5.4.3	Materiales de oficina.....	28
5.5	Metodología para el primer objetivo.....	28
5.5.1	Descripción del perfil del suelo.....	29
5.5.2	Propiedades físicas	29
5.5.3	Velocidad de infiltración del agua en el suelo	29
5.5.4	Constantes hidrofísicas.....	31
5.5.5	Curva de retención de humedad del suelo.....	31
5.5.6	Evaluación de las condiciones físicas del suelo.....	31
5.5.7	Propiedades químicas.....	32
5.6	Metodología Para el Segundo Objetivo.	33
5.6.1	Propiedades hidráulicas del sistema de riego localizado.	33
5.6.2	Análisis de calidad del agua.....	34

5.6.3	Programación del riego	35
5.6.4	Programa de fertilización para el cultivo de mora	38
5.6.5	Elaboración de las soluciones madre o concentrada	40
6.	Resultados	42
6.1	Resultados del primer objetivo	42
6.1.1	Descripción del perfil del suelo.....	42
6.1.2	Propiedades físicas	44
6.1.3	Curva de retención de humedad	45
6.1.4	Evaluación de las condiciones físicas del suelo.....	46
6.1.5	Propiedades químicas.....	46
6.2	Resultados del segundo objetivo	48
6.2.1	Propiedades hidráulicas del sistema de riego localizado	48
6.2.2	Análisis de calidad de agua.....	48
6.2.3	Programación de riego	49
6.2.4	Programa de fertilización para el cultivo de mora.....	51
6.2.5	Elaboración de solución concentrada.....	52
7.	Discusión	55
7.1	Caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio.....	55
7.1.1	Descripción del perfil del suelo.....	55
7.1.2	Propiedades físicas	55
7.1.3	Constantes hidrofísicas.....	56
7.1.4	Propiedades químicas.....	56
7.2	Proponer un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (Rubus Glaucus B), para el primer ciclo de cultivo.....	57
7.2.1	Análisis de agua	57
7.2.2	Programación de riego	57
7.2.3	Programa de fertilización para el cultivo de mora	57
7.2.4	Elaboración de solución concentrada.....	58
8.	Conclusiones	60
9.	Recomendaciones	61
10.	Bibliografía	62
11.	Anexos	71

Índice de tablas

Tabla 1.	Valores normales de análisis de aguas de riego.....	11
Tabla 2.	Eficiencia de los métodos de riego	14
Tabla 3.	Compatibilidad química de algunos fertilizantes.....	17
Tabla 4.	Solubilidad de los fertilizantes usados en fertirrigación.....	18
Tabla 5.	Comparación de rangos de eficiencia aproximada de uso de los nutrientes en fertirriego respecto de fertilización tradicional.....	18
Tabla 6.	Niveles foliares de nutrientes adecuados para el cultivo de mora de Castilla	25
Tabla 7.	Consumo de nutrientes por el cultivo de mora	25
Tabla 8.	Requerimientos nutricionales de la mora de castilla.....	38
Tabla 9.	Relaciones optimas de bases intercambiables para suelos.....	39
Tabla 10.	Características físicas y morfológicas del pedón de la calicata 1	42
Tabla 11.	Características físicas y morfológicas del pedón de la calicata 2	43
Tabla 12.	Clase textural y proporción de fracciones de suelo	44
Tabla 13.	Medidas de densidad aparente (Da), a diferentes profundidades.	44
Tabla 14.	Velocidad de infiltración básica y su clasificación.....	45
Tabla 15.	Valores de saturación, capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) de la zona de estudio.	45
Tabla 16.	Rangos de la curva característica de humedad del suelo	46
Tabla 17.	Parámetros químicos del suelo para área de estudio.....	46
Tabla 18.	Análisis de macroelementos del suelo del área de estudio.	47
Tabla 19.	Análisis de microelementos del suelo del área de estudio.	47
Tabla 20.	Coefficiente de uniformidad (CU) del área de estudio.	48
Tabla 21.	Análisis de calidad del agua de la zona de estudio.	48
Tabla 22.	Valores de evapotranspiración de referencia (ETo).....	49
Tabla 23.	Valores de Evapotranspiración del cultivo (ETc) para la zona de estudio.	50
Tabla 24.	Requerimientos hídricos del cultivo de mora.	50
Tabla 25.	Relaciones de cationes para el suelo del área de estudio.	51
Tabla 26.	Plan de fertilización para el cultivo de mora de castilla	51
Tabla 27.	Balance de cationes y aniones.....	52
Tabla 28.	Fraccionamiento quincenal de la fertilización.	53

Índice de figuras

Figura 1.	Triangulo textural.	6
Figura 2.	Curvas de retención del agua en el suelo.	8
Figura 3.	Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo.....	9
Figura 4.	Instalación para inyección de fertilizante con bomba eléctrica.....	19
Figura 5.	Esquema de montaje de un inyector Venturi.....	20
Figura 6.	Principales provincias productoras de mora en el Ecuador y su producción en toneladas.....	21
Figura 7.	Fenología de la planta de Rubus glaucus Benth.....	24
Figura 8.	Curva de absorción de nutrientes de la Mora de Castilla.	26
Figura 9.	Ubicación geográfica del área de estudio a nivel cantonal y parroquial.....	27
Figura 10.	Recorrido zigzag para toma de muestras.....	32
Figura 11.	Cuarteo diagonal realizado para obtener la muestra que se analizó en el laboratorio.	32
Figura 12.	Esquema de puntos de muestreo en los sectores de riego	33
Figura 13.	Puntos de muestreo para análisis de agua	35
Figura 14.	Curva de retención de humedad del suelo.....	45
Figura 15.	Coefficiente Kc para el cultivo de Mora.....	49

Índice de anexos

Anexo 1.	Perfil de la calicata 1.	71
Anexo 2.	Perfil de la calicata 2.	71
Anexo 3.	Velocidad de infiltración del suelo.	72
Anexo 4.	Datos de infiltración del suelo	72
Anexo 5.	Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo.	74
Anexo 6.	Determinación del coeficiente de uniformidad (CU).	75
Anexo 7.	Datos meteorológicos de la estación Malacatos	76
Anexo 8.	Abono orgánico NUTRISANO	77
Anexo 9.	Curvas de absorción de nutrientes del cultivo de mora.	78
Anexo 10.	Balance iónico	80
Anexo 11.	Cuadro de rendimientos de equipos Venturi	82
Anexo 12.	Equivalente químico de algunos fertilizantes.	83
Anexo 13.	Solución nutritiva (cuadro de doble entrada)	84
Anexo 14.	Análisis hidrofísicos del suelo	91
Anexo 15.	Análisis químico de suelo y agua del área de estudio	92
Anexo 16.	Respaldo fotográfico	93
Anexo 17.	Topografía del área de estudio	94
Anexo 18.	Esquema de la unidad de fertirriego	95
Anexo 19.	Certificado de traducción Abstract	96

1. Título

Diseño de un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus b*), en el barrio Landangui, parroquia Malacatos, cantón y provincia Loja.

2. Resumen

Debido a la inadecuada aplicación de fertilizantes y el uso deficiente del riego de los agricultores, se realizó un diseño de un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de Castilla (*Rubus glaucus b*), para contribuir al manejo eficiente del agua de riego y fertilizantes. Para lograr este propósito en un predio del barrio Landangui, parroquia Malacatos se caracterizó las propiedades físicas y químicas del suelo; se realizó la programación del riego y el fraccionamiento de la fertilización. Dentro de las propiedades físicas del suelo se obtuvo una textura franco arcillosa, una densidad aparente promedio de $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ y velocidad de infiltración de $6,34 \text{ mm h}^{-1}$. En la programación de riego se determinó las necesidades de riego del cultivo con la información climática de la estación meteorológica cercana al sitio y de las características de la mora, arrojando valores críticos de $4,04 \text{ mm día}^{-1}$, con requerimientos de agua por planta de $1,71 \text{ L día}^{-1}$; para el programa de fertilización se tomó como referencia los requerimientos nutricionales: 330 kg ha^{-1} de N, 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 300 kg ha^{-1} de K_2O , 24 kg ha^{-1} de Mg, 45 kg ha^{-1} de Ca y 23 kg ha^{-1} de S propuestos por el INIAP, considerando la frecuencia de fertilización cada 15 días. El cálculo de soluciones nutritivas madre se realizó mediante el principio de neutralidad, igualando los aniones y cationes dentro de la solución y con un cuadro de doble entrada se determinó el fertilizante y la cantidad a aplicar durante el ciclo de cultivo; y considerando la solubilidad y compatibilidad de fertilizantes se seleccionó el número de tanques de preparación de soluciones. Para la aplicación de la fertilización mediante el método de fertirriego se analizó el agua de riego en donde se concluyó que no presenta mayores restricciones para la elaboración de soluciones, siendo el principal problema los sólidos en suspensión.

Palabras clave: Irrigación, fertirrigación, principio de neutralidad, soluciones madre, fertilizantes, mora de Castilla.

2.1 Abstract

Due to inadequate fertilizer application and the inefficient use of irrigation by farmers, a fertigation plan was developed for the cultivation of Andean blackberry (*Rubus glaucus b*) with the goal of improving the efficient management of irrigation water and fertilizers. To achieve this objective on a property in Landangui neighborhood, Malacatos parish, the physical and chemical properties of the soil were characterized. This involved scheduling irrigation and dividing the fertilization process. In terms of the soil's physical properties, a loam-clay texture was identified, along with an apparent density of 1.55 g cm^{-3} and an infiltration rate of 6.34 mm h^{-1} . For irrigation scheduling, crop water requirements were determined using climatic data from a nearby meteorological station and the specific characteristics of Andean blackberries. This analysis resulted in values of 4.04 mm day^{-1} , with water requirements per plant amounting to 1.71 L day^{-1} . As for the fertilization program, reference values were derived from nutritional needs proposed by INIAP: 330 kg ha^{-1} of N, 60 kg ha^{-1} of P_2O_5 , 300 kg ha^{-1} of K_2O , 24 kg ha^{-1} of Mg, 45 kg ha^{-1} of Ca y 23 kg ha^{-1} of S, with fertilization planned every 15 days. Mother nutrient solutions were calculated using the principle of neutrality, ensuring a balance of anions and cations within the solution. A two-way table was employed to determine the type of fertilizer and the quantity to be applied during the crop's growth cycle. The selection of the number of solution preparation tanks was based on the solubility and compatibility of fertilizers. When applying fertilizers through the fertigation method, an analysis of the irrigation water was conducted, revealing that there were no significant constraints in preparing solutions, with the primary issue being suspended solids.

Keywords: Irrigation, fertigation, the principle of neutrality, mother solutions, fertilizers, Andean blackberry.

3. Introducción

Dentro del contexto mundial actual en el cual la población cada vez aumenta y con ello la demanda de alimentos, se estima que para el 2050 la agricultura tendrá que producir un 60% más de alimentos a nivel mundial y un 100% más en los países en desarrollo (Alexandratos & Bruinsma, 2012), razón por la cual existe una mayor competencia por el suelo y el agua.

El sector agrícola ocupa aproximadamente el 70% de todas las extracciones de agua dulce a nivel mundial (Banco Mundial, 2017); es por ello que la opción más sostenible será producir la mayor cantidad de alimentos en espacios reducidos minimizando el consumo de agua, lo que será posible gracias al aprovechamiento eficiente del agua, manejo racional de fertilizantes y mejores prácticas agrícolas.

El Ecuador es un país eminentemente agrícola, en el cual más de un tercio de su superficie tiene un clima semi-árido que debe ser irrigada por la escasez de las lluvias, esto representa cerca de 568 000,00 ha de cultivo irrigado. Del total de superficie regada, 460 000,00 has se encuentra bajo riego comunitario o privado y 108 000 ha con sistemas de riego públicos (Calvache, 2008). Del área irrigada unas 12 000,00 ha utilizan el método de fertirriego en invernaderos y otras 44 000,00 ha en cambio utilizan el fertirriego en campo abierto (Calvache, 2008; Conde, 2013).

Los frutales andinos como la mora de castilla, se ha convertido en una alternativa interesante de producción, en el país se reportan cerca de 5 247 ha, que involucra de manera directa a alrededor de 15 000 pequeños y medianos productores principalmente de la región sierra quienes la tiene como rubro principal y dependen económicamente de este frutal; los cuales obtienen un promedio de 4.73 t ha⁻¹ siendo rendimientos bajos si se toma en cuenta que reportan en Colombia rendimientos promedios de 8.8 t ha⁻¹ y máximos de 20 t ha⁻¹, en tanto que en USA la producción a nivel nacional es de 25 t ha⁻¹ (Martinez et al., 2013).

De acuerdo a lo manifestado por Pérez (2011), los problemas en el manejo del cultivo de mora de Castilla en Ecuador radican principalmente en el desconocimiento de los requerimientos nutricionales de la planta, lo que origina disminución en la productibilidad y principalmente en la consistencia de los frutos los cuales no logran la calidad deseada, lo que produce una pérdida económica y por lo consiguiente la disminución de la rentabilidad del productor.

Un 35.71 % de productores de mora del Ecuador utilizan la producción química, la misma que ha generado preocupación, ya que utilizan demasiado fertilizantes químicos y estos

son aplicados en épocas inadecuadas, sin conocimiento de las necesidades de la planta y sin la realización de análisis de suelos para poder establecer la oferta y demanda de estos (Jácome et al., 2016; Pérez, 2011).

En cuanto al uso de tecnología dedicada para el riego solamente el 4.10 % de los productores de mora las poseen, lo que implica que no se está abasteciendo el agua de riego de manera oportuna, uniforme y en la cantidad necesaria. Para lo cual es de gran importancia establecer de manera adecuada el método de riego y técnicas de manejo de agua, en cuestión de la lámina de agua, frecuencia de riego y del tiempo de riego (Ayala, Jácome, et al., 2016).

Una de las técnicas para ahorrar agua y fertilizantes es sin duda el fertirriego, el cual es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir la polución ambiental, al incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de éstos y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

El uso deficiente del riego y la fertilización se ha evidenciado a través del tiempo, por lo cual en la presente investigación se plantea una metodología para el uso eficiente del riego y una oportuna fertilización, considerando las fases fenológicas del cultivo y su requerimiento nutricional, así como también las características meteorológicas para el riego adecuado.

Para el presente trabajo, se plantearon como objetivos los siguientes:

Objetivo General.

- Contribuir al manejo eficiente del agua de riego y nutrientes, mediante un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de Castilla (*Rubus glaucus* B). en el barrio Landangui, parroquia Malacatos.

Objetivos específicos:

- Caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio.
- Proponer un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (*Rubus Glaucus* B), para el primer ciclo de cultivo.

Estructura

Es la forma en cómo se agrupan las partículas de arena, limo y arcilla para formar agregados. Afecta la aireación, movimiento del agua, conducción térmica, crecimiento radicular y resistencia a la erosión (FAO, 2014).

Densidad aparente

Varía según el tamaño de sus partículas, es decir a medida que se incrementa el contenido de materia orgánica (MO), se mejora la retención de humedad y disminuye los valores de densidad aparente y resistencia a la penetración (Jiménez & Khalajabadi, 2005).

Densidad real

Es la relación entre la masa de sólidos por unidad de volumen, se considera como una de las propiedades del suelo más estable porque es más o menos constante en comparación con la densidad aparente que es variable (Ingaramo et al., 2007).

Porosidad

Determina los procesos de infiltración porque está condicionada por el tamaño abundancia y distribución de poros (González-Barrios et al., 2012). La porosidad es distinta en cada horizonte por la acción del hombre (cultivos, laboreo a la misma profundidad, pisoteo del ganado y circulación de maquinarias (UNLP, 2019).

Profundidad efectiva

Es el espacio en donde las raíces de las plantas pueden penetrar con mayor facilidad y aprovechar el agua y nutrientes necesarios para su desarrollo (García, 2017).

4.1.2 Niveles de humedad del suelo

Alocén (2007) y FAO (2005), definen los niveles de humedad en función de la proporción de agua en los poros del suelo y su disponibilidad para las plantas en los siguientes:

Saturación

Se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua, por tal razón los poros no poseen aire y las plantas pueden morir por asfixia.

Capacidad de campo (CC)

La capacidad de campo (CC) es el contenido de agua que se retiene en un suelo después de ser saturado con agua y se valora por el porcentaje en volumen de agua existente con

respecto al suelo seco y 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.

Punto de marchitez permanente (PMP)

Es el potencial hídrico del suelo más negativo al cual las plantas no recobran su turgencia. Si el suelo no recibe nuevos aportes de agua, la evaporación desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a un nivel en el que las raíces ya no pueden extraer agua del suelo.

Agua aprovechable (AA)

Es la cantidad de agua del suelo que teóricamente está a disposición para las plantas y se define como la diferencia entre el límite superior e inferior de humedad, cuyo valor es diferente para cada suelo dependiendo básicamente de su textura.

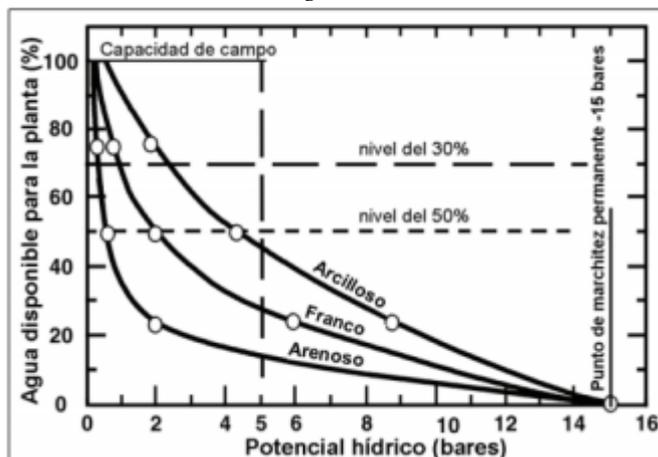
4.1.3 Curva de retención de agua del suelo

Las curvas de retención de humedad en el suelo expresan la relación existente entre el contenido de humedad y su potencial matricial, además reflejan la capacidad del suelo para retener agua en función de la succión (Bejar et al., 2020).

Esta curva viene determinada por factores como la textura, estructura, materia orgánica, saturación del suelo, capacidad de campo, capacidad de aireación o porosidad, punto de marchitez permanente, agua útil o agua aprovechable y volumen físicamente inerte del suelo (Valarezo et al., 1998).

Figura 2.

Curvas de retención del agua en el suelo.



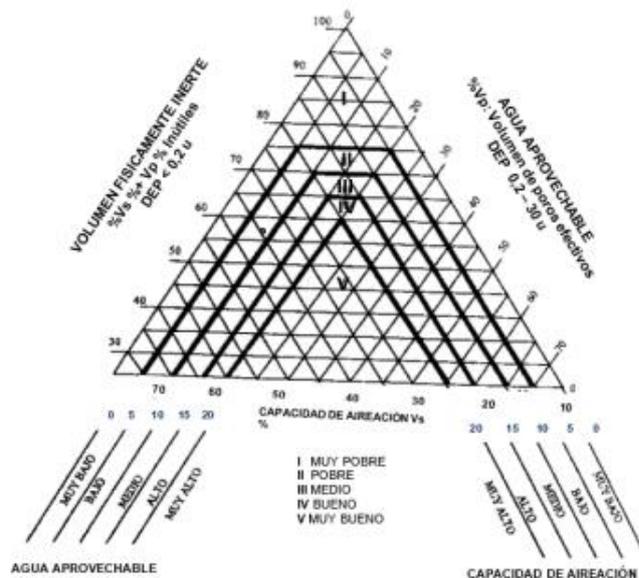
Fuente: LabFerrer, (2015)

4.1.4 Evaluación de las condiciones físicas del suelo

La distribución de los volúmenes de las tres fases del suelo (sólida, líquida y gaseosa) a capacidad de campo, sirve para estimar la condición física del suelo en relación al crecimiento de las plantas (Valarezo et al., 1998). Y para su clasificación se utiliza el siguiente diagrama triangular:

Figura 3.

Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo



Fuente: Valarezo et al., (1998).

4.2 Agua para riego

El agua que se utiliza para riego debe ser de calidad en características físicas, químicas y biológicas, caso contrario provoca el deterioro de la calidad de los suelos, es decir, si se utiliza agua con alto contenido de sales sódicas, estas alteraran negativamente la fertilidad física y química del suelo (Giubergia, 2019).

4.2.1 Calidad de agua para riego

La calidad del agua hace referencia al grado de perturbación y potencial de conservación o restauración de un sistema sometido a presiones humanas (Carvajal & Olives, 2019).

Por su parte la calidad de agua para el riego es un término que se utiliza para indicar su conveniencia o limitación de ser usada con fines de riego agrícola, y para su determinación generalmente se toman como referencia las características químicas del agua, tolerancia del cultivo a sales, las propiedades de los suelos, las condiciones de manejo de los suelos y aguas y por ultimo las condiciones climatológicas (Quispe, 2016).

4.2.2 Parámetros para evaluar el agua de riego.

Para Quispe (2016) y Cantuña (2017), los parámetros más utilizados para evaluar la calidad de agua para el riego son los siguientes:

Potencial de hidrogeno (pH)

El pH es un parámetro que indica la concentración de iones hidrogeno que se encuentran presentes en una disolución acuosa. Es un valor variable entre 0 y 14 que mide cuantitativamente e indica la acidez o la alcalinidad de una solución.

Corresponde a uno de los parámetros más significativos e importantes de la calidad del agua, esto debido a que su control garantiza la eficiencia de los procesos de clarificación y desinfección.

Conductividad Eléctrica (CE).

La conductibilidad eléctrica del agua se debe a la concentración total de iones como sales disueltas o de minerales, ya que son ellas las que proporcionan al agua la habilidad para conducir la corriente eléctrica. Siendo sus unidades los dS/m (decisiemens por metro), además da un valor aproximado de la calidad de solidos disueltos y de la salinidad del agua.

Contenido de sales salubres

Las sales salubres se presentan como la cantidad de iones disueltos en una muestra líquida, como son el carbonato y sulfato de calcio, entre otros minerales los cuales proceden de la meteorización de las rocas y se expresa en mg l^{-1} o en partes por millón (ppm).

Relación de absorción de sodio (RAS)

La Relación de Absorción de Sodio (RAS) es un cálculo a partir de las concentraciones de sodio, magnesio y calcio que estima la tendencia del agua de propiciar la compactación y apelmazamiento del suelo. Mientras mayor sea la RAS, el agua es menos apta para riego.

Cationes

Son partículas de carga positivas, y en el análisis de aguas para riego es necesario determinar cationes como el amonio (NH_4), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K).

Aniones

En un análisis de agua para riego, es necesario determinar los siguientes aniones: bicarbonatos (CO_3H), carbonatos (CO_3), cloruro (Cl), fosfato (PO_4), nitrato (NO_3) y sulfato (SO_4).

