



Universidad
Nacional
de Loja

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

“Diseño de un sistema de riego por goteo para la producción forrajera de moringa (*Moringa oleífera*) y flor de botón de oro (*Tithonia Diversifolia Hemsl*) en la finca El Toldo, cantón Gonzanamá de la provincia de Loja.”

Tesis previa a la obtención del título de

INGENIERA AGRÍCOLA

AUTORA:

DANIELA DEL CARMEN ROBLES CUMBICUS

DIRECTOR:

ING. MANUEL ROMEL RAMÓN HURTADO MG. SC.

LOJA- ECUADOR

2021

CERTIFICACIÓN DE TESIS

Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado

**DOCENTE DE LA FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

CERTIFICO:

En calidad de director de la tesis titulada “**Diseño de un sistema de riego por goteo para la producción forrajera de moringa (*Moringa oleífera*) y flor de botón de oro (*Tithonia Diversifolia Hemsl*) en la finca El Toldo, cantón Gonzanamá de la provincia de Loja.**”, de autoría de la señorita egresada de la carrera de Ingeniería Agrícola, Daniela del Carmen Robles Cumbicus ha concluido de acuerdo al cronograma aprobado y autorizo se continúe con el trámite de graduación.

Loja, 31 de agosto de 2021



Firmado electrónicamente por:
**MANUEL ROMEL
RAMON HURTADO**

.....
Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

M. Sc. Pedro Manuel Guaya Pauta

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

En calidad de presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada: **“Diseño de un sistema de riego por goteo para la producción forrajera de moringa (*Moringa oleífera*) y flor de botón de oro (*Tithonia Diversifolia Hemsl*) en la finca El Toldo, cantón Gonzanamá de la provincia de Loja”**, de autoría de la señorita egresada de la Carrera de Ingeniería Agrícola **Daniela del Carmen Robles Cumbicus**, con cédula de identidad **1104987829**, se informa que la misma ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación el día 29 de noviembre del 2021. Por lo tanto, autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para la sustentación pública.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**PEDRO MANUEL
MESIAS GUAYA
PAUTA**

M. Sc. Pedro Manuel Guaya Pauta,
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firmado electrónicamente por:
**WILMAN EDUARDO
ALDEAN GUAMAN**

M. Sc. Wilman Aldeán Guamán
VOCAL DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firmado electrónicamente por:
**JIMMY JAVIER
CORDERO
JIMENEZ**

M.Sc. Jimmy Cordero Jiménez
VOCAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

AUTORÍA

Yo, Daniela del Carmen Robles Cumbicus declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
DANIELA DEL
CARMEN ROBLES
CUMBICUS

Autora: Daniela del Carmen Robles Cumbicus

Cédula: 1104987829

Fecha: Loja, 06 de diciembre 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Daniela del Carmen Robles Cumbicus, declaro ser autora de la tesis titulada: “**Diseño de un sistema de riego por goteo para la producción forrajera de moringa (*Moringa oleífera*) y flor de botón de oro (*Tithonia Diversifolia Hemsl*) en la finca El Toldo, cantón Gonzanamá de la provincia de Loja**”, como requisito para optar al grado de Ingeniera Agrícola, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de diciembre del dos mil veinte y uno.

Firma:  Firmado electrónicamente por:
DANIELA DEL
CARMEN ROBLES
CUMBICUS

Autor: Daniela del Carmen Robles Cumbicus

Cédula: 1104987829

Dirección: Celí Román, José M Riofrío y Benjamín Pereira

Correo electrónico: daniela.robles@unl.edu.ec

Celular: 0992229418

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado Mg. Sc.

Tribunal de grado: Ing. Pedro Manuel Guaya Pauta Mg. Sc. (Presidente)

Ing. Wilmar Eduardo Aldeán Guamán Mg. Sc. (Vocal)

Ing. Jimmy Javier Cordero Jiménez Mg. Sc. (Vocal)

AGRADECIMIENTO

Al finalizar esta importante etapa de mi vida, le agradezco infinitamente a Dios y a la Virgen Santísima, por ser mi guía de todos los días, por darme fortaleza para no desfallecer ante los problemas del diario vivir.

Mis más sinceros agradecimientos a todas y cada una de las personas que hicieron posible alcanzar este logro. Gracias a mis padres Domingo y Carmen, quienes con su esfuerzo y dedicación me impulsaron a conseguir este logro, a mis hermanas Kelly y Carolina por apoyarme en todo momento, brindándome su amor incondicional.

De manera especial agradecer a la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agrícola por sus conocimientos y experiencias brindadas durante los años de formación universitaria.

También quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los Ings. Pedro Guaya y Fernanda Livisaca por su oportuno aporte, brindándome su ayuda y su amistad en el desarrollo del presente proyecto.

También quiero aprovechar la oportunidad para agradecerle a Leidy, Jackeline y Jenyffer, quienes fueron mis compañeras y amigas, con quienes compartimos momentos buenos y malos, sin su apoyo durante todos estos años no habría sido posible conseguir este sueño.

Daniela del Carmen

DEDICATORIA

A Kelly María, hermana, amiga, cómplice. Su amor y apoyo incondicional a lo largo del camino me inspiraron a cumplir este sueño.

Daniela del Carmen

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DE TESIS.....	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA.....	VII
TABLA DE CONTENIDOS	VIII
1. TEMA	1
2. RESUMEN	2
2.1. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
3.1. Objetivo General:	5
3.2. Objetivos Específicos:	5
4. REVISIÓN LITERATURA	6
4.1. El Cultivo de Moringa (Moringa oleífera).....	6
4.1.1. Importancia Forrajera de la Moringa.	7
4.1.2. Requerimientos Hídricos y Edáficos de la Moringa.	7
4.2. El Cultivo de la Flor de Botón de Oro (Tithonia diversifolia)	8
4.2.1. Importancia Forrajera del Botón de Oro.....	8
4.2.2. Requerimientos Hídricos y Edáficos de la Flor de Botón de Oro.....	9
4.3. El Suelo	9
4.3.1. Factores del Suelo que Influyen Sobre el Régimen de Riego	10
4.4. Fase Líquida del Suelo.....	13

4.4.1. Agua del Suelo	14
4.5. Dinámica del Agua en el Suelo	16
4.5.1. El movimiento del agua en el suelo.	16
4.5.2. El Potencial hídrico	17
4.6. Curva de Retención de Humedad del Suelo	18
4.6.1. Puntos Importantes de la Curva de Retención de Humedad.	19
4.7. Calidad de Agua Para Riego	21
4.7.1. Características que Determinan la Calidad del Agua de Riego	21
4.8. Necesidad de Riego de los Cultivos	21
4.8.1. Evapotranspiración del Cultivo (ETc).....	22
4.8.2. Evapotranspiración de Referencia (ETo)	22
4.8.3. Coeficiente del Cultivo (Kc)	22
4.9. Sistemas de Riego a Presión.....	23
4.9.1. Sistemas de Riego por Goteo	24
4.9.1.1. Componentes de un sistema de riego por goteo.....	24
4.10. Diseño de Sistemas de Riego por Goteo	31
4.10.1. Diseño Agronómico.....	31
4.10.2. Diseño Hidráulico.....	35
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
5.1. Materiales	39
5.1.1. Materiales y Equipos de Campo	39
5.1.2. Materiales y Equipos de Oficina.....	39
5.2. Descripción del Área de Estudio	39
5.3. Caracterizar la Zona de Estudio en sus Aspectos Biofísicos.....	40
5.3.1. Topografía de la Finca “El Toldo”	40

5.3.2.	Caracterización Edafológica.....	41
5.3.3.	Disponibilidad de Agua.	41
5.4.	Realizar el Diseño Agronómico e Hidráulico de un Sistema de Riego por Goteo Para el Cultivo de Moringa (Moringa Oleífera) y Flor de Botón de Oro (Tithonia Diversifolia HemsI).	42
5.4.1.	Datos Iniciales Para el Diseño del Sistema de Riego por Goteo	42
5.4.2.	Diseño Agronómico.....	43
5.4.3.	Diseño Hidráulico.....	47
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
6.1.	Caracterización de la Zona de Estudio en Sus Aspectos Biofísico	53
6.1.1.	Relieve.....	53
6.1.2.	Geología	54
6.1.3.	Tipo de Suelo	54
6.1.4.	Disponibilidad de Agua	58
6.2.	Diseño Agronómico e Hidráulico de un Sistema de Riego Por Goteo Para el Cultivo de Moringa (Moringa oleífera) y flor de botón de oro (Tithonia diversifica hemsI).	59
6.2.1.	Datos Iniciales para el diseño del sistema de riego	59
6.2.2.	Diseño Agronómico.....	62
6.2.3.	Diseño Hidráulico.....	64
7.	CONCLUSIONES.....	69
8.	RECOMENDACIONES	70
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	71
10.	ANEXOS	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación botánica del cultivo de Moringa	6
Tabla 2. Clasificación botánica del botón de oro	8
Tabla 3. Valores de pF con su equivalente en atmosferas y sus clases de agua	20
Tabla 4. Eficiencias de aplicación del agua según el método de riego.	34
Tabla 5. Valores de pH, Densidad aparente, textura y macronutrientes de los horizontes Ap y Bt	56
Tabla 6. Parámetros de Clima	59
Tabla 7. Parámetros de los Cultivos.....	60
Tabla 8. Parámetros de Suelo (Horizontes Ap y Bt)	60
Tabla 9. Parámetro para la selección del Gotero de Riego -Cultivo de Moringa	61
Tabla 10 Parámetro para la selección del gotero de riego Cultivo de Flor de Botón de Oro.....	61
Tabla 11. Diseño agronómico del cultivo de Moringa	62
Tabla 12. Diseño agronómico del cultivo de Botón de Oro.	63
Tabla 13. Diseño Hidráulico del cultivo de Moringa	64
Tabla 14. Diseño Hidráulico del cultivo de Botón de Oro.....	65
Tabla 15. Valores del (<i>kc</i>) y etapas de desarrollo del cultivo de Moringa y Flor de Botón de Oro	87
Tabla 16. Datos de Precipitación de Gonzanamá, periodo 1990-2010.	91
Tabla 17. Datos de Temperatura media mensual de Gonzanamá, periodo 1990- 2010.	92
Tabla 18. Datos de Temperatura Máxima de Gonzanamá, periodo 1990-2010	92
Tabla 19. Datos de Temperatura Mínima Mensual de Gonzanamá, periodo 1990-2010	93
Tabla 20. Datos de Humedad Relativa mensual para Gonzanamá, periodo 1990-2010.....	93
Tabla 21. Datos de Nubosidad para Gonzanamá, periodo 1990-2010.....	94
Tabla 22. Datos de Velocidad de viento mensual, periodo 1990-2010.....	95
Tabla 23. Datos de Eto generados con PETP V2.0	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo	11
Figura 2. Curva generalizada del coeficiente (kc) del cultivo	23
Figura 3. Clasificación de los elementos de la red de riego	27
Figura 4. Finca “El Toldo” cantón Gonzanamá	40
Figura.5. Calicata de la zona de estudio	55

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de laboratorio de suelos INIAP de los dos primeros horizontes.	84
Anexo 2. Análisis de laboratorio de suelos INIAP - muestra de fertilidad	85
Anexo 3 . Análisis de laboratorio Universidad Nacional de Loja- Muestras sin disturbar	86
Anexo 4 . Curvas del coeficiente del cultivo (kc) para los Cultivos	87
Anexo 5. Precipitación efectiva (Pe)	87
Anexo 6. Curva de Retención de Humedad	88
Anexo 7. Curva de Velocidad de Infiltración	90
Anexo 8. Datos Meteorológicos.	91
Anexo 9. Evapotranspiración Mensual	95
Anexo 10. Requerimiento de riego del cultivo de Moringa y Botón de Oro.	96
Anexo 11 . Cálculos para el Diseño de Riego por Goteo para cultivo de Moringa	96
Anexo 12 . Cálculos para el Diseño de Riego por Goteo para cultivo de Botón de Oro.	102
Anexo 13. Presupuesto General	109
Anexo 14. Plano topográfico del sector a regar	111
Anexo 15. Plano topográfico y perfil de la conducción del sistema de riego	113
Anexo 16 Cultivo de Moringa	115
Anexo 17. Cultivo de Botón de Oro.	117
Anexo 18. Detalles constructivos del sistema de riego por goteo.	119
Anexo 19. Evidencia reconocimiento de la zona de estudio, recolección de muestras y levantamiento topográfico.	120

Diseño de un sistema de riego por goteo para la producción forrajera de moringa (*moringa oleífera*) y flor de botón de oro (*tithonia diversifolia hemsl*) en la finca el toldo, cantón Gonzanamá de la provincia de Loja.

2. RESUMEN

La Finca “El Toldo” del cantón Gonzanamá de la Provincia de Loja, situada sobre la formación geológica Sacapalca-Volcánico Llama, cuenta con un relieve montañoso, donde se han desarrollado suelos del orden inceptisol, dedicada actualmente a la ganadería, es el escenario seleccionado para implementar los cultivos de Moringa y Flor de botón de oro, con la dotación de riego por goteo. Para cumplir este objetivo se realizó el estudio de las características físicas y químicas de los suelos mediante la descripción del perfil y la toma de muestras alteradas y no alteradas. En el Diseño agronómico, se determinó, las necesidades de riego de los cultivos de Moringa y flor de botón de Oro arrojando un valor de $4,65 \text{ mm d}^{-1}$, complementado por los análisis de los resultados de las propiedades físicas del suelo: $CC=49,6 \%$, $PMP =30,8 \%$, $Da = 1,1 \text{ g cm}^{-3}$, textura arcillosa y $VIb = 17,98 \text{ mm h}^{-1}$, así mismo se determinó la lámina de riego $4,12 \text{ mm}$. El área seleccionada se fracciona en 4 sub unidades de riego de 2500 m^2 , las cuales demandan un caudal de 6.8 l s^{-1} cada una, con una frecuencia de riego de 1 día y un tiempo de riego de 30 minutos. Las subunidades de riego estarán constituidas por una tubería múltiple de PVC de $0,63 \text{ MPa}$, una longitud de $50,00 \text{ m}$, y un diámetro nominal de 75 mm , con una velocidad de $1,7 \text{ m s}^{-1}$; los laterales de riego tendrán una longitud de 50 m , con un diámetro de 12 mm en el cultivo de moringa y 16 mm en el cultivo de botón de oro, con goteros auto compensados incorporados de $1,60 \text{ l h}^{-1}$ y $2,00 \text{ l h}^{-1}$ respectivamente.

2.1.ABSTRACT

The Finca "El Toldo" of the Gonzanamá canton of the Loja Province, located on the Sacapalca-Volcánico Llama geological formation, has a mountainous relief, where soils of the Inceptisol order have been developed, currently dedicated to livestock, is the selected scenario to implement the Moringa and boton de oro flower crops, with the provision of drip irrigation. To meet this objective, the study of the physical and chemical characteristics of the soils was carried out by describing the profile and taking altered and undisturbed samples. In the agronomic design, the irrigation needs of the Moringa and boton de oro flower crops were determined, yielding a value of 4.65 mm d⁻¹, complemented by the analysis of the results of the physical properties of the soil: CC = 49.6%, PMP = 30.8%, Da = 1.1 g cm⁻³, clayey texture and VIb = 17.98 mm h⁻¹, likewise the 4.12 mm irrigation sheet was determined. The selected area was divided into 4 sub-irrigation units of 2500 m², which demand a flow of 6.8 l s⁻¹ each, with an irrigation frequency of 1 day and an irrigation time of 30 minutes. The irrigation subunits will be made up of a 0.63 MPa multiple PVC pipe, a length of 50.00 m, and a nominal diameter of 75 mm, with a velocity of 1.7 m s⁻¹; The irrigation sides will have a length of 50 m, with a diameter of 12 mm in the moringa crop and 16 mm in the boton de oro , with built-in self-compensated drippers of 1.60 l h⁻¹ and 2.00 l h⁻¹ respectively.

3. INTRODUCCIÓN

Durante el año 2019, según Plan Nacional de Riego y Drenaje (PNRD) del MAG, el área productiva de Ecuador fue de 3,1 millones de hectáreas, de las cuales el área regada fue de 977000 hectáreas, siendo la mayor superficie productiva del país de temporal o invernada. Según cifras publicadas en la base de datos de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) en el año 2017 el riego superficial o gravedad a nivel nacional se estima cubriría el 54.79% mientras que el riego a presión tiene una cobertura del 45.21% del área que se encuentra bajo riego.

Los principales problemas que enfrentan los productores agrícolas en las áreas de riego por gravedad, es la baja eficiencia y deficiente uniformidad con que se aplica el agua, el primero, repercute en la sustentabilidad del recurso, y el segundo impacta en forma negativa en el desarrollo de los cultivos y por lo tanto en los ingresos del productor. En este tipo de riego, la eficiencia de conducción en promedio varía del 45 al 60% y la de aplicación es del orden del 60% aproximadamente, lo cual ha originado problemas de drenaje deficiente y salinización de los suelos en diferente grado, puede provocar pérdidas de nutrientes por lixiviación y pérdidas de suelo por erosión, además tiene requerimientos elevados de mano de obra y dificultades para la automatización y el telecontrol (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010).

Según Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Gonzanamá, la red hidrográfica corresponde al 96% de quebradas y 4% de ríos. Actualmente la oferta de agua solo para consumo humano a nivel Cantonal es de $54172,8 \text{ m}^3 \text{ mes}^{-1}$, de los cuales $46137,6 \text{ m}^3 \text{ mes}^{-1}$, es agua tratada, lo cual indica que en el Cantón no existe déficit de agua. La Finca “El Toldo” dispone de infraestructura para el almacenamiento del recurso hídrico, el mismo que proviene de la quebrada “El Huato”, permitiendo el desarrollo de diferentes actividades agrícolas.

A pesar de lo expuesto en el párrafo anterior, en la actualidad dentro del cantón Gonzanamá los problemas a los que se enfrentan los ganaderos son: la mala distribución de agua durante todo el año y por otro la baja calidad proteica de los pastos convencionales. Por ello, en la Finca El Toldo frente a la situación descrita se ve la necesidad de implementar un sistema de riego que permita un uso eficiente del recurso hídrico disponible en el lugar, con el propósito de contar

durante todo el año con forrajes que permitan mejorar la productividad ganadera para mejorar la productividad del ganado.

El área en que se ejecutará el proyecto se caracteriza por el predominio de la ganadería bovina como principal actividad agropecuaria, para el buen desarrollo de esta actividad es necesario una alimentación equilibrada, constante y con altos contenidos de proteína, por lo tanto, la incorporación de forrajes como la moringa y el botón de oro bajo riego contribuirán a conseguir este objetivo.

3.1.Objetivo General:

Contribuir al manejo eficiente del recurso hídrico a través del diseño de un sistema de riego por goteo para la producción forrajera en la Finca “El Toldo”, en el cantón Gonzanamá, provincia de Loja.

3.2.Objetivos Específicos:

- Caracterizar la zona de estudio en sus aspectos biofísicos
- Realizar el diseño agronómico e hidráulico de un sistema de riego por goteo para el cultivo de moringa (*Moringa Oleífera*) y flor de botón de oro (*Tithonia Diversifolia Hemsl*).

4. REVISIÓN LITERATURA

4.1.El Cultivo de Moringa (*Moringa oleífera*)

Pérez et al. (2010). *M. oleífera* es la especie más conocida del género *Moringa*. Es un árbol originario del sur del Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta, y en América Central fue introducida en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas.

La moringa es considerada un arbusto con múltiples usos y propiedades, pues posee un alto contenido de calcio, hierro, vitamina A, vitamina C, beta caroteno y proteínas en las hojas, de igual forma un alto contenido de aceite en las semillas (Meza, 2017).

Incluso la moringa es una especie multipropósito para el ganado bovino porque es altamente nutritiva sirviendo de alimento mediante el ramoneo, proporciona sombra, se usa para cercas vivas, regenera los suelos y almacena agua, registra uno de los más altos índices proteínicos (Rojas, 2018).

La moringa se adapta bastante bien en zonas con precipitaciones medias, altas temperaturas, pero es muy sensible a los fríos soporta muy mal las heladas. Sus límites climáticos van en rangos desde 500 a 1 500 mm de precipitaciones anuales, periodo libre de heladas igual o mayor a 350 días al año y temperaturas mínimas de 11 y 13°C. Es muy resistente a las sequías, en climas tropicales puede soportar hasta 6 meses de sequía. (García, 2016).

La clasificación botánica de la moringa es la siguiente:

Tabla 1. *Clasificación botánica del cultivo de Moringa*

Reino:	Plantae	Familia:	Moringaceae
División:	Magnoliophyta	Género:	Moringa
Clase:	Magnoliopsida	Especie:	Moringa Oleifera
Orden:	Brassicales		

Fuente: López (2016)

4.1.1. Importancia Forrajera de la Moringa.

Mendieta et al. (2011) reportan estudios realizados por diferentes autores donde el follaje de Moringa fresco se ha incluido en la dieta de diferentes animales en los cuales se ha encontrado efectos positivos, por ejemplo, aumento de la tasa de crecimiento en el ganado bovino y aumento de producción de leche en vacas doble propósito.

Las hojas son comestibles y ricas en proteína, con un perfil de aminoácidos esenciales muy balanceado. Al mismo tiempo contiene vitaminas, principalmente A y C en altas cantidades, así como antioxidantes potentes (Olson y Fahey, 2011).

La moringa tiene un excelente valor nutritivo, diversos autores reportan contenidos de proteína cruda en un rango de 17 - 26.8%, fibra detergente neutro de 321.2 - 521 g kg⁻¹ MS y fibra ácido detergente 223.5 - 361 g kg⁻¹ MS (Mendieta et al., 2009) Datos de digestibilidad In Vitro de la materia seca en hojas y tallos de 79 y 57% respectivamente y energía metabolizable de 2.27 Mcal kg⁻¹ MS (Reyes, 2004).

4.1.2. Requerimientos Hídricos y Edáficos de la Moringa.

En Cuba, cuando las siembras se realizan durante el periodo poco lluvioso es una práctica común la aplicación de 200 m³ de agua con frecuencia de 2-3 días durante primer mes después de realizada la siembra y 300m³ ha⁻¹ cada 9 días durante el periodo seco (Reyes, 2006). Esta frecuencia de aplicación puede variar en dependencia del tipo de suelo, siendo menor en suelos pesados con alta retención de la humedad y mayor en suelos ligeros. Las aguas de desecho de hasta 8.5 de pH, son admitidas lo que la hace una especie idónea para el aprovechamiento de aguas depuradas. Según González (2009) aplicando aguas residuales depuradas de instalaciones porcinas obtuvo excelentes resultados en rendimientos de biomasa y sobrevivencia de las plantas en pequeñas áreas de Moringa sembradas en canteros a una densidad de 100 semillas m⁻².

El suelo constituye uno de los factores limitantes en el desarrollo de las plantas, pues posee ciertas características que son determinantes en la mayoría de los casos como es el pH. En este sentido, Reyes (2006) planteó que la moringa se desarrolla favorablemente en suelos con pH entre 4,5 y 8, aunque prefiere los neutros o ligeramente ácidos. Requiere, además de suelos francos-francos arcillosos. Se adapta a suelos duros o pesados y también a suelos pobres francos arenosos. El terreno donde se planta debe poseer buen drenaje ya que esta planta no soporta el encharcamiento.

4.2.El Cultivo de la Flor de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*)

El botón de oro es una planta herbácea muy ramificada que alcanza alturas hasta de cinco metros; se reconoce fácilmente por sus grandes flores amarillas con fuerte olor a miel y por sus hojas simples y alternas, con tres a cinco lóbulos, el central más grande que los otros. Estas plantas contienen anemonina, una sustancia muy tóxica para los animales y los seres humanos. De hecho, los herbívoros pastan las hojas de estas plantas con gran dificultad y sólo después de un buen secado que evapora las sustancias más peligrosas. Incluso las abejas evitan libar su néctar. En la piel humana estas plantas pueden crear ampollas (dermatitis), mientras que en la boca pueden causar dolor intenso y ardiente de las membranas mucosa (Solarte et al., 2013).