4.2.3 Valores para interpretar análisis de agua de riego

Los parámetros que el agua debe reunir y los valores normales que debe tener se obtienen de diversos estudios realizados por la FAO sobre riego y drenaje (Monge, 2017). Los cuales consideran los siguiente:

Tabla 1.
Valores normales de análisis de aguas de riego.

Parámetro	Unidad	Grado de restricción		
		Ninguno	Ligero	Severo
pH	-	<7,0	7,0-8,0	>8,0
Conductividad eléctrica	ms cm^{-1}	< 0,5	0,5 – 3,0	> 3,0
Sustancias sólidas en suspensión	mg l^{-1}	< 5,0	50,0 - 100,0	> 100,0
Cloruros	mg l^{-1}	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0
Carbonatos	mg l^{-1}	< 0,5	5,0 – 30,0	> 30,0
Fosfatos	mg l^{-1}	< 1,0	1,0 – 2,0	> 2,0
Nitratos	mg l^{-1}	< 0,5	5,0 – 30,0	> 30,0
Calcio	mg l^{-1}	< 100	100 - 200	> 200
Boro	mg l^{-1}	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Sodio	mg l^{-1}	< 70	70 – 180	> 180
Magnesio	mg l^{-1}	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Hierro	mg l^{-1}	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5

Fuente. Mendoza (2013).

4.3 Fertirrigación

Fertirrigación o fertirriego es el proceso mediante el cual los fertilizantes o elementos nutritivos que necesita la planta son aplicados juntos con el agua de irrigación. Uno de los objetivos de la fertirrigación es poner a disposición de la planta el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo, por lo tanto, se debe ajustar en función del cultivo, época del año, estado de desarrollo de la planta y el objetivo de producción (Mazuela & de la Riva, 2013).

La fertirrigación es una técnica moderna que permite maximizar los rendimientos y a su vez reduce la contaminación del medio ambiente, al incrementar la eficiencia del uso de fertilizantes, reducir la aplicación de estos y aumentar los beneficios económicos de la inversión. En fertirriego el momento, cantidades y la concentración de fertilizantes aplicados son más fácilmente controlados (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

4.3.1 Fertirriego a nivel global

En países como Estados Unidos, Israel, Holanda, Italia y España, el fertirriego es la técnica principal para el desarrollo de los cultivos, en cuanto a los modernos sistemas y la aplicación de fertilizantes (Barreiro, 2014).

La fertirrigación es una técnica que está en continuo avance, por ejemplo, en España la superficie bajo este sistema es de más de 400 000 ha, debido a las ventajas que se obtienen como mejor aprovechamiento del agua en cantidad y calidad, ahorro de mano de obra y por lo tanto los cultivos son más rentables (Giménez, 2003).

En un estudio realizado por Martínez et al. (2012), en san Luis Potosí en México, para el cultivo de frejol se reportaron valores medios de las variables significativos porque se encontró que al aplicar la dosis de fertilización tradicional en riego por gravedad y fertirrigación durante el ciclo del cultivo, el rendimiento de frijol pasó de 2,530 t ha⁻¹ a 3,995 t ha⁻¹, lo que representó un incremento de 58%.

4.3.2 Fertirriego en el Ecuador

Ecuador es un país eminentemente agrícola en el cual cerca del 30% del área cultivada (1 850.000 ha) debe ser regada debido a la escasez de lluvias (568.000 ha). Más del 10% del total de superficie irrigada usa la técnica de fertirrigación, la cual combina la aplicación de agua de riego con los fertilizantes, y es utilizada tanto en invernadero (12.000 ha) como a campo abierto (44.000 ha). Esta práctica permite obtener de manera significativa más

rendimientos y mejorar la calidad del producto ya que se aplica de manera simultánea el agua y los nutrientes a la planta (Calvache, 2008).

La práctica del fertirriego ha permitido aumentar la productibilidad de los cultivos, esto debido a un mayor entendimiento del proceso vegetal, lo que se traducen un mejor manejo y aprovechamiento tanto del agua como de los nutrientes. También al implementar este tipo de riego auto compensado, se han incorporado cultivos en suelos considerados marginales con pendientes altas, pero ubicados en zonas con climas adecuado para muchas especies vegetales, así como también se ha podido implementar cultivos sin la utilización de suelo como es el caso de plantaciones en sustratos artificiales (Calvache, 2008).

En el Ecuador, la producción de flores y hortalizas en invernaderos con sustratos artificiales requiere de sistemas de fertirriego sofisticados y automatizados. Para banano, plátano, cítricos, frutales y cultivos a campo abierto se aplican sistemas de fertirriego sencillos y manuales (Calvache, 2008).

4.3.3 Ventajas de la Fertirrigación

Martínez (1998) y Calvache (2008), coinciden que las ventajas más representativas que presenta esta técnica de aplicación de fertilizantes mediante el riego son las siguientes:

Mayor eficiencia en el uso de fertilizantes. Una mayor cantidad de fertilizante es utilizado por la planta en relación al total del fertilizante aplicado.

Adaptación la fertilización a diferentes etapas de desarrollo del cultivo. Las aplicaciones de fertilizantes se las puede realizar dependiendo de las necesidades del cultivo en diferentes fases de crecimiento vegetativo.

Uso de suelos marginales. Se pueden cultivar y obtener alta productibilidad en suelos pedregosos o muy arenosos con baja fertilidad natural.

Ahorro de trabajo y comodidad. La aplicación de los fertilizantes se la puede realizar a cualquier hora del día, además que se requiere menor mano de obra.

Reducción de la compactación de suelo. No se utiliza maquinaria agrícola que pueda llegar a compactar el suelo.

Posibilidad de utilizar cualquier tipo de fertilizante. Se puede utilizar fertilizantes sólidos, líquidos y gaseosos ya que estos son disueltos en agua.

4.3.4 Desventajas e Inconvenientes de la Fertirrigación

La mayor parte de inconvenientes no se deben al fertirriego en sí, sino por el mal manejo o desconocimiento acerca de los aspectos de la nutrición de las plantas. Los principales inconvenientes son:

Obturaciones. Esto es causado por la incompatibilidad de los fertilizantes usados, o debido a la disolución ineficiente (Martínez, 1998).

Dosificación. Se produce por la aplicación excesiva de productos químicos produciendo toxicidad afectando el rendimiento (Martínez, 1998).

4.3.5 Sistemas de Riego Aptos Para la Fertirrigación

Desde el punto de vista de abastecer el agua a los cultivos, todos los sistemas de riego son aptos si el agua se aplica en la frecuencia y cantidades adecuadas dependiendo del cultivo. Lo que diferencia a cada sistema es su eficiencia, en otras palabras, la cantidad de agua que utiliza directamente la planta en relación al total de agua que se aplica (Martínez, 1998).

Tabla 2.

Eficiencia de los métodos de riego

Tipo	Método de riego	Eficiencia (%)
Gravitacional	Tendido	30
	Surcos	45
	Bordes	50
	Tazas	65
	Surcos en contorno	65
Presurizado	Aspersión	75
	Micro-aspersión	85
	Goteo	90
	Cinta	90

Fuente. Martínez (1998).

Los métodos gravitacionales son los menos eficientes, con eficiencias promedios de entre el 40 a 50%, es decir de 100 litros de agua aplicados al suelo solo 40 a 50 son utilizados efectivamente por la planta, lo restante se pierde por escurrimiento y percolación profunda. Por lo contrario, los métodos de riego presurizado son los más eficientes y se aprovecha el agua aplicada en su totalidad (Martínez, 1998).

Esto implica que al aplicar fertilizantes la mitad de estos se van a perder si se utiliza el fertirriego en sistemas gravitacionales, produciendo así pérdidas económicas debido al precio de los fertilizantes. Es por ello que se considera que el riego localizado, ya sea por goteo, cinta,

microaspersión, brinda la mejor oportunidad para aplicar fertilizantes y agroquímicos a través del sistema de riego (Martínez, 1998).

4.3.6 *Fertirrigación Cuantitativa*

Este modelo de fertirrigación está basada en la aplicación de fertilizantes en cantidades específicas con respecto a las necesidades nutritivas de las plantas las cuales están en función de parámetros como: el número de plantas, edad fenológica, superficie foliar, y el consumo de nutrientes por etapas. Y luego esta cantidad de fertilizante es aplicada al cultivo a través del agua de riego (Conde, 2013; Tacuri & Germania, 2012).

4.3.7 *Fertirrigación Proporcional*

Este modelo es utilizado en medios sin suelos, suelos arenosos y en sistemas hidropónicos. Consiste en inyectar una cantidad determinada de fertilizantes por un volumen de agua determinado (Tacuri & Germania, 2012).

4.3.8 *Fertilizantes usados en la fertirrigación*

Existe un amplio rango de fertilizantes tanto líquidos como sólidos, que pueden ser usados en la fertirrigación dependiendo de las propiedades fisicoquímicas de la solución nutritiva. El tipo de fertilizante para el fertirriego debe ser de alta calidad, solubilidad y pureza, además de contener bajo niveles de sales y pH aceptable y que se adecue al programa de manejo establecido (Martínez, 1998).

La entrega directa de fertilizantes a través del sistema de riego exige el uso de fertilizantes solubles y sistemas de bombas e inyectores para introducir la solución nutritiva en el sistema de riego. Un pre requisito esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en agua (Calvache, 2008).

A continuación, se describe las características de los fertilizantes más usados en fertirrigación:

Nitrato de amonio (NH_4NO_3); [34-0-0]. Se comercializa en distintos grados de pureza, se recomienda utilizar solo aquel que contiene 34% de nitrógeno ya que está libre de compuestos insolubles.

Sulfato de amonio (NH_4) SO_4 ; [21-0-0]. Este fertilizante se caracteriza por su reacción ligeramente acidificante del suelo. Este compuesto tiene un 21% de nitrógeno y 23% de azufre.

Nitrato de calcio Ca (NO₃)₂; [15.5-0-0]. Este producto es usado en fertirrigación por su aporte en calcio, aunque prácticamente ha sido abandonado de los programas de fertilización tradicional, esto por el alto costo del nitrógeno.

Nitrato de sodio (Salitre sódico) NaNO₃; [16-0-0]. Este fertilizante no se recomienda usar en suelos con pH superiores a 7.5. Es un producto de bajo costo y presenta ciertas impurezas insolubles.

Nitrato de potasio (Salitre potásico) KNO₃; [15-0-14]. Este fertilizante posee un 15% de nitrógeno y 14% de potasio. No se disuelve completamente dejando impurezas no solubles en el fondo del recipiente.

Urea CO(NH₂)₂; [46-0-0]. Se comercializa como fertilizante granulado con 46% de nitrógeno, es de alta solubilidad y fácil de manejar, lo que lo convierte en un producto muy utilizado en fertirrigación.

Ácido fosfórico H₃PO₄; [0-51-01] verde, [0-54-0] blanco. El ácido fosfórico contiene entre 51 y 54% de fósforo. El ácido fosfórico blanco es utilizado preferentemente en la preparación de soluciones nutritivas para sistemas de riego localizado, pero su uso es limitado por su disponibilidad y precios.

Fosfato dianómico (NH₄)₂HPO₄; [16-48-0]. Presenta una concentración alta de nitrógeno y P₂O₅, lo que provoca una reacción ligeramente alcalina, por lo que es necesario adicionar ácido nítrico para reducir el pH.

Cloruro de potasio KCl; [0-0-60]. Es una fuente de potasio de bajo costo y es el fertilizante más popular aplicado a través de fertirrigación. No es recomendable aplicar en suelos con altos contenidos de cloruros y en especies susceptibles al cloruro.

Nitrato de potasio KNO₃; [13-0-44]. Es un producto de alto costo, pero es de beneficio para los agricultores debido a que aporta de forma simultánea nitrógeno y potasio.

Sulfato de potasio K₂SO₄; [0-0-50]. Este fertilizante aporta potasio y azufre, pero su uso no es muy común en fertilización debido a su baja solubilidad en comparación a otros fertilizantes.

4.3.9 Compatibilidad de fertilizantes

Cuando un tipo de fertilizante o más son preparados y mezclados es posible que exista una reacción entre los compuestos que los forman, por lo cual se debe revisar la compatibilidad entre ellos (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

Tabla 3.
Compatibilidad química de algunos fertilizantes.

Fertilizante	Urea	Nitrato de Amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de calcio	Nitrato de potasio	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Fosfato de amonio	Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de Magnesio	Acido fósforico	Acido sulfúrico	Acido nítrico	Fosfato mono potásico
Urea	C														
Nitrato de Amonio	C	C													
Sulfato de amonio	C	C	C												
Nitrato de calcio	C	C	I	C											
Nitrato de potasio	C	C	C	C	C										
Cloruro de potasio	C	C	C	C	C	C									
Sulfato de potasio	C	C	CR	I	C	CR	C								
Fosfato de amonio	C	C	C	I	C	C	C	C							
Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	C	C	C	I	C	C	CR	I	C						
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	C	C	C	CR	C	C	C	CR	C	C					
Sulfato de Magnesio	C	C	C	I	C	C	CR	I	C	C	C				
Acido fósforico	C	C	C	I	C	C	C	C	C	CR	C	C			
Acido sulfúrico	C	C	C	I	C	C	CR	C	C	C	C	C	C		
Acido nítrico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	C	C	C	C	
Fosfato mono potásico	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	CR	C	C	C	C

Fuente. Kafkafi & Tarchitzky, (2012).

La mezcla entre fertilizantes no compatibles y la interacción de estos con el agua de riego, en especial si son aguas duras y/o alcalinas, puede ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y la obturación de goteros y filtros. Estos problemas son evitados por medio de una elección correcta de fertilizantes y manejo adecuados (Calvache, 2008).

El uso de dos tanques de fertilización permite separar a los fertilizantes que interactúan, separando así los fertilizantes con calcio, magnesio y microelementos, de los fertilizantes con fósforo y sulfatos, evitando así problemas de formación de precipitados (Calvache, 2008).

Además, se recomienda el uso de fertilizantes de reacción acida o también la inyección periódica de ácido en el sistema de fertirriego esto con el fin de disolver los precipitados y destapar los goteros. La inyección de ácido también remueve bacterias y algas (Calvache, 2008).

4.3.10 Solubilidad de fertilizantes

Los fertilizantes usados en la fertirrigación deben tener un grado de solubilidad óptimo que impida las obturaciones con partículas sólidas sin disolver. Conocer el grado de solubilidad del fertilizante permite determinar la cantidad máxima, que se puede añadir a una determinada cantidad de agua (Conde, 2013).

Una solubilidad alta y completa son los prerrequisitos para los fertilizantes usados en la fertirrigación (Kafkafi & Tarchitzky, 2012). Los fertilizantes deben ser muy solubles y

selectos dependiendo de los nutrientes que aportan. La solubilidad de un fertilizante esta influenciado por factores como la temperatura, presión y pH. En general la solubilidad de los fertilizantes aumenta con la temperatura, esto dependiendo del producto (Conde, 2013; Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

Tabla 4.
Solubilidad de los fertilizantes usados en fertirrigación.

Fertilizantes	Solubilidad a 20°C (g/L)
Nitrato de Calcio	1 220
Nitrato de potasio	310
Nitrato de Magnesio	2 250
Nitrato de amonio	1 870
Sulfato de potasio	120
Sulfato de Magnesio	710
Fosfato monoamónico	400
Fosfato monopotásico	230
Urea	1 080

Fuente. Kafkafi & Tarchitzky, (2012).

4.3.11 Eficiencia de uso de fertilizante

En fertirriego se ha notado un incremento importante de la eficiencia de uso de los nutrientes de los fertilizantes por los cultivos. Esto se debe a que estos son inyectados directamente al sector donde se encuentra la mayor parte de raíces y porque se utiliza los nutrientes en agua llega directamente a la raíz (Calvache, 2008).

Tabla 5.
Comparación de rangos de eficiencia aproximada de uso de los nutrientes en fertirriego respecto de fertilización tradicional.

Nutriente	Fertilización tradicional Rango (%)	Fertirriego Rango (%)
Nitrógeno	15-50	50-80
Fósforo	5-30	30-40
Potasio	30-40	40-60
Azufre	20-50	50-80
Calcio	30-40	40-60
Magnesio	30-40	40-60
Micronutrientes	5-20	30-50

Fuente. Calvache, (2008).

4.3.12 Equipos usados en fertirrigación

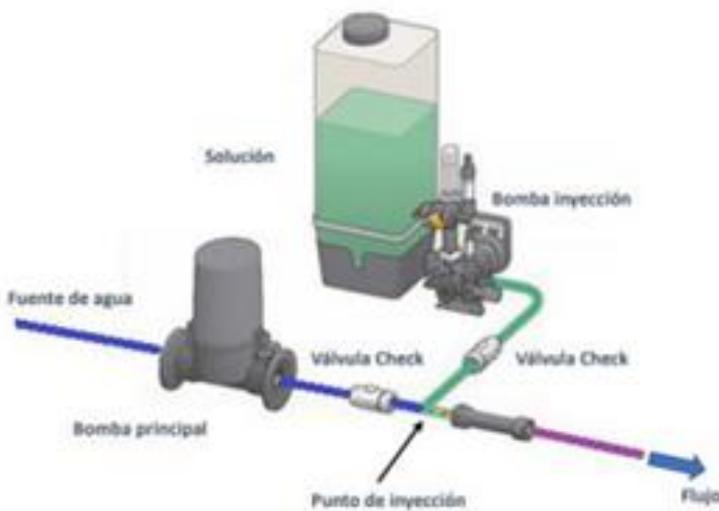
Una unidad básica de fertirrigación debe constar de un inyector de fertilizante y tanques de mezcla de fertilizantes, estos preferentemente de plásticos, para preparar las soluciones

nutritivas. También es necesario un agitador, válvulas de control y filtros; en cuanto a los tipos de inyectoros más comunes Quizhpe (2010), define los siguientes:

Bomba de inyección.

Se basa en el uso de bombas ya sea de pistón o de membrana, para la inyección de la solución desde el taque hasta el sistema de riego. Estas bombas suelen ser accionadas por un motor eléctrico (bombas de pistón) o hidráulicamente por el agua de la red (bomba de membrana).

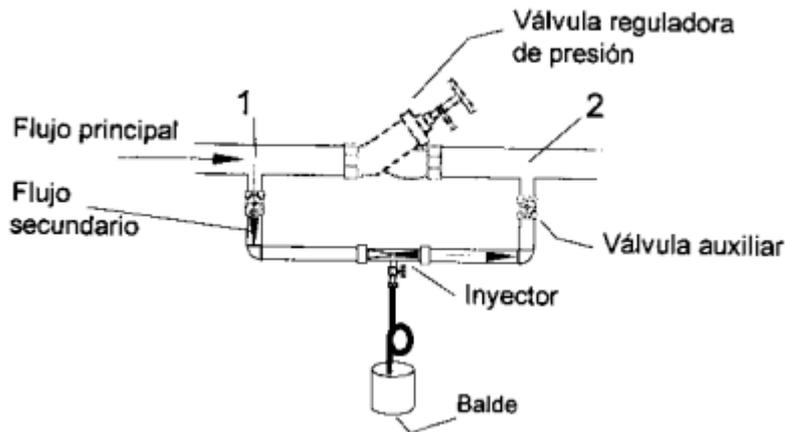
Figura 4.
Instalación para inyección de fertilizante con bomba eléctrica



Inyectores Venturi.

Su funcionamiento se basa en el efecto Venturi, que consiste en producir un estrechamiento en el flujo principal del agua para producir una depresión, la cual debe ser suficiente para succionar la solución nutritiva desde el tanque hasta el flujo.

Figura 5.
Esquema de montaje de un inyector Venturi



4.3.13 Soluciones Madre

Una solución nutritiva madre, es una solución altamente concentrada de nutrientes, esta concentración está determinada por la máxima cantidad de fertilizantes que pueden ser solubilizados en una cantidad de agua conocida. Pero, al contar con soluciones altamente concentradas es posible que exista reacciones entre los nutrientes y esto forme precipitados, perdiendo así la capacidad de la solución y no sean útiles para las plantas. Es por ello que al momento de realizar soluciones nutritivas madre, se tiene que conocer el grado de solubilidad de los fertilizantes empleados y su compatibilidad al mezclarlos (Cedillo & Ávila, 2009).

4.3.14 Preparación y Aplicaciones de Soluciones Madre

Para la preparación y aplicación de las soluciones nutritivas se debe seguir un proceso, el cual se detalla a continuación:

- Preparar la solución madre teniendo en cuenta la solubilidad de los fertilizantes a aplicar. Cuando se requiere la mezcla de dos o más fertilizantes, se debe comenzar a agregar desde el menos salubre. Además se debe mantener una agitación permanente mientras se disuelvan los productos (Ferreyra E. et al., 2005; Conde, 2013).
- Calcular el tiempo total de inyección en función de la tasa de inyección del equipo y el tamaño del recipiente donde se mezclan los fertilizantes.
- Para aplicar la solución de fertilizante se debe realizar después de que se llene las tuberías y las presiones de riego sean las adecuadas, y debe finalizar antes del tiempo de riego, con el fin de realizar la limpieza de las tuberías y no queden residuos (Ferreyra E. et al., 2005).

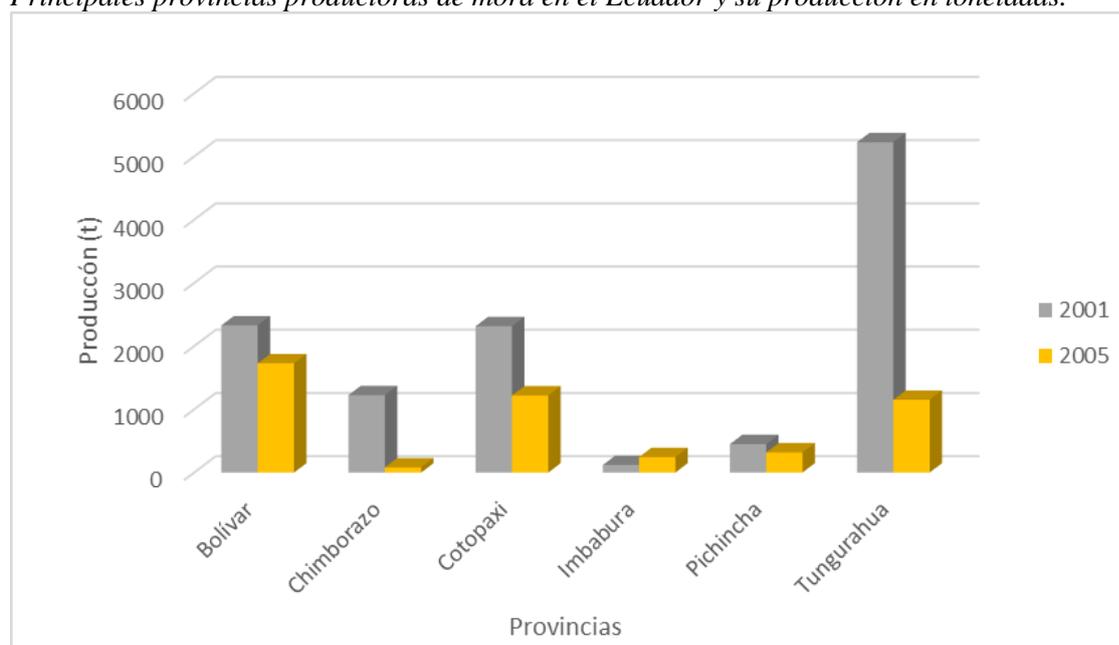
4.4 El Cultivo de Mora de Castilla (*Rubus glaucus B*)

La mora (*Rubus glaucus B*), es una especie originaria de las zonas tropicales altas de América, se cultiva principalmente en países como Ecuador, Colombia, Panamá, El Salvador, Honduras, Guatemala, México y Estados Unidos (Barrera et al., 2017).

En el Ecuador el cultivo de mora se realiza en los valles del callejón interandino, siendo las provincias con mayor aptitud: Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Bolívar. La provincia de Tungurahua es la que presenta la mayor producción, aportando con el 41% de la producción nacional total, seguida de la provincia de Bolívar la cual registra un 25% de la producción total a nivel nacional, por otro lado se encuentra la provincia de Cotopaxi la cual aporta con un 19% de la producción nacional y las provincias como Imbabura, Pichincha y Chimborazo registran un aporte de 2, 5 y 8% respectivamente de la producción nacional total (Jácome et al., 2016).

Figura 6.

Principales provincias productoras de mora en el Ecuador y su producción en toneladas.



Fuente: Jácome et al., (2016).

La producción nacional de mora, presentó una tendencia decreciente desde el año 2001, donde la producción superó las 11600 toneladas, siendo la provincia de Tungurahua la que alcanzó la mayor producción con 5226 t, seguida de Bolívar con 2328 t, y Cotopaxi con una producción de 2315 t. Mientras que para el año 2005 las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi y Bolívar presentaron reducciones importantes, logrando alcanzar producciones de apenas 4744 t a nivel nacional, lo que representa una disminución de cerca del 60% (Jácome et al., 2016).

4.4.1 Generalidades

Las especies del género *Rubus* son plantas de origen silvestre, e incluyen a las moras, zarzamoras, frambuesas y moras rastreras conocidas de manera general como zarzas. Son originarias de las regiones templadas y frías de América del Norte, Europa y Asia (Viteri et al., 2016).

La mora de castilla (*Rubus glaucus*) es una especie de origen silvestre, gran parte de esta variedad se encuentran en climas fríos y fríos moderados de los andes ecuatorianos y de otros países de la región andina donde se cultivada comercialmente, además se encuentra distribuida en zonas altas de Panamá, El Salvador, Honduras, Guatemala, Costa Rica y México (Martínez et al., 2007 & Pérez-Sarabia, 2011).

Esta especie fue descubierta por Hartw y descrita por Benth, se encontraba normalmente de forma silvestre, y no fue hasta 1921 cuando se iniciaron las primeras plantaciones (Viteri et al., 2016). Este cultivo es típico de minifundios y en Ecuador la mora se la intercala con otros cultivos como frutales y no como plantación única (Pérez, 2011).

4.4.2 Clasificación taxonómica

Cadena & Orellana (1985), reportan la siguiente clasificación taxonómica para la mora:

Reino: Vegetal

División: Antofita

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Arquiclamídea

Orden: Rosales

Familia: Rosáceae

Género: *Rubus*

Especie: *Glaucus*

Nombre Científico: *Rubus glaucus* B.

Nombre vulgar: Mora.

4.4.3 *Requerimientos edafoclimáticos del cultivo*

Suelo

Para el crecimiento y desarrollo de la mora de castilla influye de forma directa las características físico-químicas del suelo, así las características físicas como la textura, estructura, densidad aparente (Da), profundidad, entre otras determinan el crecimiento de las raíces y la capacidad de retención de agua para la planta. En relación a las propiedades químicas como el pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), contenido de nutrientes y relación entre nutrientes, determinan la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo, en otros casos influyen en los problemas de toxicidad por presencia en exceso de nutrientes que son fundamentales para la mora (Valverde et al., 2016).

La mora de castilla se desarrolla de gran manera en suelos con textura franco arenoso, que presente altos contenidos de materia orgánica, ricos en fósforo y potasio, además el suelo debe presentar un buen drenaje interno como externo, así mismo el pH de suelo debe ser moderadamente ácido en rangos entre 5.5 a 6.5, siendo 5.7 el óptimo para la planta. La disponibilidad de agua debe ser la suficiente, al igual que la materia orgánica, por otro lado debido a la profundidad de raíces de la planta el perfil de suelo no debe presentar capas superficiales endurecidas (Martínez et al., 2007).

Clima

La mora de Castilla en el Ecuador posee un alto rango de adaptación, pudiéndose cultivar en altitudes desde los 1500 hasta los 3200 m.s.n.m. para un desarrollo óptimo la mora se produce en zonas con clima frío moderado con temperaturas que varían entre los 12 y 18 °C. La planta de mora requiere una humedad relativa del 80 a 90%, alto brillo solar y precipitaciones entre 500 y 1000 mm al año, además que mora es susceptible heladas por ello se debe conocer muy bien el microclima de la zona donde se desee implantar el cultivo (Martínez et al., 2007; Valverde et al., 2016).

4.4.4 *Fases Fenológicas de la mora*

Etapa vegetativa

Esta etapa inicia cuando se obtiene las plantas por propagación sexual mediante semillas o asexual mediante acodos o estacas, luego de ello se realiza el trasplante definitivo en campo, esta etapa termina con la formación de la yema floral, en total tiene una duración de 130 días (Mejía, 2019).

Etapa reproductiva

Esta etapa inicia con la formación de la yema floral hasta la polinización con una duración de 44 días; pero se debe tener en cuenta que desde la formación de la yema a botón floral hay una duración de 16 días, del inicio de floración a apertura de flor son 23 días y desde la apertura de la flor a la polinización existe una duración de 5 días (Mejía, 2019).

Etapa productiva

Esta etapa inicia con la polinización y termina con la cosecha, en el periodo de polinización hasta la formación del fruto son 10 días, y de la formación del fruto hasta la cosecha pueden ser de 40 días, en general esta etapa tiene una duración de 50 días. Desde el trasplante hasta el inicio de la producción son 7.5 meses de duración, la cual se va incrementando hasta estabilizarse a los 18 meses (Mejía, 2019).

Figura 7.

Fenología de la planta de Rubus glaucus Benth



Fuente: Mejía (2019)

4.4.5 Curvas de absorción de nutrientes de la mora

El cultivo de mora tiene un alto contenido de agua (75 – 85 %), el resto corresponde a azúcares, vitaminas, minerales; cerca del 10% corresponde a ácidos orgánicos que en su mayoría son elementos nutritivos. Los elementos absorbidos en gran cantidad por la planta son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, y son denominados macronutrientes. En cambio, los elementos absorbidos en menor proporción por la planta son el hierro, manganeso, boro, cobre y zinc y se los denomina micronutrientes.

Tabla 6.*Niveles foliares de nutrientes adecuados para el cultivo de mora de Castilla*

Macronutrientes	%	Micronutriente	mg kg⁻¹
Nitrógeno	2.2-4	Hierro	50-200
Fosforo	0.2-0.6	Manganeso	25-300
Potasio	1.1-3	Boro	25-75
Calcio	0.6-2.5	Cobre	4-20
Magnesio	0.25-0.8	Zinc	15-100
Azufre	0.2-0.3		

Fuente. Castro & Cerdas (2005).

En general para el manejo nutrimental del cultivo de mora depende de la demanda nutrimental del frutal, del suelo y de la eficiencia de uso del fertilizante.

Trabajos relacionados

Bertsch 2009, estimo con base a los rendimientos máximo alcanzados en diversas redes de ensayos experimentales, la cantidad de nutrientes absorbidos por distintas variedades de mora. En este caso realizó una tabla en donde señala el rendimiento obtenido por el mejor tratamiento y la cantidad absorbida tanto de macronutrientes como de micronutrientes en un ciclo de cultivo, de tres variedades distintas de mora.

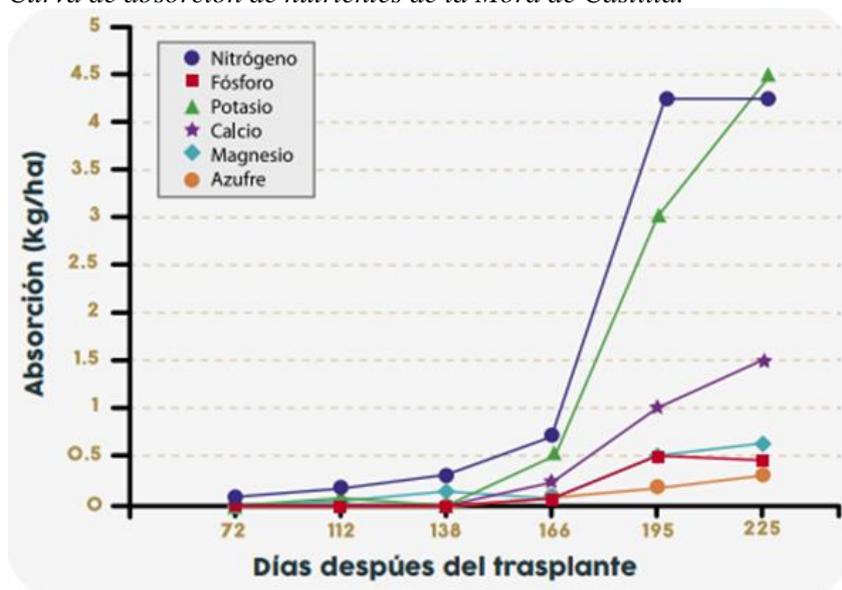
Tabla 7.*Consumo de nutrientes por el cultivo de mora*

Mora	Peso de 1 t		Cantidad absorbida										
	Fruto fresco		Kg t⁻¹							g t⁻¹			
	%H	PS por t FF	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Roja	79	210.00	1.76	0.34	2.71	0.65	0.36	0.08	7.60	1.70	8.40	15.30	1.00
Morada	80	200.00	2.00	0.40	2.56	0.96	0.52	0.12	8.20	1.80	8.00	18.40	1.10
Promedio			1.88	0.37	2.64	0.81	0.44	0.10	7.90	1.75	8.20	16.85	1.05

Fuente: Bertsch (2009).

Por otra parte Cardona (2017), a través de una serie de ensayos experimentales y diversos tratamientos, logro elaborar diversas curvas de absorción. Pero la que obtuvo los mayores rendimientos en cuanto a lo técnico y económico, fue la que presento los siguientes valores de absorción: 117,32 – 135,24 – 57,6 – 77,8 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O y CaO respectivamente.

Figura 8.
Curva de absorción de nutrientes de la Mora de Castilla.



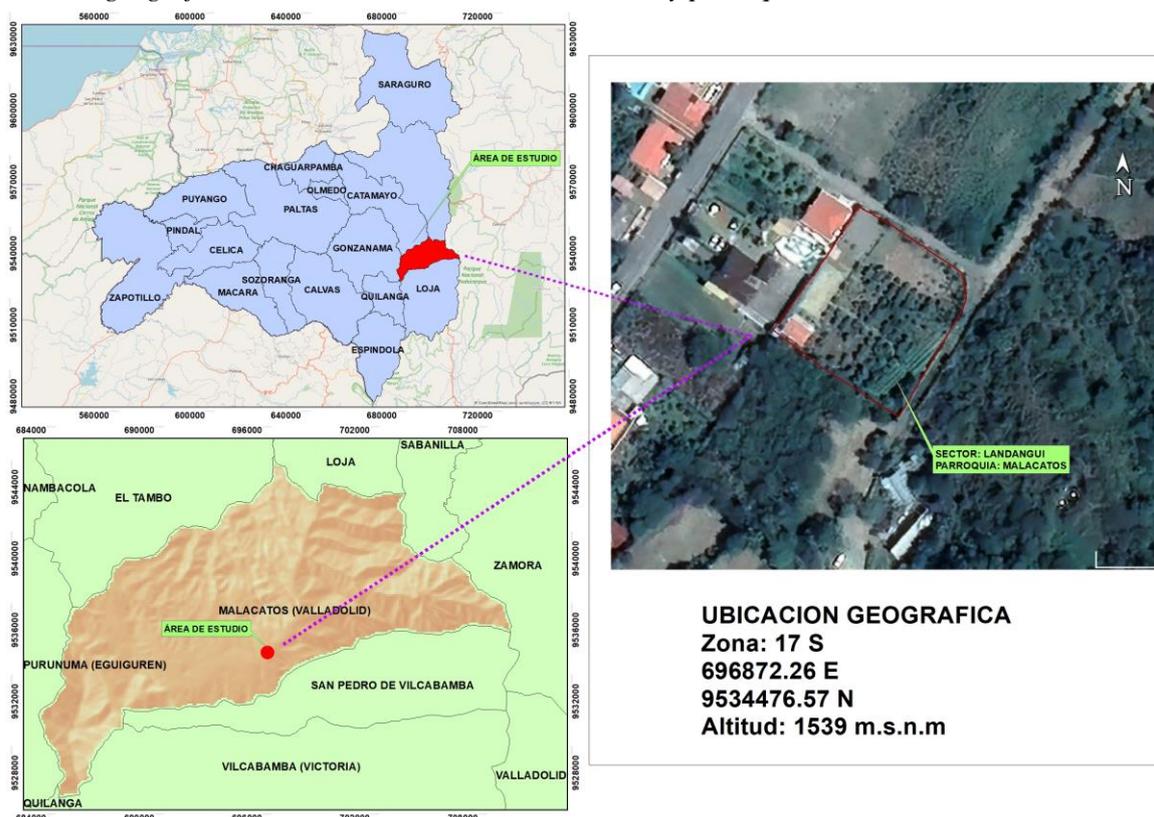
5. Metodología

5.1 Descripción del Área de Estudio

La presente investigación se la realizó en el barrio Landangui perteneciente a la parroquia Malacatos, cantón y provincia Loja. La entrada principal para acceder al sitio de estudio se encuentra a 27.9 km de la ciudad de Loja.

Figura 9.

Ubicación geográfica del área de estudio a nivel cantonal y parroquial.



Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM)

5.2 Ubicación geográfica

La zona donde se realizó el estudio, geográficamente se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas planas:

- Zona: 17 S
- 696872.26 E
- 9534476.57 N
- Altitud: 1539 m.s.n.m.

5.3 Aspectos biofísicos

5.3.1 Clima

La parroquia de Malacatos posee un clima subtropical, con temperaturas promedio de 20.4°C, la temperatura mínima es de 5°C, con una precipitación anual promedio de 647mm, con una humedad relativa promedio de 82%, heliofanía 5.6% por hora y velocidad promedio del viento de 1.6 m s⁻¹.

5.3.2 Suelos

Malacatos presenta suelos poco desarrollados, jóvenes, que corresponden en su mayoría al orden de los alfisoles, suelos derivados de un material de origen sedimentario y metamórfico.

5.4 Materiales y equipos

5.4.1 Materiales de campo

Entre los materiales de campo utilizados tenemos:

- Cartografía del sitio de estudio (IGM Ortofótos escala 1:5000)
- Cámara fotográfica.
- Estación Total/GPS diferencial
- Libreta de campo
- Herramientas (Palas, barretas, picos, etc.)
- Tabla Munsell
- Barreno

5.4.2 Materiales de laboratorio

- Balanza de precisión
- Estufa
- Cilindros Kopecky de 100 cm³

5.4.3 Materiales de oficina

- Computadoras con acceso a la red.
- Material bibliográfico

5.5 Metodología para el primer objetivo

Caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio

5.5.1 Descripción del perfil del suelo

Primeramente, se realizó la construcción de 2 calicatas de 1,25 m de ancho, 1,40 m de largo y 1,20 m de profundidad cada una, en la cual se describió los perfiles existentes con base a las normas contenidas en la “Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelo” de la FAO 2009. Para designar los horizontes se siguió con la nomenclatura contenidas en la USDA Soil Taxonomy 2004.

Para la selección de la ubicación de las calicatas se consideró el distinto manejo de suelo dado en el predio y los cultivos existentes.

5.5.2 Propiedades físicas

Para las propiedades físicas se recolectaron muestras de suelo de cada una de las calicatas realizadas, tanto disturbadas y no disturbadas según el requerimiento del análisis.

Textura.

Para la textura se tomaron muestras de suelo disturbadas del horizonte superior tanto de la calicata 1 como de la calicata 2, estas muestras fueron trabajadas en el Laboratorio de Análisis Químico (LAQ) del centro de Investigación de la Universidad Nacional de Loja, utilizando el método de Bouyoucos.

Densidad aparente.

Primeramente, se tomaron muestras inalteradas con los cilindros Kopecky de 100 cm³ de los 2 primeros horizontes de cada calicata, con 2 repeticiones. Las cuales fueron secadas a la estufa a una temperatura de 105 °C y luego se pesaron las muestras.

Para determinar la densidad aparente se utilizó la siguiente formula:

$$Da = \frac{\text{Peso seco (g)} * 100}{\text{Volumen del cilindro}}$$

Donde:

Da= Densidad aparente.

5.5.3 Velocidad de infiltración del agua en el suelo

Para determinar la velocidad de infiltración se utilizó el método del cilindro infiltrómetro simples con tres repeticiones. Este método consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior, para lo cual se procedió a realizar de la siguiente manera:

- Se encontró tres zonas representativas dentro de la zona de estudio y se instalaron los anillos, de tal forma que el cilindro interior esté totalmente centrado en el exterior.
- Se introdujeron los cilindros en el suelo a igual profundidad en todo su perímetro, y al mismo tiempo, logrando que el anillo exterior como el interior lleguen hasta 10 cm de profundidad.
- Clavados los anillos se comenzó a llenar cuidadosamente de agua ambos anillos, empezando siempre por el exterior.
- Las lecturas se tomaron a 5, 10, 15, 30, 60 min, en intervalos de una hora respectivamente, se debe considerar que si el nivel en el anillo exterior es mayor que en cilindro central el agua tenderá a penetrar desde el suelo produciéndose errores de lectura.
- Se tomaron lecturas hasta que se alcanzó una tasa de infiltración constante, y para determinar la velocidad de infiltración básica se utilizó la ecuación de Kostiakov (1932).

Infiltración acumulada (*I_{acum}*).

A través de la ecuación de Kostiakov (1932) y mejorada por Philips (1957); se graficó la curva de infiltración acumulada en la hoja de cálculo, con el tiempo acumulado en el eje de las abscisas y la lámina acumulada en el eje de las ordenadas, mediante la siguiente expresión:

$$I_{acum} = A * t^B$$

Donde:

I_{acum}: Infiltración acumulada (cm),

A y *B*: Parámetros de la ecuación (adimensional),

t: Tiempo (min).

Infiltración instantánea (*I_{inst}*).

Partiendo de la ecuación potencial positiva de la infiltración acumulada se determinó la ecuación potencial negativa o infiltración instantánea:

$$I_{inst} = a * t^b$$

Donde:

I_{inst}: Infiltración instantánea (cm),

t: Tiempo (min),

a y b : constantes negativas (adimensional), que se determina despejando las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{a}{(b + 1)} \rightarrow a = A(B + 1)$$

$$B = (b + 1) \rightarrow b = B - 1$$

Velocidad de infiltración básica (Ib).

Para determinar la infiltración básica se derivó la ecuación de infiltración instantánea, y luego se multiplico por un factor de conversión para expresarla en mm h^{-1} .

$$Ib \left(\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right) = a [(600 t)]^b$$

5.5.4 Constantes hidrofísicas

Saturación

Las muestras inalteradas fueron saturadas por varios días hasta que la parte superior del cilindro se forme una película de agua, es decir la muestra se encuentren a ($pF = 0$) en términos de volumen es igual a la porosidad total.

Capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

Para estos análisis se tomó muestras de suelos disturbadas de los horizontes superficiales de cada una de las calicatas y se enviaron al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP). Para el análisis se realizó por el método de la centrifuga.

5.5.5 Curva de retención de humedad del suelo.

Con los resultados obtenidos de las constantes hidrofísicas, se graficó en una hoja de cálculo la curva de retención de humedad del suelo (pF), en la que se relacionó el potencial hídrico (eje Y) y el contenido volumétrico de humedad (eje X).

5.5.6 Evaluación de las condiciones físicas del suelo.

Con el diagrama triangular de la evaluación de las condiciones físicas del suelo se relacionaron los valores porcentuales de agua aprovechable (AA), capacidad de aireación (CA) y el volumen de poros físicamente inerte (VFI), con estos parámetros, se procedió a clasificar la zona de condición física del suelo para el desarrollo del cultivo.

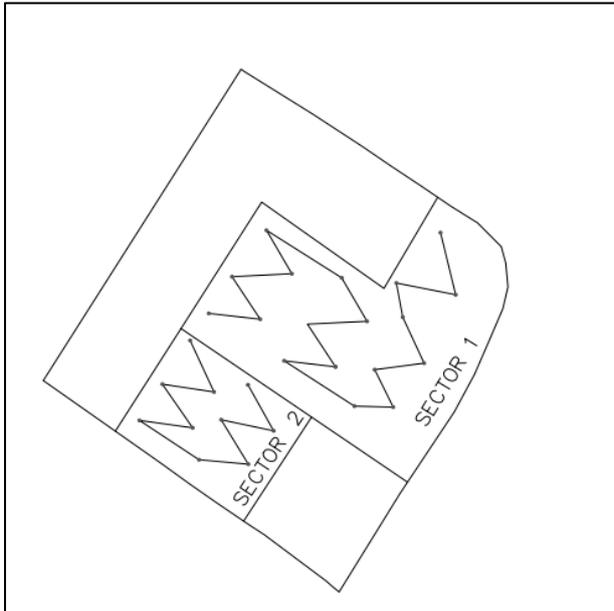
5.5.7 Propiedades químicas

Toma de muestras de suelo

Para la toma de muestras primeramente se clasifico el predio en 2 sectores (Figura 10), considerando el tipo de suelo y las características físicas obtenidas durante la descripción del suelo.

Figura 10.

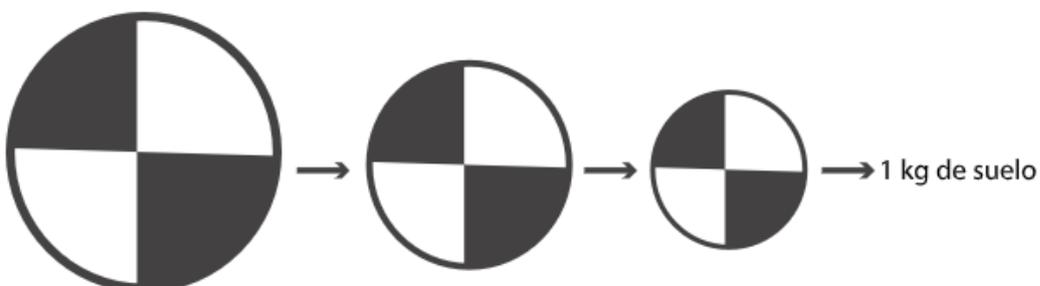
Recorrido zigzag para toma de muestras.