La clasificación botánica del botón de oro es la siguiente:

Tabla 2. *Clasificación botánica del botón de oro*

Reino:	Plantae	Familia:	Compositae
División:	Spermatophyta	Género:	Tithonia
Clase:	Dicotyledoneae	Especie:	<i>T diversifolia</i>
Orden:	Campanuladas		

Fuente: García (2017)

4.2.1. *Importancia Forrajera del Botón de Oro*

El botón de oro es una planta forrajera que se utiliza para alimentar a rumiantes como las vacas, cabras, ovejas y los búfalos. Tiene un alto nivel de proteína, concentraciones desde 18,9 a 28,8 %, comparable con especies como el matarratón y la leucaena, a pesar de que no es una planta leguminosa el botón de oro acumula tanto nitrógeno en sus hojas como las leguminosas, además tiene altos niveles de fósforo, un gran volumen radicular, una habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo y es muy fuerte ya que puede soportar la poda a nivel del suelo (Arronis, 2014).

La calidad del forraje de botón de oro varía con el estado fenológico de la planta, debido a que los valores máximos de proteína se han registrado en las etapas de crecimiento avanzado (30 días después del corte) y prefoliación (50 días) (Calle y Murgueitio, 2008).

Mahecha et al, (2007) evaluaron la producción y la calidad de la leche de vacas F1 Holstein x Cebú suplementadas con forraje de botón de oro como reemplazo parcial del alimento concentrado, donde al analizar los resultados no encontraron diferencias significativas en la producción de leche: en época de lluvias 12,5 litros vaca-1 día⁻¹ con 100% de suplementación con concentrado frente a 12,4 litros vaca-1 día⁻¹ con sustitución del 35% del concentrado por botón de oro fresco y en época seca 11,71 litros vaca⁻¹ día⁻¹ con 100% concentrado frente a 12,16 litros vaca⁻¹ día⁻¹ con sustitución de botón de oro. En cambio, sí se registraron pequeñas diferencias en la calidad de la leche a favor de las vacas que consumieron la mayor proporción de *Tithonia diversifolia*. El nivel de proteína se elevó a 3,82% (comparado con 3,51% en las vacas de 100% concentrado) y el de grasa llegó a 3,9% (comparado con 3,48%) lo que podría representar un incremento económico por la calidad del producto.

4.2.2. Requerimientos Hídricos y Edáficos de la Flor de Botón de Oro

La flor de botón de oro usada como forraje no es un cultivo exigente respecto al riego y a las condiciones de suelo, dentro de los rangos ideales para un buen desarrollo de la flor de botón de oro esta la altitud de 0 a 2 500 m s.n.m. de la misma forma la precipitación puede variar desde 800-5.000 mm/año, además se adaptan a un rango de temperatura bastante amplio como es de 14 a 30 °C (Solarte et al., 2013).

En lo que concierne al suelo requiere un pH en rangos comprendidos entre 4,5-8,0, se adaptan muy bien a suelos ácidos hasta ligeramente alcalinos, con fertilidad media, de textura arcillosa con mediana saturación de iones de aluminio o hierro y bajo contenido de fósforo. Como restricciones, está la alta saturación de iones aluminio y suelos mal drenados.

4.3.El Suelo

La edafología define al suelo, como un ente natural organizado e independiente con unos constituyentes, propiedades y génesis que son el resultado de la actuación de una serie de factores activos (clima, organismos, relieve y tiempo) sobre un material pasivo (la roca madre). (Jordán, 2009).

Mientras tanto, se ha definido el suelo como la capa superior de la corteza terrestre que está compuesta por una mezcla de partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos; lo que conforma un medio ambiente muy complejo y variable (*Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya*, s. f.).

4.3.1. Factores del Suelo que Influyen Sobre el Régimen de Riego

En el régimen de riego influyen un sin número de factores, los mismos que permiten o impiden a los cultivos el aprovechamiento de recurso hídrico, los mismos que se describen a continuación.

4.3.1.1. Propiedades Químicas del Suelo.

Las propiedades químicas son aquellas características que no se logran ver a simple vista, que permiten identificar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la actividad de microorganismos, entre otras. A continuación, se describen las de mayor importancia para la presente investigación.

4.3.1.1.1. Potencial Hidrógeno del Suelo (pH).

Según Osorio (2012), en los suelos el pH es una propiedad química de mucha importancia porque indica que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, que es de donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes. El pH usa una escala de medición cuyo rango de fluctuaciones es de 0 a 14, considerándose los siguientes rangos: < 4,6 extremadamente ácido; 4,6 - 5,4 ácido; 5,5 - 6,4 moderadamente ácido; 6,5 - 7,3 neutro; 7,4 - 8,1 moderadamente alcalino; 8,2 - 8,8 alcalino; y > 8,9 extremadamente alcalino.

El pH es un indicador de la disponibilidad de los nutrimentos en la solución del suelo, la presencia de iones de aluminio (Al^{3+} , $Al(OH_2)^+$), hidrogeno (H^+) e hidroxilo (OH^-) son determinantes en la solubilidad de los nutrimentos en el suelo (Intagri, 2018).

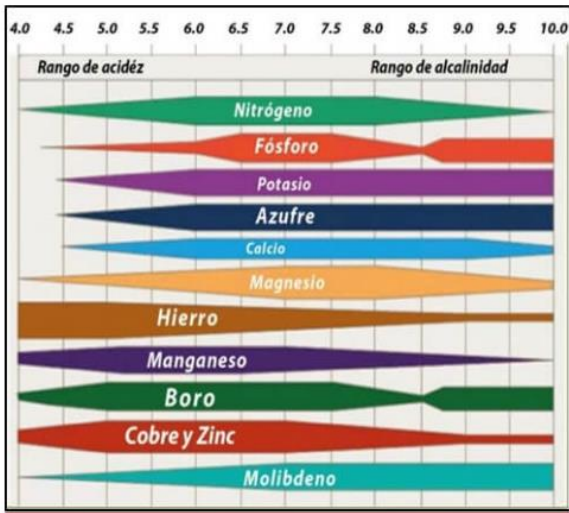


Figura 1. Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo

Fuente: Intagri (2018).

El uso de enmiendas para corregir las condiciones extremas del pH del suelo es esencial para alcanzar la máxima producción, químicamente hablando una sustancia es ácida cuando entrega neutrones (H^+) y es básica cuando gana neutrones (Padilla, 2010).

4.3.1.1.2. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

La capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq $100g^{-1}$ de suelo, junto con la fotosíntesis son los dos procesos de mayor importancia para los cultivos. Esta propiedad es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica (Ramírez, 1997).

El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes para la planta, su pH potencial entre otras.

4.3.1.2. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de los suelos, indican en gran medida la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra conocer las propiedades físicas del

suelo, para entender cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rucks et al., 2004).

4.3.1.2.1. Densidad Aparente del Suelo (Da).

Se define como la masa de suelo seco por unidad de volumen (g cm^{-3}), en sus condiciones naturales es un parámetro decisivo en el cálculo de la lámina de riego y sirve como indicativo del grado de estructuración del suelo, describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Rojas, s,f).

Densidad Real del Suelo (Dr)

No se considera el espacio poroso, sino que se relaciona la masa total del suelo seco con el volumen de la fase sólida, es decir corresponde a la densidad media de la fase sólida o densidad de las partículas. Para un horizonte dado, será prácticamente constante a lo largo del tiempo al ser independiente de la estructura y variar poco la naturaleza (Porta et al., 1999).

4.3.1.2.2. Textura del Suelo

La textura hace referencia a la proporción de partículas minerales de su fracción sólida, clasificadas según su tamaño. A este efecto, se define la llamada tierra fina, integrada por arena (2 a 0.05mm), limo (50 a 2 μm) y arcilla (<2 μm). Los suelos arenosos, contienen un escaso porcentaje de arcilla y limo, por el orden del 10 y 15%, los suelos arcillosos, más del 35% pertenecen a la fracción arcilla, representa una gran superficie específica, lo que hace que tenga una gran capacidad de retención de agua. Los suelos francos, contienen proporciones más o menos equilibradas de arena, limo y arcilla, presentando propiedades intermedias a los arcillosos y arenosos, además presentan condiciones más favorables para los cultivos, retienen más agua que los arenosos y resultan más fáciles de trabajar que los arcillosos (Lozada, 2005).

4.3.1.2.3. Estructura del Suelo

Es el ordenamiento de las partículas que conforman el suelo, las mismas que se asocian entre sí, formando agregados, creando así la estructura del suelo. Las estructuras granular, prismática y de bloques son las más favorables para las plantas. Al realizar labores agrícolas a

gran escala, araduras, rastreos, con exceso de humedad, la estructura se deteriora, por ende, se reduce la aireación del suelo y se dificulta la infiltración y la percolación profunda (Avidan, 1994)

Osuna-Ceja et al. (2006) mencionan que la estructura es una propiedad básica considerada como uno de los principales atributos de la calidad del suelo, pues de dicha propiedad dependen muchos procesos del suelo y su interacción con las plantas: erosión, infiltración de agua, exploración radicular, aireación y resistencia mecánica.

Por otro lado, Porta et al. (1999) indica que la estructura es una propiedad típicamente edáfica que de presentarse permite diferenciar un suelo de un material geológico, y su importancia hace que sea una propiedad morfológica de referencia en los estudios de suelo en campo.

La presencia de materia orgánica en el suelo permite mejorar la permeabilidad y aireación del suelo, así mismo la compacidad de los suelos arenosos, mientras que los arcillosos los hace más esponjosos. Otro efecto de la materia orgánica es la retención de agua durante la estación húmeda y la reducción de las pérdidas durante la estación seca (van Konijnenburg, 2006).

4.3.1.2.4. Profundidad Efectiva.

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos necesarios para su correcto desarrollo. Esta información resulta ser de suma importancia ya que la mayoría de plantas pueden penetrar sus raíces más de un metro si las condiciones del suelo lo permiten. Un suelo debe tener condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas (García, 2017).

4.4. Fase Líquida del Suelo

Esta fase está constituida por la solución del suelo, es decir, el agua que hay en el suelo junto con las sales que en ella se encuentran disueltas, esta solución del suelo ocupa los poros que quedan entre las partículas sólidas del mismo.

4.4.1. Agua del Suelo

Base fundamental de la irrigación es conocer el contenido de agua en el suelo en un momento dado, a fin de decidir respecto a cuándo y cuánto se debe regar.

El suelo al ser material poroso permite que el agua se pueda almacenar y/o fluir en una red conectada de poros. El arreglo físico del espacio poroso del suelo influye en la actividad biológica del suelo (por ejemplo, en el crecimiento de las raíces) y afecta a muchos procesos importantes, como la absorción de nutrientes por las plantas (Campos, 2013).

Existen diferentes métodos para determinar este parámetro, según Martín y Muñoz, (2017) los más comunes son:

- **Método tensiométrico:** El tensiómetro consiste en un cono o taza porosa conectada por medio de un tubo a un manómetro. El aparato se llena de agua que, al penetrar en el cono o taza, establece un equilibrio con la humedad del terreno circundante. Al secarse el suelo, el agua fluye de la taza originando así una tensión mayor, o inversamente, al aumentar la humedad del suelo y disminuir la tensión, entra el agua en la taza. Estas variaciones de la presión o tensión se señalan en un dispositivo de medición.
- **Método de resistencia eléctrica** La resistencia eléctrica de un bloque de material poroso en equilibrio higrométrico con el suelo permite medir la humedad del suelo. Al bloque, que puede ser de yeso, nylon, o fibra de vidrio, se fijan dos electrodos. Como la resistencia del contacto permanece constante, una vez que se ha colocado el bloque en el suelo y ha alcanzado el equilibrio higrométrico, registra las variaciones subsiguientes del contenido de humedad con un pequeño retraso de tiempo (Lozano et al, 2016)
- **Método gravimétrico** Es el único método directo de medición de la humedad del suelo. Dicho método consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla antes y después de su desecado y calcular su contenido de humedad. La muestra de suelo se considera seca cuando su peso permanece constante a una temperatura de 105'. (Florentino, 2006).

4.4.1.1. Expresión del Contenido Hídrico en el Suelo

Existen tres maneras para expresar el contenido de humedad presente en el suelo: como relación de pesos, es decir, el peso de agua presente en una unidad de peso de suelo; como relación

de volúmenes, es decir, el volumen de agua presente en una unidad de volumen de suelo; como altura o lamina, es decir la altura de agua, generalmente en mm, presente en una determinada altura del horizonte.

4.4.1.1.1. Contenido de Humedad en Unidades de Peso de Suelo (θ_m)

Génova et al. (2005) manifiestan que se lo conoce como Humedad Gravimétrica (W) de tal manera que, puede calcularse por la diferencia de la masa de una muestra de suelo húmedo que ha sido secada en estufa, relativa a la masa seca, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W_g (\%) = \frac{M_{sh} - M_{ss}}{M_{ss}} \times 100$$

Dónde:

$W_{g\%}$ = contenido hídrico gravimétrico (%)

M_{sh} = masa del suelo húmedo (g)

M_{ss} = masa del suelo seco (g)

4.4.1.1.2. Contenido de Humedad en Unidades de Volumen (θ_v)

Asimismo, se lo conoce como Humedad Volumétrica (θ_v). Representa la relación entre el volumen de la fracción líquida (V_a) y el volumen de la muestra (V_s), como se indica en la siguiente ecuación:

$$\theta_v = \frac{V_a}{V_s}$$

También puede ser expresada en porcentaje si se multiplica por 100 (Salazar, 2016).

4.4.1.1.3. Contenido de Humedad en Términos de Lámina (mm)

Según CONGOPE (2017), la lámina expresa el contenido del agua en el suelo medida en su altura, es decir, de volumen por unidad de superficie en altura.

$$\text{Lámina} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Área}}$$

Supongamos que se tiene una botella llena con un litro de agua y ésta se la vacía sobre una parcela, el agua formará una delgada capa donde el volumen seguirá siendo un litro lo que varía es la forma de la masa de agua, pero la lámina en el riego está en función de la profundidad efectiva que tengan las raíces del cultivo que se va a regar; entonces para calcularla basta multiplicar la humedad volumétrica (θ_v) por la profundidad considerada (Pr).

$$L = \theta_v \times Pr$$

4.4.1.2. Tipos de Agua Existentes en el Suelo

El agua puede encontrarse como sólido, líquido o vapor, las dos primeras exceden el 30% del peso del suelo, mientras que el vapor es ≤ 0.5 ppm del peso del suelo. De acuerdo a la facilidad para ser absorbida por las plantas pueden ser:

- Higroscópica: Está adherida a las partículas de suelo, no es absorbida por las raíces de las plantas, se ubican en los micro poros.
- Capilar: Esta retenida por las fuerzas de tipo capilar, en contra de la fuerza de la gravedad, esta agua es usada por las plantas.
- Gravitacional: Es el agua que se percola por acción de la gravedad, en condiciones de drenaje adecuado, esta es visible cuando se cubre la capacidad de la zona capilar.

Las proporciones en que se las encuentra, depende de la textura, estructura, contenido de materia orgánica y profundidad del estrato.

4.5. Dinámica del Agua en el Suelo

El conocimiento de la dinámica del contenido de humedad del suelo es importante para optimizar el manejo del cultivo con el uso combinado del riego por goteo.

4.5.1. El movimiento del agua en el suelo.

Jordán (2009) indica que, en el suelo el agua está sometida a diferentes campos de fuerzas, como la acción de la gravedad y a las fuerzas capilares, osmóticas o de absorción, que condicionan el movimiento o la retención del agua en el suelo. El grado de energía que experimenta el agua representa una medida de la tendencia al cambio, en el sentido de disminuir su energía. Estas fuerzas condicionan el estado energético del agua y básicamente son las siguientes:

- Fuerza de la gravedad.
- Fuerzas derivadas de la matriz.
- Fuerzas de difusión.
- Fuerzas derivadas de iones en solución.
- Fuerzas externas (variación en la geometría de los poros, presión de gases, presión hidráulica en suelos saturados, etc.).

4.5.2. El Potencial hídrico

Pachés (2010) afirma que el agua en el suelo está sujeta a diversas fuerzas que hacen que su potencial difiera de aquel del agua libre. Estas fuerzas son de retención por la matriz sólida del suelo, por las sales disueltas que contenga el agua y gravitacionales. De modo que el potencial hídrico total en el suelo (Ψ_T) es la suma de diversos componentes debido a las fuerzas que actúan sobre el agua.

Los componentes del potencial total del agua son: gravitacional, matricial, osmótico, de presión, los mismos que se detallan a continuación

$$\varphi_t = \varphi_g + \varphi_m + \varphi_o + \varphi_p$$

Donde:

φ_t = Potencial total

φ_g = Potencial gravitacional

φ_m = Potencial mátrico

φ_o = Potencial Osmótico

φ_p =Potencial de presión.

4.5.2.1.Potencial Gravitacional (φ_g).

El potencial gravitacional es debido a la fuerza de la gravedad que desplaza el agua hacia capas más profundas. El potencial gravitacional del agua en un punto del suelo que está determinado por la elevación de ese punto con respecto a un nivel de referencia dado. Si dicho

nivel está por encima, el potencial gravitacional es negativo ($\Psi_g < 0$), por el contrario, si está por debajo dicho potencial es positivo ($\Psi_g > 0$) (Pachés, 2010).

4.5.2.2.Potencial Mátrico (ϕ_m).

El potencial mátrico, es el generado por las fuerzas de adhesión y cohesión con que el suelo retiene al agua. Su valor es siempre negativo ya que la presión que origina se opone a la salida del agua desde el suelo cuanto más seco está el suelo, más bajo es el mátrico y mayor será la presión que habrá de aplicar para extraer el agua de suelo por parte de las raíces. En suelos saturados este potencial es igual a cero (CONGOPE, 2017).

4.5.2.3.Potencial Osmótico (ϕ_o).

El efecto osmótico de soluciones acuosas y extractos de suelo es proporcional a la concentración de solutos de estas soluciones. En una gran cantidad de casos, la presión osmótica es la que condiciona la salinidad de las diferentes aguas naturales y extractos de suelos. El efecto osmótico de las soluciones acuosas está relacionado con la concentración total de sales y no tanto con las concentraciones específicas de uno u otro componente; la presión osmótica es una propiedad coligativa de las soluciones salinas (Villa et al., 2018).

4.5.2.4.Potencial de Presión (ϕ_p).

En un suelo saturado, por ejemplo: por debajo del nivel freático, el potencial matriz es nulo ya que el agua se encuentra a una presión superior a la atmosférica. Bajo condiciones el potencial total, equivale a la suma del potencial de la presión y el potencial gravitacional respecto a una cota de referencia preestablecida (Avidan, 1994).

4.6.Curva de Retención de Humedad del Suelo

Las curvas de retención de humedad (CRH) 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; dicha relación depende de los factores relacionados con la porosidad del suelo (Pulido et al., 2020).

Tavera et al. (2015) afirma que “la curva de retención del agua en el suelo es la variación de la succión con la capacidad de retención del agua en los macro y micro poros del suelo. Los

valores corresponden al tipo de suelo, con una determinada densidad, y la naturaleza de esa relación está directamente asociada a la granulometría y mineralogía del suelo. De una forma general, la geometría de los poros, la magnitud y composición mineralógica de la fracción fina son determinantes en la posición relativa, forma e inclinación de la curva.

4.6.1. Puntos Importantes de la Curva de Retención de Humedad.

Los puntos más importantes de la curva de humedad del suelo se describen a continuación y los muestra en pF y unidades atmosféricas.

4.6.1.1.Saturación.

La condición de saturación, se presenta en suelos situados por debajo del nivel de agua freática después de un riego o precipitación, donde las fases presentes son: sólida y líquida, es decir, que los espacios vacíos o poros del suelo están ocupados por agua (Meza, 2012)

4.6.1.2. Capacidad de Campo.

El contenido de humedad que existe en el suelo después de las eliminaciones del agua gravitacional se denomina capacidad de campo (CC), la misma que no puede ser determinada con precisión debido que no existe en el tiempo de continuidad en la curva de humedad, no obstante, el concepto de capacidad de campo es de gran utilidad para la estimación de la cantidad de agua contenida en el suelo y que puede disponer la planta. La tensión de humedad de un suelo que ha alcanzado la CC suele estar comprendida entre 1/10 y 1 /3 de atmosfera, dependiendo de las características de drenaje dadas por la textura y estructura del suelo, el lapso transcurrido después del riego que se considera necesario para que el suelo alcance la CC (Padilla, 2010).

4.6.1.3.Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Hace referencia a la humedad del suelo, la misma que esta retenida a una fuerza mayor a la que las raíces puedan extraerla; el agua que permanece en este estado en el suelo no está disponible para el cultivo. En esas condiciones, la planta está permanentemente marchita y no puede revivir cuando se le coloca en un ambiente saturado de agua. Por lo general al contacto manual, el suelo se siente casi seco o muy ligeramente húmedo (Shaxson, 2005). El PMP se determina a 15 atmosferas de presión o un valor de pF de 4,2.

Tabla 3. Valores de pF con su equivalente en atmosferas y sus clases de agua

pF	Atm	Clases de agua
4,4	± 28,8	Agua higroscópica
4,2	15	Punto de marchitez permanente (PMP)
2,52	0,3	Capacidad de Campo (CC)
2,0	0,1	Capacidad de campo (CC)
0,0	0,001	Saturación

Fuente: Valarezo et al. (1998)

4.6.1.4. Umbral de Riego.

Monterroso (2015) manifiesta que, el porcentaje al cual se permite bajar la humedad del suelo antes de regar sin que la producción disminuya se le denomina punto crítico y se encuentra entre el valor de capacidad de campo y punto de marchitez permanente. El punto crítico varía con el tipo de cultivo, etapa de desarrollo del cultivo, suelo y clima y debe ser evaluado en experimentos, entonces al rango entre capacidad de campo y al punto crítico se le llama déficit permitido de manejo (DPM), también denominado umbral de riego (UR).

4.6.1.5. Humedad Utilizable

Está definida como la diferencia entre la cantidad de agua en el suelo en su capacidad de campo y la cantidad de agua en el suelo en su punto de marchitez permanente. Hay una considerable variación de los valores de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y humedad disponible para los diferentes tipos de suelos. Un suelo franco que contiene iguales proporciones de arena, arcilla y limo, sería intermedio entre una arena y una arcilla en términos de CC y PMP, pero la humedad disponible del suelo franco es generalmente la más alta de cualquier clase de suelo (Boswell, 1990).

4.6.1.6. Capacidad de Aireación

La aireación se refiere a la medida del volumen de espacio poroso (macroporos) en un sustrato ocupado por el aire después de que se satura y se le permite drenar. La aireación se calcula

como un porcentaje del volumen del sustrato y es inversamente proporcional a la densidad aparente del sustrato (Buechel, 2021).

4.7. Calidad de Agua Para Riego

La calidad química del agua depende de las cantidades de sales y la proporción de diferentes iones que el líquido contiene en solución, esto permite determinar si se puede recomendar con fines domésticos, industriales, pecuarios y/o agrícolas; no obstante la calidad de agua para riego también está determinada por la concentración y composición de los sólidos disueltos totales (TDS), por lo cual ésta calidad es considerada esencial para el estudio de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en cualquier zona de riego (Gómez y Muñoz., 2015).

4.7.1. Características que Determinan la Calidad del Agua de Riego

La calidad de agua de riego está en función de: el riesgo del sodio y la infiltración del agua de riego el cual se determina a través del parámetro denominado relación de absorción de sodio (RAS); de la misma forma la toxicidad de iones específicos, lo cual ocurre dentro de la planta misma; otra característica es la alcalinidad y pH, el primero es la suma de los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes; y finalmente los más comunes son la conductividad eléctrica (CE) y los sólidos disueltos totales (García, 2015).