Delimitados los sectores se tomó muestras hasta una profundidad de 30 cm utilizando un barreno de una sola pieza. Luego de este proceso se procedió a mezclarlas y seleccionar mediante el cuarteo diagonal (Figura 11), hasta obtener una cantidad de 1 kg de muestra de cada sector.

Figura 11.

Cuarteo diagonal realizado para obtener la muestra que se analizó en el laboratorio.



Análisis químico

En el análisis químico se determinaron parámetros como: pH, elementos disponibles (macro y micronutrientes), capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductibilidad eléctrica

(CE) y materia orgánica (MO), en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP).

5.6 Metodología Para el Segundo Objetivo.

Proponer un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (*Rubus Glaucus* B), para el primer ciclo de cultivo.

Con la información primaria se procedió a evaluar el sistema de riego antes de proponer el plan de fertirrigación, con la finalidad de programar el riego para el cultivo de estudio.

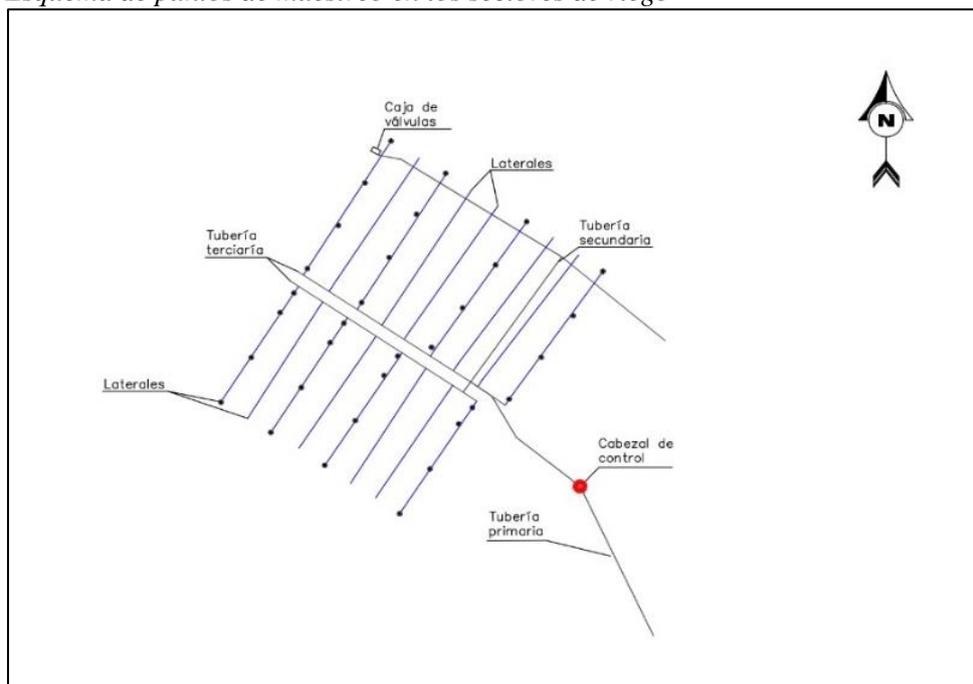
5.6.1 Propiedades hidráulicas del sistema de riego localizado.

Coefficiente de uniformidad (CU)

Para el análisis de la uniformidad de distribución del riego por goteo se tomó como referencia el procedimiento de Merriam y Keller (1978), conocida comúnmente por la ecuación del cuarto menor.

Figura 12.

Esquema de puntos de muestreo en los sectores de riego



Se muestreó con una probeta graduada el caudal en una lateral al inicio, 1/3, 2/3 y al final de la subunidad de riego del sistema de riego por goteo. Además, a lo largo de cada lateral, se muestreó un emisor al inicio, 1/3, 2/3 y al final.

La siguiente ecuación se utiliza para evaluar datos de campo, es decir, evalúa a sistemas de riegos que ya se encuentran en funcionamiento.

Esta se describe de la siguiente manera:

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} * 100$$

Donde:

CU= Coeficiente de uniformidad (%);

q₂₅= Caudal promedio del 25% de goteros de menor caudal (l h⁻¹);

q_a= Media del caudal de los goteros (l h⁻¹).

Intensidad de precipitación de los goteros (Ip)

Para determinar la intensidad de precipitación promedio en los goteros se utilizó el método volumétrico, lo cual consistió en la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. Basándose en la ecuación siguiente:

$$Ip = \frac{V}{t}$$

En donde:

Ip: Intensidad de precipitación de los goteros (l s⁻¹)

V: Volumen (l)

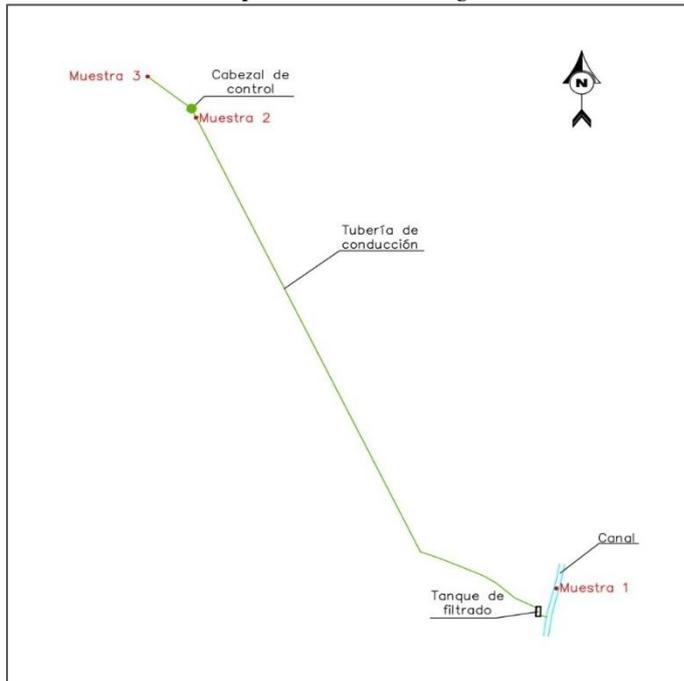
t: Tiempo (s)

5.6.2 Análisis de calidad del agua

Se tomaron muestras del agua utilizada para el riego de tres puntos (Figura 13), la primera del canal donde se realiza la captación, la siguiente muestra antes del cabezal de control y la última después del cabezal de control, las cuales son representativa y homogénea del material original. Dichas muestras se manejaron de tal forma que no se produzcan alteraciones significativas y se analizaron en el Laboratorio de Análisis Químico (LAQ) de la dirección de investigación de la Universidad Nacional de Loja.

Figura 13.

Puntos de muestreo para análisis de agua



Los parámetros que se evaluaron fueron sustancias solidas en suspensión, conductibilidad eléctrica y pH; cationes como el calcio, magnesio, sodio y potasio; aniones como sulfuros, cloruros, carbonatos, fosfatos y nitratos; y por último se determinaron elementos como el boro y hierro.

5.6.3 Programación del riego

Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Para la determinación de la evapotranspiración del cultivo se utilizó la ecuación recomendada por la FAO (2006), la cual menciona que:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ET_c. Evapotranspiración del cultivo (mm día⁻¹)

ET_o. Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

K_c. Coeficiente del cultivo (adimensional).

Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia se utilizó el método de Hargreaves (1985), para lo cual se buscó información de estaciones meteorológicas que

dispongan información completa en un rango mínimo de 25 años y que se encuentren cercanas al sitio de estudio.

La estación considerada fue la Estación Meteorológica de Malacatos, los datos tomados fueron: temperatura media, máxima y mínima, radiación solar en un periodo desde 1988 al 2013; todas estas recuperadas de los anuarios meteorológicos del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

Con toda la información recolectada se aplicó la siguiente fórmula:

$$ET_o = [(0.0023 * (T_{media} + 17.8) * (T_{max} - T_{min}))]^{0.5} * Ra$$

Donde:

ET_o: Evapotranspiración potencial (mm día⁻¹)

T: Temperatura media, máxima y mínima (°C)

Ra: Radiación extraterrestre (mm día⁻¹)

Coefficiente de cultivo (Kc)

Se realizó la gráfica de la curva Kc para el cultivo de moras (arbustivo), tomando como valores referenciales los emitidos por la FAO (2006). Se consideró el patrón y ciclo de cultivo.

La gráfica de Kc contiene lo siguiente:

- En el eje x se encuentra el periodo en días de cada fase del cultivo
- En el eje y se encuentran los valores de coeficiente de cultivo.

Requerimientos hídricos del cultivo

Los requerimientos hídricos del cultivo corresponden al agua que debe ser aportada mediante el riego para asegurar cubrir con las necesidades de la planta. Para ello se aplicó la siguiente ecuación propuesta por Fuentes (2002):

$$Requerimiento\ de\ riego\ (Nr) = ET_c - Pe$$

Donde:

ET_C = Evapotranspiración de referencia (mm mes⁻¹)

Pe = Precipitación efectiva (mm mes⁻¹)

Precipitación efectiva

Para la determinación de la precipitación efectiva se utilizó la fórmula propuesta por la USDA Soil Conservation Service, la cual menciona lo siguiente:

Para precipitación media (P_m) < 250 mm:

$$P_e = P_m * \frac{(125 - 0.2P_m)}{125}$$

Lámina de riego (LR)

La lamina de riego o necesidades brutas de riego se la determinó mediante la siguiente ecuación:

$$LR = \frac{ETc}{Ea}$$

Donde:

LR : Lamina de riego (mm día⁻¹)

ETc : Evapotranspiración de cultivo (mm día⁻¹)

Ea : Eficiencia de aplicación para el sistema de riego por goteo

Requerimiento de agua por planta

Para determinar el consumo de agua por planta se utilizó la ecuación propuesta por Ferreyra E. et al. (2005):

$$RAP = LR * MP$$

Donde:

RAP : requerimiento de agua por planta (l planta⁻¹ día⁻¹).

LR : lámina de riego (mm día⁻¹).

MP : marco de plantación (m²).

Frecuencia de riego (Fr).

La frecuencia de riego depende de la capacidad de almacenamiento del suelo y de la tasa de evapotranspiración del cultivo, para calcular la frecuencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{Ln}{LR}$$

Ln : Lamina neta o lámina de agua rápidamente aprovechable (mm).

LR : Lamina de riego (mm día⁻¹)

Lamina neta (Ln).

Para determinar la lámina neta que se debe reponer con relación a las propiedades hidrofísicas del suelo, se utiliza la siguiente ecuación propuesta por Martín-Benito (2005):

$$Ln = \left(\frac{CC - PMP}{100} * Da * Pef \right) DPM$$

Donde:

LAA: Lámina de agua aprovechable (mm)

CC: Contenido de humedad a capacidad de campo (%)

PMP: Contenido de humedad punto de marchitez permanente (%)

Da: Densidad aparente del suelo (g cm⁻³)

Pef: Profundidad efectiva radicular (mm)

DPM: Déficit permisible de manejo (50 %)

Tiempo de riego (TR).

Para calcular el tiempo de riego se utilizó la intensidad de precipitación de los goteros (*Ip*) y el número de emisores por planta (*N^{ºe}*), según la siguiente expresión:

$$TR = \frac{RAP * Fr}{IP * N^{ºe}}$$

5.6.4 Programa de fertilización para el cultivo de mora

Para elaborar el programa de fertilización se utilizó los requerimientos nutricionales de la mora de castilla, variedad Andimora propuesta por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). La cual recomienda lo siguiente:

Tabla 8.

Requerimientos nutricionales de la mora de castilla.

Cultivo	Requerimiento (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	Mg	Ca	S
Mora de castilla	330,00	26,16	249,00	24,00	45,00	23,00

Fuente: Martínez et al. (2012).

Los requerimientos nutricionales por etapa fenológica del cultivo de la Mora de Castilla se la obtuvo de las curvas de absorción propuestas por Cardona (2017), adaptado a los requerimientos propuestos por el INIAP (2013).

Fertilización con base a la relación de bases intercambiables

Se realizó la relación de bases intercambiables entre los cationes calcio (Ca^+), potasio (K^+) y magnesio (Mg^+), para corroborar si se encuentra el suelo en condiciones óptimas. Para lo cual se tomó como referencia los valores de la tabla siguiente:

Tabla 9.

Relaciones óptimas de bases intercambiables para suelos

Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/K
4-8	2-5	12-30	11-25

Fuente: Sánchez (2009).

Plan de fertilización

Para el plan de fertilización se tomó en cuenta la etapa fenológica del cultivo y se utilizara la metodología de evaluación biológica sin considerar los elementos determinados en el análisis químico como lo recomienda Rogel (2022), quien en su investigación no encontró correspondencia entre la evaluación biológica con la concentración del nutriente disponible del análisis químico, dejando en duda los análisis químicos.

Fertilización base o inicial.

Para cumplir con los requerimientos de suelo de la mora de castilla propuestos por Martínez et al. (2007), se incrementó el porcentaje de materia orgánica con la utilización de abono orgánico (NUTRISANO), basándose en la expresión propuesta por Santiago (2017), la cual manifiesta lo siguiente:

$$MO = \frac{Ps(MOd - MOa)}{100(IH)}$$

Donde:

Ps: Peso del suelo (kg).

MOd: materia orgánica deseada (%).

MOa: materia orgánica actual del suelo (%).

IH: índice de humificación (%).

Peso del suelo.

El peso del suelo resultó de la densidad aparente del suelo y del volumen del hoyo en el cual se va trasplantar la planta de mora de castilla.

Para el volumen del hoyo se consideró las dimensiones recomendadas por Martínez et al. (2007), por lo que se utilizó las siguientes dimensiones:

Ancho: 50 cm

Largo: 50 cm

Profundidad: 30 cm

5.6.5 Elaboración de las soluciones madre o concentrada

Para la elaboración de la solución para el fertirriego del cultivo se consideró el principio de la electro neutralidad el cual nos manifiesta que toda solución debe estar balanceada en sus cargas negativas (aniones) y positivas (cationes); es decir, la suma de aniones debe ser igual a la suma de cationes.

Además de eso se consideraron diferentes factores como:

La Compatibilidad de los fertilizantes.

Se consideró la compatibilidad de fertilizantes, de tal manera de impedir que fertilizantes incompatibles interactúen y con ello formen compuestos insolubles y que se precipiten. Los precipitados bloquean los nutrientes, por lo tanto, no están disponibles para la planta y además la obstrucciones en el equipo de riego.

Numero de tanques de almacenamiento.

El número de tanques de almacenamiento se los determinó considerando el tipo de fertilizante utilizado y su compatibilidad.

Solubilidad de los fertilizantes.

El volumen de solución se lo estableció considerando la solubilidad de los fertilizantes (Tabla 5), y además la temperatura del agua en el cual se está disolviendo los fertilizantes.

Proporción de inyección

Para la proporción de inyección o también denominada factor de dilución (FD), se consideró la ecuación propuesta por Crespo (2016), la cual se expresa de la siguiente manera:

$$FD = \frac{Tasa\ de\ inyección}{Flujo\ del\ riego}$$

Tasa de inyección.

La tasa de inyección se la obtuvo del equipo Venturi, considerando las presiones de entrada y la de salida.

Flujo de riego.

El flujo del riego se la obtuvo mediante el aforo volumétrico del caudal que ingresa al sistema de riego.

6. Resultados

6.1 Resultados del primer objetivo

6.1.1 Descripción del perfil del suelo

Calicata 1.

En la Tabla 10, se presentan las características físicas y morfológicas descritas en el perfil.

Tabla 10.

Características físicas y morfológicas del pedón de la calicata 1

Profundidad (cm)	Características físicas y morfológicas del pedón
0 – 25 Ap	Gris pardo claro (10 YR 6/2) en seco y marrón muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; Franco arcillosa; Bloques subangulares finos moderados y gruesos fuertes; muy duro en seco, plástico y adhesivo; raíces finas escasas, gruesas escasas y medias escasas; poros finos abundantes, medios escasos; grava redondeada 15 %; sin reacción al HCl; limite lineal claro.
25 – 45 Bw	Marrón (10 YR 4/3) en seco y marrón (10 YR 3/2) en húmedo; Franco arcillosa; bloques subangulares medios moderados; duro en seco, plástico y muy adhesivo; raíces gruesas escasas y finas escasas; poros medios y finos escasos; grava redondeada 25 %; sin reacción al ácido HCl; limite lineal claro.
45 – 60 Bw1	Marrón (10 YR 4/3) en seco y marrón oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; Franco arcillosa; bloques subangulares a angulares finos y medios fuertes; duro en seco; plástico y adhesivo; raíces finas y medias escasas; poros finos y medios abundantes; gravas angulares y redondeadas 10 %; sin reacción al ácido HCl; limite lineal gradual.
60 – 110 C	Marrón (10 YR 4/3) en seco y Marrón muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; Macizo rocoso; sin estructura; extremadamente duro en seco; grava angular 75 %.

Fuente. El autor

La calicata 1 (Anexo 1) se la realizó en una zona representativa del área de estudio en las coordenadas planas 9534483.00 m N y 696877.00 m E y a una altitud de 1554 m.s.n.m.

El perfil descrito se caracteriza por estar formado por material coluvio aluvial arrastrado y de material original, presenta un horizonte superficial de 25 cm con textura franco arcillosa, estructura moderada a fuerte, con coloración gris pardo claro. Se observó en el suelo presencia de grava redondeada de origen fluvial. Dentro del mismo perfil a profundidades mayores se identificaron una secuencia de tres horizontes con similar textura, no presentándose iluviación de arcilla, además de ello la estructura pasaba de moderado a fuerte en los primeros horizontes hasta llegar al último el cual no presentaba estructura, de igual manera la cohesión muy dura con poca presencia de poros grandes en gran parte del perfil.

La profundidad efectiva del suelo es de 60 cm lo que corrobora con la presencia de raíces en los tres primeros horizontes.

Calicata 2.

En la tabla 9 se presentan las características físicas y morfológicas descritas en el perfil.

Tabla 11.

Características físicas y morfológicas del pedón de la calicata 2

Profundidad (cm)	Características físicas y morfológicas del pedón
0 – 25 Ap	Marrón grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco y marrón muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; Franco arcillosa; Bloques angulares finos y medios moderado; duro en seco, plástico y adhesivo; raíces finas y medias escasas; poros finos y medios abundantes; grava redondeada 10 %; sin reacción al HCl; limite lineal claro.
25 – 60 AB	Gris oscuro (10 YR 4/1) en seco y marrón muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; Franco arcillosa; bloques subangulares finos de grado fuerte; duro en seco, plástico y muy adhesivo; raíces finas abundantes; poros finos y medios abundantes; grava redondeada 15 % y piedra 5 %; sin reacción al HCl; límite lineal claro.
60 – 110 BC	Gris oscuro (10 YR 4/1) en seco y marrón (10 YR 3/2) en húmedo; Franco arcilloso; bloques subangulares finos de grado fuerte; duro en seco; muy plástico y muy adhesivo; raíces finas escasas; poros finos y medios abundantes; gravas 50 % y piedra 5 %; sin reacción al HCl; limite lineal gradual.

Fuente. El autor

La calicata 2 (Anexo 2) se la realizo en un sitio representativo del área de estudio debido al distinto tipo de suelo que se presentaba y está ubicada en las coordenadas planas 9 534 468,00 m N y 696 860,00 m E y a una altitud de 1 549,00 m.s.n.m.

El suelo está formado por material de relleno y material coluvio aluvial arrastrado con presencia de gravas menor al 10 % en su gran mayoría cantos rodados. Presenta un horizonte superficial de 25 cm con textura franco arcillosa y con coloración marrón a gris oscuro, estructura moderada y una consistencia firme. A medida que aumenta la profundidad sigue existiendo la misma textura con iluviación de arcilla, el grado de estructura pasa de fuerte a débil mientras que la consistencia se mantiene firme.

La profundidad efectiva del suelo en este caso es de 90 cm, lo que se observó presencia de raíces las cuales disminuían conforme aumentaba la profundidad. En el segundo horizonte se presentó mayor actividad biológica por lo que existía mayor cantidad de poros grandes y medios a comparación de los demás horizontes.

Como observación se encontró mediante barrenación otro tipo de suelo pasado los 110 cm, el cual era de color negro con textura arcillosa el cual se pretende es el suelo original y que fue rellenado con material coluvio aluvial ya que el terreno se encuentra en la parte baja de una ladera activa.

6.1.2 Propiedades físicas

A continuación, se detallan las propiedades físicas que influyen para el uso del suelo:

Textura

Las fracciones de suelo para el área de estudio se las representa en la tabla siguiente.

Tabla 12.
Clase textural y proporción de fracciones de suelo

Lugar	Textura (%)			Clase textural
	Arena	Limo	Arcilla	
Sector 1	40	37	23	FRANCO
Sector 2	38	35	27	FRANCO ARCILLOSO

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas y agua (INIAP)

La clase textural presente dentro del área de estudio es de tipo franco (Fo) y franco arcilloso (FoAc), y no existe mucha diferencia entre la proporción de las fracciones de suelo.

Densidad aparente

A continuación, se presentan los valores de densidad aparente evaluadas hasta una profundidad de 45 cm y 60 cm de la calicata uno y dos respectivamente.

Tabla 13.
Medidas de densidad aparente (Da), a diferentes profundidades.

Horizonte	Profundidad (cm)	Da (g cm ⁻¹)	Promedio
C1 Ap	0 - 25	1,57	1,55
		1,53	
C1 Bw	25 - 45	1,58	1,59
		1,60	
C2 Ap	0 - 25	1,56	1,52
		1,47	
C2 AB	25 - 60	1,40	1,50
		1,60	

Nota: C1: Calicata 1 y C2 calicata 2

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas de la UNL

En el horizonte superficial de la calicata uno presenta una densidad aparente de 1,55 g cm⁻³ y en el siguiente horizonte la densidad es de 1,59 g cm⁻³. En cambio, en la calicata dos se obtuvo densidades de 1,52 g cm⁻¹ en el primer horizonte y 1,50 g cm⁻³, en el segundo horizonte.

Velocidad de infiltración del suelo

A continuación, se muestra el valor de velocidad de infiltración básica (VIB) del suelo del área de estudio.

Tabla 14.*Velocidad de infiltración básica y su clasificación.*

Prueba de infiltración	VIB (mm h ⁻¹)	Clasificación
I-1	6,34	Moderadamente lenta

La velocidad de infiltración básica es de 6.34 mm h⁻¹ (Anexo 4), que corresponde a suelos de textura franco arcillosa y cuya clasificación es moderadamente lenta.

Constantes hidrofísicas.

En la Tabla 15 se presentan los resultados de los contenidos de humedad en unidades volumétricas a diferentes tensiones.