4.8. Necesidad de Riego de los Cultivos

Las necesidades de agua de los cultivos son el resultado de un balance entre las ganancias y las pérdidas de agua, en donde las pérdidas son principalmente las correspondientes a la evapotranspiración, mientras que las ganancias son las que resultan de las precipitaciones, en algunas ocasiones son mayores las pérdidas que las ganancias por lo que hay que compensar estas últimas con un aporte complementario de agua, lo que viene a ser el riego. Cabe mencionar que dentro del cálculo de dichas necesidades hídricas se distingue las necesidades netas y reales, siendo las Necesidades Netas las que requiere y aprovecha la planta; pero dado que no estamos en un sistema ideal sino que hay una serie de pérdidas hasta que llega el agua de forma efectiva al interior de la planta, por lo tanto habrá que considerar estas pérdidas e incrementar las necesidades netas, dando como resultado las necesidades reales (Martínez, 2014).

4.8.1. Evapotranspiración del Cultivo (ETc)

Se denomina ETc a la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar, la misma que hace referencia a la pérdida de agua de un cultivo que no posee enfermedades y que además cuenta con una buena fertilización, desarrollada en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, alcanzando las condiciones máximas de producción de acuerdo a las situaciones climáticas reinantes (Allen et al., 2006). La evapotranspiración del cultivo es un indicador que no se lo puede obtener de manera exacta debido a que este valor varía de una zona a otra debido a diferentes factores como: condiciones climáticas, prácticas agronómicas con las cuales se maneja el cultivo por lo que está de una manera indirecta afectan en el cálculo de la ETc. (Edmundo, 2009).

4.8.2. Evapotranspiración de Referencia (ETo)

La evapotranspiración de referencia (ETo), es la cantidad de agua evaporada de un terreno cubierto totalmente de un cultivo representativo de pasto sin restricciones de agua (Castillo, 2020), por lo tanto, es un parámetro climático que se puede estimar a partir del cálculo de datos meteorológicos, la ETo expresa el poder de evaporación de la atmósfera en un lugar y épocas del año específicos sin considerar los factores de suelo ni las características del cultivo (Goyal y Aladakatti, 2018)

4.8.3. Coeficiente del Cultivo (Kc)

Monge (2019) indica que: el coeficiente de cultivo (Kc) es un valor sin dimensiones que describe las variaciones de la cantidad de agua que son extraídas del suelo por las plantas (efecto combinado de evaporación y transpiración) a medida que éstas se van desarrollando, desde la siembra hasta la cosecha dicho coeficiente de cultivo varía según el tipo de cultivo, por lo general el Kc presenta valores pequeños al inicio del crecimiento del cultivo y aumentan a medida que se incrementa el desarrollo, evidentemente hay grupos de cultivos que pueden tener Kc similares e incluso iguales, debido a la similitud de altura de los cultivos, área foliar, grado de cobertura del suelo y manejo del agua.

El factor del cultivo Kc hace referencia a las características que presenta cada tipo de planta en su mayor o menor exigencia en el consumo del agua desde el reservorio del suelo, debido a sus características innatas de su sistema radicular. Características del follaje, mecanismos de abertura

y cierre de estomas y su fisiología en general, todo esto va a depender del estado de desarrollo del cultivo y de las condiciones medioambientales donde crece (Padilla, 2010).

Algunos autores distinguen tres valores de K_c y otros distinguen hasta cuatro valores, según cada una de las fases de desarrollo del cultivo: inicial (I), desarrollo-media (II) y maduración (III) o bien inicial (I), desarrollo (II), media (III) y maduración (IV).

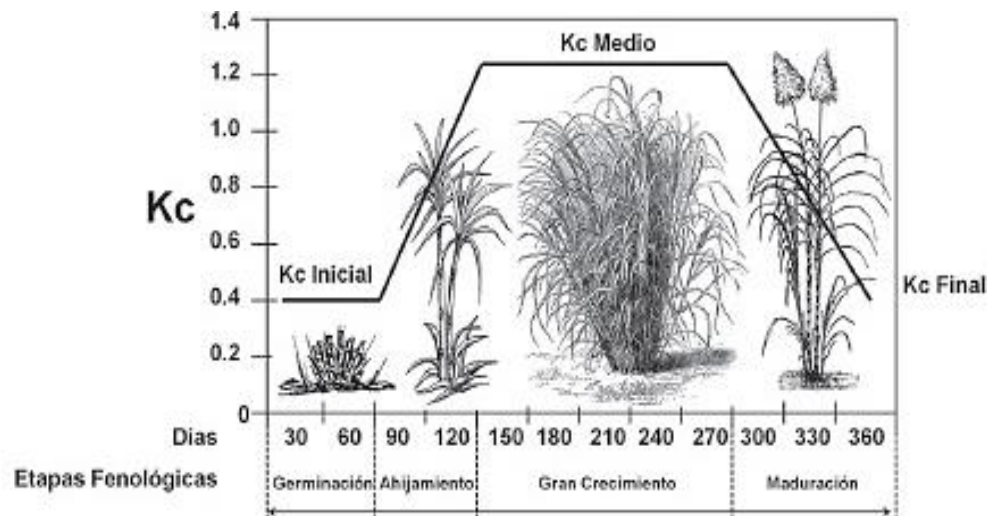


Figura 2. Curva generalizada del coeficiente (k_c) del cultivo

Fuente: FAO 56

4.9. Sistemas de Riego a Presión

Son aquellos sistemas de riego en los cuales el agua se conduce a presión por tuberías y laterales de riego hasta los cultivos, donde el agua es aplicada de distintas formas a través de emisores y de pendiendo de ello se clasifican de la siguiente manera:

- En forma de gotas, goteo.
- Simulando la lluvia, aspersion
- Lluvia más fina, micro aspersion.

También permiten la aplicación de fertilizantes junto con el agua de riego, este proceso se denomina fertirrigación (Oviedo, 2013).

4.9.1. Sistemas de Riego por Goteo

Consiste en aplicar agua directamente a la zona radicular de la planta, se utiliza pequeños caudales a baja presión; se puede aplicar con alta frecuencia, reducen la evaporación y ayuda a mantener el suelo a capacidad de campo, para que las plantas absorban agua con mayor facilidad (Yague y Garcia, 1999).

El riego por goteo se realiza a través de dispositivos mediante mangueras que aportan agua, gota a gota continuamente, lo más utilizados operan con caudales entre 1 hasta los 4 litros/hora.

- *Ventajas*

Según Paz (2015) manifiesta que el riego por goteo posee un sin número de ventajas:

- Permite de alguna forma el control de malezas,
- Existe un mayor ahorro de agua,
- Al facilitarse el trabajo se da un ahorro de mano de obra,
- Su aplicación da paso a un ahorro en fertilizante (permitiendo realizar mayores parcializaciones en las aplicaciones),
- Disminución de los daños a la estructura del suelo por lo tanto la calidad de cosecha aumenta

- *Desventajas*

Según Liotta (2000) las limitaciones del riego por goteo en el suelo son las siguientes:

- Se necesita realizar un correcto control de dosis de agua, fertilizantes, pesticidas y productos aplicados al agua de riego para evitar dificultades más adelante,
- En muchas ocasiones si no se tiene precauciones se da acumulación de sales en el suelo, altos costos de adquisición e instalación inicial;
- Tiene requerimientos específicos como mano de obra especializada, un buen diseño entre otros.

4.9.1.1. Componentes de un sistema de riego por goteo

A continuación, se detallan las partes de un sistema de riego:

4.9.1.1.1. El Cabezal de Riego

Fernández y García (s, f) definen al cabezal de riego como al conjunto de dispositivos situados al principio de la instalación o red de riego localizado con el objetivo de controlar su funcionamiento.

El cabezal de riego se lo coloca en la cabecera de las superficies de riego es el elemento central del sistema, y está constituido por: equipo de bombeo, válvulas, instrumentos de programación, dispositivos de filtrado, equipo de fertilización, accesorios, equipos de presión, entre otros (Martínez, 2014).

- *Sistema de filtrado*

Pineda (2010) la obturación de los emisores es uno de los problemas más importantes de los sistemas de riego localizado, suele producirse por partículas minerales (arena, limo, arcilla), partículas orgánicas (algas, bacterias, restos de plantas o animales), y sales precipitadas que provienen de los fertilizantes añadidos o las que están presentes en el agua de riego. Si se producen obturaciones, el costo de mantenimiento de la red será mayor, la duración de los componentes de la instalación se verá reducida y el agua de riego se aplicará con menor uniformidad. Por ello, el equipo de filtrado es el encargado de evitar posibles obturaciones en el pequeño diámetro del conducto del gotero.

Según Rodrigo et al. (1997) Se utilizan filtros de arena y filtros de malla para los sistemas de riego por goteo debido a que permiten retener partículas orgánicas e inorgánicas, pero su aplicación más importante está dirigida hacia la separación de partículas orgánicas A continuación, se describen cada uno de ellos:

- Filtros de arena: generalmente son tanques metálicos, en algunos casos de plástico reforzado, estos son capaces de resistir las presiones estáticas y dinámicas de la red, están rellenos de arena o grava tamizada de un determinado tamaño, es importante mencionar que el filtrado se produce cuando el agua atraviesa toda la arena.
- Filtros de malla: está constituido por una carcasa, en la mayoría de los casos metálica, de forma cilíndrica, que aloja en su interior el elemento filtrante, el mismo que está compuesto por un soporte perforado recubierto por una malla la cual puede ser de nylon o más corrientemente de acero inoxidable.

4.9.1.1.2. La Red de Distribución

La red de distribución está formada por las tuberías, que llevan el agua filtrada y tratada desde el cabezal y los elementos singulares a la zona de riego, por ejemplo, juntas y otros accesorios (Fernández, 2010).

Montalvo (2005) define a las tuberías como el conjunto de conducciones que, ramificándose en el grado necesario llevan el agua a todas las subunidades de riego, normalmente son de PVC.

Kay (2017) indica que, es indispensable que la red de distribución tenga la capacidad de llevar el flujo de diseño, que pueda resistir fuerzas externas e internas, ser duraderas, y poseer una vida útil larga, por lo cual se recomienda conocer los tipos de tuberías disponibles, instalación y uso, tipos de accesorios y válvulas que necesitan.

Las tuberías más utilizadas están fabricadas en policloruro de vinilo (PVC) y polietileno (PE) las mismas que Pizarro (1996) las define como:

- PVC: tubos de plástico rígidos fabricados a partir de una materia prima compuesta esencialmente de resina sintética de Policloruro de Vinilo PVC, caracterizado por su resistencia y ligereza. Flexible y moldeable, sin necesidad de aplicar calor. Su bajo coste de instalación y mantenimiento lo convierten en uno de los materiales de construcción con larga vida útil.
- PE: material plástico derivado del etileno, al que se somete a un proceso de calor y presión que provoca su polimerización, las tuberías de polietileno se fabrican mediante extrusión.

4.9.1.1.3. Elementos de la Red de Riego

Según la función que cumplan dentro de la red se distinguen:

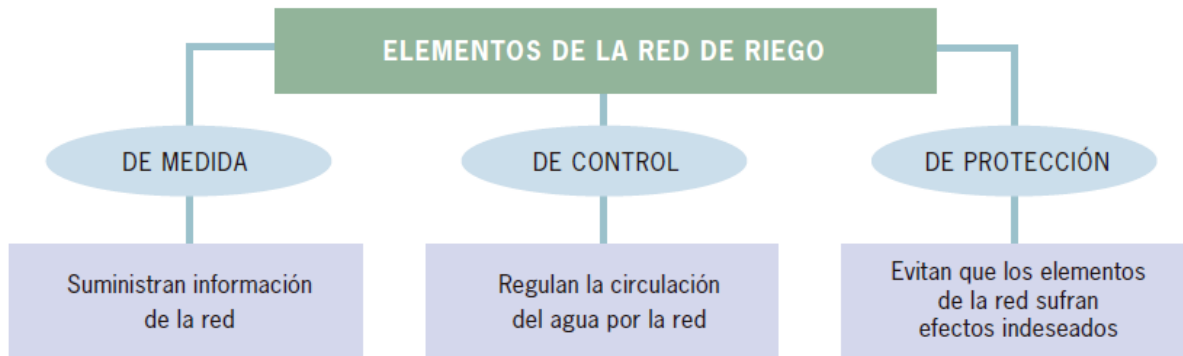


Figura 3. Clasificación de los elementos de la red de riego

Fuente: Fernández 2010

4.9.1.1.3.1. Elementos de Medida

Los más usuales suelen destinarse para medir el caudal o el volumen de agua o bien la presión en cualquier punto del sistema. Estos elementos son imprescindibles en las instalaciones de riego localizado (Edmundo, 2013).

Fernández (2010) destaca dos importantes elementos de medida, medidores de caudal y medidores de presión, los cuales se describen a continuación:

- **Medidores de caudal:** Son elementos usados para medir la cantidad de agua que pasa en un tiempo determinado, también son útiles para descubrir la existencia de obturaciones, roturas e incluso fugas de agua en determinados lugares de la instalación.
- **Medidores de presión:** Son elementos que permiten saber si algún componente está siendo sometido a presiones de trabajo mayores de las nominales y tiene riesgo de rotura, si está sufriendo una gran pérdida de carga (por ejemplo, un filtro muy sucio que necesitará limpieza) o si no tiene presión suficiente para trabajar correctamente (por ejemplo, un lateral de goteo que no tiene presión para que los goteros suministren el caudal nominal). Los elementos que miden presión se denominan manómetros.

El manómetro es un componente importante del sistema puesto que permite determinar la presión en los puntos que se desee, tanto en el cabezal como en el campo. En el cabezal es útil poseer un manómetro de forma permanente conectado a una llave de tres vías para seleccionar manualmente el punto de presión que desee conocer, así por ejemplo la entrada y salida de filtros (Liotta, 2000).

4.9.1.1.3.2. Elementos de Control

En todos los elementos de control es necesario comprobar su buen funcionamiento y el estado de todas las juntas del sistema para evitar posibles fugas, que provoquen el incremento de la cantidad de riego y con su consecuente aumento de costo del sistema (Edmundo, 2013).

- Reguladores de presión y caudal: La regulación de presiones y/o caudales a la entrada de las subunidades de riego es imprescindible en las instalaciones de riego localizado, la descarga de los emisores de riego depende de la presión (Rodrigo et al., 1997).
- Válvulas: Crespo (2016) define a la válvula como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos.

Existen diferentes tipos de válvulas, de acuerdo a su función: válvulas de bloqueo o cierre, válvulas de estrangulamiento, válvulas de retención, válvulas de control de presión, y válvulas específicas (Macías, 2015).

4.9.1.1.3.3. Elementos de Protección

Están destinados a proteger los elementos de la instalación de sobrepresiones o de depresiones, generalmente producidas cuando la instalación entra en funcionamiento o cuando se está parando. Esto coincide con la apertura y cierre de válvulas, puesta en marcha y parada de bombas, etc. Aunque hay diversos tipos de mecanismos, los más usados en las instalaciones de riego localizado son las ventosas y los calderines (Sevilla, 2010).

4.9.1.1.4. Suministro de Agua Para Riego

La fuente de agua es donde inicia el sistema de riego esta puede provenir de un pozo, lago, río, reservorio, acequia o canal, por lo tanto, es de vital importancia conocer el caudal continuo para que esta sea capaz de suministrar la cantidad de agua necesaria para el cultivo. Las características que más influyen son ubicación, cantidad, calidad y costo de agua (Valarezo, 2013).

4.9.1.2. Goteros: Emisores del Riego Localizado de Alta Frecuencia.

Son Aquellos emisores que aplican el agua en gotas o pequeños chorros, mojando una superficie del suelo de unos poco dm^2 (Montalvo, 2005).

4.9.1.2.1. Regulación de Presión de los Goteros

Los goteros de acuerdo a su comportamiento hidráulico se clasifican en:

- **Auto-compensados.-** Son emisores que permiten variar el tamaño del conducto con relación a la presión de entrada. Generalmente es una membrana flexible que se deforma bajo el efecto de la presión, limitando el caudal. Los goteros auto-compensantes tienen un coeficiente que van desde 0 a 0.3, proporcionan un caudal correcto dentro de una amplia variación de presión (Fuentes, 1998).

Rodrigo et al., (1997) menciona un concepto más resumido en el cual manifiesta que los goteros auto compensantes son goteros con flujo turbulento o transitorio en los que se intenta que el caudal sea constante independientemente de la presión.

- **No-compensados o Turbulentos.-** En ellos el agua sale al exterior a través de uno o varios orificios de pequeño diámetro, en donde tienen lugar la mayor pérdida de carga. El régimen de flujo es completamente turbulento y el exponente de descarga suele ser próximo a 0.5 (Rodrigo et al., 1997).

4.9.1.2.2. Ecuación Característica del Emisor

La ecuación característica de un emisor es la siguiente.

$$q = K.h^x$$

Dónde:

q = caudal del emisor (l h^{-1})

K = coeficiente de descarga, característico de cada gotero (adimensional)

h = presión a la entrada del emisor (m.c.a.)

x = exponente de descarga característico de cada gotero (adimensional), que indica la sensibilidad de los emisores a la variación de presión (Ortiz, 2020).

4.9.1.2.3. Régimen Hidráulico de los Emisores

La evaluación del comportamiento hidráulico permite determinar la relación presión-caudal y el coeficiente de variación por fabricación de los emisores, parámetro influyente en el coeficiente de uniformidad de los sistemas de riego y en consecuencia en su eficiencia (Gil, et al., 2009).

Turégano (2014) afirma que el régimen hidráulico en emisores con orificios es siempre totalmente turbulento su exponente x es 0.5. Sin embargo, los emisores de largo recorrido o de laberinto pueden tener exponentes que varían entre 0.6 y 1.0. Por su parte, los emisores que permiten la regulación del caudal arrojado (auto-compensantes) tendrían un exponente x menor de 0.5, siendo o el valor del exponente correspondiente a un emisor auto-compensante ideal.

La norma de ensayo de emisores UNE-EN-ISO 9261 (AENOR 2010) establece que un emisor es auto-compensante si su exponente x es menor de 0.2. Esto implica asumir como modelo de comportamiento hidráulico el establecido en la ecuación anterior.

Otro parámetro importante a la hora de definir el comportamiento de los emisores es el denominado coeficiente de variación de fabricación (CV), es un término usado para describir la variación de los caudales de una muestra de emisores nuevos sometidos a una presión determinada. El CV se calcula a partir de la siguiente expresión (Karmeli y Keller, 1975)

$$CV = \frac{\sigma q}{q}$$

Donde

σq : Es la desviación típica de la muestra, en l h⁻¹

q: Es el caudal promedio de la muestra, en l h⁻¹

4.9.1.2.4. Tipos de Emisores y el Exponente de Descarga x

Fuentes (1998) manifiesta que: refiriéndose a la configuración de su conducto, existen diferentes tipos de emisor, los mismos que se detallan a continuación:

- **De largo conducto.** El gotero de microtubo consiste en un tubo de pequeño diámetro y gran longitud. Su exponente de descarga varía de 0,75 a 1. Debido a los inconvenientes de su régimen próximo al laminar, el microtubo ya no se utiliza como gotero, sino como elemento de conducción
- **De laberinto.** El agua recorre una trayectoria en laberinto, por lo que aumenta la turbulencia del flujo (exponente de descarga comprendido entre 0,45 y 0,55). Es poco sensible a las obstrucciones y a los cambios de presión y temperatura.
- **De orificio.** El agua descarga a través de uno o varios orificios de pequeño diámetro. El régimen es turbulento (exponente de descarga próximo a 0,5). Es poco sensible a las variaciones de presión y temperatura, pero se obstruye con facilidad debido a pequeño diámetro de los orificios.
- **De remolino.** Este emisor tiene una cámara circular en donde se produce un remolino, en cuyo centro se localiza el punto de emisión. Debido a la pérdida de carga adicional que se origina, el diámetro del conducto puede ser mayor que en otros emisores, reduciéndose el riesgo de obstrucción. El exponente de descarga varía de 0,45 a 0,55 por lo que son pocos sensibles a las variaciones de presión.

4.10. Diseño de Sistemas de Riego por Goteo

El diseño del sistema de riego por goteo está contemplado en dos fases, el diseño agronómico y el diseño hidráulico, a continuación, se presenta cada uno de ellos:

4.10.1. Diseño Agronómico.

El diseño agronómico del cultivo a regar, es esencial en todo proyecto de riego, ya que en él se evalúa: el terreno donde se instalará el sistema, la caracterización del suelo, la disponibilidad y calidad del agua, las necesidades de agua de los cultivos, cálculo de la lámina de riego a aplicar, la frecuencia de aplicación, el tiempo de riego y el método de aplicación del agua al cultivo. (Bojacá y Monsalve ,2012).

4.10.1.1. Lámina Neta (Ln).

En un concepto muy práctico y resumido Schulbach (1999) citado por Castillo (2020) define a la lámina neta como a la altura de agua que es capaz de almacenar un suelo de cierta profundidad; de tal forma que un suelo arcilloso tiene una mayor capacidad de estanque que un suelo arenoso. En otras palabras, es la cantidad de agua que la planta puede aprovechar del suelo y que se encuentra retenida entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

4.10.1.2. Precipitación Efectiva (Pe).

La precipitación efectiva es estimada en base a la precipitación media mensual; es decir, cuando la precipitación no ha se perdido por escorrentía ni por percolación, (Villalobos et al., 2009)

Desde el punto de vista agrícola Montalvo (2005) la define como aquella parte de la lluvia que directa o indirectamente se utiliza en la explotación, es la parte de precipitación que se aprovecha para satisfacer necesidades de agua de la planta, y depende de las características de lluvia, de variables topográficas, de características del suelo, del contenido de humedad del suelo en el momento de la lluvia, de la profundidad a que pueda hallarse el nivel freático, del tipo de labores culturales y del cultivo.

4.10.1.3. Necesidades Hídricas Netas

Martínez (2014) de manera muy resumida define a las necesidades netas como aquellas que requiere y aprovecha la planta, asumiendo un sistema ideal.

Las necesidades netas de riego (Nn) vienen definidas por las siguientes variables:

- Las necesidades de agua del cultivo.
- Aporte de la precipitación efectiva.
- Aporte capilar desde una capa freática próxima a las raíces.
- Variaciones en el almacenamiento de agua en el suelo.

$$N_n = ET(\text{cultivo}) - P_e - \text{Aporte Capilar} - \text{Variación de almacenamiento}$$

Del total de agua de precipitación que cae sobre la superficie de un terreno, una parte se infiltra y se incorpora a la zona radical, otra parte percola en profundidad fuera del alcance de las

raíces, otra parte se pierde por escorrentía superficial y otra queda interceptada por la vegetación, desde donde se evapora posteriormente (Fuentes, 1998).

4.10.1.4. Diámetro del Bulbo Húmedo del Gotero

Los riegos localizados generalmente se caracterizan por aplicar el agua solamente a una parte del suelo. A efectos de diseño es necesario establecer un mínimo de volumen del suelo que se va a humedecer, lo cual es algo complicado, por lo que el concepto de porcentaje de suelo mojado se sustituye por el de porcentaje de superficie mojada, el cual es más fácil de manejar y medir. En 1978, Keller y Merriam estandarizaron que el área mojada se mide a 30 cm de profundidad y posteriormente, sugiere que esa medida se haga a la profundidad en que la densidad radicular sea máxima, este último autor propone una modificación de la definición en la que el porcentaje de superficie mojada de Keller se multiplica por la fracción de área sombreada. Para el parámetro "porcentaje de superficie mojada" (P) se recomienda como valores mínimos para árboles con clima húmedo $P = 20 \%$. En cambio, en el caso de cultivos herbáceos el valor de P debe ser mayor, llegando incluso al 70% . La elección de P es bastante importante, puesto que valores elevados aumentan la seguridad del sistema y de la misma forma aumenta también el costo (Ticona,2013).

4.10.1.5. Porcentaje de Suelo Mojado

Montalvo (2005) menciona que, aunque una de las ventajas del riego localizado se deriva del hecho de que la zona regada es superior a la humedecida, esta última debe ocupar una superficie mínima por dos razones fundamentales. Por un lado debe asegurarse que el sistema radicular explore un volumen de suelo mínimo y, por otra, debe preverse ante una posible avería una suficiente reserva de agua en el suelo. En un cultivo intensivo, la proximidad de las filas de plantas y el solape de los bulbos húmedos hace que, en realidad, el tanto por cien de suelo mojado respecto al regado sea del 100% , sin embargo, en los cultivos leñosos no tiene sentido agronómico ni económico alcanzar este valor.