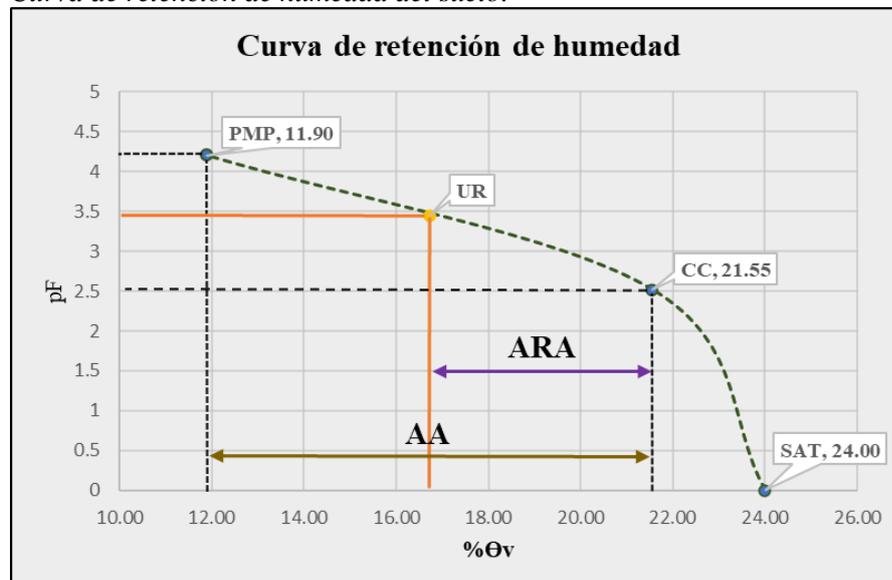
Tabla 15.*Valores de saturación, capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) de la zona de estudio.*

Horizontes	Profundidad (cm)	Saturación	CC	PPM
		pF 0 % Θ_v	pF 2,52 % Θ_v	pF 4,20 % Θ_v
Ap	0 - 25	24,60	20,70	11,00
Bw	25 - 45	23,40	22,40	12,80
Promedio		24,00	21,55	11,90

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua (INIAP).

La saturación promedio es de 24,00 % a una tensión de humedad de 0, para la capacidad de campo se obtuvo un valor promedio de 21,55 % a pF de 2,50 y el punto de marchitez permanente el valor promedio es 11,90 % a pF de 4,20

6.1.3 Curva de retención de humedad

Figura 14.*Curva de retención de humedad del suelo.*

Fuente. Laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua (INIAP).

Elaborado por: el autor

La curva de retención de humedad del suelo se obtuvo con el promedio de las constantes hidrofísicas: CC = 21,55 (pF 2,52); PMP = 11,90 (pF 4,2) y el estado poroso del suelo o saturación de 24,00 (pF 0). A partir de estos valores se determinó el valor de agua aprovechable (AA) el cual es de 9,65 % que representa la cantidad de agua fácilmente disponible para el desarrollo de la planta.

6.1.4 Evaluación de las condiciones físicas del suelo.

Al realizar la evolución de las condiciones físicas para el suelo de estudio (Anexo 5), este presenta los siguientes valores:

Tabla 16.
Rangos de la curva característica de humedad del suelo

Textura	AA (%)	CA (%)	VFI (%)	ZONA	CLASE
Franca	9.65	2.5	87.9	I	MUY POBRE

El agua aprovechable (AA) representa el 9,65 %, mientras que la capacidad de aireación (CA) es de 2,50 % y el volumen físicamente inerte (VFI) de 87,90 %; según el diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo, se encuentra dentro de la zona I, clasificado como muy pobre.

6.1.5 Propiedades químicas

Características químicas del suelo.

A continuación, se presentan los parámetros químicos evaluados para el área de estudio.

Tabla 17.
Parámetros químicos del suelo para área de estudio.

Parámetro	Unidad	Sector 1	Sector 2	Promedio	Interpretación
pH	-	7,69	7,90	7,80	Ligeramente alcalino
C.E	mS cm ⁻¹	0,11	0,15	0,13	Normal
CIC	meq 100g ⁻¹	20,40	19,40	19,90	-
MO	%	1,66	2,73	2,20	Medio

Nota. CE: Conductibilidad eléctrica, CIC: capacidad de intercambio catiónico, MO: materia orgánica.

Fuente. Laboratorio de Análisis Químico (LAQ), UNL

En el área de estudio el pH del suelo en promedio es 7,80, lo que se lo clasifica como un suelo ligeramente alcalino, así mismo la conductibilidad eléctrica en los dos sectores están relacionadas dando así un promedio de 0,13 mS cm⁻¹ clasificándose como un suelo con conductibilidad normal; además la capacidad de intercambio catiónico promedio del suelo es

de 19,90 meq 100g⁻¹, y finalmente la materia orgánica en promedio es de 2,20% lo que se considera como suelo con un contenido medio en materia orgánica.

Macroelementos

Los macroelementos presentes en el suelo del área de estudio reportados por el análisis químico se los representa en la tabla siguiente:

Tabla 18.
Análisis de macroelementos del suelo del área de estudio.

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S
Unidad	ppm	ppm	meq 100g ⁻¹	meq 100g ⁻¹	meq 100g ⁻¹	ppm
Sector 1	56,90 A	102,00 A	0,61 M	12,86 M	2,46 M	5,60 B
Sector 2	80,90 A	169,00 A	1,19 M	19,02 A	3,19 M	7,10 B

Nota. A: alto, M: medio y B: bajo

Fuente. Laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua (INIAP).

Los elementos como el nitrógeno (N) y el fósforo (P) en los dos sectores se presentan en niveles altos, con 56,90 y 80,90 partes por millón (ppm) en el caso del N, en cambio el P con 102,00 y 169,00 ppm respectivamente. Por su parte los cationes como el potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se presentan en niveles medios o óptimos en el suelo; y finalmente el azufre (S) se encuentra en un nivel bajo.

Microelementos

Los microelementos presentes en el suelo del área de estudio reportados por el análisis químico se los representa en la Tabla 18.

Tabla 19.
Análisis de microelementos del suelo del área de estudio.

Elemento	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Sector 1	196,00 A	9,20 A	10,90 M	9,70 M	0,65 B
Sector 2	205,00 A	10,10 A	10,30 M	16,60 A	0,94 B

Nota. A: alto, M: medio y B: bajo

Fuente. Laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua (INIAP).

El hierro (Fe) se encuentra en el suelo en niveles altos en cada uno de los sectores evaluados con 196,00 ppm y 205,00 ppm, de igual manera el cobre (Cu) con 9,20 ppm y 10,10 ppm respectivamente; en cambio elementos como el manganeso (Mn) y Zinc (Zn) se encuentran en nivel medio en el suelo, mientras que el boro (B) es bajo con 0,65 ppm en el sector uno y 0,94 ppm en el sector dos.

6.2 Resultados del segundo objetivo

6.2.1 Propiedades hidráulicas del sistema de riego localizado

Coefficiente de uniformidad (CU)

A continuación, se expresan los valores determinados para cada sector:

Tabla 20.

Coefficiente de uniformidad (CU) del área de estudio.

Lugar	CU (%)	Clasificación
Sector 1	88,05	Buena
Sector 2	79,70	Aceptable

Fuente. El autor

Para el sector uno de la zona de estudio se determinó un coeficiente de uniformidad de 88,05% lo que se clasifica como un sistema de riego bueno, mientras en el sector dos con un 79,70% de uniformidad se lo cataloga como un riego aceptable que requiere un rediseño mínimo.

Intensidad de precipitación de los goteros (Ip).

La intensidad de precipitación de los goteros para el área de estudio es de 1,69 l h⁻¹.

6.2.2 Análisis de calidad de agua.

Los resultados reportados del laboratorio del agua utilizada para el riego se los presenta en la siguiente tabla:

Tabla 21.

Análisis de calidad del agua de la zona de estudio.

Parámetro	Unidad	Resultado	Grado de restricción
pH	-	7,47	Ligero
Conductividad eléctrica	ms cm ⁻¹	0,11	Ninguno
Sustancias sólidas en suspensión	mg l ⁻¹	701	Severo
Cloruros	mg l ⁻¹	37	Ligero
Carbonatos	mg l ⁻¹	0	Ninguno
Fosfatos	mg l ⁻¹	1,1	Ligero
Nitratos	mg l ⁻¹	< 1,2	Ligero
Calcio	mg l ⁻¹	> 160	Ninguno
Boro	mg l ⁻¹	0,38	Ninguno
Sodio	mg l ⁻¹	28	Ninguno
Magnesio	mg l ⁻¹	19,4	Severo
Hierro	mg l ⁻¹	0,08	Ninguno
Sulfato	mg l ⁻¹	< 5	Ninguno

Fuente. Laboratorio de Análisis Químico (LAQ), UNL

El pH del agua es de 7,47, siendo ligeramente alcalino, la CE es de 0,11 ms cm⁻¹ y no presenta ningún tipo de restricción para ser utilizada, en cambio las sustancias solidas en suspensión son de 701 mg l⁻¹ presentando un severo grado de restricción en particular para riego por goteo, en cuanto al riego los demás parámetros como cationes, nutrientes y elementos especiales no presentan en su mayoría ningún grado de restricción.

6.2.3 Programación de riego

Evapotranspiración de referencia (ET_o)

La evapotranspiración de referencia (ET_o), es el dato de partida para la programación de riego, los valores referenciales para la presente área de estudio se presentan a continuación:

Tabla 22.

Valores de evapotranspiración de referencia (ET_o).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET _o (mm día ⁻¹)	5,65	5,73	5,74	5,41	5,00	4,74	4,80	5,27	5,64	5,81	5,79	5,68
ET _o (mm mes ⁻¹)	175,2	160,4	178,0	162,3	154,9	142,1	148,7	163,3	169,3	180,0	173,6	176,0

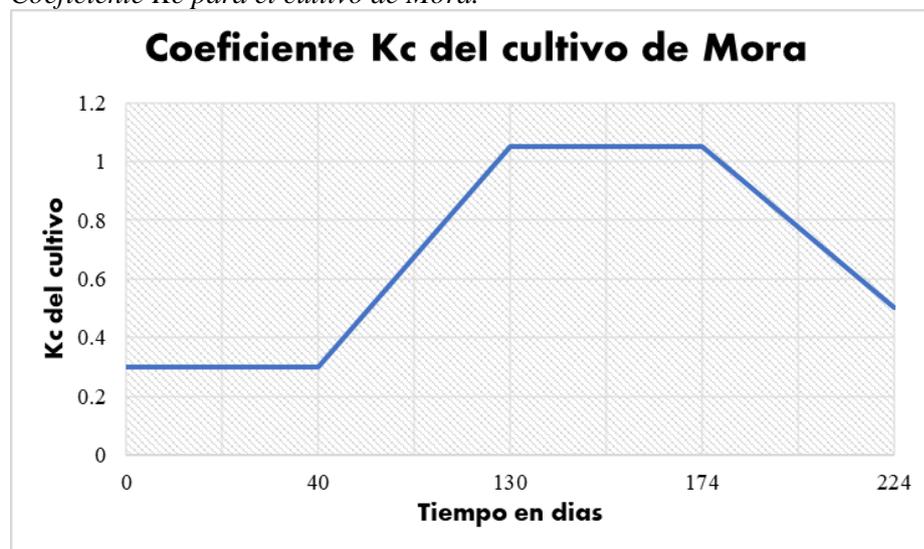
Los valores mensuales de evapotranspiración de referencia en la mayoría de meses son similares, con un menor valor en el mes de junio de 142,1 mm mes⁻¹ y con una máxima de 180,0 mm mes⁻¹ en el mes de octubre.

Coefficiente de cultivo (K_c)

El coeficiente de cultivo de la mora de castilla para el primer ciclo del cultivo se lo representa en la gráfica a continuación:

Figura 15.

Coefficiente K_c para el cultivo de Mora.



El coeficiente de cultivo para la mora es homogéneo en la mayoría de etapas de cultivo teniendo valores que van de 0,30 en la etapa inicial, 1,05 en la etapa intermedia y 0,50 en la etapa final.

Evapotranspiración del cultivo (ETc).

La evapotranspiración del cultivo de la mora se la determino con base a la evapotranspiración de referencia y los valores de Kc de la mora, y estos datos se los representa en la tabla siguiente.

Tabla 23.

Valores de Evapotranspiración del cultivo (ETc) para la zona de estudio.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET _o (mm día ⁻¹)	5,65	5,73	5,74	5,41	5,00	-	-	-	5,64	5,81	5,79	5,68
Kc	1,05	1,05	0,89	0,50	0,18	-	-	-	0,30	0,30	0,85	1,05
ET _c (mm día ⁻¹)	5,94	6,01	5,11	2,71	0,89	-	-	-	1,69	1,74	4,92	5,96
ET _c (mm mes ⁻¹)	184,00	168,40	158,44	81,17	27,48	-	-	-	50,78	54,01	147,53	184,83

Para la zona de estudio el mes en donde existe una mayor evapotranspiración es diciembre, con 184,83 mm mes⁻¹, mientras que el mes con menor evapotranspiración es mayo con un valor de 27,48 mm mes⁻¹.

Requerimientos hídricos del cultivo.

Los requerimientos hídricos o la cantidad de agua en términos de volumen o lamina que se debe aplicar al cultivo de mora se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 24.

Requerimientos hídricos del cultivo de mora.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pe (mm día ⁻¹)	1,90	3,13	2,83	2,56	1,06	0,35	0,29	0,32	0,62	2,27	1,87	2,02
Nr (mm día ⁻¹)	4,04	2,89	2,28	0,14	0,00	-	-	-	1,08	0,00	3,05	3,94
Eficiencia del sistema de riego (%)	88,05	88,05	88,05	88,05	88,05	88,05	88,05	88,05	88,05	88,05	88,05	88,05
LR (mm día ⁻¹)	6,74	6,83	5,80	3,07	1,01	-	-	-	1,92	1,98	5,58	6,77
RAP (L pla ⁻¹ día ⁻¹)	1,69	1,71	1,45	0,77	0,25	-	-	-	0,48	0,49	1,40	1,69
Fr (días)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	-	-	-	3,00	3,00	3,00	3,00
TR (horas)	2,99	3,03	2,58	1,36	0,45	-	-	-	0,85	0,88	2,48	3,01

El mayor requerimiento hídrico del cultivo se presenta entre los meses de diciembre y marzo, alcanzando una lámina de riego de hasta 6,83 mm día⁻¹, con una frecuencia de riego ajustada cada 3 días, es decir 5 veces por quincena.

6.2.4 Programa de fertilización para el cultivo de mora.

Fertilización con base a la relación de bases intercambiables

Las relaciones de bases intercambiables para el suelo del área de estudio se las observa en la tabla siguiente:

Tabla 25.
Relaciones de cationes para el suelo del área de estudio.

Relaciones	Valores	Interpretación
Ca/Mg	5,96	Óptimo
Mg/K	2,68	Óptimo
Ca/K	15,98	Óptimo
Ca+Mg/K	18,66	Óptimo

Para el suelo del área de estudio en la relación Ca/Mg se obtiene un valor de 5,96 lo que expresa un valor óptimo en el suelo según la Tabla 8, de igual manera en la relación Mg/K obtenemos un valor de 2,68 el cual se encuentra en el rango; mientras que en las relaciones Ca/K y Ca+Mg/K se obtiene 15,98 y 18,66 siendo valores óptimos. Lo que se concluye que no se necesita agregar calcio, potasio y magnesio al suelo.

Plan de fertilización

El plan de fertilización se lo consideró cada 15 días y a partir de los 72 días después del trasplante (DDT), como se observa en la tabla siguiente:

Tabla 26.
Plan de fertilización para el cultivo de mora de castilla

DDT	Plan de fertilización (Kg ha ⁻¹)					
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	S-SO ₄
72-87	4,48	0,41	1,74	0,41	0,37	0.36
88-102	4,48	0,41	1,74	0,41	0,37	0.36
103-117	8,13	0,59	0,50	0,02	0,54	0.79
118-132	8,13	0,59	0,50	0,02	0,54	0.79
133-147	47,26	5,35	12,20	2,52	4,91	2.88
148-162	47,26	5,35	12,20	2,52	4,91	2.88
163-177	74,13	3,87	66,23	10,31	3,55	4.26
178-192	74,13	3,87	66,23	10,31	3,55	4.26

193-207	31,01	2,86	43,82	9,25	2,63	3.22
208-222	31,01	2,86	43,82	9,25	2,63	3.22
Total	330,00	26,16	249,00	45,00	24,00	23,00

El nitrógeno y el potasio son los nutrientes de mayor demanda por la planta de mora, y los días donde se los debe aplicar en mayor medida son del 163 al 192 DDT.

Fertilización base o inicial.

Con el fin de apropiar las propiedades físicas del suelo para el cultivo de estudio se agregó lo siguiente como fertilización base:

Tipo de abono: Abono orgánico NUTRISANO (Anexo 7).

Volumen por planta: 19,02 Kg.

6.2.5 Elaboración de solución concentrada.

Balance iónico

Al aplicar el principio de la electro neutralidad se logró igualar los cationes y aniones (Anexo 8) para la elaboración de la solución concentrada, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 27.

Balance de cationes y aniones

DDT	Aniones (eq)			Cationes (eq)			
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	S-SO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
72-87	190,20	13,08	22,28	44,69	20,25	31,00	129,62
88-102	190,20	13,08	22,28	44,69	20,25	31,00	129,62
103-117	285,36	18,99	49,59	12,77	1,13	45,00	295,04
118-132	285,36	18,99	49,59	12,77	1,13	45,00	295,04
133-147	1935,70	172,57	179,69	312,85	126,00	409,00	1440,11
148-162	1935,70	172,57	179,69	312,85	126,00	409,00	1440,11
163-177	3706,71	124,89	265,94	1698,31	515,25	296,00	1587,98
178-192	3706,71	124,89	265,94	1698,31	515,25	296,00	1587,98
193-207	1863,21	92,40	201,25	1123,69	462,38	219,00	351,80
208-222	1863,21	92,40	201,25	1123,69	462,38	219,00	351,80
Total	15962,34	843,87	1437,50	6384,62	2250,00	2000,00	7609,09
Suma	18243,71			18243,71			

La suma de aniones es 18 243,71 y la de cationes de 18 243,71 por lo que se encuentran en equilibrio.

Proporción de inyección

Para la proporción de inyección se tomaron datos del cuadro de rendimiento de equipos Venturi (Anexo 8), en donde:

Tasa de inyección: 90 l h⁻¹

Flujo de riego: 1.41 m³ h⁻¹

$$FD = \frac{\text{Tasa de inyección}}{\text{Flujo del riego}}$$

$$FD = \frac{90 \text{ l/h}}{1.41 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$FD = 64 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}$$

La proporción de inyección es de 64,00 l m⁻³.

Fraccionamiento de la fertirrigación

El fraccionamiento de la fertilización (Anexo 9) para la elaboración de las soluciones nutritivas se la realizó quincenalmente, considerando 5 meses hasta completar la primera etapa de cultivo.

Tabla 28.

Fraccionamiento quincenal de la fertilización.

Quincena	Nitrato de NH ₄	Nitrato de K	Nitrato de Ca	Nitrato de Mg	MKP	Sulfato de Mg	Sulfato de K	MAP	Micro-nutrientes
Kg									
6	2,08	0,64	0,48	0,22	0,36	0,55	-	-	1 mix de Q
7	2,07	0,64	0,48	0,22	0,36	0,55	-	-	
8	4,55	-	0,03	-	0,22	1,11	0,16	0,25	1 mix de Q
9	4,55	-	0,03	-	0,22	1,11	0,16	0,25	
10	23,04	2,83	2,97	5,87	4,69	4,42	-	-	1 mix de Q
11	23,04	2,83	2,97	5,87	4,69	4,42	-	-	
12	25,41	31,78	12,16	0,77	3,40	6,54	-	-	1 mix de Q
13	25,41	31,78	12,16	0,77	3,40	6,54	-	-	
14	5,63	20,83	10,91	0,45	2,51	4,95	-	-	1 Mix de Q
15	5,63	20,83	10,91	0,45	2,51	4,95	-	-	

Nota. MKP: Fosfato monopotásico; MAP: Fosfato monoamónico; Mix-Quelato (%): Fe 7,5 - Mn 3,5 - Zn 0,7 - Cu 0,28 - B 0,65.

En la Tabla 28, se muestran la cantidad de fertilizante en kilogramos que se va aportar en el fertirriego al cultivo en las diferentes quincenas programadas.

Numero de tanques de almacenamiento.

Tomando en cuenta la compatibilidad de fertilizantes y su respectiva solubilidad se consideró la utilización de 4 tanques de almacenamiento de 200 litros (Anexo 18):

Tanque A: Nitrato de Ca y micronutrientes

Tanque B: Nitrato de NH_4 , Nitrato de K, Nitrato de Mg y Sulfato de Mg.

Tanque C: MKP, MAP y Sulfato de K.

Tanque D: Ácidos.

7. Discusión

7.1 Caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo del área de estudio.

7.1.1 Descripción del perfil del suelo.

El suelo estudiado corresponde a un Inceptisol formado por material coluvio aluvial arrastrado y con presencia de gravas de tipo fluvial, lo que concuerda con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Malacatos (2019), que manifiesta que estos suelos están presentes en un 40 % de la superficie de la parroquia, y son suelos con un perfil poco desarrollado, con texturas francos en la superficie y franco arcillo-arenosos a profundidad, poco profundos, frecuente pedregosidad, pH ligeramente ácido a neutro y fertilidad mediana; esto se pudo corroborar en campo con la implementación de dos calicatas en donde se encontraron horizontes superficiales de nomenclatura Ap con profundidades hasta los 25 cm, con textura franco y franco arcillosa, horizontes más profundos con texturas franco arcillosas, con presencia de gravas que van desde el 25 % al 50 % en todo el perfil, y suelos con profundidad efectiva de 60 cm hasta los 90 cm.

7.1.2 Propiedades físicas

La textura del suelo reportada por el análisis físico es de franco y franco arcillosa en los diferentes sectores, para Rucks et al. (2004), esta textura es la más beneficiosa, ya que el suelo posee fracciones gruesas y finas en proporciones adecuadas, es un suelo equilibrado, siendo ligero, aireado y permeable y con ello apto para la agricultura.

Entre las propiedades físicas se determinó la densidad aparente, en donde se obtuvo un valor de $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ en promedio, lo cual para Porta et al. (1994) este valor corresponde a la densidad aparente crítica para una textura franco arcillosa y se podría comenzar a tener problemas en la elongación de las raíces para algunas especies. Este elevado valor de densidad aparente se puede deber a un antepasado uso del suelo, el cual era dedicado para la ganadería, lo que se comprueba con Medina (2016), el cual manifiesta que el pisoteo de los animales durante el proceso de pastoreo, favorece la compactación de los suelos ubicados en el horizonte superior y esto acompañado con la textura fina la cual facilita la compactación.