Ortiz (2020) indica que los rangos para la superficie mojada por gotero deben ser de 33% a 70% , fuera de dichos rangos se posibilita mayor error en el diseño de riego.

4.10.1.6. Lamina Bruta (Lb)

Cuando se aplica el riego, hay pérdidas, que se deben a la eficiencia del mismo (Ef), pues se debe recordar que no es posible lograr un 100% de eficiencia en la aplicación del agua y que no toda el agua que penetra es retenida en la zona radicular del cultivo, existen pérdidas inevitables, para los sistemas de riego por goteo se ha establecido este valor en $Ef=0.90$, con este dato se ajusta la lámina de riego neta (Ln) y a este reajuste que considera las pérdidas del sistema con su eficiencia se conoce como la lámina bruta (Ticona, 2013).

En la Tabla 4 se presenta las eficiencias de aplicación del agua en el suelo de acuerdo al método de riego.

Tabla 4. *Eficiencias de aplicación del agua según el método de riego.*

Método de riego	Eficiencia de riego (%)
Tendido	30
Surcos	45
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Microaspersión	85
Goteo	90

Fuente: UDEC CHILE. Adaptado por MINAGRI (2015).

4.10.1.7. Intensidad de Precipitación

Según Gil et al. (2009), la intensidad de precipitación (I_p) en el caso de los sistemas de riego por goteo es la cantidad de recurso hídrico en milímetro que se aportara al cultivo en una unidad de tiempo (hora). Si la I_p es superior a la velocidad de infiltración básica de la superficie donde cae, habrá un volumen sobrante de agua que escurrirá sobre la misma y causará daños por escorrentía.

4.10.1.8. Tiempo de Riego

Hace referencia al tiempo en el cual se debe reponer el agua ya utilizada por el cultivo y/o perdida en los procesos de evapotranspiración. El tiempo de riego permite contestar una de las

preguntas claves en el diseño de riego, ¿cuánto regar? Se refiere al momento en que se debe reponer el agua al suelo y que ha sido consumida por los cultivos entre dos riegos. La cantidad de agua a reponer depende esencialmente del cultivo y de la cantidad de agua que deseamos sacar del suelo, entendiendo que éste actúa como un estanque de almacenamiento. (Corporación Nacional de Desarrollo Indígena CONADI, 2017).

4.10.1.9. Frecuencia de Riego

La frecuencia de riego representa la cantidad de días que se debe esperar para volver a regar y poder mantener las condiciones ideales de humedad del suelo, es decir va en función de la condición de suelo, clima, las pérdidas en el periodo contemplado entre dos riegos y el nivel de consumo según el tipo de cultivo (Hernández, 2016).

4.10.2. Diseño Hidráulico.

En la actualidad de acuerdo a diferentes problemáticas se ha visto la necesidad de introducir en los nuevos regadíos el riego localizado transformando los regadíos tradicionales, ya que en el riego localizado la economía del agua es mayor. El diseño hidráulico básicamente se centra, en las conducciones y elementos necesarios para suministrar agua a presión a los emisores de riego, de tal forma que los cálculos hidráulicos para todos los riegos a presión (goteo, aspersión, micro aspersión) serán iguales, salvo en algunos detalles que diferencian a unos de otros. Así mismo se estudian las partes y elementos de que consta la red de riego: tuberías, válvulas, etc. Lo que no se estudia es la distribución de agua en lámina libre, propia del riego por gravedad: distribuciones en canales y acequias, o de tuberías que no estén cebadas, es decir, que no funcionen a presión (Martínez, 2014).

4.10.2.1. Red Hidráulica.

Una red hidráulica es un sistema de elementos (tuberías, bombas, válvulas, tanques, etc.) los mismo que se encuentra conectados entre sí para transportar determinadas cantidades de fluido y donde las presiones nodales deben, en general, cumplir con un valor mínimo establecido en las normas locales (Reina, 2012).

Cuando se habla de un sistema de riego, en la red de tuberías se debe diferenciar los tipos de conducciones, puesto que pueden ser primarias, secundarias terciarios o laterales, cada uno de ellos tiene magnitudes y características diferentes, según Waller y Yitayew (2016) las tuberías en

riego por goteo son en general de PVC y PE. Las tuberías laterales y las secundarias se instalan en polietileno, en cambio la tubería principal puede ser de polietileno o de PVC dependiendo de su diámetro.

4.10.2.2. Pérdidas de Carga en Tuberías

Fernández (2010), indica que a medida que el agua dotada de presión circula por las tuberías y atraviesa los distintos elementos del sistema va perdiendo parte de dicha presión debido al rozamiento. A esta pérdida de presión se le denomina pérdida de carga, y se expresa en las mismas unidades que la presión, normalmente en metros de columna de agua (mca.). Las pérdidas de carga en el sistema dependen principalmente de los siguientes condicionantes:

- Diámetro interior de la tubería, teniendo en cuenta que a menor diámetro la pérdida de carga es mayor para el mismo caudal circulante.
- Longitud de la tubería, sabiendo que a mayor longitud de la tubería también es mayor la pérdida de carga para el mismo diámetro y caudal circulante.
- Caudal, siendo mayor la pérdida de carga a mayor caudal para el mismo diámetro.
- Tipo de material de la tubería y rugosidad de sus paredes interiores (aluminio, polietileno, fibrocemento, etc.).

Según Rodrigo et al (1997) existen dos clases de pérdidas de carga: pérdida de carga por fricción, también conocida como pérdida lineal o continua y pérdida de carga localizada, conocidas como pérdida singular o en accesorios, las mismas que se explican a continuación.:

4.10.2.2.1. Pérdidas de Carga lineal o Continuas

Consideradas así a aquellas que ocurren por los rozamientos del fluido con las paredes de las tuberías y dependen de parámetros como longitud, rugosidad de la tubería, viscosidad o densidad, y velocidad, del fluido. Los expertos toman mayor importancia a las pérdidas continuas y si las pérdidas localizadas no superan el 5% de las totales suelen despreciarse (Rodrigo et al, 1997).

4.10.2.2.2. Pérdidas Localizadas.

Son las causadas por el cambio de movimiento que experimenta el fluido cuando cambia de dirección. Se les conoce también como pérdidas en accesorios, accidentales o singulares. A

diferencia de la pérdida continua, no son causadas por la fricción, sino por fenómenos de turbulencia originados en puntos específicos de los sistemas de tuberías. Estos puntos pueden ser: válvulas, codos, cambios de dirección, juntas, derivaciones, ampliaciones, contracciones etc. (Jiménez, 2017).

4.10.2.3. Diseño de la Tubería Lateral

El cálculo del diámetro de un ramal lateral se basa en la uniformidad conseguida en la descarga del agua por los goteros del ramal (Fuentes, 1998).

Según Boswell (1990) la hidráulica de las tuberías laterales es similar en la mayor parte de los aspectos a la de la sub principal, excepto en que el material de conducción es generalmente polietileno en lugar de PVC, los diámetros son más pequeños y hay habitualmente numerosas pérdidas menores. Las pérdidas de carga debidas a conexiones en los emisores pueden contabilizarse sobre la base de una longitud equivalente de tubería, esto es la pérdida de carga en la conexión equivalente a la pérdida de carga en una longitud dada de la tubería lateral.

Para el diseño del lateral de riego se requiere algunos datos previos, según Savaldi (1995), son los siguientes:

- Longitud programada del lateral (m)
- Distancia entre emisores (m)
- Número requerido de emisores (u)
- Pendiente del terreno en el sentido del lateral (%)
- La distancia hasta el primer emisor (m)
- Longitud neta requerido del lateral (m)
- La presión nominal de trabajo del emisor (mca)
- Perdida máxima total de carga en el lateral (mca)
- Descarga nominal del emisor ($l^* h^{-1}$)
- Perdidas locales en el lateral (%)

4.10.2.4. Diseño de la Tubería Terciaria

Por lo general una subunidad de riego por goteo está formado por una tubería terciaria que alimenta a los laterales que contienen los emisores, que distribuyen el agua por el sector. Dada una uniformidad de riego y un modelo de emisor determinados, siguiendo la metodología de Keller y

Bliesner (1990) se puede calcular la presión mínima del sector. El diseño de la tubería terciaria se facilita si la consideramos a esta como si de un lateral se tratase en el sentido que cada lateral es tratado como un emisor. Teniendo en cuenta que la $\Delta h_{terc} = (1-x)$ es decir que se tiene que considerar en la terciaria la Δh complementaria de la usada para el lateral. De esta manera se obtiene la longitud máxima de terciaria que agota la Δh_{terc} seleccionada y garantiza la UD escogida. El diámetro de la terciaria depende estrechamente del tamaño del sector a regar (Larraz y Viscarrí, 2019)

4.10.2.5. Diseño de la Tubería Secundaria

Tomando en cuenta que las tuberías secundarias son aquellas que conducen el agua que circula por la primaria a cada unidad de riego Ahmad y Ajas (2013) manifiestan que dependerá de las dimensiones del terreno y del número de terciarias que funcionen al mismo momento.

La variación de la presión en la tubería secundaria no debe superar el 20 % de la presión de operación del gotero y la velocidad del agua deberá estar comprendida en el rango establecido, el mismo que explica posteriormente (Ortiz, 2020).

4.10.2.6. Diseño de la Tubería Principal

Según Valarezo (2013), el diseño de la tubería principal considera no tener pérdidas superiores al 15 % de la presión de operación del emisor en la tubería principal. Teniendo en cuenta que en esta tubería se anula el coeficiente de Christiansen (F) de salidas múltiples, generalmente en esta tubería circulan los caudales más grandes, llega desde la fuente de agua, pasa por el cabezal de control y termina en el inicio de las tuberías secundaria

5. MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado se realiza una descripción breve del área de estudio, su localización, procedimientos y técnicas que se utilizaron para la realización del trabajo de investigación.

5.1. Materiales

5.1.1. Materiales y Equipos de Campo

Se utilizaron los siguientes materiales de campo: cámara fotográfica, GPS diferencial Leica Viva GS15, libreta de campo, cinta métrica, barreno, recipiente volumétrico de 10 litros, tejido nylon, muestras de suelo, barreno, regla, marcadores, cilindros koppecky (recolección de muestras de suelo inalteradas), flexómetro, combo, cilindros, pico, pala, pintura, anillos metálicos concéntricos de 45 cm de altura: interiores de 20 cm y exteriores de 30 cm de diámetro, recipientes de plástico de 10 litros para transportar agua, jarra pequeña, machete.

5.1.2. Materiales y Equipos de Oficina

Para el trabajo de oficina se utilizó los siguientes materiales: computadora, lápiz, libreta, calculadora, modelo digital del terreno (curvas de nivel), catálogos de materiales y equipos de riego (goteros, tubería), datos climáticos tomados de otro estudio realizado en la zona, PDOT del cantón Gonzanamá y material bibliográfico.

5.2. Descripción del Área de Estudio

El trabajo de investigación se realizó en la Finca “El Toldo” propiedad del Sr. Juan León, ubicado en la parroquia y cantón Gonzanamá de la provincia de Loja, la finca tiene las siguientes coordenadas UTM WGS84: 9535559 N y 674565 E. La finca se encuentra a 3 km de distancia de la cabecera cantonal de Gonzanamá y dispone de acceso permanente mediante una vía secundaria de uso exclusivo de la propiedad, la cual se deriva de la vía principal Catamayo - Gonzanamá.

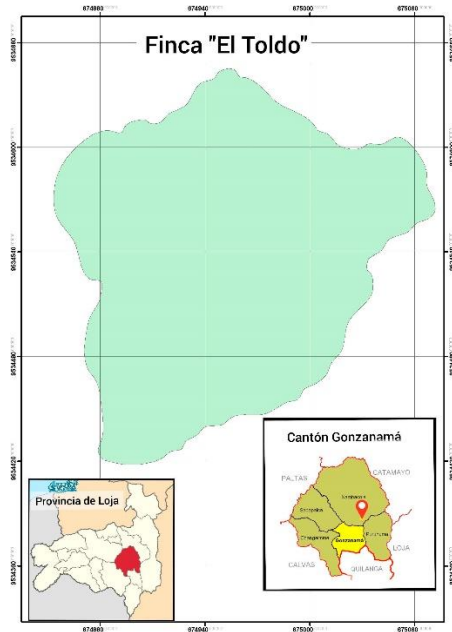


Figura 4. Finca “El Toldo” cantón Gonzanamá

Fuente: Instituto Geográfico Militar

Según Gonzanamá (2019) el cantón Gonzanamá se caracteriza por poseer dos climas clasificados como moderado y frío, con una temperatura media anual de 16,8°C, así mismo posee una altitud media de 2040 m s.n.m.

5.3. Caracterizar la Zona de Estudio en sus Aspectos Biofísicos

Para alcanzar este objetivo se realizaron visitas y trabajos de campo en la zona de estudio. Para la caracterización de: relieve, geología, suelos, y red hídrica, fue necesario hacer uso de información secundaria obtenida principalmente del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) DEL cantón Gonzanamá, Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional (CLIRSEN), Instituto Geográfico Militar (IGM), entre otras, con datos puntuales del cantón Gonzanamá.

5.3.1. Topografía de la Finca “El Toldo”

Mediante el uso de un GPS diferencial, se procedió a ubicar un polígono base, mismo que permitió realizar el levantamiento topográfico de las zonas de interés como son: los reservorios, la conducción principal y del área donde se implementará los cultivos dotados de riego por goteo, levantamiento que se hizo la metodología de medición RTk, con una densidad más de 300 puntos

por hectárea, utilizando un software de dibujo topográfico, se detalló los diferentes accidentes del terreno y se dibujaron las curvas de nivel con una equidistancia de 1m.

5.3.2. Caracterización Edafológica

- Se realizó la descripción del perfil de suelo mediante la excavación y análisis de una calicata con dimensiones de 1.20 x 1.50m, paralelamente, se procedió a recolectar las muestras (disturbadas y no disturbadas) del perfil del suelo en la calicata y una muestra superficial para evaluar la fertilidad en el primer horizonte, para su posterior análisis de laboratorio. Las muestras antes recolectadas se empacaron y enviaron a los laboratorios; las muestras sin disturbar que fueron cuatro Cilindros Kopecky por cada horizonte, un total de ocho muestras (solo se trabajó con los dos primeros horizontes), fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Loja; las muestras disturbadas de cada horizonte junto con la muestra de fertilidad que se obtuvo de diferentes puntos del área a implementarse con riego por goteo, fueron enviados al INIAP estación santa Catalina de la ciudad de Quito. Se determinó capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente (Ver anexo 3), y fertilidad del suelo (Ver anexo 1 y 2).

5.3.2.1. Pruebas de Infiltración

En el área donde se diseñó el sistema de riego, adjunto a la Calicata donde se hizo la descripción del perfil del suelo, se realizó la prueba de infiltración con tres repeticiones, utilizando el método de anillo doble, se tomaron lecturas del anillo interno durante 4 horas en intervalos de 5, 10, 15 y 30 minutos, hasta que el descenso del agua se estabilizó.

5.3.3. Disponibilidad de Agua.

La disponibilidad de Agua se determinó a través de información secundaria con datos del cantón Gonzanamá y más específicamente para la finca el toldo información proveniente de la SENAGUA quien autoriza el aprovechamiento de agua a partir de la quebrada “El Huato” para el desarrollo de todas las actividades productivas, con una dotación de 0,60 l s⁻¹, durante 8 días cada mes.

5.4. Realizar el Diseño Agronómico e Hidráulico de un Sistema de Riego por Goteo Para el Cultivo de Moringa (Moringa Oleífera) y Flor de Botón de Oro (Tithonia Diversifolia Hemsl).

A continuación, se muestra el proceso que se llevó a cabo en la realización del diseño del sistema de riego por goteo para los cultivos que se implementaran: Moringa y Flor de botón de oro, en un área de 1 hectárea.

Para desarrollar el segundo objetivo se siguió la metodología propuesta por Ortiz (2020) y otros.

5.4.1. Datos Iniciales Para el Diseño del Sistema de Riego por Goteo

Se identificó los datos de partida, entre ellos: las condiciones climáticas, características del cultivo, del suelo y del equipo de riego que se va a usar.

- Dentro de las condiciones climáticas, se calculó la evapotranspiración potencial a través del programa PETP V2 0.0, en el cual se ingresaron datos de: temperatura media, temperatura mínima, temperatura máxima, horas de sol, humedad relativa, velocidad del viento, precipitación media mensual. El software utilizado, calculó mediante diferentes métodos empíricos, como son: Método de Thorntwaite, Método de Hargreaves, Método de Linacre, Método de Papadakis, Método de Serruto, Método de García – López. La evapotranspiración final de trabajo fue el resultado del promedio de todos los métodos empíricos empleados. Se usaron 20 años de información, desde el año 1990 hasta el año 2010. La información para generar estos datos proviene del proyecto “Construcción de micro reservorio e implementación de riego parcelario tecnificado para 79 beneficiarios de la asociación PROCAFEQ” que se desarrolló para el cantón Gonzanamá por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Respecto a las características del cultivo: se determinó la densidad de siembra óptima, en el caso de la moringa recomendada por Nodal, (2007) y para la flor de botón de oro recomendada por Arronis (2014), también al ser dos cultivos de tipo arbustivo se destinó un porcentaje de sombreo en un rango de 70 a 80 %; la profundidad radicular es otro parámetro que se tomó en cuenta, finalmente se determinó el coeficiente de cultivo, K_c , tomando en cuentas las características botánicas que tiene estos cultivos, conociendo que no existen estudios sobre

estos cultivo en la zona de ubicación del proyecto, se considera el Kc en su estado más crítico determinado según FAO (2011).

- Dentro de las características importantes de la unidad de riego están: caudal de descarga del emisor, presión nominal de trabajo, ecuación de descarga, longitud y el diámetro del lateral.

5.4.2. Diseño Agronómico

Es necesario puntualizar que el diseño agronómico requiere conocer los parámetros climáticos, edafológicos y de monitorear continuamente la humedad del suelo a fin de manejar en condiciones adecuadas el riego. Se utilizó la metodología sugerida por Ortiz (2020)

5.4.2.1. Cálculo de la Profundidad Radicular Efectiva (Pre)

La profundidad radicular efectiva equivale al 80 % de la profundidad radicular total del cultivo

$$Pre = 0.8 \times Pr$$

Profundidad radicular total = Pr (mm)

Profundidad radicular efectiva = Pre (mm)

5.4.2.2. Cálculo de la Lámina de Agua Aprovechable (LAA_x)

Se calculó con la siguiente formula:

$$LAA_x = \frac{(CC - MP)}{100} * pre * PW$$

Donde:

CC= capacidad de campo (% en términos de volumen θ)

MP= Punto de marchitez permanente (% en términos de volumen θ)

Pre= profundidad radicular efectiva (mm)

PW= porcentaje de humedecimiento (%), (para el cálculo en decimal)

5.4.2.3. Cálculo de la Lámina Neta LN

La lámina neta se calculó con la siguiente formula:

$$LN = p * LAA_x$$

Donde:

p= porcentaje de sombreado (%), (para el cálculo en decimal)

LAA_x = lámina de agua aprovechable (mm)

5.4.2.4. Separación Entre Emisores

Para el cálculo del ancho de humedecimiento (W), se considera la siguiente expresión:

$$W = 1.08 * \sqrt{\frac{q}{V I b}}$$

De donde:

q = caudal del emisor (l h⁻¹)

V I b = Velocidad de infiltración básica (mm h⁻¹)

La separación de emisores es igual al 80% del ancho de humedecimiento.

$$Se = 0.80 * W$$

Donde:

Se= separación entre emisores (m)

W= ancho de humedecimiento (m)

5.4.2.5. Porcentaje de humedecimiento

Se calculó con la siguiente formula:

$$PW = \frac{Ne * SE * W}{Sp * Sl} * 100$$

Donde:

Ne = número de emisores (u)

SE = separación entre emisores (m)

W = ancho de humedecimiento (m)

Sl = separación entre laterales (m)

Sp= separación entre plantas (m)

La misma que resumida queda de la siguiente forma:

$$PW = \frac{W}{Sl} * 100$$

5.4.2.6. Lámina Total

La lámina total se calculó con la siguiente formula:

$$LT = \frac{Td * Fr}{Efa}$$

Donde:

LT=Lámina Total

Td = transpiración diaria del cultivo (mm día⁻¹)

Fr = frecuencia de riego (días)

Efa = eficiencia del método de riego (%), (para el cálculo en decimal)

5.4.2.7. Pluviometría del Emisor

Se calculó con la siguiente formula:

$$Ip = \frac{NL * Q}{Sl * Se}$$

Donde:

Ip = Pluviometría del Emisor (mm h⁻¹)

NL = número de laterales (u)

Q = caudal del emisor (l h⁻¹)

Sl = separación entre laterales (m)

Se = separación entre emisores (m)

5.4.2.8. Transpiración Diaria del Cultivo

Para la transpiración diaria del cultivo, se usa un método empírico en base a la fracción de área sombreada. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$T_d = N_H * K_1 * K_2$$

El valor de la ET se debe corregir para la localización concreta del cultivo. Para ello se introduce un factor corrector, K1:

$$K_1 = 0.1 * (PS)^{0.5}$$

Donde:

PS = Porcentaje de sombreado generado por el cultivo (%)

PS = 80%

Otra corrección usual es debida a la variación climática. Como los datos son extraídos de la media de los últimos 10 o 20 años, eso significa que no en todos los momentos el valor es correcto. Como en el riego localizado, la inyección de agua es muy precisa, y se proporciona la estrictamente necesaria, es necesario incrementar las necesidades para corregir las épocas deficitarias. Así se incluye un factor de K2 (Sánchez, 2013).

$$T_d = N_{HD} * K_1 * K_2$$

Donde:

Td = Transpiración diaria del cultivo (mm día⁻¹)

NHD = necesidades hídricas del cultivo (mm día⁻¹)

K1 = coeficiente de advección (adimensional)

K2 = coeficiente de cultivos vecinos (adimensional)

5.4.2.9. Tiempo de Riego

El tiempo de riego se calculó con la siguiente fórmula:

$$TR = \frac{LT}{I_p}$$

Donde:

TR= tiempo de riego (minutos)

LT= Lámina Total (mm día⁻¹)

IP= Intensidad de precipitación. (mm h⁻¹)

5.4.2.10. Turnos de Riego

Los turnos de riego se calcularon con la siguiente formula:

$$Td = \frac{Jt}{Tr}$$

Donde:

Jt = Jornada de trabajo (horas al día)

Tr = Tiempo de riego (minutos)

Td = Turnos de riego (unidad)

5.4.2.11. Sectorización de las áreas de riego

La zona en donde se implantará el sistema de riego por goteo es 1 ha, al ser dos cultivos forrajeros de similares características se subdividió el área en partes iguales: 0,50 ha para el cultivo de Moringa y 0,50 ha para el cultivo de Botón de Oro.

5.4.3. Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico tiene por objetivo definir la unidad de riego, donde se considera la tolerancia de presiones y caudales, pérdidas de carga, longitudes y diámetros de tuberías de los laterales y terciarias, el trazado de la red, válvulas, accesorios y cabezal del riego.

5.4.3.1. Caudal Requerido

El caudal requerido se calculó con la siguiente formula:

$$Qr = \frac{A \times q \times Nl}{Slx Sex1000}$$

Donde:

Q_r = Caudal Requerido $m^3 h^{-1}$

A = área (m^2)

q = caudal del emisor ($l h^{-1}$)

N_l = número de laterales (m)

S_l = separación entre laterales de riego (m)

S_e = separación entre emisores

5.4.3.2. Caudal de los Laterales

El caudal de los laterales se calculó con la siguiente formula:

$$Q_l = 1.2 * N_e * Q_e = 1.2 * \left[\frac{L_l}{S_e} + 1 \right] * Q_e$$

Donde:

Q_l = caudal del lateral ($l h^{-1}$)

N_e = número de emisores (unidades)

Q_e = caudal del emisor ($l h^{-1}$)

L_l = longitud del lateral (m)

S_e = separación entre emisores (m)

5.4.3.3. Caudal del Múltiple (Manífol)

El caudal del múltiple se calculó con la siguiente formula:

$$Q_m = N_l * Q_l = \left[\frac{L_m}{S_l} + 1 \right] * Q_l$$

Donde:

Q_m = caudal del múltiple ($l h^{-1}$)

N_l = número de laterales (u)

Q_l = caudal del lateral ($l h^{-1}$)

Lm = longitud del múltiple (m)

Sl = separación entre laterales (m)

5.4.3.4. Pérdida de Carga por Fricción en el Lateral

Se calculó con la siguiente formula:

$$H_{fl} = 1.131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * D^{-4.87} * L * F$$

Donde:

Hfl= perdidas descarga por fricción en el lateral (mca), no puede superar el 20 % de la presión de trabajo.

L =Longitud del lateral (m)

D =diámetro interno lateral (mm)

C = coeficiente de rugosidad de la tubería Pe (s/u)

Q = Caudal del lateral (m³ h⁻¹)

Factor de salida (F) = Como el número de salidas es mayor de a 50, F = 0,36. (Christiansen)

5.4.3.5. Perdidas permisibles en la subunidad de riego.

Se tomó las recomendaciones de Ortiz, (2020) el cual indica que para el lateral se permite un 80 % del diferencial de presión y 20 % como perdida por accesorios, en el caso que la topografía sea horizontal Δz toma un valor de cero, si la topografía es descendente Δz se considera el signo (+) y por el contrario si la topografía es ascendente Δz toma el signo (-).

$$H_{f_{lateral}} = \Delta P * 0.8 - H_{f_{lateral.friccion}} - h_{f_{accesorios}} \pm \Delta z$$

Donde:

Hf_{lateral} = Perdida de carga permitida en el lateral (mca)

ΔP = Diferencial de presión (mca)

Hf_{lateral.friccion} = Perdida de carga por fricción en el lateral (mca)

$h f_{\text{accesorios}} = \text{Perdidas por accesorios (mca)}$

$\pm \Delta z = \text{Diferencia de cotas (ascendente o descendente) (mca)}$

En este punto es necesario chequear la velocidad en el lateral, a fin comprobar si la velocidad se encuentra entre los rangos establecidos 0.5 - 2.5 m s⁻¹. Se calculó con la siguiente formula:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q= caudal a la entrada del lateral (m³ s⁻¹)

A= Área del lateral (m²)

5.4.3.6. Pérdida de Carga en el Múltiple

Según la norma, para el múltiple se permite un 20 % del diferencial de presión y 20 % como perdida por accesorios, en el caso que la topografía sea horizontal Δz se considera un valor de cero, pero si la topografía es descendente Δz signo (+) y por el contrario si la topografía es ascendente Δz signo (-). Se debe comprobar la velocidad paralelamente a las perdidas admisibles.

$$h f_{\text{múltiple}} = \Delta P * 0.20 + H f_{\text{accesorios}} \pm \Delta z$$

Donde:

$h f_{\text{múltiple}} = \text{Perdida de carga permitida en el múltiple (mca)}$

$\Delta P = \text{Diferencial de presión (mca)}$

$H f_{\text{accesorios}} = \text{Perdidas por accesorios (mca)}$

$\pm \Delta z = \text{Diferencia de cotas (ascendente o descendente) (m)}$

5.4.3.7. Diámetro del Múltiple

Para el cálculo del diámetro del múltiple es necesario conocer las pérdidas totales en el múltiple, las mismas que se calcularon con la siguiente formula:

$$H f_{\text{multiple}} = P_{\text{min}} - H f_{\text{lateral}} \pm z m$$

Donde:

$Hf_{multiple}$ = Pérdidas en el múltiple.

P_{min} = Presión mínima (mca)

$Hf_{lateral}$ = Pérdidas de carga en el lateral (mca)

$\pm zm$ = desnivel topográfico (m)

El diámetro mínimo se calculó con la siguiente formula:

$$D_{min} = \left[\frac{1.131 * 10^9 * \left[\frac{Q}{C} \right]^{1.853} * L * F}{Hf} \right]^{\frac{1}{4.87}} =$$

Donde:

Q = Caudal del lateral ($m^3 h^{-1}$)

C = coeficiente de rugosidad para PVC (tabla)

L = longitud del múltiple (m)

F = factor de salidas

Hf = pérdidas totales del múltiple (mca)

5.4.3.8. Pérdidas por Fricción en el Múltiple

Las pérdidas por fricción se calcularon con la siguiente formula:

$$H_{fm} = 1.131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.853} * D^{-4.87} * L * F$$

Donde:

Q = caudal del múltiple ($m^3 h^{-1}$)

C = coeficiente según tabla

D = diámetro interno comercial (mm)

L = Longitud del múltiple (m)

F = factor de salidas

Posteriormente se realizó un reajuste de pérdidas con la siguiente formula:

$$Hf_m = Hf \left(\frac{D_c}{D_{min}} \right)^{-4.87}$$

Donde:

Hf = las perdidas máximas del múltiple (mca)

D_c = diámetro interno comercial (mm)

D_{min} = diámetro mínimo (calculado) (mm)

5.4.3.9. Presión a la Entrada del Lateral.

Se Calcula con la Siguiete Formula:

$$Hl_e = H_a + 0.77 * Hf_l \pm \frac{\Delta z}{2}$$

Donde:

H_a = presión nominal del gotero (mca)

H_{f_l} = perdidas de carga en el lateral (mca)

Δz = diferencia de altura entre el inicio y final del lateral (m)

5.4.3.10. Presión de Entrada en el Múltiple.

Se calculó con la siguiente formula:

$$Pm_e = Hl_e + 0.77 * Hf_m \pm \frac{\Delta z}{2}$$

Donde:

H_{l_e} = presión a la entrada del lateral (mca)

H_{f_m} = perdidas de carga en el múltiple (mca)

Δz = desnivel topográfico en la dirección del múltiple según la pendiente (m)

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es importante recalcar que la Moringa y la Flor de botón de Oro son cultivos resistentes a la sequía con buena producción y calidad (Montecé et al., 2021) constituyendo una alternativa para satisfacer las demandas de pastos en la época seca en el cantón Gonzanamá, que mejorarían significativamente su producción y calidad al incrementar riego de forma constante.

Al sustituir los suplementos comerciales usados actualmente en el cantón por los cultivos antes mencionados se busca disminuir el costo de producción. Pérez et al., (2010) afirman que la Moringa bajo un sistema con riego posee una relación beneficio-costos en el primer año de cosecha de 1.43, lo que significa que por cada dólar invertido el productor gana 43 centavos. A partir del segundo año de cosecha la relación beneficio -costo se vuelve más atractiva (1.54), pues los costos de producción disminuyen.

El área a implementarse es de carácter experimental, del éxito de la introducción de estas especies se espera una masificación del cultivo de moringa y flor de botón de oro en el cantón Gonzanamá, por los altos contenidos proteicos que disponen estas pasturas, en estado natural, lo cual trae consigo beneficios importantes para los ganaderos del entorno.

6.1. Caracterización de la Zona de Estudio en Sus Aspectos Biofísico

A continuación, se presenta la caracterización de la zona de estudio:

6.1.1. *Relieve*

El Cantón Gonzanamá presenta un relieve bastante heterogéneo, puesto que presenta diferentes tipos de formas y clases, la descripción de los componentes del relieve se basan en el documento Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional (CLIRSEN et al. 2012). El relieve predominante en el cantón es montañoso, representa un 47,94% del área.

La finca el Toldo, tiene un relieve Montañoso, lo que indica desniveles relativos que sobrepasan los 300 m, ocasionando muchas veces deslizamientos como flujos y caídas de rocas, en vista que las tobas andesíticas están altamente meteorizadas. Las geoformas está cubierta por vegetación de tipo arbustivas (PDOT, 2019).

El área de estudio donde se diseñó el riego por goteo posee un relieve ondulado, con una pendiente del 20%, altura máxima de 2250 y mínima de 2225 m s.n.m.

6.1.2. Geología

La Geoforma del cantón Gonzanamá, está directamente relacionado con el tipo de sustrato rocoso por el que está compuesto el relieve, la mayor parte de territorio de Gonzanamá pertenece a la Formación Sacapalca-Volcánico Llama, compuesta por productos sedimentarios y volcánicos. Las litologías sedimentarias típicas incluyen conglomerados, areniscas y limolitas, volcánicos. Las rocas volcánicas mayormente son brechas y en menor proporción lavas que ocurren intercaladas entre los paquetes sedimentarios. Esta formación ocupa el 63.03 % del área total del Cantón (IEE et al., 2012).

La propiedad en estudio pertenece a la formación que acapara más de la mitad del cantón, la Formación Sacapalca- Volcánico Llama, la misma que presenta litología de la forma andesita, basalto, amblenta, piroxena, coladas y siles de andesita, toba andesítica y aglomerado (PDOT, 2019).

6.1.3. Tipo de Suelo

Una gran parte de los suelos del cantón Gonzanamá son del orden Entisol (41.01 %), suelos que no muestran ningún desarrollo definido de perfiles, lo que indica que son derivados tanto de materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina (SENPLADES, IGM, IEE, 2012).

La finca “El Toldo” ubicada a los alrededores de la cabecera cantonal, posee suelos del orden Inceptisol, según el PDOT (2019). Esta información fue comprobada en campo, con la descripción del perfil que se realizó se determinó que efectivamente el suelo donde se desarrollara el proyecto de riego por goteo se clasificó como Inceptisol, siendo estos suelos jóvenes que están empezando a mostrar el desarrollo de sus horizontes, y generalmente se desarrollan en zonas con pendientes abruptas donde la erosión del suelo continuamente elimina la parte superficial del mismo.



Figura. 5 . Calicata de la zona de estudio

Fuente: La Autora

6.1.3.1. Descripción del perfil del suelo

Horizonte Ap (0-18 cm): posee un color en húmedo: 10YR 3/3 y en seco: 10YR 4/2, (según la tabla Munsell) su estructura es fuerte, tipo bloques angulares y subangulares, con tamaño de 10 -20 mm. Clase Textural arcillo limosa (Ac Lo), respecto a su consistencia es un horizonte adherente, plástico y muy duro, con muchos micro poros, así mismo posee raíces grandes frecuentes, finas comunes y muy finas muy pocas, el límite de este horizonte es neto y plano.

Horizonte Bt (18-35 cm): Posee un color en húmedo: 7.5YR 3/2 y en seco: 7.5YR 4/2 (según la tabla Munsell), su estructura es fuerte, tipo bloques angulares y subangulares, con tamaño de 10 -20 mm. Clase Textural arcillosa (Ac), respecto a su consistencia es un horizonte muy adherente, muy plástico y firme, con pocos poros finos y muchos micro poros, así mismo posee raíces pocas finas y muy finas comunes, el límite de este horizonte es neto y plano.

Horizonte Bc (35-60 cm): posee un color en húmedo: 7.5YR 4/2 y en seco: 7.5YR 5/2, (según la tabla Munsell), su estructura es débil, tipo bloques angulares y subangulares, con tamaño de 5-10 mm. Clase Textural arcillo arenosa (Ac Ao), respecto a su consistencia es un horizonte ligeramente adherente, ligeramente plástico y friable, con pocos micro poros y comunes macro poros, así mismo posee raíces pocas finas y pocas muy finas, el límite de este horizonte es neto y plano.

Horizonte C (60-80 cm): Material parental fuertemente meteorizado de Clase Textural arcillo arenosa, sin poros y con muy pocas raíces muy finas.

Análisis de laboratorio

Tabla 5. Valores de pH, Densidad aparente, textura y macronutrientes de los horizontes Ap y Bt

Horizonte	pH	Densidad Aparente (g cm ³)	Textura	Fertilidad										
				ppm					meq			ppm		
				N	P	B	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
Ap	6.14	1.032	Ac	44	1.8	0.1	8.6	0.46	27.5	6.6	4.1	3.7	30	9.2
Bt	5.95	1.097	Ac	30	1.4	0.1	15	0.22	24.1	6.81	0.9	4.1	5	11.8

Fuente: INIAP

El suelo donde se implementará los cultivos de moringa y flor de botón de oro, dotados con riego por goteo, presenta valores de pH de 6,14 y 5,95 en los horizontes Ap (0-18 cm) y Bt (18-35 cm) respectivamente, considerados como suelos ligeramente ácidos. Los valores de densidad aparente varían entre 1,03 y 1,10 g cm³ los mismos que entra en el rango de densidad para suelos de textura fina (Salamanca y Sedeghian, 2005), quienes determinan que para este tipo de suelos el rango está entre 1,00 – 1,2 g cm³,

Los macronutrientes en el horizonte Ap presentan valores, medio en nitrógeno, bajo en fósforo y azufre, alto en potasio, calcio y magnesio, en el horizonte Bt valores, medio en azufre, y potasio, bajo en nitrógeno y fósforo, alto en calcio y magnesio.

En lo que respecta a micronutrientes, el horizonte Ap muestra valores, bajos en boro, medios en zinc, cobre, hierro y manganeso, en el horizonte Bt valores, bajos de boro, zinc y hierro, medios de manganeso y altos de cobre.

Según Cerdas (2017) la FBO requiere nutricionalmente: potasio (0,02 meq), fósforo (17,12 ppm), nitrógeno (56 ppm) y azufre (1,5 ppm).

La Moringa se adapta muy bien a los diferentes tipos de suelo aun así Perez et al. (2010) afirman que una buena fertilización del suelo permite un mejor desarrollo en el follaje de dicho cultivo y mencionan las demandas nutricionales que son: magnesio (0,8 meq), calcio (1,8 meq),

potasio (1,1 meq), fosforo (75 ppm), nitrógeno (102 ppm), cobre (0,15 ppm), zinc (0,70 ppm) y hierro (10,25ppm).

A pesar de no ser cultivos demasiado exigentes con referencia a nutrientes, el suelo de la zona en estudio no cumple con las cantidades de potasio, fosforo y nitrógeno requerido, de modo que es necesaria una fertilización base antes de implementar los cultivos. De pretenderse que sean cultivos permanentes es importante realizar análisis de suelos continuamente, con el fin de realizar una fertilización completa, cada cierto periodo de tiempo.

Lo antes expuesto determina que el suelo en estudio, por tener textura fina, presenta pocos espacios porosos, limitando de esta manera el desarrollo radicular de las plantas y por ende una escasa producción de biomasa. La textura arcillosa de ambos horizontes afectará en el normal desarrollo de las plantas, el exceso de agua producirá saturación de suelo y esto a su vez, una pérdida de producción (García, 2016).

Los resultados del análisis completo de las muestras de suelo se presentan en el anexo 1 y en el anexo 2.

6.1.3.2. Uso y cobertura de suelo

La cobertura de los suelos del cantón Gonzanamá, posee 26.04 % de Matorral montano xérico andino el cual está destinado para conservación y protección, seguidamente con un 23.99 % están los pastos cultivados para uso pecuario puesto que una de las principales actividades económicas del cantón es la ganadería (Cartografía Base, IEE, SENPLADES, 2012).

Según el PDOT (2019) del Cantón Gonzanamá, la Finca el toldo está compuesta por dos tipos de coberturas: pastos cultivados, matorral húmedo montano y casi en partes iguales.

A pesar de ello con los trabajos de campo se determinó que la principal actividad agropecuaria de la finca es la crianza de ganado vacuno, cuenta con 75 cabezas de ganado raza Holstein y cruce Holstein-criollo. Cuenta con un área de 125 hectáreas, las cuales están divididas en 6 áreas de cultivos y 8 áreas de potreros (pastos). Los componentes del patrón de forrajes que se maneja en la propiedad son:

Gramma (*Cynodon dactylon*, *Cynodon sp*, *Elytrigia repens*, *Gramma rhodes*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Raigrás o pasto inglés (*Lolium multiflorum*), Cuba- 22 o Maralfalfa

(*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) , Maíz (*Zea mays*) Guatemala y Criollo, asociado con fréjol (*Phaseolus vulgaris*), Caña (*Saccharum officinarum*), Pasto Cariamanga (*Tripsacum laxum*), Huerto: limón (*Citrus latifolia*), naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulatis*), café (*Coffea arábica*), guineo (*Musa paradisiaca*).

Como parte de la vegetación espontánea existen árboles como: eucalipto (*Eucalyptus globulus* L), nanume (*Mimosa townsendii*), ciprés (*Cupressus macropora*), higuerón (*Ficus citrifolia*), y malas hierbas como: Chilca (*Braccharis latifolia*), cosa cosa (*Sida rhombifolia*), llashipa (*Pteridium arachnoideum*), moras (*Rubus glaucus*), y chamana (*Dononea viscosa*

6.1.4. Disponibilidad de Agua

Para el Cantón Gonzanamá la disponibilidad hídrica de primer nivel, corresponde a la cantidad de lámina de agua que se escurre por los diferentes afluentes que en promedio oscila entre los 491 a 30 mm/año, considerado como un rango bajo por encontrarse gran parte del Cantón en la zona de los valles secos interandinos y su influencia con los bosques secos (World-Clim, periodo 1957-2000)

La Disponibilidad hídrica per - cápita, de la parroquia Gonzanamá (2014) a la que pertenece la finca el Toldo es de $4.76 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ Km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ (PDOT, 2019).

La Finca El Toldo se abastece con agua proveniente del turno de riego que dispone la propiedad; dicho turno proviene de la concesión otorgada por la SENAGUA que autoriza el aprovechamiento de agua a partir de la quebrada “El Huato”, integrada por cuatro vertientes que tienen origen en el predio “Villa El Carmen” (aproximadamente 1 km de la finca).

La propiedad comparte los turnos de riego con 11 usuarios; la finca El Toldo tiene un turno de riego de 8,5 días cada mes, con una dotación de $3,36 \text{ l s}^{-1}$ obteniendo un volumen acumulado de $2467,58 \text{ m}^3$.

6.2. Diseño Agronómico e Hidráulico de un Sistema de Riego Por Goteo Para el Cultivo de Moringa (*Moringa oleífera*) y flor de botón de oro (*Tithonia diversifolia*).

6.2.1. Datos Iniciales para el diseño del sistema de riego

Tabla 6. *Parámetros de Clima*

Parámetros de Clima	Símbolo	Valor	Unidad
Evapotranspiración de referencia	Eto	3,28	mm día ⁻¹
Coefficiente de cultivo	Kc	1,50	--
Evapotranspiración de Cultivo	Etc	4,92	mm día ⁻¹

Elaborado por: La autora

En la evapotranspiración (Eto) usada para el diseño de riego de los cultivos el mayor valor promedio es 3,28 mm día⁻¹, correspondiente al mes de noviembre, debido a que las condiciones climáticas en dicho mes son las más críticas dentro del periodo seco que se presenta en la provincia de Loja. El valor de evapotranspiración más bajo se presenta en el mes de Julio con un valor de 2,86 mm día⁻¹. (Ver Anexo10).

Según el PDOT el cantón para el año 2015 presenta datos de evapotranspiración media de 741 mm año⁻¹, dando un valor diario de 2,03 mm día⁻¹, no obstante Maza, (2020) presenta como dato máximo en la Eto un valor de 4,83 mm día⁻¹ para el mes de diciembre, Según FAO (2011) la ETo puede variar al verse afectada por: variables climáticas, factores de cultivo, manejo y condiciones ambientales.

Los valores de Kc para los cultivos de Moringa y Flor de botón de oro (FBO) es de 1,50, el cual se obtuvo según la metodología de la FAO, (2011), puesto que no se encontraron estudios técnicos acerca de la agronomía de estos cultivos como forrajes, en el entorno de esta investigación. (Ver Anexo 4)

Tabla 7. *Parámetros de los Cultivos*

Parámetros de Cultivo	Símbolo	Valor (Cultivo Moringa)	Valor (Cultivo Botón de Oro)	Unidad
Tipo	-	Arbusto	Arbusto	-
Espaciamiento entre plantas	Sp	0,40	1,00	m
Espaciamiento entre hileras	Sl	0,80	1,00	m
Porcentaje de sombreado	Ps	75- 80	75- 80	%
Porcentaje de agotamiento	P	25- 40	25- 40	%
Profundidad Radicular	Pr	400	400	mm

Elaborado por: El autor

Keller and Bliesner (1990) citado por Ortiz (2020) recomienda los rangos de porcentaje de agotamiento de 25-40 %, con profundidades radicales de 0,1 -0,5 m, para el caso presente se tomó el valor promedio de 32%.

Para el cultivo de Moringa se optó por una densidad de 31250 plantas ha⁻¹ (0,40m x 0,80m), lo que concuerda con lo expuesto por Noda et al. (2007) quienes al evaluar el crecimiento del cultivo encontraron los mejores resultados con esta densidad de plantación.

Para el cultivo de flor de botón de oro el marco de plantación es de 1,00 m x 1,00 m. con una densidad de 10000 plantas ha⁻¹, basándose en las recomendaciones expuestas por Arronis (2014) quien presenta resultados exitosos en la producción de follaje.

Tabla 8. *Parámetros de Suelo (Horizontes Ap y Bt)*

Parámetros de Suelo	Símbolo	Valor	Unidad
Textura	Ac	Arcilloso	-
Capacidad de campo	CC	49,60	% Vol
Marchitez permanente	PMP	30,80	% Vol
Densidad aparente	Da	1,10	g cm ⁻³
Velocidad de infiltración	Ib	17,98	mm h ⁻¹
básica			

Elaborado por: La autora

El valor de CC de 49,60 % muestra que el suelo posee una alta capacidad de almacenamiento de agua, condición muy favorable para el desarrollo de los cultivos (Hernández, 2015). Por otro lado, el valor obtenido de PMP de 30,80% se lo identifica como muy alto, pues representa la cantidad de agua en el suelo que no está disponible para los cultivos. Ambos valores coinciden con Maza, (2020) quien realizó estudios similares en la zona.

Se observa que la velocidad de infiltración básica promedio realizadas en el lugar de estudio es de 17,98 mm h⁻¹ que según la clasificación de la FAO (2001) se ubica en una velocidad media, correspondiente con la textura del suelo: arcillosa, evidenciando lo que el mismo autor señala, el cual dice que la velocidad de infiltración de un suelo se ve afectado según el tipo de textura de suelo donde los valores más altos se registran para suelos livianos(arenosos), mientras que los valores más bajos son para suelo pesados (arcillosos).

Tabla 9. Parámetro para la selección del Gotero de Riego -Cultivo de Moringa

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	1,60	l h ⁻¹
Presión nominal		04—30	m
Ecuación de descarga	<i>Es un gotero auto compensado.</i>		
Diámetro del lateral	DI	12,00	mm

Elaborado por: La autora

Tabla 10 Parámetro para la selección del gotero de riego Cultivo de Flor de Botón de Oro

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	2,00	l h ⁻¹
Presión nominal		04—30	m
Ecuación de descarga	<i>Es un gotero auto compensado.</i>		
Diámetro del lateral	DI	16,00	Mm

Elaborado por: La autora

De acuerdo a las características del terreno y a las pendientes que presenta el mismo, el diseño de las sub unidades de riego se utilizaran goteros auto compensados, (características técnicas) que auto regulan la salida de caudal, en un rango auto compensante (Montalvo, 2005),

es decir cuanto mayor sea éste, mayor resistencia opondrá la membrana para mantener un caudal constante (Fuentes, 1998).

Según estudios realizados por Betancourt (2011) se evidencia un deterioro en los recursos naturales, debido a las formas tradicionales de uso y manejo de suelos por parte de los agricultores y ganaderos, lo que incide en el rendimiento de la calidad y producción agropecuaria en el cantón Gonzanamá, por lo tanto el riego por goteo es lo más adecuado puesto que no solo permitirá el uso eficiente del recurso hídrico sino que también permitirá una distribución uniforme del agua, de igual forma un elevado potencial del agua en la zona radicular y la disminución de erosión en el suelo.

6.2.2. *Diseño Agronómico*

A continuación, se presenta los resultados del diseño agronómico del cultivo de Moringa (Tabla 11) y el cultivo de Botón de oro (Tabla 12), donde se consideró el tipo de suelo, los requerimientos de agua del cultivo, el marco de plantación y la climatología del área de estudio.