La velocidad de infiltración del suelo es de $6,34 \text{ mm h}^{-1}$, lo que según Montenegro y Malagon (1990) se clasifica como una velocidad de infiltración moderadamente lenta, la cual no se correlaciona con la textura de suelo, la cual según Murillo (2002) para texturas franco, están en el rango de $10 - 20 \text{ mm h}^{-1}$, esto se debe de igual manera a la compactación y la baja cantidad de poros en los horizontes superiores.

7.1.3 Constantes hidrofísicas

Los niveles de humedad del suelo en este caso son similares en los dos sectores evaluados, obteniendo un porcentaje de saturación promedio de 24,00 % a $pF=0$, según Angella et al. (2016) la saturación de un suelo se alcanza cuando el agua llena todos los poros desalojando al aire, los valores normales para suelos con textura fina están entre los 40 % a 50%, lo que en el caso de estudio no se produce, esto podría deberse a la densidad aparente registrada esto según lo mencionado por Romero (2016), por otro lado la capacidad de campo (CC) promedio evaluada por el método de la centrifuga y a una pF de 2,52 es de 21,55 % coincidiendo con lo manifestado por Angella et al., (2016) que presenta valores referenciales con base a la textura franco arcillosa que van de 18 al 23 %; de igual manera el punto de marchitez permanente (PMP) para este suelo es de 11,90 % a un pF de 4,20, Cherlinka, (2022) manifiesta que el PMP depende del tipo de suelo, en suelos con texturas arcillosas los valores van del 15 -20 % y estos van reduciendo a medida que las partículas del suelo son más finas, debido a que estas tiene mayor retención de agua.

La capacidad de aireación del suelo es de 2,50 %, considerada por Buechel (2023) como baja; esta mala aireación se manifiesta por la compactación presente en el área de estudio que provoca una escasa saturación del oxígeno dentro del suelo, concordando con lo manifestado por Cherlinka (2021).

7.1.4 Propiedades químicas

El análisis químico del suelo dio como resultado un pH de 7,80, el cual se interpreta como ligeramente alcalino, en relación al cultivo de mora de castilla Valverde et al. (2016) menciona que el pH debe estar entre los 5,5 y 6,5, este pH se manifiesta por estar en una zona árida con poca lluvia y por la baja capacidad de infiltración de suelo lo que provoca encharcamientos; por otro lado la conductibilidad eléctrica (CE) es de 0,13 $mS\ cm^{-1}$ considerada como baja salinidad, para esto Barbaro et al. (2019) manifiesta que la CE está relacionado con la concentración de sales en el suelo y recomienda que esta sea menor a 1 $mS\ cm^{-1}$ ya que una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo.

La CIC es de 19,90 $meq\ 100g^{-1}$ considerada dentro del rango para texturas franco arcillosas e indica una mejor disponibilidad de los nutrientes en el suelo como lo menciona la FAO; mientras que en el porcentaje de materia orgánica se encuentra en nivel medio con un valor promedio de 2,20 %.

7.2 Proponer un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (*Rubus Glaucus B*), para el primer ciclo de cultivo.

7.2.1 *Análisis de agua*

El agua de riego presenta un pH de 7,47 siendo ligeramente alcalino lo que para Monge (2017) presenta un grado de restricción ligero para ser utilizada para el fertirriego, en otro parámetro importante para la fertirrigación está la conductibilidad eléctrica la cual es de 0,11 ms cm⁻¹ siendo un valor normal para aguas de riego, esto según lo manifestado por Castellanos (2014) y Redondo (2017). Mientras tanto que las sustancias solidas en suspensión están en 705 mg l⁻¹ siendo severo para sistemas de riego por goteo, según lo manifiesta Cárdenas (2005) esta cantidad de solidos en suspensión se sedimentan en las tuberías y provoca taponamiento en los goteros.

7.2.2 *Programación de riego*

Para Catalán et al. (2007), la programación del riego permite determinar las cantidades de agua y las fechas de aplicación de cada riego con la intención de minimizar deficiencias o excesos de humedad en el suelo que pudieran causar efectos adversos sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos, por ello se inició determinando la evapotranspiración de referencia (ET_o) del lugar de estudio utilizando el método de Hargreaves, en donde se obtuvo un valor máximo de 5,81 mm día⁻¹ en el mes de octubre y un valor mínimo en el mes de junio de 5,74 mm día⁻¹, resultados cercanos a los reportados por Correa (2022), el cual concluyó que el mes de mayor ET_o es octubre, mientras que el mes de junio se presenta la menor ET_o.

Las características climáticas del sitio de estudio, hacen que se debe aplicar riego durante todo el ciclo de cultivo, siendo el requerimiento de riego máximo de 6,83 mm día⁻¹ presentándose en el mes de febrero, mientras que el menor requerimiento es en el mes de mayo con 1,01 mm día⁻¹, esto se obtuvo utilizando los parámetros climáticos de la zona y la fase fenológica del cultivo según lo recomendado por Ayala et al. (2016).

7.2.3 *Programa de fertilización para el cultivo de mora*

Fertilización con base a la relación de bases intercambiables.

El contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) definen en alguna medida la fertilidad del suelo, los suelos fértiles se distinguen por altos contenidos de Ca y Mg, mientras que suelo que carecen de estos elementos se caracterizan por ser suelos muy ácidos (Frez, 2021). Partiendo de este enunciado se realizó la relación de bases intercambiables, utilizando

los resultados reportados por el análisis de suelo del área de estudio obteniendo valores de 5,96 en la relación Ca/Mg, 2,68 en Mg/K, 15,98 en Ca/K y 18,66 en la relación Ca+Mg/K; estos valores están en relación óptima en el suelo según los valores referenciales propuestos por Valverde et al. (2016) para el cultivo de mora de Castilla.

Plan de fertilización

Valverde et al. (2016) manifiesta que la fertilización de las plantas constituye un pilar fundamental para mejorar la productividad, por ello es necesario crear condiciones ideales de nutrición para el cultivo de mora de castilla y manejarlas durante el todo el desarrollo de la planta; en este tema el INIAP ha propuesto requerimientos nutricionales para variedades como la INIAP-Andimora-2013, la cual presenta una extracción de nutrientes de 330 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 300 kg ha⁻¹ de K₂O, 24 kg ha⁻¹ de Mg, 45 kg ha⁻¹ de Ca y 23 kg ha⁻¹ de S, para el primer ciclo de cultivo (72 – 224 DDT) y para un rendimiento promedio de 15 t ha⁻¹ de fruta.

Utilizando estos requerimientos se fraccionó considerando la etapa fenológica del cultivo, como lo recomienda Martínez et al. (2013), para ello se tomó en cuenta las curvas de absorción de nutrimentos propuestas por Cardona (2017), obteniendo las mayores absorciones entre los 162 al 193 DDT.

Fertilización base o inicial

Al estar las relaciones de intercambio catiónico óptimas no se debe agregar fertilizantes a base de K, Ca y Mg antes de la siembra, sin embargo, al analizar las propiedades físicas del suelo no se encuentran en condiciones óptimas, para Franco y Giraldo (1998) los mejores suelos para la mora son los francos con buena aireación y que no se encharquen, por ello se propone agregar abono orgánico en cada hoyo, para mejorar estas propiedades en el suelo del sitio el cual presenta una densidad aparente muy elevada en la cual existe problemas de elongación de raíces, por otra parte existe un pH de 7,80 el cual es inapropiado para el cultivo y al decir de Sánchez (2020) la materia orgánica presente en el abono orgánico permite neutralizar o bajar el pH, pero se debe de tener en cuenta el grado de mineralización.

7.2.4 Elaboración de solución concentrada

Para la formulación de la solución nutritiva se debe seguir el principio de electro neutralidad, el cual consiste en tener la misma cantidad de aniones y cationes en la solución (Cedillo & Ávila, 2009). Al trabajar con los equivalentes químicos de los nutrientes y al sumar las cargas negativas (N-NO₃, P-PO₄H₂ y S-SO₄) y las cargas positivas (K, Ca y Mg), estas

presentaron una mayor cantidad de aniones, por lo tanto, se debe igualar aplicando cationes como el amonio (NH_4) hasta lograr el equilibrio entre aniones y cationes. Se debe tener en cuenta en el balance de las formas de nitrógeno, el nítrico debe predominar por encima del amoniacal sobre todo en las épocas de brotación hasta el cuaje del fruto según lo recomendado por Valverde et al. (2016).

Fraccionamiento de la fertirrigación

A partir de parámetros como los requerimientos nutricionales del cultivo y la calidad de agua para riego se propuso la cantidad de fertilizantes utilizando el cuadro de doble entrada en donde se encuentran los elementos de los fertilizantes, por un lado, se colocan los cationes (filas) y los aniones (columnas), como lo menciona Cedillo & Ávila (2009). Al igual que la solución concentrada deben estar en equilibrio los cationes y aniones.

Para el cálculo de las soluciones nutritivas madre que se aplicarán al cultivo se consideran factores como la compatibilidad entre fertilizantes, solubilidad de fertilizantes, número de tanques de almacenamiento y la proporción de inyección del equipo que se utiliza (Chávez et al., 2006). A partir de ello se consideró un equipo de inyección Venturi 584- $\frac{3}{4}$ " con una proporción de inyección de 64 l m^{-3} y el número de tanques se propuso la utilización de 4 tanques con una capacidad de 200 litros en los cuales se distribuyen los fertilizantes que son compatibles y considerando un tanque especial para los ácidos que se pueden utilizar para el control de parámetros como C.E, pH y lavado de tuberías, como lo recomienda (Martínez, 1998).

8. Conclusiones

- El suelo del sitio de estudio presenta texturas finas, pero debido al pastoreo presenta una densidad aparente de 1.55 g cm^{-3} , afectando directamente a la compactación de la capa superficial del suelo, encharcamiento del agua, elongación de raíces y la velocidad de infiltración del suelo la cual es de $6,34 \text{ mm h}^{-1}$ considerada moderadamente lenta.
- Las propiedades químicas del suelo presentan un pH de 7,80 considerado ligeramente alcalino, el contenido de materia orgánica es medio con 2,20 %, los niveles de macro y micro nutrientes se encuentran entre altos y medios considerando al suelo como fértil; el balance de las bases intercambiable se encuentra en rango óptimo para el cultivo de mora.
- El sistema de riego por goteo existente se encuentra hidráulicamente en buen estado con un coeficiente de uniformidad de 88,05 % clasificado como bueno; por otra parte, las propiedades químicas del agua de riego no presentan mayores restricciones para la fertirrigación, el mayor problema que presenta es en el contenido de sólidos en suspensión con un valor de 701 mg l^{-1} considerado como severo para sistemas de riego por goteo.
- La absorción total de micronutrientes en plantas de mora por lo general se presenta en el orden siguiente: $\text{N} \geq \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} \geq \text{P} \geq \text{S}$, obteniendo en la mayoría de los casos un pico de absorción a los 195 ddt.
- En relación al plan de fertirriego propuesto, se diseñó para un ciclo de seis meses de producción en el cultivo en mora de castilla sin espinas (variedad INIAP-Andimora-2013), basándose en los requerimientos propuestos por el INIAP, iniciando la fertirrigación en a los 72 ddt y finalizando a los 222 ddt

9. Recomendaciones

- Se recomienda realizar ensayos en donde se determine las cantidades de materia orgánica que se debe aplicar al suelo, con el fin de mejorar las propiedades físicas del suelo, así como también para bajar el pH del suelo para ponerlo en condiciones para el cultivo de mora de castilla.
- Realizar análisis de agua, de suelo, foliar, cada cuatro meses, para determinar los niveles de productividad que se alcanzó en el cultivo, y con ello tomar decisiones sobre subir o bajar los niveles de nutrientes propuestos en el programa de fertilización para el normal desarrollo, funcionamiento y uso por parte de las plantas, para obtener mayores y mejores resultados.
- Al aplicar el plan de fertirrigación se recomienda monitorear parámetros dentro de la solución nutritiva, como son el pH, C.E y el contenido de sales, con la intención de no crear reacciones negativas en las plantas, así como también en las tuberías de riego.

10. Bibliografía

- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030/2050*. 160.
- Alocén, J. C. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*.
<https://www.fao.org/3/at787s/at787s.pdf>
- Angella, G., Frías, C., & Salgado, R. (2016). *Conceptos básicos de las relaciones Agua-Suelo-Planta* (INTA Ediciones).
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_conceptos_basicos_de_las_relaciones_agua_suelo_planta.pdf
- Ayala, G., Jacome, R., Martinez, A., Villares, M., Viteri, P., & Hinojosa, M. (2016). El cultivo de la mora en el Ecuador. En *Labores Culturales: Control de Malezas, Podas, Sistema de Conducción y Riego* (pp. 105–113). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4066/1/iniapscd104p105.pdf>
- Ayala, G., Jácome, R., Martinez, A., Villares, M., Viteri, P., & Hinojosa, M. (2016). Labores Culturales: Control de malezas, poda, sistema de conducción y riego. En *El Cultivo de Mora en Ecuador* (pp. 105–113). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4065>
- Banco Mundial. (2017). *El agua en la agricultura* [Text/HTML]. World Bank.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2019). *Importancia del pH y Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
- Barreiro, J. (2014). *Fertirriego*. <https://www.abc.com.py/edicion-imprensa/suplementos/abc-rural/fertirriego-1300794.html>

- Barrera, V. H., Alwang, J., Andrango, G., Domínguez, J., Escudero, L., & Martínez, A. (2017). *Tipificación de los productores de mora de Ecuador para optimizar sus estrategias de medios de vida*. 23 p.
- Bejar, S. J., Cantú, I., Yáñez, M. I., & Luna, E. O. (2020). Curvas de retención de humedad y modelos de pedotransferencia en un Andosol bajo distintos usos de suelo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59), 31–50.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.666>
- Bertsch, F. (2009). *Absorción de nutrimentos por los cultivos*.
- Buechel, T. (2023). *Aireación: ¿Qué es y cuán importante es?* PROMIX.
<https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/aireacion-que-es-y-cuan-importante-es/>
- Cadena, J., & Orellana, A. (1985). *El cultivo de la mora: Manual para el capacitador*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
<https://books.google.com.ec/books?id=PoxkPgAACAAJ>
- Calvache, A. (2008). *Fertirriego en el Ecuador*.
- Cantuña, E. (2017). *Caracterización física, química y microbiológica de las aguas del canal principal de riego de Tumbaco*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19040/1/CD-8437.pdf>
- Cárdenas, A. (2005). Calidad del agua. *Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá*.
- Cardona, W. A. (2017). *Requerimientos nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio) en etapa vegetativa y reproductiva de un cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.), ubicado en el municipio de Silvania (Cundinamarca)*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59275>

- Carvajal, J., & Olives, M. (2019). *Determinación de puntos de muestreo para el estudio de la calidad de agua de la acequia Pumamaqui* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17425/1/UPS%20-%20ST004111.pdf>
- Castellanos. (2014). *La calidad del agua para fertirriego*. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-calidad-agua-para-fertirriego>
- Castro, J., & Cerdas, M. (2005). *Mora (Rubus spp.) Cultivo y Manejo Poscosecha*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Universidad de Costa Rica y Consejo Nacional de Producción. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8862.pdf>
- Catalán, E., Sánchez, I., Villa, M., Inzunza, M., & Mendoza, S. (2007). *Programa para Calcular las Demandas de Agua y Calendarizar el Riego de los Cultivos*. http://cenid-raspa.inifap.gob.mx/demo/modulo/Folletos%20tecnicos/2007/7_Programa%20para%20Calcular%20las%20Demandas%20de%20Agua%20y%20Calendarizar%20el%20Riego%20de%20los%20Cultivos.pdf
- Cedillo, E., & Ávila, J. (2009). *Manual de manejo del riego por goteo, fertilización, cálculo de soluciones nutritivas y preparación de soluciones madre e inyección de fertilizantes*. <http://planificacionfesaragon.com/sites/default/files/manuales/Manual%20de%20Riego%20y%20Fertilizacion%20280519.pdf>
- Chávez, E., Preciado-Rangel, P., & Benavides-Mendoza, A. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*.
- Cherlinka, V. (2021, septiembre 30). *Aireación Del Suelo: Su Importancia E Implementación*. EOS DATA ANALYTICS. <https://eos.com/es/blog/aireacion-del-suelo/>
- Cherlinka, V. (2022, agosto 9). *Punto De Marchitez En Las Plantas: Límite Permanente Y Temporal*. <https://eos.com/es/blog/punto-de-marchitez-permanente/>

- Conde, J. L. (2013). *Evaluar el rendimiento del cultivo de papa (solanum tuberosum L.) con aplicación de fertirrigación en dos sistemas de riego por goteo, superficial y subsuperficial*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/11535>
- Correa, J. R. (2022). *Mejoramiento de la disponibilidad de riego y uso del agua en un predio del sitio del barrio Cabianga, parroquia Malacatos, cantón Loja*. [bachelorThesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/24541>
- Crespo, C. (2016, noviembre 27). Manual completo de fertirrigación. *PortalFruticola.com*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/11/27/manual-completo-de-fertirrigacion/>
- FAO. (s/f). *Propiedades Químicas*. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal*. <https://www.fao.org/3/y4690s/y4690s02.htm#TopOfPage>
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Roma: FAO, 298(0)*.
- FAO. (2014). *Propiedades Físicas*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Ferreira E., R., Selles Van S., G., Ahumada B., R., Maldonado B., P., Gil M., P., & Barrera M., C. (2005). *Manejo del riego localizado y fertirrigación*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7050>
- Franco, G., & Giraldo, M. J. (1998). *El cultivo de la mora*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. <http://localhost:8080/handle/11348/4039>
- Frez, F. (2021, julio 9). Importancia de las bases de intercambio de suelos. *CNAgro*. <https://cnagro.cl/sin-categoria/importancia-de-las-bases-de-intercambio-de-suelos/>

- Fuentes, J. L. F. (2002). *Curso de riego para regantes*. Ediciones Mundi-Prensa.
<https://books.google.com.ec/books?id=imp0AAAACAAJ>
- García, L. (2017). *Metodologías de campo para determinar profundidad, densidad aparente, materia orgánica, infiltración del agua, textura y pH en el suelo*.
<https://cenida.una.edu.ni/documentos/NP33G216m.pdf>
- Giménez, M. (2003). *La fertirrigación, en contínuo avance*. Interempresas.
<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/71746-La-fertirrigacion-en-continuo-avance.html>
- Giubergia, J. (2019). *Calidad de agua para riego*.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manfredi_calidad_de_agua_para_riego.pdf
- González-Barrios, J. L., González-Cervantes, G., & Chávez-Ramírez, E. (2012). *Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas*.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n1/v3n1a2.pdf>
- Ingaramo, Paz, Miras, & Vidal. (2007). Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo. *CAD. LAB. XEOL. LAXE*.
- INIA. (2015). *Los recursos naturales y el INIA*.
<http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%20de%20mayo.pdf>
- INIAP. (2013). *Ficha técnica de la variedad de mora sin espinas (Rubus glaucus Benth) INIAP ANDIMORA-2013*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4768>
- Jácome, R., Ayala, G., Martínez, A., Viteri D., P., Vásquez C., W., & Sotomayor, A. (2016). Caracterización del sistema de producción, zonas de producción y tipificación de productores del Ecuador. En *El cultivo de la mora en el Ecuador*. Quito, EC: INIAP,

- Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Fruticultura, 2016.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4052>
- Jiménez, A. S., & Khalajabadi, S. S. (2005). *La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana*.
- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2012). *Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua*. Asociación internacional de la industria de fertilizantes; Instituto internacional de la potasa.
- LabFerrer. (2015, octubre 8). *¿Qué es la Curva de Retención de Humedad y la Curva de Conductividad Hidráulica? - BLOG BIOFÍSICA AMBIENTAL*.
<https://blog.biofisicaambiental.com/que-es-la-curva-de-retencion-de-humedad-y-la-curva-de-conductividad-hidraulica/>
- Martín-Benito, J. M. T. (2005). *El riego por aspersión* (Vol. 3). Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. <https://books.google.com.ec/books?id=wj8hutmvvuAC>
- Martínez. (1998). *Manual de fertirrigación*. Instituto de investigaciones agropecuarias.
- Martinez, A., Vásquez, W., Viteri, P., Jácome, R., & Ayala, G. (2013). *FICHA TÉCNICA DE LA VARIEDAD DE MORA SIN ESPINAS (Rubus glaucus Benth)*. INIAP.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4768/1/iniapsc359.pdf>
- Martínez, Beltrán, O., Velastegui, G., Ayala, G., Wilfrido, Y., & Valle, E. (2007). *Manual del Cultivo de la Mora de Castilla* (Primera Edición). INIAP Archivo Histórico.
- Martínez, M. Á., Jasso-Chaverría, C., & Huerta-Díaz, J. (2012). Efecto de dosis de fertilización con fertirriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(8), 1551–1564.
- Mazuela, P. C., & de la Riva, F. (2013). *Manual de fertirriego*. 62.