Tabla 11. *Diseño agronómico del cultivo de Moringa*

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Lámina de agua aprovechable	LAA	24,00	mm
Lámina de agua neta	LN	7,20	mm
Necesidades Hídricas Diarias	NHD	3,82	mm día ⁻¹
Diámetro del Bulbo Húmedo	W	0,32	m
Espaciamiento entre goteros	Se	0,26	m
Porcentaje de humedecimiento	Pw	40,00	%
Lámina Total Riego	LBx	4,12	mm día ⁻¹
Tiempo de Riego	Tr	0,50	horas
Frecuencia de Riego	Fr	1	Días

Elaborado por: La autora

Tabla 12. *Diseño agronómico del cultivo de Botón de Oro.*

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Lámina de agua aprovechable	LA A	21,70	mm
Lámina de agua neta	LN	6,50	mm
Necesidades Hídricas Diarias	NHD	3,81	mm día ⁻¹
Bulbo Húmedo	W	0,36	m
Espaciamiento entre emisores	Se	0,29	m
Porcentaje de humedecimiento	Pw	36,00	%
Lámina Total Riego	LBx	4,12	mm día ⁻¹
Tiempo de Riego	Tr	0,50	horas
Frecuencia de Riego	Fr	1	días

Elaborado por: La autora

Las necesidades netas equivalen a la cantidad de agua requerida para compensar la evapotranspiración de la planta (Monge, 2018). Para el cultivo de moringa es de 7,20 mm ligeramente mayor al del cultivo de botón de oro 6,50 mm.

El bulbo húmedo es la representación de la superficie que el emisor requiere humedecer, a fin de asegurar que el sistema radicular explore un volumen de suelo mínimo y, anticiparse a una posible avería, para garantizar suficiente reserva de agua en el suelo (Montalvo, 2005). Se consideró formar una sola franja húmeda, por lo cual es necesario traslapar los bulbos de humedecimiento, a fin de garantizar un reparto adecuado de humedad y de nutrientes a la zona radicular del cultivo, por lo tanto se toma el 80% del ancho de humedecimiento como la separación de emisores, obteniendo 0,26 m para la moringa y 0,29 m para el botón de oro, sin embargo, en el mercado no existe mangueras con emisores insertados con dicho espaciamento, por lo cual es necesario elegir un distanciamiento de 0,25 m asegurando de esta manera la franja de humedecimiento para los dos cultivos, cumpliendo con esto lo normado para el traslape del bulbo de humedecimiento desarrollado para este método de riego.

La lámina total a aplicarse es de 4,12 mm para garantizar que 3,91 mm lleguen a la zona radicular de los cultivos, considerando que la eficiencia del riego es de un 95 %, por cuanto la aplicación del agua se hace de forma puntual y precisa en la zona radicular de la planta.

Considerando que el método de riego es de alta frecuencia, se aplicará diariamente durante 30 minutos por cada subunidad, en forma alternada.

Si bien es cierto el cultivo de moringa es bastante adaptable a entornos de sequía obteniendo un buen desarrollo, Gutiérrez et al. (2015) en su investigación realizada en Managua (Nicaragua) afirma que el cultivo de moringa sometido al riego artesanal (no presenta valores de láminas aplicadas) muestra mejoras significativas en su crecimiento y desarrollo, por lo tanto con riego localizado y con una lámina de 4,12 mm se incrementará la productividad, considerando que las plantas se mantendrán en un estado de confort, por cuanto contarán con un contenido de humedad cerca de la capacidad de campo.

Respecto al cultivo de la flor de botón de oro, Ramírez (2008) aplicó riego después de la siembra y luego colocó cobertura de bagazo de caña, hojarasca y pasto seco con el fin de conservar la humedad del suelo, a pesar de que los riegos fueron escasos y que no se aplicó ningún tipo de fertilizante, se dio un buen crecimiento del cultivo sin presentar problemas fitosanitarios, a pesar de ello García, (2017) manifiesta que el riego constante en dicho cultivo permitirá tener producción de mejor calidad y durante todo el año. Por lo tanto, en la presente investigación se plantea la aplicación de una lámina de 4,12 mm en el cultivo de flor de botón de oro, con la finalidad de que la planta no haga mayores esfuerzos en tomar la humedad del suelo y produzca la mayor cantidad de forraje fresco todos los meses del año.

6.2.3. *Diseño Hidráulico*

A continuación, se muestran los resultados correspondientes al diseño hidráulico para el cultivo de Moringa (Tabla 13) y de la misma forma para el cultivo de Botón de Oro (Tabla 14).

Tabla 13. *Diseño Hidráulico del cultivo de Moringa*

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal del emisor	Qe	1,60	l h ⁻¹
Ecuación de descarga	Q	1,60	l h ⁻¹

Máxima Pérdida de Carga en la Unidad de Riego	ΔH	10,00	mca
Área de la Unidad de Riego	A	5000	m ²
Caudal requerido	Qr	15,84	m ³ h ⁻¹
Longitud del Lateral de Riego	Ll	50,00	m
Longitud del Múltiple de riego	Lm	50,00	m
Caudal del lateral	Ql	0,38	m ³ h ⁻¹
diámetro del lateral	Dl	12,00	mm
Pérdida de carga en el lateral	Hfl	6,00	m
Espaciamiento entre laterales	DL	0,80	m
Caudal del múltiple	Qm	24,50	m ³ h ⁻¹
diámetro del Múltiple	Dm	75,00	mm
Perdida de carga en el Múltiple	Hfm	1,00	m
Presión requerida a la entrada del lateral	Hl	9,32	m
Presión al final del lateral	Hn	10,62	m

Elaborado por: La autora

Tabla 14. *Diseño Hidráulico del cultivo de Botón de Oro*

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal del emisor	Qe	2,00	l h ⁻¹
Ecuación de descarga	Q	2,00	l h ⁻¹
Máxima Pérdida de Carga en la subunidad de Riego	DH	10,00	m
Área de la Unidad de Riego	A	5000	m ²
Caudal requerido	Qr	15,84	m ³ /h

Longitud del Lateral	LI	50,00	m
Longitud del Múltiple	Lm	50,00	m
Caudal del lateral	Ql	0,48	m ³ h ⁻¹
Diámetro del lateral	DI	16,00	mm
Pérdida de carga en el lateral	Hfl	1,80	m
Espaciamiento entre laterales	DL	1,00	m
Caudal del múltiple	Qm	24,6	m ³ /h
Diámetro del Múltiple	Dm	75,00	mm
Perdida de carga en el Múltiple	HFm	1,00	m
Presión requerida a la entrada del lateral	HI	10,60	m
Presión al final del lateral	Hn	6,50	m

Elaborado por: La autora

Las características topográficas del terreno destinado para la implementación de estos cultivos, determinó que se utilicen emisores auto compensantes con una variación de presión entre 4 - 30 mca, rango donde el fabricante garantiza que estos emisores descarguen los caudales establecidos de 1,60 y 2, 00 l h⁻¹, Montalvo (2005) menciona que en caso de emisores compensantes, la máxima variación de presión en la subunidad está definida por el rango de compensación que para este caso oscila alrededor entre 5 – 35 mca.

Montalvo (2005) menciona que el máximo diferencial de presión debería ser 18,00 mca, no obstante, por temas de seguridad y por las condiciones topográficas del terreno se trabajó con un diferencial de presión de 10,00 mca. La variación de la presión admitida en la subunidad debe estar dentro del rango de compensación.

Los laterales de riego para los cultivos a implementarse tienen una longitud de 50,00 m, son de polietileno, con una presión de trabajo de 0,63 Mpa, para la moringa se seleccionó un

diámetro comercial de 12 mm cuyo diámetro interno es de 10,20 mm, caudal de $0,11 \text{ l s}^{-1}$, velocidad de $1,31 \text{ m s}^{-1}$ y una pérdida de carga por fricción de 4,00 m; Para el cultivo de flor de botón de oro, el diámetro comercial es de 16 mm, diámetro interno 14,20 mm, caudal de $0,13 \text{ l s}^{-1}$, velocidad de $0,84 \text{ m s}^{-1}$ y una pérdida de carga por fricción de 1,18 mca pérdidas que se encuentran dentro del rango admisible del diferencial, que se considera para emisores compensantes.

Los laterales de riego se definen en función de la máxima diferencia de presión permitida, mientras admita una mayor pérdida de carga, se establecerá mayores longitudes del lateral, menores diámetros de tubo y una mejor adaptación a los terrenos con fuertes pendientes, como es el caso de los laterales con goteros compensantes (Monge, 2018).

El diámetro interno del múltiple es 62 mm, para las cuatro subunidades de riego, comercialmente no es posible encontrar este diámetro interno, por lo tanto se consideró una tubería de 75 mm, cuyo diámetro interno es de 71,20 mm con una presión nominal de 0,63 MPa, para un caudal de $24,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, produciendo una pérdida de carga por fricción de 0,67 mca, con una velocidad $1,7 \text{ m s}^{-1}$, lo cual se enmarca dentro de las normas de diseño, la velocidad del flujo del agua debe estar entre $0,5$ y $2,5 \text{ m s}^{-1}$, a fin de garantizar que no existirá problemas de sedimentación.

Las sub unidades de riego del cultivo de moringa, está compuesta por 62,00 laterales dispuestos a 0,80 m de distancia, paralelos a las curvas de nivel, demandando un caudal de $6,72 \text{ l s}^{-1}$ para cubrir el requerimiento de riego de cada subunidad de 2500 m^2 de superficie.

Las sub unidades de riego de la flor de botón de oro, está compuesta por 50,00 laterales, dispuestos a 1,00 m de distancia, paralelos a las curvas de nivel, dando un caudal de $6,67 \text{ l s}^{-1}$ para cubrir con la demanda máxima de riego de cada subunidad en el mes más crítico.

La finca el toldo cuenta con el caudal suficiente, por cuanto dispone de tres reservorios, los mismos que son alimentados por la concesión otorgada por la SENAGUA de $3,36 \text{ l s}^{-1}$ durante 8,5 días de cada mes lo que nos da un volumen de almacenamiento de $2467,58 \text{ m}^3$, mientras que el requerimiento del área de riego de los cultivos es de $1440,72 \text{ m}^3$ para el mes de mayor demanda.

La presión requerida a la entrada de las subunidades del cultivo de moringa es de 17,67 mca, y de las subunidades del cultivo de la flor de botón de oro es de 14,85 mca; con lo cual se

cubre las pérdidas de carga en el lateral, múltiple, equipo de filtrado y la presión mínima de funcionamiento de los goteros seleccionados; mientras que en el cabezal de control se dispone de 24,44 mca siendo esta la energía disponible para abastecer al sistema.

La inversión necesaria para implantar el sistema de riego por goteo en el área de estudio tiene un valor de \$ 6.517,79 dólares americanos.

7. CONCLUSIONES

Caracterizar la zona de estudio en sus aspectos biofísicos:

- El área de estudio presenta un relieve de tipo montañoso y se encuentra sobre la formación Sacapalca- Volcánico Llama, la misma que ocupa el 63.03 % del área total, en la cual se han desarrollado suelos del orden inceptisol.
- Los suelos del área donde se implementarán los cultivos de moringa y flor de botón de oro, son deficientes en potasio, fosforo y nitrógeno.
- El área de riego a implementarse tiene una demanda hídrica de 1440,72 m³ para el mes más crítico y, la finca el Toldo dispone de 2467.58 m³ mensualmente.
- Los suelos del área de estudio son de textura arcilloso, cuyas propiedades hidrofísicas en los horizontes estudiados (Ap y Bt), muestran valores de CC= 49,60%; PMP= 30,80%; Da= 1,1 g cm⁻³; AA = 17,97 %; Capacidad de Aireación = 14,76 %, para una profundidad del suelo hasta 0,35 m.
- El requerimiento máximo de riego es de 4,76 mm día⁻¹ para el mes de noviembre, y el mínimo se registra en el mes de junio con un valor de 2,78 mm día⁻¹, considerando una eficiencia de riego de 95%.
- La frecuencia de riego es diaria, con un tiempo de riego de 30 minutos y una lámina de 4,12 mm día⁻¹
- Las tuberías múltiples que abastecen las subunidades de riego tienen una longitud de 50,00 m, un diámetro nominal de 75 mm, presión de trabajo de 0,63 Mpa, y un caudal de 6, 80 l s⁻¹. Los laterales de riego poseen una longitud de 50,00 m, en el cultivo de moringa un diámetro nominal de 12 mm, caudal de 0,09 l s⁻¹, emisores DRIPNET PC 12250 1.60L/H - 0.20M - 700M con caudal de 1,60 l h⁻¹, y para el cultivo de flor de botón de oro un diámetro de 16 mm, caudal de 0,11 l s⁻¹, emisores DRIPNET PC 12250 2.0 L/H - 0.20M - 700M de 2,00 l h⁻¹, y un rango de presión de trabajo de 4,00 a 30,00 mca.
- El presupuesto necesario para la implementación del sistema de riego para los dos cultivos tiene un valor de \$ 6.517,79 dólares americanos.

8. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre la variación del coeficiente K_c de los cultivos de Moringa y Flor de Botón de oro usados como forrajes, considerando que para la zona no existe información.
- Una vez implementado los cultivos se deberá evaluar la eficiencia de aplicación de riego, el desarrollo vegetativo de los cultivos, su mayor potencial proteico, y los días de corte más oportunos.
- En el caso de introducir otros cultivos o ampliar los que se van a implementar, es necesario realizar el análisis físico químico de los suelos, las constantes hidrofísicas, pruebas de infiltración y conductividad hidráulica.
- En la implementación del sistema de riego las tuberías múltiples deberán ir enterradas por lo menos 0,80 m de profundidad, de acuerdo a las normas de construcción de obras de riego.
- Se recomienda que el estudio sea implementado, evaluado y se realice continuamente el seguimiento del funcionamiento del sistema.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, S. y A. Ajaz,. (2013). Design and operations manual pressurized irrigation systems
Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/332915780_DESIGN_AND_OPERATIONS_MANUAL_PRESSURIZED_IRRIGATION_SYSTEMS_VOLUME_I
- Allen RG, LS. Pereira,, Raes D, Smith M (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje.
- Arronis, V. 2014. Banco forrajero de botón de oro. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Tecnológica Agropecuaria. Costa Rica. Recuperado de:
http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/banco_forrajero_boton_oro.pdf
- Avidan, A. 1994. Factores que influyen sobre el régimen de riego. Ministerio de Agricultura. Estado de Israel.
- Betancourt, D. C. (2011). *Estudio del sector agropecuario del cantón Gonzanamá e identificación de oportunidades de negocios para la creación de microempresas*. Universidad Nacional de Loja. Recuperado de:
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/9914/1/Danny%20Constante%20Betancourt%20Guerrero.pdf>
- Bojacá, C., y Monsalve, O. (2012). Manual de producción de pepino bajo invernadero. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/325094531_PRODUCION_DE_PEPINO_BAJO_INVERNADERO_EDITORES_ACADEMICOS_CARLOS_BOJACA_Y_OSCAR_MONSALVE
- Boswell, Michael J. (1990). *Manual de Diseño y Manejo de Sistemas de Micro-Irrigación*. Litografía A. Romero, S.a. Madrid. Recuperado de:
<https://www.worldcat.org/title/manual-de-diseno-y-manejo-de-sistemas-de-micro-irrigacion/oclc/434569378>

- Buechel, T. 2021. *Aireación: ¿Qué es y cuán importante es el* .Centro de Formación ProMix. Machala. Recuperado de: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/aireacion-que-es-y-cuan-importante-es/#:~:text=La%20aireaci%C3%B3n%20se%20refiere%20a,la%20densidad%20aparente%20del%20sustrato>
- Calle, Z. y Murgueitio, E. (2008). *El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña*. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (Cipav). Recuperado de: http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/Boton_de_Oro_y_Ganaderia.pdf
- Campos, A. (2013). *El contenido de agua en el suelo: su importancia*. INECOL, Instituto de Ecología. México. Recuperado de: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1175-el-contenido-de-agua-en-el-suelo-su-importancia>
- Castillo, J. (2020). *Mejoramiento del sistema de riego por aspersión en café, en el barrio “La Era”, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja*. Universidad Nacional de Loja.
- Centro de levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) (2012). *Ecuador: informe de actividades año 2012*. Recuperado de: https://www.ipgh.gob.ec/portal/descargas/documentos/Transparencia/Administrativa/Ecuador_2012-Informe_SeccionNacional_11-oct-2012.pdf
- Cerdas, R. (2017). Extracción de nutrientes y productividad de moringa (*moringa oleifera*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. InterSedes. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/666/66655467008/html/>
- Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE), (2017). *Hablemos de Riego*. El Telégrafo EP. Quito. Recuperado de: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf>
- Corporación Nacional de Desarrollo Indígena CONADI, (2017). *CÓMO DETERMINAR; CUÁNTO Y CUÁNDO REGAR*. Ministerio de desarrollo social. Chile. Recuperado de:

- http://www.gea.uchile.cl/archivos/Como_determinar_cuando_y_cuanto_regar_Conadi.pdf
- Crespo, L. (2016). *Planta de producción de acetato de Vinilo*. Van Industry. Recuperado de: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v04.pdf
- Edmundo, A. (2013). *Riego Por Goteo*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador
- Edmundo, H.(2009). Evapotranspiración. Laboratorio de Suelo, agua y planta de la Universidad de Chile. Boletín Informativo en mayo.
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), (2017). *Módulo de Tecnificación Agropecuaria*. INEC. Recuperado de: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2017/DOC_TEC_AGRO.pdf
- Facultad De Ciencias Agrarias Servicio Integrado de Agrocimatología y Riego (SIAR).
- FAO. (2001). Manual de riego parcelario: Diseño de métodos de riego. Santiago, Chile, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Recuperado de: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/reclnat/pdf/MR_indice.PDF
- FAO. (2011). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio Riego y Drenaje. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.pdf>
- Fernandez, (2010). *Manual de Riego para Agricultores Riego por aspersión*. Módulo 3. Instituto de Investigación para la formación Agraria y pesquera. Sevilla
- Fernandez, G.R. (2010). *Manual de Riego por Micro-aspersión*. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. Andalucía. Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Zotero/storage/8M4PCV5T/Fernández%20Gómez%20et%20al.%20-%202010%20-%20Riego%20por%20aspersión.pdf>

- Fernandez, M.M. Garcia, G. (S,f). *El sistema de Riego Localizado*. Servicio Regional De Investigación Y Desarrollo Agroalimentario. España. Recuperado de: <http://www.serida.org/pdfs/6003.pdf>
- Fley, F. (2020). *Autor Br. Paul FredeAraick Fley Vado*. 67.
- Florentino, A. (2006). *Métodos para medir el contenido de agua en el suelo*. Vensuelos. Recuperado de: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/983
- Fuentes, J. L. (1998). *Técnicas de riego*. 3ra edi. Ministerio Agricultura y Pesca. Madrid.
- Garcia, L. (2017). Metodologías de campo para determinar profundidad, densidad aparente, materia orgánica, infiltración del agua, textura y pH en el suelo. Unidad Nacional de Agricultores y Ganaderos. Nicaragua. <https://cenida.una.edu.ni/documentos/NP33G216m.pdf>
- Garcia, D. A. (2017). *Comportamiento agronómico y evaluación química del botón de oro (tithonia diversifolia) cosechados a diferentes edades en la zona de mocache, provincia de Los Ríos*. Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo Recuperado de: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2712/1/T-UTEQ-0078.pdf>
- Garcia, M. (2016). *Árbol Multiuso de interes forestal para el sur de la península Ibérica*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid. Recuperado de: <https://www.cajamar.es/storage/documents/020-moringa-v3-1476963334-bf35c.pdf>
- Genova, Ricardo Andreau, Marta Etcheverry, & Pablo Etchevers. (2005). RELACIONES AGUA-SUELO-PLANTA-ATMOSFERA.
- Gil, J. A., Khan, L. Hernández, R. (2009). *Evaluación del comportamiento hidráulico de varios emisores importados para riego por goteo*. Departamento de Ingeniería Agrícola, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente. Monagas.
- Gómez, J. J. C., y Muñoz, R. B. (2015). *Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala*. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750924004.pdf>
- González N. (2009) Datos generales sobre las propiedades nutricionales y medicinales de la planta Moringa oleifera. Instituto Finlay. La Habana Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-32612014000200007

- González. (2018). El botón de oro o *Tithonia Diversifolia* en cercas vivas y potreros. *Zootecnia y Veterinaria es mi Pasión*. <https://zoovetespasion.com/pastos-y-forrajes/boton-de-oro/>
- Gonzanamá, (2019). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento*.pdf. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1160000750001_PDYOT%20GONZANAMA_prueba_14-03-2015_23-06-11.pdf
- Goyal, M., y Aladakatti, B (Eds.). (2018). *Engineering Interventions in Sustainable Trickle Irrigation: Irrigation Requirements and Uniformity, Fertigation, and Crop Performance*. CRC Press.
- Gutiérrez, J. L, Ortiz, R. S.A, Méndez, C. A. (2015). *Efectividad de riegos artesanales sobre el crecimiento de Moringa oleífera Lam.* Nicaragua. Recuperado de: <https://repositorio.unan.edu.ni/1964/1/16401.pdf>
- Hayashi, R. (2014). *Riego Localizada*. Universidad de la Republica. Uruguay. Recuperado de: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/RIEGO%20LOCALIZADO%20intensivos2014.pdf>
- Hernández, F. (2016). *La frecuencia de riego en cultivos en invernadero y campo abierto*. Asistencia Técnica Agrícola. Colombia. Recuperado de: https://www.agro-tecnologia-tropical.com/frecuencia_de_riego.html
<https://www.researchgate.net/publication/326379761>
- Intagri, 2018. *Disponibilidad de Nutrientes y pH del suelo*. Mexico. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. (s. f.). *Concepto de suelo*. Recuperado de <http://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Servicios/Suelos/Concepto-suelo>
- Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE). 2012 Proyecto: *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000*.
- Jimenez. (2017). *Pérdidas de carga localizadas o en accesorios*. <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>
- Jordán, A. (2009). *Manual de Edafología*. Universidad de Sevilla. España.

- Kay, M. (2017). *Practical hydraulics and water resources engineering*. CRC Press. Recuperado de: <https://www.routledge.com/Practical-Hydraulics-and-Water-Resources-Engineering/Kay/p/book/9781498761956#>
- Larraz, A. M., & Viscarrí, J. M. (2019). *Criterios para el diseño óptimo de sectores de riego localizado*. 9. Recuperado de: <https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/9251/1/B-01.pdf>
- Liotta, M.A. (2000) *Superficie cultivada con riego tradicional y presurizado en la provincia de Sna Juan*. INTA San Juan. Argentina. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo_riego_presurizado.pdf
- López, J. J. (2016). *Moringa oleifera Lam.: Biología, Botánica, Propiedades Nutricionales y Medicinales*. Universidad de Sevilla. Recuperado de: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/80558/MoringaF.pdf;jsessionid=47344B722FC5CDA06F9780D3329E5827?sequence=1&isAllowed=y>
- Losada, A. (2005). *El Riego: II Fundamentos de su hidrología y su práctica*. Mundi – Prensa. Madrid.
- Lozano, L.A., Soraco, G. C., Villareal, R., Filgueira, R.R., Olivario, G.(2016). *Difusividad del agua en el suelo: un método simple de laboratorio para su determinación*. Ciencia Sielo. Argentina. Recuperado de: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/56701/CONICET_Digital_Nro.e0e6e22c-39a9-4225-85e1-983d84131fd8_B.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Macias, C. (2015). *Tipos de válvulas en la industria petrolera*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Recuperado de: <https://pdfcoffee.com/tipos-de-valvulas-3-pdf-free.html>
- Maza, H. (2020). *Evaluación y mejoramiento técnico de la eficiencia de riego presurizado en el cultivo de café en el sector potrerillos, cantón Gonzanamá*. Loja- Ecuador. Recuperado de: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22976/1/Henry%20Rene%20Maza%20Buele.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganaderia. (2019). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2026*. Obtenido de http://www.asotep.org/pdf/legislacion/legislacion_20.pdf

- Mahecha, L. Escobar, J.P. Suárez, J.F. Restrepo, L. F. (2007). *Tithonia diversifolia (hemsl.) Gray (Botón de oro) as forage supplement of Holstein x Zebu cows*. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias. Colombia. Recuperado de: <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Martin, E.C. Muñoz, C. (2017). *Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego*. Universidad de Arizona. Recuperado de: https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/625275/az1220s2017_0.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez J, (2014). *Introducción al riego*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España. Recuperado de: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67110/toc_6152_01_01.pdf?sequence=7
- Mendieta-Araica, B.; Spörndly, R.; Reyes-Sánchez, N.; Spörndly, E., (2011). Harina de hojas de moringa (*Moringa oleifera*) como fuente de proteína en concentrados producidos localmente para vacas lecheras alimentadas con dietas bajas en proteínas en áreas tropicales. *Livest. Ciencia*, 137 (1/3): 10-17
- Meza, V.E, (2012). Suelos parcialmente saturados, de la investigación a la cátedra universitaria. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Colombia. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n31/n31a02.pdf>
- Meza, Z. (2017). *Moringa Oleífera Lam: una alternativa de forraje con alto contenido de proteína para las partes bajas del estado de nuevo león*. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/14062/1/1080238931.pdf>
- Monge. A. M. (2019). *Evapotranspiración y Kc (parte II)* [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/evapotranspiracion-y-kc-parte-ii>
- Montalvo, T. (2005). *Riego localizado diseño de instalaciones*. Rápida Llorens, S.L. Valencia.
- Montecé, M. K. Peláez, F. Godoy, V. Vasconez, F. (2021). *Sistema de producción y calidad del forraje de Moringa en Ecuador*. Ecuador. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8081784>

- Monterroso, H.N. (2005). *Efecto del umbral de riego durante la etapa de elongación de la caña de azúcar*. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Recuperado de: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/Monterroso-Hector.pdf>
- Olson, M. E. & Fahey Jed W. (2011). *Moringa oleifera: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas*. 13. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000400001
- Ortiz, R. (2020). *Diseño, Evaluación, y Mantenimiento de Sistemas de Riego por Goteo*. Central University of Ecuador. Quito- Ecuador.
- Osorio, N. W. (2012). *pH del suelo y disponibilidad de nutrientes*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Osuna-Ceja, E. S., Figueroa-Sandoval, B., Oleschko, K., Flores-Delgadillo, M. de L., Martínez-Menes, M. R., González-Cossío, F. V., Osuna-Ceja, E. S., Figueroa-Sandoval, B., Oleschko, K., Flores-Delgadillo, M. de L., Martínez-Menes, M. R., & González-Cossío, F. V. (2006). *Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza*. *Agrociencia*. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30240103.pdf>
- Oviedo (2013). *Sistemas Olivícolas Familiares del centro-oeste del Valle del Tulúm*. Centro Regional Mendoza - San Juan E.E.A San Juan Agencia de Extensión Rural Pocito. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_hoja_informativa_riego_por_goteo_olivo-_julio_.pdf
- Pachés, G. (2010). *El agua en el suelo: fuerzas de retención*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Valencia. <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/121154/Pach%20C3%A9s%20-%20El%20agua%20en%20el%20suelo.%20Fuerzas%20de%20retenci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Padilla, W. (2010). *La Química y Fertilidad de suelos*. Universidad Técnica de Machala.

- Paz, (2015). Manual Riego por Goteo. Edición para UCAR. Unidad para el cambio Rural. ISBN 978-987-33-8776-0. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000400001
- Pérez, R. De la Cruz, J. O. Vásquez, E. Obregón, J. F. (2010). *Moringa oleifera, una alternativa forrajera para Sinaloa*. Sinaloa. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Raymundo-Perez-Angel/publication/327350238_Moringa_oleifera_una_alternativa_forrajera_para_Sinaloa/links/5b8977cb4585151fd1402d70/Moringa-oleifera-una-alternativa-forrajera-para-Sinaloa.pdf
- Pineda, 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*. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4033/1/UPS-CT001942.pdf>
- Pizarro, F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia, Goteo, Micro-aspersión, Exudación*. Grafo, S.A. – Bilbao. España.
- Porta, J. López, M y Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2da. Ed. Mundi –Prensa. Madrid.
- Pulido, S. J., Cantú Silva, I., Yáñez Díaz, M. I., Luna Robles, E. O., Bejar Pulido, S. J., Cantú Silva, I., Yáñez Díaz, M. I., & Luna Robles, 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>
- Ramírez, J. (2008). *Cultivo botón de oro "Tithonia diversifolia"*. Colombia. Recuperado de: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/cultivo-boton-oro-tithonia-t27457.htm>

- Ramírez, R. (1997). Propiedades Químicas, Físicas, y Biológicas del suelo. CONVENIO FENALCE - SENA - SAC. Bogotá. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Reina, G. M. (2012). *Manual para el diseño de una red hidráulica de climatización. I*. Universidad de Sevilla. Sevilla. Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Zotero/storage/ITPDQJIE/Reina%20-%20MANUAL%20PARA%20EL%20DISEÑO%20DE%20UNA%20RED%20HIDRÁULICA%20DE%20CLI.pdf>
- Reyes N. Marango: Cultivo y utilización en la alimentación animal. Guía técnica n° 5. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. (2004). Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2410>
- Reyes, N. (2006) Moringa oleifera and Cratylia argentea: potential fodder species for ruminants in Nicaragua. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management Uppsala. Recuperado de: http://diss.epsilon.slu.se/archive/00001027/01/NRS_General_Discussion_Final_Version_Nov_05.pdf.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de Gonzanamá. (2019). *Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Gonzanamá*. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1160000750001_PDYOT%20GONZANAMA_prueba_14-03-2015_23-06-11.pdf
- Rodrigo, L. Hernandez, J. Perez, A. Gonzalez, J. (1997). *Riego Localizado*, 2da edi. Editorial Mundi- Prensa. Madrid- España.
- Rojas, H. (2018). La Moringa como alimento de rumiantes. Bucaramanga. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/21183/1/13543816.pdf>
- Rojas, J. (s,f). *Densidad Aparente Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa*. Centro Regional Chaco Formosa Estación Experimental Agropecuaria Saenz Peña. Argentina. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf

- Rucks, L. Garcia, F. Kaplán, A. Ponce de León, J. y Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Universidad de la Republica. Montevideo. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>
- Salamanca, J.A. Sedeghian, KH. S. (2005). *La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana*. Cenicafé. Colombia. Recuperado de: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>
- Sánchez, A. (2013). *Riego por goteo: fundamentos del diseño*. Castelló- España. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/430255536/Diseno-Riego-Goteo>
- Salazar, A. (2016). *Determinación del contenido hídrico del suelo*. Universidad Nacional de Córdoba. <https://docplayer.es/15043190-Catedra-de-cereales-y-oleaginosas-departamento-de-produccion-vegetal-facultad-de-ciencias-agropecuarias-universidad-nacional-de-cordoba.html>
- Savaldi, D. (1995). *Planificación de Riego*. Ministerio de Agricultura. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. Israel.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2010). *Riego por Gravedad*. Gobierno Federal de México. Recuperado de: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Riego-por-gravedad.pdf>
- Schulbach Borquez, E. (1999). *Programación de riego*. Talca: Universidad De Talca
- Shaxson, F. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo .Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s00.htm#Contents>
- Solarte, A.J., Murgueitio, E., Chará, J.D., Uribe, F., Zapata, C., & Rivera, J.E.,(2013).- *Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295060031012.pdf>

- Taboada, M.A.; Álvarez, C.R. (2008). Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf
- Tavera, J. P. B., Duque, V. C., & Muñoz, D. R. (2015). *Determinación de curvas de retención de agua para suelos no saturados y su relación con la estabilidad de taludeS*. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/233044539.pdf>
- Ticona, Y. (2013). *Determinación del bulbo húmedo con goteros de diferente caudal en dos suelos*. Universidad Nacional Agraria la Molina. La Molina. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1845/F06.T5-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Turégano, J. V. (2014). *Modelización del comportamiento hidráulico de una subunidad de riego localizado UPV*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/39354>
- Valarezo Manosalvas, I. (2013). Módulo VI: Sistemas de Riego superficial y presurizado. En U. N. Renovables (Ed.). Loja, Ecuador.
- Valarezo, C. Iñiguez, M. Valarezo, L. Guaya P. (1998). *Condiciones Físicas de los suelos de la Región sur del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja.
- Van Konijnenburg, (2006). *Agricultura Orgánica. El suelo: sus componentes físicos*. Estación Experimental Agropecuaria Valle inferior del rio negro. Recuperado de: [https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmp-inta_material_didactico_nro_01_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmp-inta_material_didactico_nro_01_(1).pdf)
- Villa, O. R. M., Valdovinos, E. K. M., Escobar, H. M. O., Gutiérrez, R. D. G., Guerrero, E. J. H., López, J. L. O., Fallad-Chávez, J., & Olague, J. de J. H. (2018). *Estimación del potencial osmótico mediante diferentes formulaciones, en cuerpos de agua de Tlaxcala, Puebla y Veracruz, México*. Interciencia, Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/339/33957801006/html>
- Villalobos, F., Mateos, L., Orgaz, F., & Fereres, E. (2009). *Fitotecnia- Bases y tecnologías de la producción agrícola*. (Vol. 2da edición). Madrid- Barcelona - México: ETS Ingenieros

Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba e Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC). Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/484175898/Fitotecnia-Francisco-J-Villalobos-LIBROSVIRTUAL-COM-pdf>


Waller, P., & Yitayew, M. (2016). Mainline Design. In *Irrigation and Drainage Engineering* (pp. 120-145). Springer, Cham. Recuperado de: <https://educons.edu.rs/wp-content/uploads/2020/05/2016-Irrigation-And-Drainage-Engineering.pdf>

Yague, P y Garcia I. (1999). *Técnicas de Riego*. México: Mundi- prensa México, s.a. de c.v. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/384267334/Tecnicas-de-Riego-Fuentes-Yague-Garcia-Legaspi>


10. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de laboratorio de suelos INIAP de los dos primeros horizontes.

MCLASPA-2201-01



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1. SAN Cutigliagua.
 Telf. (02) 3607284 / (02)2604240
 Mail: laboratorio_dsa@iniap.gob.ec



INFORME DE ENSAYO No: 20-274

NOMBRE DEL CLIENTE: Robles Cubicums Daniela del Carmen
PETICIONARIO: Robles Cubicums Daniela del Carmen
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Robles Cubicums Daniela del Carmen
DIRECCIÓN: Ciudadela Celi Román, José M Riofrio

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 23/10/2020
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:49
FECHA DE ANÁLISIS: 26/10/2020
FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2020
ANÁLISIS SOLICITADO: SUELO 4 + SALINIDAD 1

Análisis	PH	N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg		Mg/K		Ca+Mg/K		Σ Bases		MO		CO.		Textura (%)			IDENTIFICACIÓN
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Arena	Limo	
20-1954	6,14	LAc	44	M	1,8	B	8,6	B	0,1	B	0,46	A	27,58	A	6,60	A	4,1	M	3,7	M	30	M	0,2	M	4,18	14,30	74,09	34,64	5,5	A				18	32	50	ARCILLOSO	Suelo Ap	
20-1955	5,95	MeAc	30	B	1,4	B	13	M	0,5	B	0,22	M	24,12	A	6,81	A	0,9	B	4,1	A	5	B	11,8	M	3,54	30,34	137,85	31,15	1,5	M				14	36	50	ARCILLOSO	Suelo Bt	
20-1956	5,76	MeAc	49	M	4,8	B	13	M	0,1	B	0,54	A	24,43	A	6,98	A	4,3	M	3,4	M	39	M	29,4	A	3,50	12,93	68,22	31,95	4,8	A				10	44	46	ARCILLO LIMOSO	Corono de potasio	

Análisis	Al+H ⁺	Al ⁺	Na ⁺	C.E. *	N. Total	N-NO3	K H2O*	Ph / KCl
Unidad	meq/100g	dSm	%	%	ppm	ppm	ppm	
20-1956								4,54

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA IRAM

pH = Suelo Agua (1:2,5)
 N-B = Fósforo de Calcio

METODOLOGIA IRAM

C.E. = Palleta saturada
 M.B. = Diámetro de Potasio
 Al-B = Titración NAOH

INTERPRETACION

pH = Elemento
 Ac = Acido N = Neutro B = Bajo
 LAc = Ligero Acido LAI = Ligero Alcalino M = Medio
 PN = Proc. Neutro Al = Alcalino A = Alto
 BC = Requiere Cal T = Tanco (Barr)


INTERPRETACION

Al+H+ / Na C.E. M.O y CI


B = Bajo MS = No Salino S = Salino B = Bajo
 M = Medio LS = Lig. Salino MS = Muy Salino M = Medio
 T = Tanco

ABREVIATURAS

C.E. = Conductividad Eléctrica
 M.O. = Materia Orgánica



Formado electrónicamente por:
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY
LABORATORISTA



Formado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMAHEGO MALGITA
RESPONSABLE DE LABORATORIO

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 ensayo.
 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 ensayo.
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida 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.
 * Opiniones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Anexo 2. Análisis de laboratorio de suelos INIAP - muestra de fertilidad

MC-LASPA-2201-01

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO N°: 20-274

NOMBRE DEL CLIENTE:	Robles Cumbicus Daniela del Carmen	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	23/10/2020
PETICIONARIO:	Robles Cumbicus Daniela del Carmen	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	11:49
EMPRESA/INSTITUCIÓN:	Robles Cumbicus Daniela del Carmen	FECHA DE ANÁLISIS:	26/10/2020
DIRECCIÓN:	Ciudadela Celi Román, José M Riofrio	FECHA DE EMISIÓN:	30/10/2020
		ANÁLISIS SOLICITADO:	SALINIDAD 2

N° muestra	Cationes (meq/l)					Aniones (meq/l)*					pH	CE dS/m	Identificación de la muestra
	Ca	Mg	Na	K	Suma	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	Suma			
20-1954	1,49	0,60	0,19	0,12	2,40						6,80	0,32	Suelo Ap

RESPONSABLES DEL INFORME:



Firmado electrónicamente por:
**JOSE ALONSO
 LUCERO
 MALATAY**

LABORATORISTA



Firmado electrónicamente por:
**IVAN RODRIGO
 SAMANIEGO
 MAIGUA**

RESPONSABLE DE LABORATORIO

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 ensayo

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 3 . Análisis de laboratorio Universidad Nacional de Loja- Muestras sin disturbar



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGÍA

Provincia:	Loja	FECHA DE INGRESO:	20/10/2020
Cantón:	Gonzanama	FECHA DE EGRESO:	19/11/2020
Parroquia:	Gonzanama	RESPONSABLE:	Ing. Juan León
Sector:	El Toldo		
Profundidad toma muestra:	0-30 cm 30-60 cm		

1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Nro. Laboratorio	Id. Campo	Cilindro	Procedencia	% Saturación	% θ_m 1/10 (CC)	% θ_m a 1/3 (CC)	% θ_m 15 atm. (P.M.P)	Densidad Aparente (g/cm ³)	% AA (v)
1044	Ap	6.	El Toldo	56,32	51,07	49,91	31,25	1,12	20,98
1045	Ap	23	El Toldo	70,10	58,89	56,26	31,07	0,99	24,94
1046	Ap	18	El Toldo	73,39	54,17	52,38	31,79	0,95	19,49
1047	Ap	16	El Toldo	59,08	51,40	50,00	31,84	1,07	19,39
1048	Bt	14	El Toldo	47,89	42,68	41,22	29,81	1,23	14,03
1049	Bt	21	El Toldo	59,23	43,16	41,97	30,21	1,09	12,80
1050	Bt	12	El Toldo	62,68	48,18	46,12	29,89	1,07	17,35
1051	Bt	13	El Toldo	68,00	46,66	45,16	30,41	1,00	14,80



OMAR AUGUSTO
OJEDA OCHOA

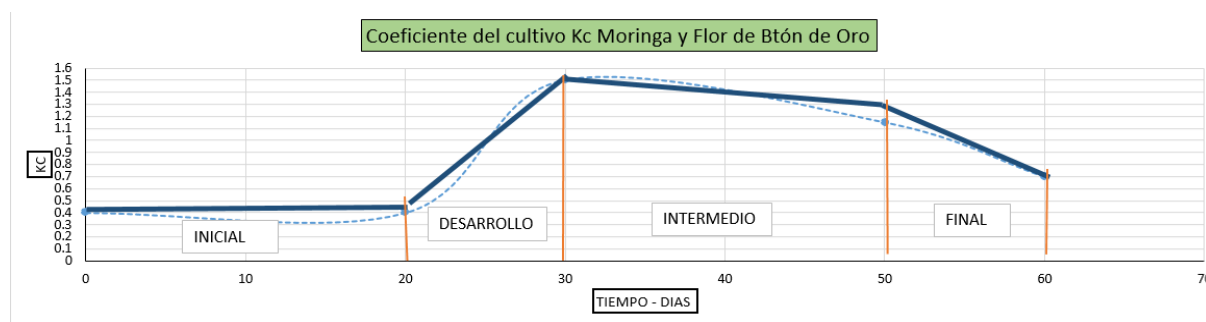
Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Ciudad Universitaria "Guillermo Falconí Espinosa" Casilla letra "S"
Laboratorio.suelos@unl.edu.ec
Teléfono: 2547 - 252 Ext. 112

Anexo 4 . Curvas del coeficiente del cultivo (kc) para Cultivo de Moringa y Flor de botón d Oro

Tabla 15. Valores del (kc) y etapas de desarrollo del cultivo de Moringa y Flor de Botón de Oro

Cultivo de Moringa y Flor de Botón de Oro						
Kc (ciclos vegetativos)	ETAPAS		DURACION DE DÍAS	KC	DÍAS ACUMULADOS	KC ACUMULADOS
	Etapa inicial	0 - 20	20	0.4	0	0.4
	desarrollo	20-30	10	1.5	20	0.4
	Coefficiente medio	30-50	20	1.15	30	1.5
	Etapa final	50-60	10	0.7	50	1.15
Tiempo de desarrollo		2 meses	60	3.75	60	0.7



Anexo 5. Precipitación efectiva (Pe)

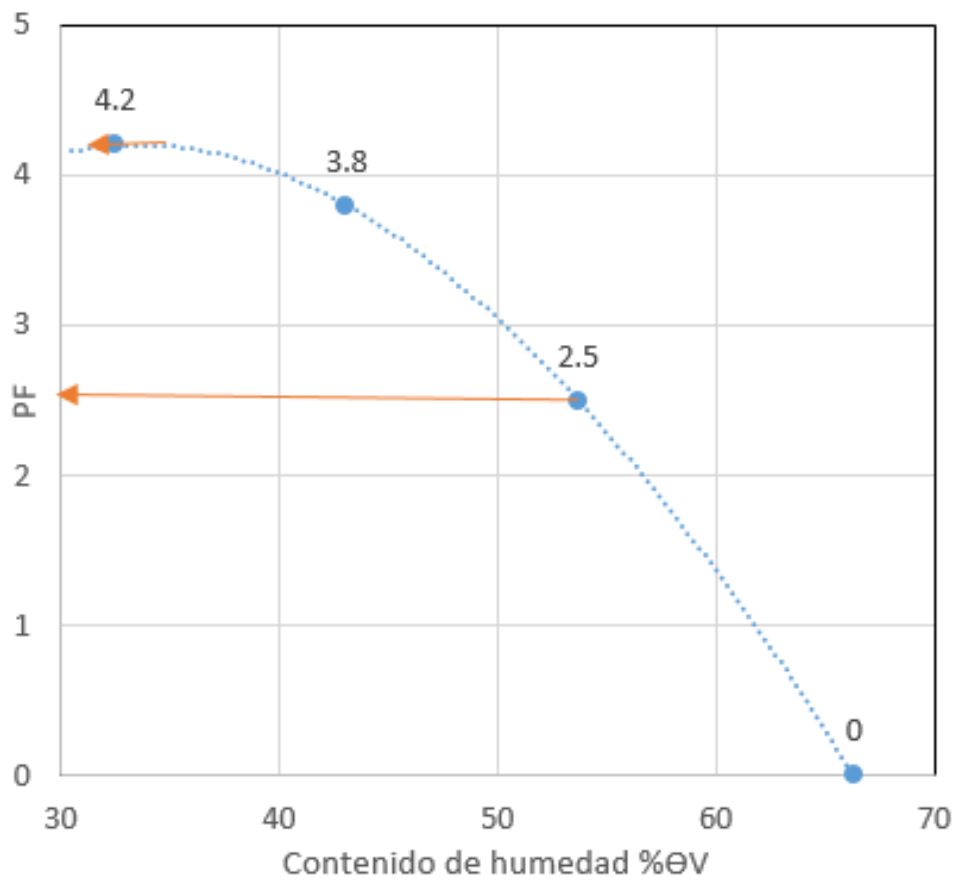
Precipitación efectiva

SERIE	Datos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1990-2010	Media	166.4	225.3	242.1	220.6	83.1	22.8	18.9	9.7	35.1	81.9	101.6	114.8	1322.4
	Min	20.4	15.2	45.9	6.8	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	7.2	102.0
	Máx	868.1	696.3	695.4	905.7	383.1	123.5	138.9	77.6	102.2	280.8	458.8	362.0	5092.4
	Pe 75% mm/mes	76.4	112.6	110.2	90.5	27.9	0.0	15.0	0.0	4.2	24.0	33.4	52.1	546.3
	Pe 75% mm/día	2.5	4.0	3.6	3.0	0.9	0.0	0.5	0.0	0.1	0.8	1.1	1.7	18.2

Anexo 6. Curva de Retención de Humedad

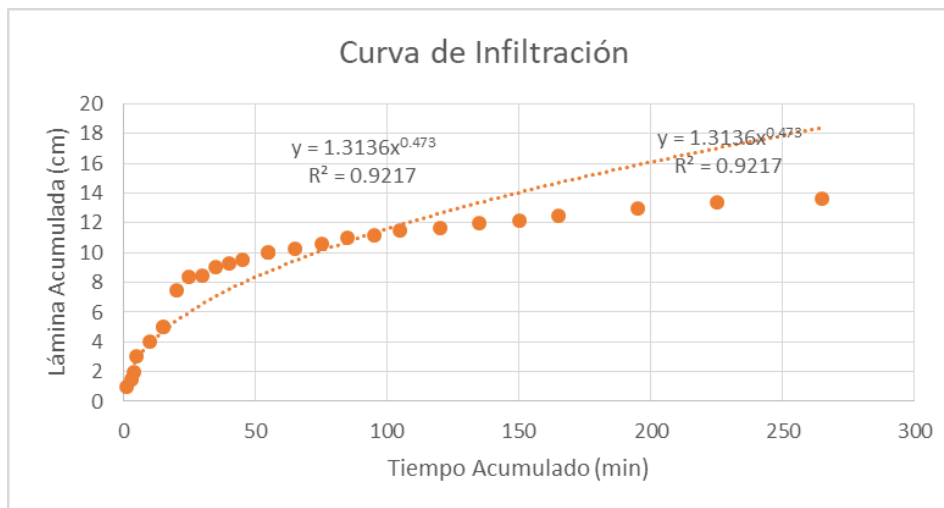
Profundidad cm	Densidad Aparente (g*cm ⁻³)	% PF=0 Saturación	% Θ _m 1/10 atm pF=2.0 (CC)	% Θ 15 atm. pF=4.2 (PMP)	%AA(VOL)	% Capacidad de Aireación CA	VFI % Volúmen de Poros Físicamente inertes	VTP Volumen total de poros	VTs Volúmen Total de poros
0-0.18	1.03	66.35	55.49	32.51	21.2	12.64	66.16	66.35	33.65
0.18-0.35	1.1	64.63	49.44	33	14.74	16.89	68.37	64.63	35.37
PROMEDIO POR PERFIL	1.1	65.49	52.47	32.76	17.97	14.77	67.27	65.49	34.51

CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD 0.00-0.35 m



Anexo 7. Curva de Velocidad de Infiltración

Tiempo acumulado (minutos)	Repetición 1 V. INFIL. INST (cm/min)	Repetición 2 V. INFIL. INST (cm/min)	Repetición 3 V. INFIL. INST (cm/min)
3	1.48	1.28	0.05
4	0.85	1.50	0.06
5	0.85	1.70	0.06
10	1.92	2.51	0.06
10	0.00	3.14	0.06
15	1.92	3.14	0.06
20	1.92	3.69	0.06
25	1.92	4.18	0.06
30	1.92	4.62	0.06
35	1.92	5.04	0.07
40	1.92	5.43	0.07
45	1.92	5.80	0.07
55	2.74	6.48	0.07
55	0.00	7.12	0.07
65	2.74	7.71	0.07
75	2.74	8.27	0.07
85	2.74	8.80	0.07
95	2.74	9.30	0.07
105	2.74	10.02	0.07
120	3.37	10.70	0.07
135	3.37	11.35	0.07
150	3.37	11.97	0.07
165	3.37	11.97	0.07
165	0.00	13.14	0.07
195	4.80	14.23	0.08



Anexo 8. Datos Meteorológicos.