- Medina, C. (2016). Effects of soil compaction by trampling of animals in soil productivity. Remediations. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 8(1), 88–93. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n1.2016.229>
- Mejía, S. (2019). *Caracterización bromatológica de los frutos y evaluación de fertilidad de los suelos del cultivo de (Rubus Glaucus Benth) mora de castilla sin espinas de fincas productoras del municipio de Belén de Umbría (Risaralda, Colombia)* [Universidad Tecnológica De Pereira]. <https://docplayer.es/76171865-Presentado-por-sebastian-mejia-gomez-universidad-tecnologica-de-pereira-facultad-de-tecnologia-tecnologia-quimica-pereira.html>
- Mendoza, A. (2013). *Riego por Goteo 2013*. https://www.academia.edu/7433003/Riego_por_Goteo_2013
- Merriam, J. L., & Keller, J. (1978). *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*.
- Monge, M. (2017, mayo 11). Calidad del agua de riego. *Universidad de Riego. Plataforma de transferencia de conocimientos e innovación en riego*. <https://www.universidadderiego.com/calidad-del-agua-de-riego/>
- Montenegro, H., & Malagon, D. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <https://books.google.com.ec/books?id=UC7IMgEACAAJ>
- Murillo, J. (2002). *Propiedades físicas del suelo y su relación con los sistemas de labranza*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/21343>
- Pérez, V. F. (2011). *Plan de fertirrigación en el cultivo de mora de castilla con espinas (Rubus glaucus b), cantón Ambato, provincia de Tungurahua*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/881>

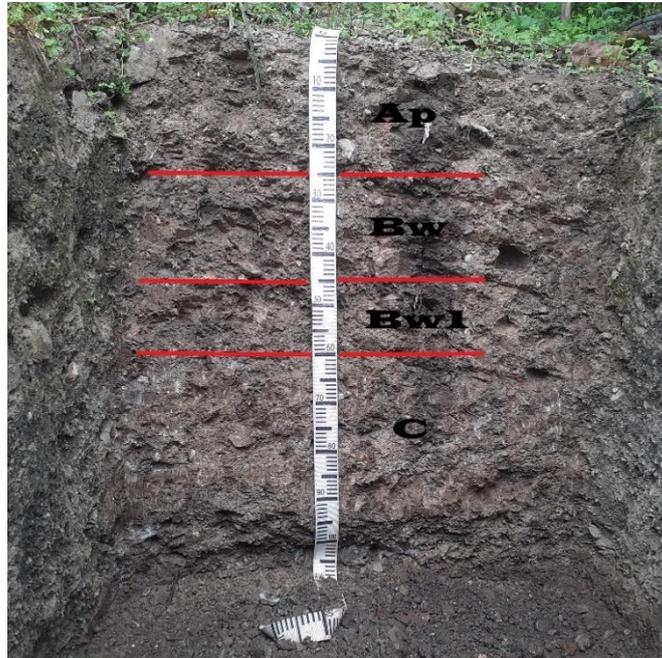
- Porta, J. P., López-Acevedo, M. L. A., & Roquero, C. R. (1994). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi Prensas.
<https://books.google.com.ec/books?id=yK55AQAACAAJ>
- Quispe, J. (2016). *Evaluación de la calidad físico química y bacteriológica del agua de riego de la estación experimental de cota*. [Universidad Mayor de San Andrés].
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6781/T-2215.pdf?sequence=1>
- Quizhpe, D. (2010). *Instalación de un cabezal de riego para un sistema establecido que comprende un invernadero, umbráculo y patio de aclimatación, ubicados en el campus Juan Lunardi, Paute, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales*. 60.
- Redondo, M. A. M. (2017, abril 24). *Interpretación de un análisis de agua para riego* [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-mongere-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>
- Rogel, S. L. (2022). *Evaluación biológica de fertilidad del suelo en el sector Cucanamá Alto perteneciente a la parroquia Vilcabamba*.
<https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/24489>
- Romero, E. J. (2016). Análisis de suelos arcillosos compactados para determinar su comportamiento volumétrico. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/404>
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. *Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay*.
<http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>
- Sánchez, I. (2020, octubre 14). *Suelos alcalinos, te mostramos cómo bajar el pH*. Sembralia.
<https://sembralia.com/blogs/blog/suelo-alcalino-ph>

- Sánchez, P. (2009). *Manual Nutrición Zarzamora*.
https://www.academia.edu/29678746/Manual_Nutricion_Zarzamora
- Santiago. (2017, agosto 29). Determina la dosis adecuada de composta para aumentar la materia orgánica. *Hortalizas*. <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/determina-la-dosis-adecuada-de-composta-para-aumentar-la-materia-organica/>
- Tacuri, T., & Germania, R. (2012). *Evaluación de la implementación de fertirriego: Irrigal combi (Nutriente orgánico líquido), bonanza (30-10-10 + EMQ) en aplicación subterránea en respuesta de la producción de mora (Rubus glaucus) variedad Castilla mediante siembra clonal directa (estacas)*. 146.
- UNLP. (2019). *Porosidad Y Aireación*.
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/mod_resource/content/1/POROSIDAD%20Y%20AIREACION%2026-3-19.pdf
- Valarezo, C., Iñiguez, M., & Guaya, P. (1998). *Condiciones físicas de los suelos de la región sur del Ecuador*.
- Valverde, F., González, A., Viteri D., P., & Martínez, A. (2016). Nutrición del cultivo de la mora de castilla. En *El cultivo de la mora en el Ecuador* (pp. 79–102). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4065>
- Viteri, P., Vásquez, W., Viera, W., Sotomayor, A., & Mejía, P. (2016). Ecología para el desarrollo y crecimiento de la mora. En *El cultivo de mora en Ecuador* (pp. 19–24). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4878/1/iniapsc355.pdf>

11. Anexos

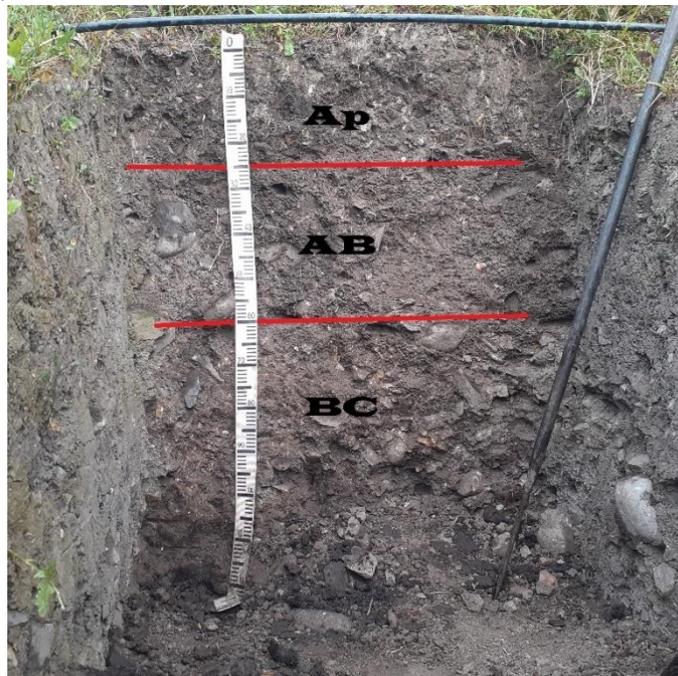
Anexo 1.

Perfil de la calicata 1.



Anexo 2.

Perfil de la calicata 2.



Anexo 3.*Velocidad de infiltración del suelo.***Imagen 1.** Cilindro infiltrómetro simple.**Anexo 4.***Datos de infiltración del suelo*

Número	Tiempo (min)	Tiempo Acum. (min)	Lamina Infiltrada. (cm)	Infiltración Acum. (cm)	Velocidad Inf. Insta. (cm/min)
1	5	5	0,3	0,3	0,05
2	5	10	0,3	0,6	0,04
3	5	15	0,2	0,8	0,03
4	5	20	0,4	1,2	0,03
5	5	25	0,1	1,3	0,03
6	5	30	0,1	1,4	0,02
7	5	35	0,1	1,5	0,02
8	5	40	0,2	1,7	0,02
9	5	45	0,1	1,8	0,02
10	5	50	0,0	1,8	0,02
11	5	55	0,1	1,9	0,02
12	5	60	0,1	2,0	0,02
13	10	70	0,2	2,2	0,02
14	10	80	0,1	2,3	0,02
15	10	90	0,1	2,4	0,02
16	10	100	0,1	2,5	0,02
17	10	110	0,2	2,7	0,01
18	10	120	0,1	2,8	0,01
19	30	150	0,2	3,0	0,01
20	30	180	0,3	3,3	0,01
21	30	210	0,5	3,8	0,01
22	60	270	0,5	4,3	0,01
23	30	300	0,0	4,3	0,01

Infiltración acumulada.

$I_{acum} = A * t^B$ Ecuación potencial negativa

A= 0,1679

B= 0,5924

Infiltración instantánea.

$I_{inst} = a * t^b$ Ecuación potencial positiva

a = 0,09946396 cm/min

b = -0,4076

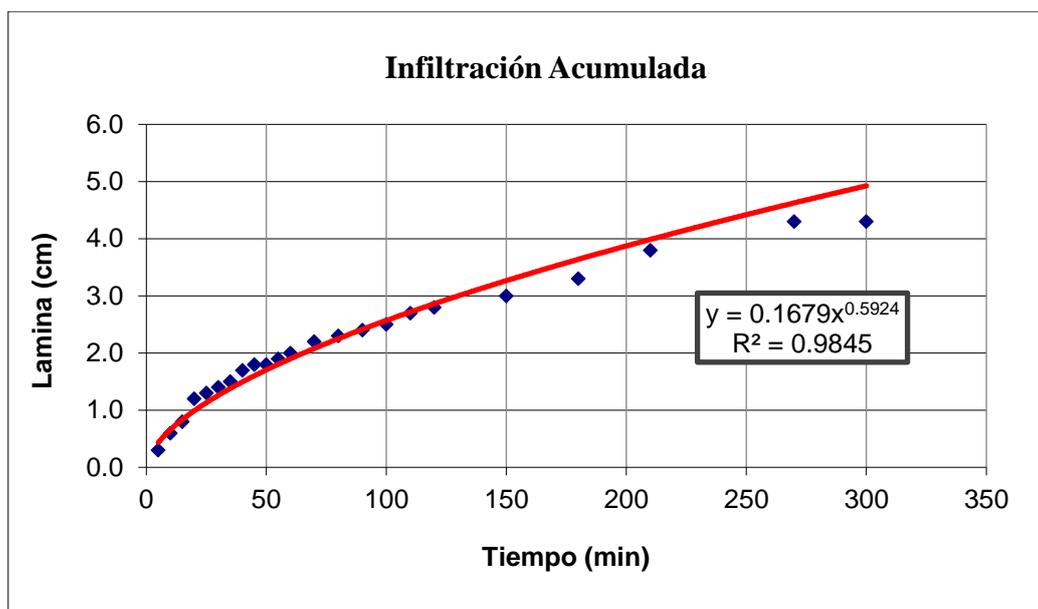
Infiltración básica.

$$Ib \left(\frac{mm}{h} \right) = a [(600 t)]^b$$

Tiempo:

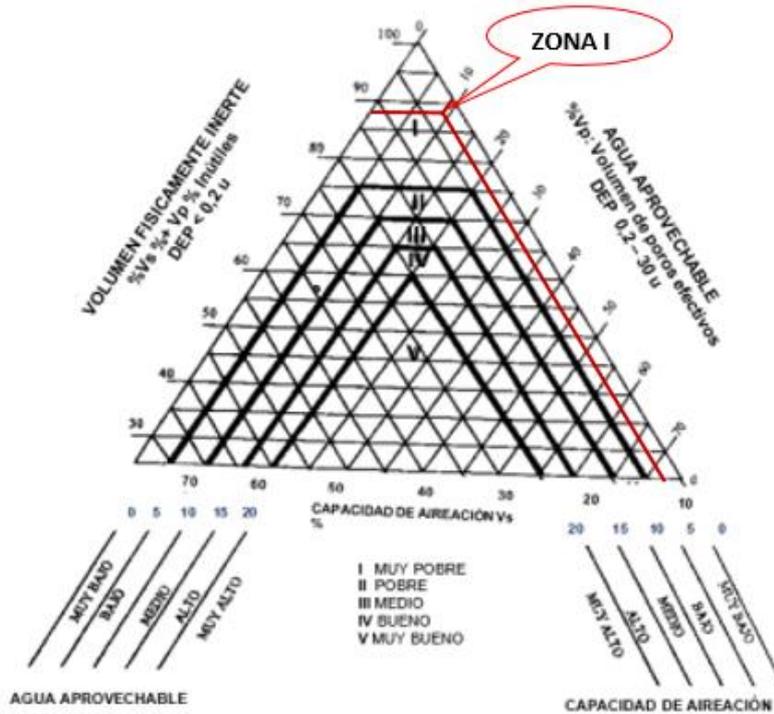
$$t \text{ base } (h) = -10 * b = 4,07 h$$

Ib= 6,34 mm h⁻¹



Anexo 5.

Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo.



- **Volumen total de poros (VTP)**

VTP = pF 0 (saturación = porosidad)

VTP = 24,00 %

- **Capacidad de aireación (CA)**

CA= Saturación – CC

CA = (24,00 % – 21,55%)

CA = 2,50 %

- **Volumen total de sólidos (VTS)**

VTS = 100 % – Saturación (macroporos+ microporos)

VTS = 100 % – VTP

VTS = (100 – 24,00) %

VTS = 76,00%, volumen ocupado por las partículas del suelo.

- **Volumen físicamente inerte (VFI)**

VFI = [100 – (VTP – PMP)]

VFI = [100 – (24,00 – 11,90)] % VFI = 87,90 %

Anexo 6.*Determinación del coeficiente de uniformidad (CU).*

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD					
Predio	Landangui		Fecha	17/09/2022	
Datos del terreno			Datos ordenados		
Línea	Planta	Aforo Q (l h⁻¹)	N° de Orden	Q (l h⁻¹)	Q (l h⁻¹) < 25%
1	1	1,89	1	2,00	
	2	2,00	2	1,89	
	3	1,82	3	1,84	
	4	1,77	4	1,82	
2	1	1,84	5	1,80	
	2	1,80	6	1,80	
	3	1,80	7	1,77	
	4	1,63	8	1,66	
3	1	1,61	9	1,66	
	2	1,66	10	1,63	
	3	1,66	11	1,61	
	4	1,60	12	1,60	
4	1	1,45	13	1,59	1,59
	2	1,59	14	1,50	1,50
	3	1,40	15	1,45	1,45
	4	1,50	16	1,40	1,40
Promedio				1,69	1,49

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_m} * 100$$

$$CU = \frac{1,49}{1,69} * 100$$

$$CU = 88,05\%$$

Anexo 7.*Datos meteorológicos de la estación Malacatos*

ESTACION METEREOLÓGICA MALACATOS (M143)						
Latitud	4°12'58" S	Longitud	79°16'16" W	Altitud	1453 m.s.n.m	
	T. media	T. maxima	T. minima	Precipitacion	H. Relativa	V. del viento
Mes	°C	°C	°C	mm	%	m s
Ene	19.95	29.12	8.42	65.78	87.86	7.76
Feb	19.67	28.83	8.07	105.23	88.45	7.83
Mar	19.69	29.08	7.98	105.38	88.47	7.67
Abr	19.79	28.81	8.08	89.74	88.45	8.18
May	19.73	28.77	8.06	34.79	87.99	8.65
Jun	19.67	28.52	8.09	10.78	87.02	9.02
Jul	19.56	28.64	8.17	9.26	86.54	9.56
Ago	20.25	28.82	7.98	9.99	86.77	9.97
Sep	20.11	29.16	8.17	19.08	87.73	9.90
Oct	20.00	29.25	8.01	80.82	88.61	8.08
Nov	20.10	29.36	7.84	62.19	87.60	7.74
Dic	20.01	29.11	8.01	70.73	88.46	7.11

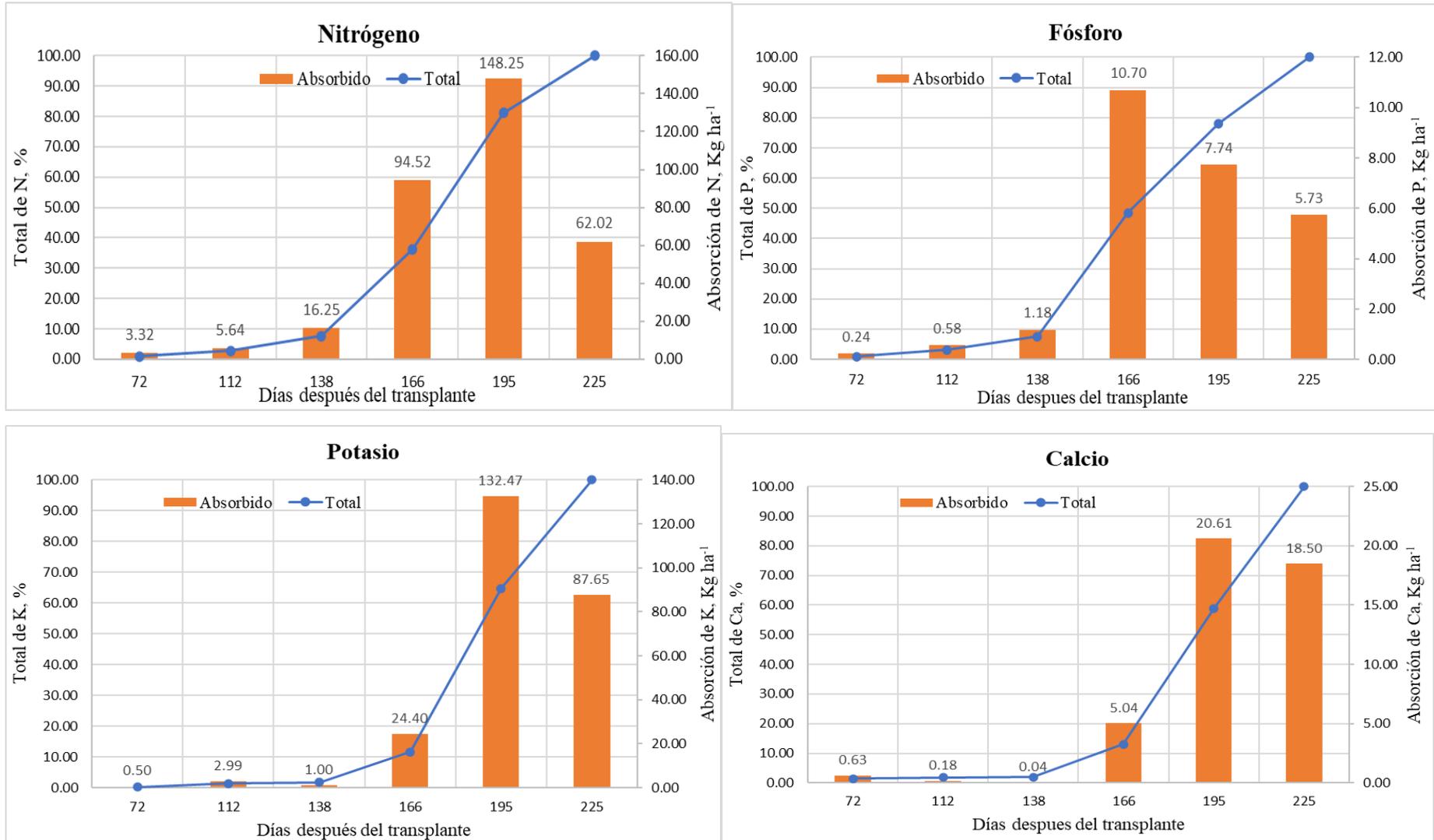
Anexo 8.

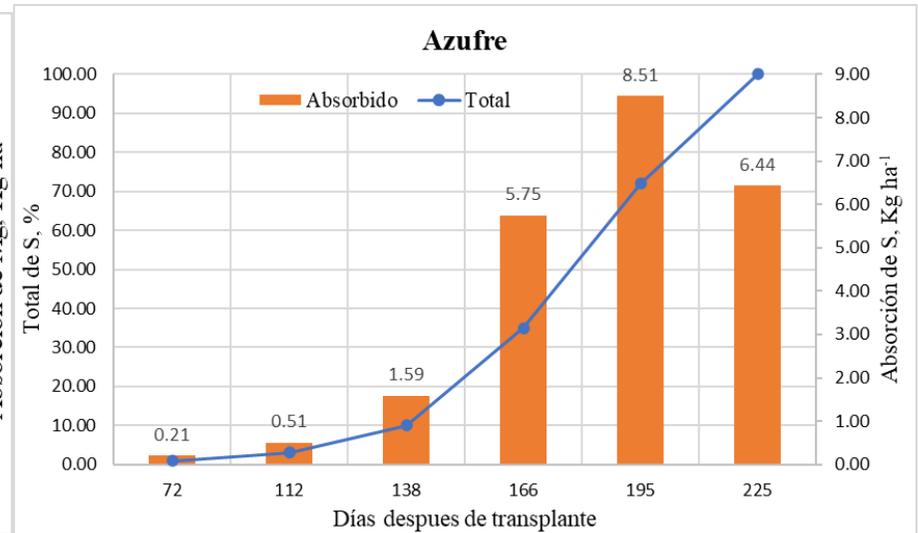
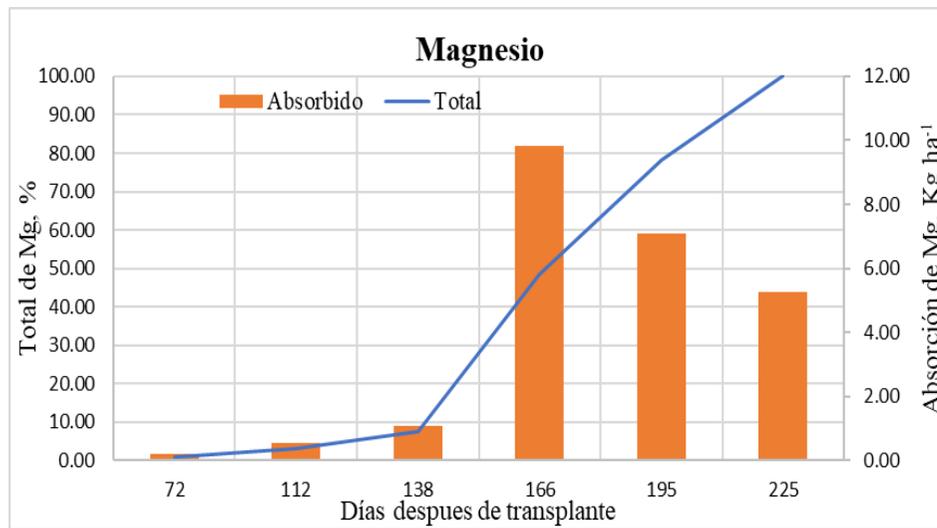
Abono orgánico NUTRISANO



Anexo 9.

Curvas de absorción de nutrientes del cultivo de mora.





Anexo 10.
Balance iónico

Quincena	DDT	Plan de fertilización (Kg ha ⁻¹)					
		N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	72-87	4,48	0,41	1,74	0,41	0,37	0,36
7	88-102	4,48	0,41	1,74	0,41	0,37	0,36
8	103-117	8,13	0,59	0,50	0,02	0,54	0,79
9	118-132	8,13	0,59	0,50	0,02	0,54	0,79
10	133-147	47,26	5,35	12,20	2,52	4,91	2,88
11	148-162	47,26	5,35	12,20	2,52	4,91	2,88
12	163-177	74,13	3,87	66,23	10,31	3,55	4,26
13	178-192	74,13	3,87	66,23	10,31	3,55	4,26
14	193-207	31,01	2,86	43,82	9,25	2,63	3,22
15	208-222	31,01	2,86	43,82	9,25	2,63	3,22
Total		330,00	26,16	249,00	45,00	24,00	23,00

Pasar los Kg ha⁻¹ a equivalentes ha⁻¹ (se multiplica por 1000 y se divide para el equivalente químico (eq) del elemento.

Elemento	eq
N-NO ₃	14
P-PO ₄ H ₂	31
K	39
Mg	12
Ca	20
S	16

Elementos en equivalentes ha⁻¹

Quincena	Aniones (eq)			Cationes (eq)			Σ Ani	Σ Cat
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	S-SO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		
6	319,81	13,08	22,28	44,69	20,25	31,00	355,17	95,94
7	319,81	13,08	22,28	44,69	20,25	31,00	355,17	95,94
8	580,40	18,99	49,59	12,77	1,13	45,00	648,98	58,89
9	580,40	18,99	49,59	12,77	1,13	45,00	648,98	58,89
10	3375,81	172,57	179,69	312,85	126,00	409,00	3728,07	847,85
11	3375,81	172,57	179,69	312,85	126,00	409,00	3728,07	847,85
12	5294,69	124,89	265,94	1698,31	515,25	296,00	5685,52	2509,56
13	5294,69	124,89	265,94	1698,31	515,25	296,00	5685,52	2509,56
14	2215,00	92,40	201,25	1123,69	462,38	219,00	2508,66	1805,07
15	2215,00	92,40	201,25	1123,69	462,38	219,00	2508,66	1805,07
Total	23571,43	843,87	1437,50	6384,62	2250,00	2000,00	25852,80	10634,62

Exceso de aniones se debe recompensar por cationes, agregamos amonio.

Quincena	Aniones	Cationes	Diferencia	Diferencia/2
6	355,17	95,94	259.23	129.62
7	355,17	95,94	259.23	129.62
8	648,98	58,89	590.09	295.04
9	648,98	58,89	590.09	295.04
10	3728,07	847,85	2880.22	1440.11
11	3728,07	847,85	2880.22	1440.11
12	5685,52	2509,56	3175.96	1587.98
13	5685,52	2509,56	3175.96	1587.98
14	2508,66	1805,07	703.59	351.80
15	2508,66	1805,07	703.59	351.80

Balance de cationes y aniones

DDT	Aniones (eq)			Cationes (eq)			
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	S-SO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
72-87	190,20	13,08	22,28	44,69	20,25	31,00	129,62
88-102	190,20	13,08	22,28	44,69	20,25	31,00	129,62
103-117	285,36	18,99	49,59	12,77	1,13	45,00	295,04
118-132	285,36	18,99	49,59	12,77	1,13	45,00	295,04
133-147	1935,70	172,57	179,69	312,85	126,00	409,00	1440,11
148-162	1935,70	172,57	179,69	312,85	126,00	409,00	1440,11
163-177	3706,71	124,89	265,94	1698,31	515,25	296,00	1587,98
178-192	3706,71	124,89	265,94	1698,31	515,25	296,00	1587,98
193-207	1863,21	92,40	201,25	1123,69	462,38	219,00	351,80
208-222	1863,21	92,40	201,25	1123,69	462,38	219,00	351,80
Total	15962,34	843,87	1437,50	6384,62	2250,00	2000,00	7609,09
Suma	18243,71			18243,71			

Anexo 11.

Cuadro de rendimientos de equipos Venturi.

Modelo	287 - 1/2"		584 - 3/4"		885X - 1"		1078 - 1"		1583 - 1 1/2"		2081 - 2"		
Presión de entrada/salida Bar	Caudal motriz L/H	Aspiración L/H											
1,40	0,00	122	27	980	95	1.930	455	2.700	300	5.430	680	16.350	1.930
	0,35	120	23	955	90	1.820	380	2.700	280	5.200	640	16.350	1.930
	0,70	115	13	930	50	1.730	170	2.500	190	4.910	450	16.350	1.890
	0,85	114	7	890	35	1.700	75	2.430	140	4.790	360	15.100	1.250
2,10	0,00	155	30	1.180	95	2.290	510	3.130	280	6.270	680	18.900	1.910
	0,35	155	30	1.180	95	2.275	455	3.130	280	6.270	680	18.900	1.910
	1,10	150	15	1.090	70	2.090	190	3.020	225	5.930	510	18.700	1.740
	1,80	145	0	0	0	0	0	0	0	5.560	0	17.200	150
2,80	0,00	180	30	1.320	95	2.540	530	3.540	280	7.060	680	20.900	1.890
	0,70	175	30	1.320	95	2.520	470	3.540	280	7.060	680	20.900	1.890
	1,40	170	15	1.250	75	2.430	205	3.470	270	6.860	605	20.700	1.890
	2,10	165	0	1.210	20	0	0	3.290	110	6.500	170	19.800	910
3,50	0,00	195	30	1.450	95	2.800	530	3.880	280	7.770	680	23.000	1.890
	0,70	195	30	1.450	95	2.800	510	3.880	280	7.770	680	23.000	1.890
	1,80	190	15	1.410	90	2.700	265	3.860	280	7.640	660	23.000	1.890
	2,80	185	0	1.340	5	0	0	3.650	60	7.200	55	21.600	200
4,20	0,00	210	30	1.570	95	3.040	530	4.200	280	8.400	680	25.200	1.890
	1,40	210	30	1.570	95	3.020	490	4.200	280	8.400	680	25.200	1.890
	2,10	210	20	1.570	95	2.900	300	4.200	280	8.400	680	25.200	1.890
	2,80	205	10	1.500	55	2.860	20	4.130	225	8.130	470	24.800	1.550
4,90	0,00	230	30	1.680	95	3.270	530	4.490	280	9.200	680	27.300	1.890
	1,40	230	30	1.680	95	3.270	530	4.490	280	9.200	680	27.300	1.890
	2,50	225	25	1.680	95	3.220	320	4.490	280	9.200	680	27.300	1.890
	3,90	220	0	1.620	15	0	0	4.340	75	8.650	75	25.900	450
5,60	0,00	245	30	1.770	95	3.450	530	4.930	280	9.770	680	29.100	1.890
	1,40	245	30	1.770	95	3.450	530	4.930	280	9.770	680	29.100	1.890
	2,80	240	25	1.770	95	3.380	340	4.930	280	9.770	680	29.100	1.890
	3,90	235	5	1.700	55	3.290	0	4.810	230	9.540	470	28.900	1.740
7,00	0,00	270	30	2.020	95	3.860	530	5.520	280	10.900	680	32.700	1.890
	1,40	270	30	2.020	95	3.860	530	5.520	280	10.900	680	32.700	1.890
	3,50	270	25	2.020	95	3.790	380	5.520	280	10.900	680	32.700	1.890
	5,30	265	5	1.960	45	0	0	5.400	210	10.700	340	32.300	1.290

Presión de entrada: 3,5 bar

Presión de salida: 1,8 bar

Anexo 12.*Equivalente químico de algunos fertilizantes.*

Fertilizantes	Formula	Peso mol	Equivalente
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	236	118
Nitrato de K	KNO ₃	101	101
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	256	128
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	80	80
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	174	174
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	246	123
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	115	115
MKP	KH ₂ PO ₄	136	136

Anexo 13.*Solución nutritiva (cuadro de doble entrada).***Quincena 6 (DDT 72-87)**

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	2,98	0,20	0,70	0,32	0,49	0,35	2,03

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	2,03	0,50	0,32	0,14	2,98
H ₂ PO ₄		0,20			0,20
SO ₄				0,35	0,35
Total	2,03	0,70	0,32	0,49	3,53

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	162,45			2,08
Nitrato de K	KNO ₃	50,02			0,64
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	37,44			0,48
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	17,48			0,22
MKP	KH ₂ PO ₄	27,87	200	x64	0,36
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	42,94			0,55
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0,00			0,00
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,00			0,00

Quincena 7 (DDT 88-102)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	2,97	0,20	0,70	0,32	0,48	0,35	2,03

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	2,03	0,49	0,32	0,14	2,97
H ₂ PO ₄		0,20			0,20
SO ₄				0,35	0,35
Total	2,03	0,70	0,32	0,48	3,52

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	162,02			2,07
Nitrato de K	KNO ₃	49,89			0,64
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	37,34			0,48
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	17,44			0,22
MKP	KH ₂ PO ₄	27,80	200	x64	0,36
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	42,82			0,55
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0,00			0,00
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,00			0,00

Quincena 8 (DDT 103-117)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	4,46	0,30	0,20	0,02	0,70	0,77	4,61

Cuadro de doble entrada.

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	4,44		0,02		4,46
H ₂ PO ₄	0,17	0,13			0,30
SO ₄		0,07		0,70	0,77
Total	4,61	0,20	0,02	0,70	5,53

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	355,29			4,55
Nitrato de K	KNO ₃	0,00			0,00
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	2,07			0,03
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	0,00			0,00
MKP	KH ₂ PO ₄	17,37	200	x64	0,22
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	86,48			1,11
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	12,49			0,16
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	19,43			0,25

Quincena 9 (DDT 118-132)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	4,46	0,30	0,20	0,02	0,70	0,77	4,61

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	4,44		0,02		4,46
H ₂ PO ₄	0,17	0,13			0,30
SO ₄		0,07		0,70	0,77
Total	4,61	0,20	0,02	0,70	5,53

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	355,29			4,55
Nitrato de K	KNO ₃	0,00			0,00
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	2,07			0,03
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	0,00			0,00
MKP	KH ₂ PO ₄	17,37	200	x64	0,22
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	86,48			1,11
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	12,49			0,16
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	19,43			0,25

Quincena 10 (DDT 133-147)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	30,25	2,70	4,89	1,97	6,39	2,81	22,50

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	22,50	2,19	1,97	3,58	30,25
H ₂ PO ₄		2,70			2,70
SO ₄				2,81	2,81
Total	22,50	4,89	1,97	6,39	35,75

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	1800,14			23,04
Nitrato de K	KNO ₃	221,37			2,83
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	232,31			2,97
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	458,63			5,87
MKP	KH ₂ PO ₄	366,71	200	x64	4,69
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	345,34			4,42
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0,00			0,00
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,00			0,00

Quincena 11 (DDT 148-162)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	30,25	2,70	4,89	1,97	6,39	2,81	22,50

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	22,50	2,19	1,97	3,58	30,25
H ₂ PO ₄		2,70			2,70
SO ₄				2,81	2,81
Total	22,50	4,89	1,97	6,39	35,75

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	1800,14			23,04
Nitrato de K	KNO ₃	221,37			2,83
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	232,31			2,97
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	458,63			5,87
MKP	KH ₂ PO ₄	366,71	200	x64	4,69
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	345,34			4,42
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0,00			0,00
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,00			0,00

Quincena 12 (DDT 163-177)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	57,92	1,95	26,54	8,05	4,63	4,16	24,81

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	24,81	24,58	8,05	0,47	57,92
H ₂ PO ₄		1,95			1,95
SO ₄				4,16	4,16
Total	24,81	26,54	8,05	4,63	64,02

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	1984,98			25,41
Nitrato de K	KNO ₃	2483,05			31,78
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	949,99			12,16
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	60,12	200	x64	0,77
MKP	KH ₂ PO ₄	265,40			3,40
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	511,10			6,54
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0,00			0,00
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,00			0,00

Quincena 13 (DDT 178-192)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	57,92	1,95	26,54	8,05	4,63	4,16	24,81

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	24,81	24,58	8,05	0,47	57,92
H ₂ PO ₄		1,95			1,95
SO ₄				4,16	4,16
Total	24,81	26,54	8,05	4,63	64,02

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	1984,98			25,41
Nitrato de K	KNO ₃	2483,05			31,78
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	949,99			12,16
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	60,12	200	x64	0,77
MKP	KH ₂ PO ₄	265,40			3,40
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	511,10			6,54
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0,00			0,00
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,00			0,00

Quincena 14 (DDT 193-207)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	29,11	1,44	17,56	7,22	3,42	3,14	5,50

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	5,50	16,11	7,22	0,28	29,11
H ₂ PO ₄		1,44			1,44
SO ₄				3,14	3,14
Total	5,50	17,56	7,22	3,42	33,70

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	439,74			5,63
Nitrato de K	KNO ₃	1627,50			20,83
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	852,50			10,91
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	35,50	200	x64	0,45
MKP	KH ₂ PO ₄	196,36			2,51
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	386,78			4,95
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0,00			0,00
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,00			0,00

Quincena 15 (DDT 208-222)

	Eq m ⁻³						
	N-NO ₃	P-PO ₄ H ₂	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S-SO ₄	NH ₄ ⁺
Solución nutritiva deseada	29,11	1,44	17,56	7,22	3,42	3,14	5,50

Cuadro de doble entrada

Eq m ⁻³	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Total
NO ₃	5,50	16,11	7,22	0,28	29,11
H ₂ PO ₄		1,44			1,44
SO ₄				3,14	3,14
Total	5,50	17,56	7,22	3,42	33,70

Solución concentrada

Fertilizante	Nomenclatura	Eq*Peq=g m ⁻³	Tanque (l)	Concentrado	Solución concentrada (kg)
Nitrato de NH ₄	NH ₄ NO ₃	439,74			5,63
Nitrato de K	KNO ₃	1627,50			20,83
Nitrato de Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	852,50			10,91
Nitrato de Mg	Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	35,50			0,45
MKP	KH ₂ PO ₄	196,36	200	x64	2,51
Sulfato de Mg	Mg SO ₄ . 7H ₂ O	386,78			4,95
Sulfato de K	K ₂ SO ₄	0,00			0,00
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,00			0,00

Anexo 14.
Análisis hidrofísicos del suelo

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Teléfonos: (02) 3007284 / (02)2504240. Email: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>	
---	---	---

REPORTE DE ANÁLISIS DE FÍSICA DE SUELOS
INFORME DE ENSAYO No: 22-0450

NOMBRE DEL CLIENTE:	Pedro Manuel Guaya Pauta	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	26/07/2022
PETICIONARIO:	Pedro Manuel Guaya Pauta	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	16:28
EMPRESA / INSTITUCIÓN:	Pedro Manuel Guaya Pauta	FECHA DE ANÁLISIS:	01/08/2022
DIRECCIÓN:	Loja	FECHA DE EMISIÓN:	05/08/2022
E-MAIL:	pguaya@unl.edu.ec	ANÁLISIS SOLICITADO:	CC y PMP

No. Laboratorio	Identificación de la muestras	Humedad gravimétrica (%)		Da. (g/cc)	Hg. (%)	Hv. (%)	M. O. (%)	TEXTURA			Clase Textural
		C.C.	P.M.P.					Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	
22-1615	Bloque 1 HAP	20.7	11.0								
22-1616	Bloque 1 HBW	22.4	12.8								

Simbología				Metodología	
CC: Capacidad de Campo	Da: Densidad aparente	Hg: Humedad gravimétrica	A: Alto; M: Medio; B: Bajo	CC, PMP: Ollas de Richards	MO: Combustión - TOC
PMP: Punto de Marclitez Permanente	MO: Materia Orgánica	Hv: Humedad volumétrica	g/cc: gramos sobre centímetro cúbico	Textura: Bouyoucos	

RESPONSABLES DEL INFORME



Firmado electrónicamente por:
IVÁN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

Dr. Iván Samaniego

RESPONSABLE DEL LABORATORIO



Firmado electrónicamente por:
INGENIERO RAFAEL PARRA BURGOS

Ing. Rafael Parra
LABORATORISTA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensay

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Anexo 15.

Análisis químico de suelo y agua del área de estudio

LAQ- Instrumental 1

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO MATRIZ PARA ENTREGA DE RESULTADOS						
Código de ingreso	LAQ – S008	Fecha de ingreso	01.08.2022	Tipo de muestra	Suelo y agua	Número Total de muestras	3	
Lugar de procedencia de la muestra		Malacatos			Tipo de muestreo	Se desconoce		
Nombre del usuario	Daniel Alejandro Guamán Ojeda				CI.			
Programa/proyecto	Diseño de un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (<i>Rubus glaucus</i> B.) en el barrio Landangui, parroquia Malacatos							
Técnico Responsable del Análisis	Ing. Yajaira Arévalo				Fecha de entrega	11.08.2022		

MUESTRAS DE SUELO			
Nº	ANÁLISIS	SECTOR 1	SECTOR 2
1	Conductividad Eléctrica (CE)	0,11 ms	0,15 ms
2	pH	7,31	7,77
3	Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)	20,4 meq/100g	19,4 meq/100g
4	Materia orgánica (MO)	2.55 %	3,15%

MUESTRA DE AGUA			
Nro.	ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
1	pH	-	7,47
2	Conductividad eléctrica	ms	0,11
3	Sustancias sólidas en suspensión	mg/l	701
4	Dureza	mg/l	88,5
5	Cloruros	mg/l	37
6	Carbonatos	mg/l	0
7	Fosfatos	mg/l	1,1
8	Nitratos	mg/l	< 1,2
9	Calcio	mg/l	> 160
10	Boro	mg/l	0,38
11	Sodio	mg/l	28
12	Magnesio	mg/l	19,4
13	Hierro	mg/l	0,08
14	Sulfato	mg/l	< 5



Firmado electrónicamente por:
YAJAIRA
GABRIELA
AREVALO CAPA

Ing. Yajaira Arévalo

Técnica de Laboratorio de Análisis Químico UNL



Firmado electrónicamente por:
MARIA JOSE
VALAREZO

Ing. María José Valarezo Ulloa, PhD

Responsable Laboratorio de Análisis Químico UNL

Correo electrónico: laboratorio_quimico@unl.edu.ec

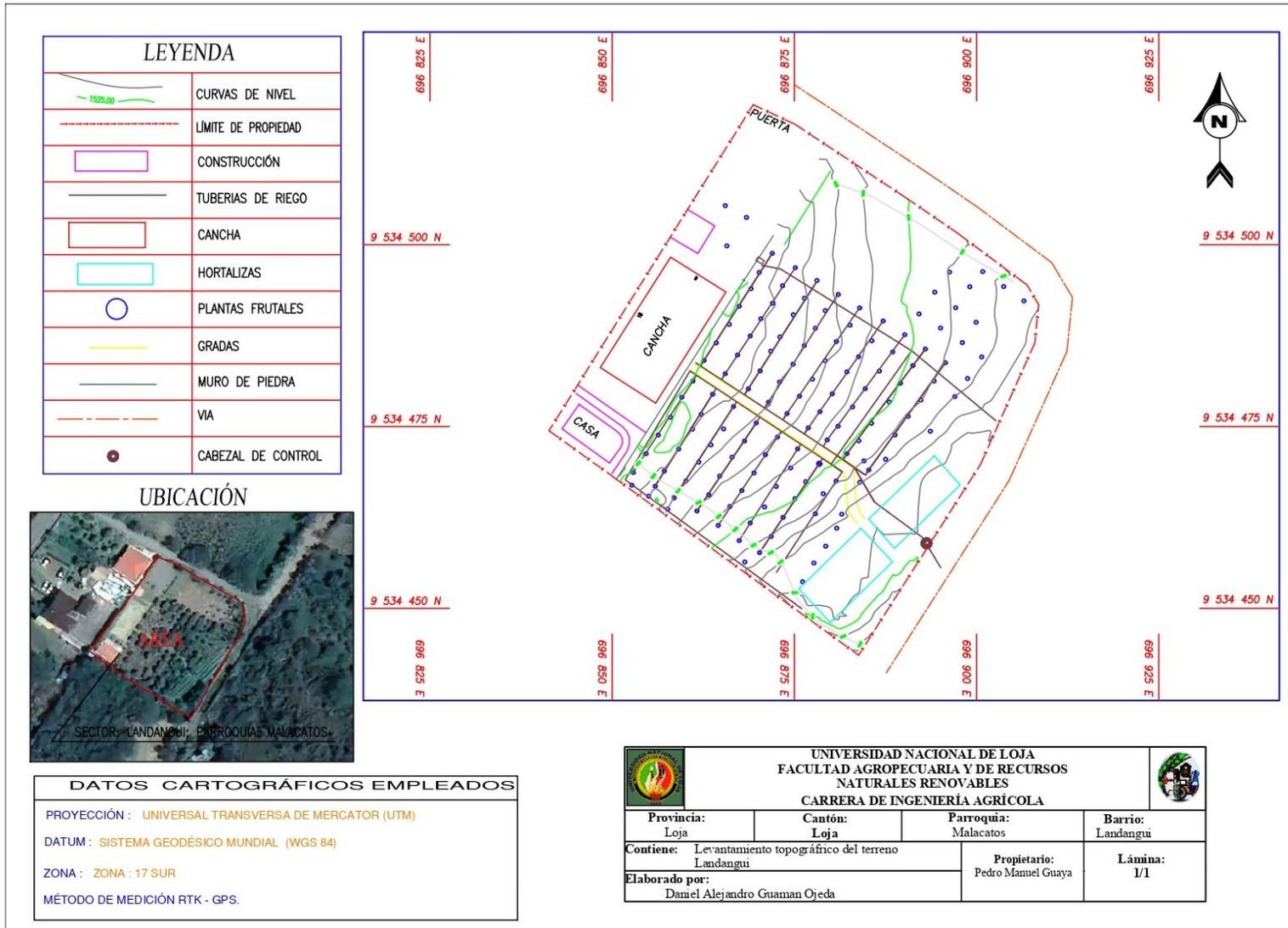
Tel.: 2547878

Página 1

Anexo 16.
Respaldo fotográfico.



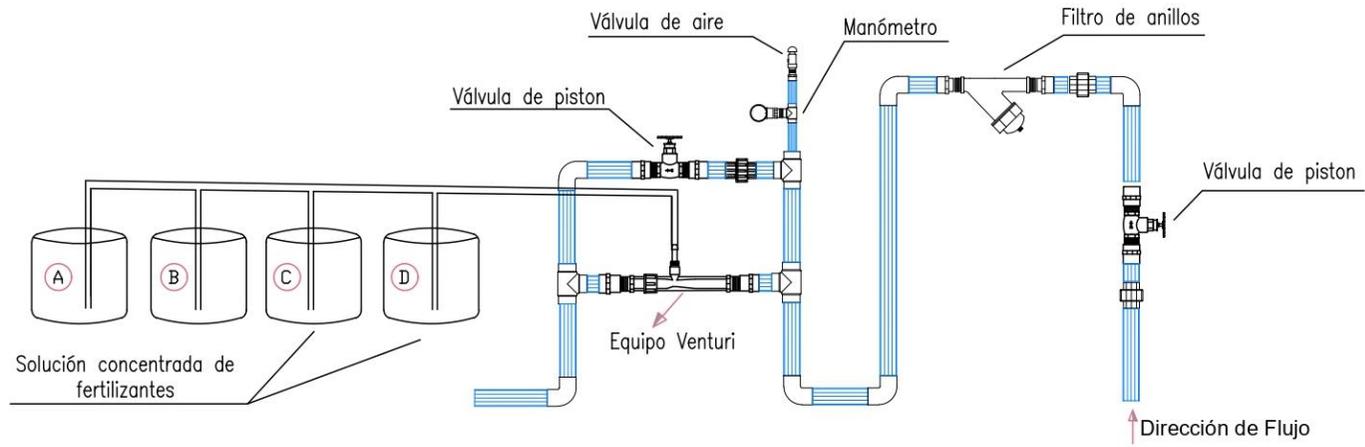
Anexo 17.
Topografía del área de estudio



Anexo 18.

Esquema de la unidad de fertirriego

ESQUEMA DE LA UNIDAD DE FERTIRRIEGO



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA			
Provincia: Loja	Cantón: Loja	Parroquia: Malacatos	Barrio: Landangui		
Contiene: Esquema de la unidad de fertirriego		Propietario: Pedro Manuel Guaya		Lámina: 1/1	
Elaborado por: Daniel Alejandro Guaman Ojeda					

Anexo 19.

Certificado de traducción Abstract

CERTIFICACIÓN

En calidad de traductor del resumen de la tesis titulada **Diseño de un plan de fertirrigación para el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus b*), en el barrio Landangui, parroquia Malacatos, cantón y provincia Loja**, de autoría del señor **Daniel Alejandro Guamán Ojeda** con número de cédula 1150220679 de la carrera de Ingeniería Agrícola en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Loja, 22 de octubre de 2023

Atentamente:



Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs

1105366841