Tabla 16. Datos de Precipitación de Gonzanamá, periodo 1990-2010.

PRECIPITACIÓN (1990-2010)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	109.2	182.5	194.4	178.7	59.2	8.1	3	1.3	21.9	52.7	69	84.1
1991	108.5	181.4	182	167	58.5	6.4	1.8	1	21.7	51.1	68.7	83.5
1992	107.1	178.1	165	166.6	58.3	4.2	1.2	0.1	21.5	49.8	67.5	83.3
1993	107	176.4	162.5	164.4	51.3	3.8	0.6	0	17	49.6	59.3	74.8
1994	104.3	161.2	159.6	161.2	49.5	3.5	0.5	0	15.6	48.5	56.1	74.2
1995	98.3	152.7	157.4	158.6	46.6	3.4	0	0	13	48	55.5	74
1996	92.4	147.4	156.9	143	45	3.2	0	0	11.4	45.6	48.4	73.9
1997	91.3	134	154.2	125	43.7	3	0	0	10.5	42.2	43.4	72.5
1998	88.4	125.4	149.8	101.7	38.4	2.8	0	0	8.5	41.6	42.2	66.2
1999	82.4	125.4	132.7	97.7	36.2	1.2	0	0	5.2	37.5	41.3	65.4
2000	76.6	124.1	121.9	97.3	34.8	0	0	0	4.5	33.7	37.1	56.3
2001	76.4	112.6	110.2	90.5	27.9	0	0	0	4.2	24	33.4	52.1
2002	72.6	112.3	97.8	84.5	24.1	0	0	0	3.6	20	32.5	47.7
2003	70.6	112	89.6	77.6	20.3	0	0	0	3.1	11.6	26	42.5
2004	68.8	97.9	88.2	76.3	18	0	0	0	2.8	11.6	24.6	39.8
2005	62.2	95	77.8	73.2	17.3	0	0	0	1.9	11.5	19.8	35.1
2006	59.2	65.3	76	68.5	12.5	0	0	0	1.1	10.2	19.6	28
2007	49.7	59.6	49.2	65.2	12.3	0	0	0	0	9.9	13.9	26.5
2008	39.8	27.7	45.9	40.2	11.3	0	0	0	0	7.8	13.7	25.2
2009	20.4	15.2	89.3	6.8	4.3	0	0	0	0	6.6	13.3	23.7
2010	50.8	98.1	64.9	77.9	20.8	0	0	0	0	4	3.2	17.6
2011	63.6	-	75	56.9	18.4	0	0	0	0	2.2	0	12.2
2012	60.7	-	89.5	43.7	10.9	0	0	0	0	20.9	0	7.6
2013	76.9	82.4	50	49.5	19.4	0	0	3.9	0	11.8	0	7.2
SUMA =	8154.50	10591.10	11863.20	10810.50	4071.70	1118.50	928.00	475.40	1717.90	4010.90	4977.90	5626.50
PROMEDIO=	166.42	225.34	242.11	220.62	83.10	22.83	18.94	9.70	35.06	81.86	101.59	114.83

Fuente: Proyecto “Construcción de micro reservorio e implementación de riego parcelario tecnificado para 79 beneficiarios de la asociación PROCAFEQ”. Cantón Gonzanamá. Ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 17. Datos de Temperatura media mensual de Gonzanamá, periodo 1990- 2010.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (1990-2010)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	16.30	15.70	15.90	15.40	16.10	16.60	16.10	16.30		16.50	16.80	16.30
1991	16.20	16.70	16.60	17.00	17.20	17.40	17.00	17.20	17.00	17.10	17.20	17.10
1992	16.90	16.70	17.30	17.20	17.30	17.60	17.10	17.20	17.10	17.40	17.60	17.40
1993	16.70	16.80	16.30	16.60	17.40	16.80	17.00	17.10	16.80	16.60	16.50	16.50
1994	15.80	16.60	16.10	16.90	17.90	17.30	17.40	17.10	16.80	17.00	16.40	16.80
1995	16.60	15.50	16.40	16.30	16.70	16.60	16.70	16.80	17.20	16.60	16.70	16.60
1996	16.20	16.50	16.50	16.50	17.10	16.70	16.50	16.40	17.00	16.50	16.70	16.90
1997	16.70	16.90	16.70	17.30	18.00	17.30	17.60	17.80	18.20	18.80	17.90	17.50
1998	17.30	18.00	17.90	17.90	18.00	17.80	17.90	17.70	17.80	17.80	17.60	17.50
1999	17.60	17.20	17.30	17.90	17.70	17.70	17.60	17.80	17.30	17.60	18.10	17.00
2000	17.50	17.00	16.90	16.90	17.20	17.30	17.90	17.90	17.80	17.90	18.10	17.70
2001	17.20	17.00	16.70	16.70	17.30	17.30	17.50	17.60	17.60	17.40	18.40	17.50
2002	15.40	15.60	16.60	17.10	17.50	17.30	16.90	17.20	17.90	17.60	17.70	17.10
2003	16.80	17.10	17.50	17.20	17.40	16.90	17.60	17.00	17.40	17.50	17.60	16.90
2004	16.80	17.00	17.00	16.90	16.80	17.00	17.10	16.90	16.80	17.00	17.10	17.30
2005	16.50	17.00	16.30	16.70	16.70	17.20	17.40	17.50	17.20	17.50	17.00	16.60
2006	16.90	16.60	16.80	17.00	17.10	17.40	17.30	17.60	17.90	17.20	16.70	16.70
2007	16.30	16.60	17.00	17.10	17.10	17.50	17.20	17.50	18.20	17.00	17.30	17.10
2008	16.60	16.60	16.70	17.20	17.20	17.40	17.70	18.00	18.00	17.10	17.50	17.40
2010	17.80	17.50	17.70	17.40	17.40	17.90	17.50	17.70	17.20	17.20	17.40	16.80
SUMA =	334.10	334.60	336.20	339.20	345.10	345.00	345.00	346.30	331.20	345.30	346.30	340.70
PROMEDIO=	16.71	16.73	16.81	16.96	17.26	17.25	17.25	17.32	17.43	17.27	17.32	17.04

Fuente: Proyecto “Construcción de micro reservorio e implementación de riego parcelario tecnificado para 79 beneficiarios de la asociación PROCAFEQ” que se desarrolló en el mismo cantón Gonzanamá por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 18. Datos de Temperatura Máxima de Gonzanamá, periodo 1990-2010

TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	23.00	24.00	22.40	23.60	23.60	23.90	23.50	23.60	24.20	24.60	25.10	23.90
1991	23.60	22.00	22.10	22.70	23.00	23.30	23.10	23.50	24.60	23.20	22.80	23.20
1992	22.10	22.10	21.60	22.70	22.80	23.20	22.90	23.60	24.20	23.60	23.90	22.70
1993	21.70	21.90	21.60	22.60	22.20	22.80	22.10	22.90	23.40	22.40	23.10	22.20
1994	22.40	22.40	22.70	22.20	22.50	23.30	23.00	23.20	23.40	22.50	23.20	21.90
1995	21.80	20.80	21.30	21.80	21.70	21.70	21.50	22.00	22.10	21.70	22.10	22.30
1996	20.10	21.60	21.90	22.10	21.90	21.00	21.10	21.70	22.10	22.50	22.80	22.60
1997	21.20	21.30	22.00	22.00	22.50	22.60	22.00	22.70	22.50	22.20	22.50	22.10
1998	22.10	22.00	21.30	22.60	18.40	22.90	22.80	23.10	22.80	22.60	22.60	22.40
1999	21.60	21.70	21.55	22.80	20.90	23.00	22.40	24.60	25.00	24.40	23.30	23.10
2000	21.10	21.40	21.80	23.00	23.40	23.10	22.60	23.30	23.40	22.90	24.10	23.70
2001	22.90	21.30	22.20	21.20	22.70	23.30	23.00	23.00	24.20	23.90	23.40	23.20
2002	22.50	22.70	22.30	23.30	23.30	24.10	23.00	22.60	24.00	23.70	24.60	23.80
2003	23.80	22.40	23.60	22.90	22.80	23.10	22.50	23.80	23.50	23.70	23.90	23.80
2004	22.50	21.60	21.30	22.40	23.60	23.60	23.00	23.60	23.20	22.90	23.10	22.60
2005	21.50	22.10	22.00	22.80	23.80	23.00	23.30	23.00	23.90	24.30	23.40	24.50
2006	23.40	21.70	23.30	23.00	23.10	23.50	23.80	24.20	24.10	23.90	23.50	22.90
2007	22.10	22.10	22.10	23.10	24.00	22.70	22.00	22.90	23.70	23.30	23.70	23.70
2008	23.30	23.00	23.00	23.50	23.80	24.50	23.70	24.80	25.00	25.70	24.70	25.20
2010	24.70	24.10	24.20	23.90	24.20	23.50	23.40	23.80	24.70	24.20	23.20	24.30
SUMA	560.30	573.80	534.60	521.80	528.30	575.90	591.80	581.50	592.00	610.60	613.80	603.70
PROMEDIO	22.41	22.07	22.28	22.69	22.97	23.04	22.76	23.26	23.68	23.48	23.61	23.22

Fuente: Proyecto “Construcción de micro reservorio e implementación de riego parcelario tecnificado para 79 beneficiarios de la asociación PROCAFEQ” que se desarrolló en el mismo cantón Gonzanamá por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 19. Datos de Temperatura Mínima Mensual de Gonzanamá, periodo 1990-2010

TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA MENSUAL (1990-2010)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	12.20	12.30	12.80	12.80	12.30	13.00	12.90	12.70	12.70	11.70	12.20	12.40
1991	12.70	12.70	13.20	12.30	12.20	12.20	12.90	12.85	12.20	11.05	11.50	11.50
1992	11.10	11.50	12.10	12.40	12.10	12.00	13.20	13.00	11.70	10.40	9.60	11.10
1993	12.10	12.40	11.40	9.70	12.00	12.50	12.70	12.80	12.30	11.70	11.50	11.90
1994	12.50	12.50	13.10	12.70	12.70	13.30	13.10	13.20	13.00	12.20	12.00	12.40
1995	11.50	12.60	13.40	12.90	12.40	12.70	12.70	12.70	13.60	12.10	12.30	13.20
1996	12.40	12.40	12.70	12.80	13.20	12.50	12.70	13.00	12.90	12.80	12.80	13.30
1997	11.90	13.40	13.70	13.30	13.20	12.90	12.90	13.20	12.80	12.70	12.80	12.50
1998	11.40	11.60	12.10	11.60	11.50	11.10	11.40	11.50	11.40	11.50	10.10	11.20
1999	10.10	11.10	11.80	12.00	11.40	11.00	10.40	10.40	11.00	11.70	11.10	12.50
2000	12.60	12.10	12.10	12.80	12.10	11.30	11.50	10.50	10.60	10.30	10.80	12.10
2001	11.90	11.50	11.30	12.00	11.75	12.40	12.00	13.20	12.20	11.80	10.70	11.40
2002	11.80	11.70	11.65	12.10	12.03	12.05	12.20	12.20	12.50	12.10	11.90	11.30
2003	11.70	11.90	12.00	12.20	12.30	11.70	11.70	12.40	11.70	11.70	11.70	11.60
2004	12.40	12.40	12.10	12.10	12.30	12.60	11.90	12.30	12.40	12.20	12.50	11.90
2005	12.00	12.70	12.90	12.50	12.80	12.90	12.70	12.70	12.20	12.30	11.80	12.30
2006	12.40	12.90	13.50	13.00	13.00	13.00	12.20	12.30	12.70	12.60	12.20	12.30
2007	12.60	13.00	12.90	12.90	12.70	12.70	12.60	12.70	12.40	12.50	11.90	12.50
2008	11.80	12.40	12.30	12.50	13.00	12.00	12.50	12.40	12.30	11.50	12.30	12.40
2010	12.20	11.50	12.20	12.20	12.10	12.40	12.80	12.30	12.60	12.50	12.60	12.60
SUMA	287.50	318.70	299.50	297.20	285.90	306.90	320.00	297.10	294.70	299.60	306.90	313.30
PROMEDIO	11.98	12.26	12.48	12.38	12.43	12.28	12.31	12.38	12.28	11.98	11.80	12.05

Fuente: Proyecto “Construcción de micro reservorio e implementación de riego parcelario tecnificado para 79 beneficiarios de la asociación PROCAFEQ” que se desarrolló en el mismo cantón Gonzanamá por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 20. Datos de Humedad Relativa mensual para Gonzanamá, periodo 1990-2010

HUMEDAD RELATIVA MENSUAL (1990-2010)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	86	87	88	86	83	77	78	85	84	84	84	86
1991	86	86	86	84	85	85	84	83	84	84	88	90
1992	89	90	90	91	91	91	92	92	91	87	87	90
1993	91	91	91	91	92	89	86	88	89	88	88	91
1994	92	92	92	92	92	92	92	91	91	91	91	91
1995	91	93	90	90	89	86	88	87	87	88	87	91
1996	89	90	91	88	89	84	85	84	84	87	88	90
1997	90	90	91	92	92	90	91	92	90	91	92	93
1998	93	94	92	91	89	91	90	92	91	92	91	92
1999	91	92	91	91	92	92	91	91	92	90	87	90
2000	91	91	91	92	91	88	87	86	84	85	87	89
2001	88	88	90	89	89	90	88	89	90	91	91	92
2002	86	86	86	87	86	87	87	88	88	87	88	86
2003	93	93	94	91	92	92	91	91	92	92	92	91
2004	92	95	94	95	94	94	92	93	92	91	92	91
2005	92	92	92	90	91	90	91	91	91	90	88	91
2006	90	92	91	89	90	89	88	90	91	91	91	91
2007	92	93	94	93	93	94	94	93	93	92	93	93
2008	93	93	93	93	92	93	92	93	93	94	93	93
2010	93	93	92	93	93	93	94	93	92	93	93	93
SUMA	2165	2266	2087	2074	1979	2042	2215	2135	2042	2205	2216	2237
PROMEDIO	90	91	91	90	90	89	89	89	89	88	89	89

Fuente: Proyecto “Construcción de micro reservorio e implementación de riego parcelario tecnificado para 79 beneficiarios de la asociación PROCAFEQ” que se desarrolló en el mismo cantón Gonzanamá por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 21. *Datos de Nubosidad para Gonzanamá, periodo 1990-2010*

NUBOSIDAD (1990-2010)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	7	7	6	6	5	2	3	3	4	3	4	4
1991	6	5	6	4	4	2	3	3	3	3	4	4
1992	5	7	5	5	4	3	3	4	4	6	5	5
1993	5	7	6	5	4	3	3	3	3	5	5	6
1994	6	6	7	5	5	4	3	3	4	5	4	6
1995	6	5	5	4	5	3	4	4	4	5	4	6
1996	5	6	6	5	5	4	3	2	3	5	4	4
1997	7	4	5	4	5	3	3	4	3	3	1	5
1998	5	5	4	6	3	2	2	2	2	4	2	5
1999	3	2	5	2	3	2	3	2	3	3	3	4
2000	6	6	5	5	5	5	4	4	4	6	5	5
2001	6	6	6	5	4	4	3	3	3	5	2	4
2002	5	6	5	6	5	2	3	2	2	5	5	5
2003	5	5	6	4	5	4	3	3	3	5	4	5
2004	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4
2005	6	6	7	5	5	3	5	3	4	6	4	5
2006	6	6	6	5	4	4	4	4	2	2	4	3
2007	3	6	4	4	4	3	2	2	3	3	4	5
2008	6	6	6	5	2	4	4	3	3	3	3	3
2010	4	4	4	6	4	5	3	3	4	4	6	5
SUMA	101.0	121.0	127.0	118.0	100.0	85.0	87.0	80.0	88.0	109.0	106.0	123.0
PROMEDIO	5.3	5.5	5.5	4.9	4.3	3.4	3.3	3.2	3.5	4.4	4.1	4.7

Fuente: Proyecto “Construcción de micro reservorio e implementación de riego parcelario tecnificado para 79 beneficiarios de la asociación PROCAFEQ” que se desarrolló en el mismo cantón Gonzanamá por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 22. *Datos de Velocidad de viento mensual, periodo 1990-2010.*

VELOCIDAD DEL VIENTO (1990-2010)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	6	5	6	4	4	2	3	3	3	3	4	4
1991	6	7	5	5	4	3	3	4	4	6	5	5
1992	5	7	6	5	4	3	3	3	3	5	5	6
1993	6	6	7	5	5	4	3	3	4	5	4	6
1994	6	5	5	4	5	3	4	4	4	5	4	6
1995	5	6	6	5	5	4	3	2	3	5	4	4
1996	7	4	5	4	5	3	3	4	3	3	1	5
1997	5	5	4	6	3	2	2	2	2	4	2	5
1998	3	2	5	2	4	2	3	2	3	3	3	4
1999	4.5	4	5.5	3.5	4	3	4	4	4	6	5	5
2000	6	6	6	5	4	4	3	3	3	5	2	4
2001	5	6	5	6	5	2	3	2	2	5	5	5
2002	5	5	6	4	5	4	3	3	3	5	4	5
2003	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4
2004	6	6	7	5	5	3	5	3	4	6	4	5
2005	6	6	6	5	4	4	4	4	2	2	4	3
2006	3	6	4	4	4	3	2	2	3	3	4	5
2007	6	6	6	5	2	4	4	3	3	3	3	3
2008	4	4	4	6	4	5	3	3	4	4	6	5
2010	5	6	6	6	5	4	4	4	5	5	6	5
SUMA	67.00	40.65	65.70	53.09	82.60	93.48	164.70	166.60	79.66	94.90	45.20	72.40
PROMEDIO	2.91	1.63	2.86	2.31	3.75	3.90	6.59	7.24	3.46	3.95	1.88	3.02

Fuente: Proyecto “Construcción de micro reservorio e implementación de riego parcelario tecnificado para 79 beneficiarios de la asociación PROCAFEQ” que se desarrolló en el mismo cantón Gonzanamá por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Anexo 9. Evapotranspiración Mensual

Tabla 23. *Datos de Eto generados con PETP V2.0*

Mes	Evapotranspiración Mensual							Promedio
	Método de Thornthwaite	Método de Hargreaves	Método de Hargreaves	Método Linacre	Método Papadakis	Método Serruto	Método García – López	
Ene	2.05	4.04	2.58	3.60	2.69	4.74	1.54	3.04
Feb	2.07	3.98	2.54	3.54	2.82	4.89	1.54	3.05
Mar	2.05	3.95	2.49	3.58	2.58	4.79	1.56	3.00
Abr	2.08	3.88	2.42	3.68	2.80	4.49	1.63	3.00
May	2.12	3.64	2.27	3.73	2.79	4.05	1.69	2.90
Jun	2.10	3.52	2.28	3.74	2.93	3.83	1.73	2.88
Jul	2.09	3.51	2.35	3.71	2.75	3.90	1.73	2.86
Ago	2.12	3.85	2.50	3.82	2.89	4.26	1.73	3.02
Sep	2.15	4.19	2.72	3.89	3.14	4.61	1.76	3.21
Oct	2.15	4.32	2.88	3.86	3.02	4.83	1.74	3.26

Nov	2.16	4.36	2.83	3.89	3.19	4.79	1.72	3.28
Dic	2.13	4.20	2.68	3.76	2.93	4.73	1.64	3.15

Anexo 10. Requerimiento de riego del cultivo de Moringa y Botón de Oro.

Requerimiento de Riego para el cultivo de Moringa y Flor de Boton de Oro												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ETo (mm*d ⁻¹)	3.04	3.05	3	3	2.9	2.88	2.86	3.02	3.21	3.26	3.28	3.15
Kc	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1
ETc (mm*d ⁻¹)	4.56	3.05	4.5	3	4.35	2.88	4.29	3.02	4.815	3.26	4.92	3.15
Pe (mm*d ⁻¹)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1
RRc (mm*d ⁻¹)	4.41	2.94	4.35	2.90	4.21	2.78	3.79	3.02	4.65	3.15	4.76	3.05

Anexo 11 . Cálculos para el Diseño de Riego por Goteo para cultivo de Moringa

DISEÑO AGRONÓMICO DEL SISTEMA

Seleccionar el tipo de gotero

Este gotero existe en el mercado local, lista de precios

DRIPNET PC 12250 1.60L/H - 0.20M - 700M

Tabla de rendimiento del Gotero

<i>Características</i>	DRIPNET PC 12250 1.00L/H - 0.20M - 700M
<i>Caudal (l/h)</i>	1.6 l/h
<i>Ecuación de descarga</i>	Q=1.6 l/h
<i>B</i>	0
<i>Diferencial de presión</i>	4-30m

Ecuación de descarga

Al ser un gotero auto compensante, quedaría de la siguiente manera:

$$Q = 1.6 \text{ l/h.}$$

Diferencial de presión.

Para el presente caso tenemos el gotero: DRIPNET PC 12250 1.60L/H - 0.20M - 700M

- Presión mínima de funcionamiento del gotero = 4.0 m
- Presión máxima de funcionamiento del gotero = 30 m
- $\Delta H = DP = \text{Rango de compensación}$, está dado por la (presión máxima- presión mínima); para este caso es: (30 - 4) m = 26m.

Por temas de seguridad y por las condiciones del terreno se trabajara con un diferencial de presión de 10m.

Separación entre emisores

$$W = 1.08 * \sqrt{\frac{q}{Vib}} = 1.08 * \sqrt{\frac{1.6 \frac{l}{h}}{17.98 \frac{mm}{h}}} = 0.32 m$$

$$Se = 0.80 * W$$

$$Se = 0.80 * 0.32 m$$

$$Se = 0.26 m$$

La cinta /manguera de goteo escogida posee esta separación (0.25m).

Porcentaje de humedecimiento

$$PW = \frac{Ne * SE * W}{Sp * Sl} * 100$$

$$PW = \frac{W}{Sl} * 100 = \frac{0.32 m}{0.80} * 100 = 40\%$$

Pluviometría del emisor

$$Ip = \frac{NL * Q}{Sl * Se} = \frac{1 * 1.6}{0.80 * 0.25} = 8 mm h^{-1}$$

$$IP < VIB$$

Transpiración Diaria del cultivo

$$Td = NH * K1 * K2$$

$$K1 = 0.1 * (PS)^{0.5}$$

PS = Porcentaje de sombreado generado por el cultivo

$$PS = 80\%$$

$$K1 = 0.1 * (80S)^{0.5}$$

$$K1 = 0.89$$

$$Td = NHD * K1 * K2$$

$$Td = 3.82 \text{ mm} * \text{día}^{-1} * 0.89 * 1.15 = 3.91 \text{ mm} * \text{día}^{-1}$$

Lámina total

$$LT = \frac{Td * Fr}{Efa} = \frac{3.91 * 1.0}{0.95} = 4.12 \text{ mm}$$

Lámina de agua aprovechable y Neta

- *Para el Cálculo de la lámina radicular efectiva (Pre)*

$$\text{Moringa} \rightarrow Pr = 0.40 \text{ m} = 400 \text{ mm}$$

$$Pre = 0.80 * 400 \text{ mm}$$

$$Pre = 320 \text{ mm.}$$

- *Cálculo de la Lámina de agua Aprovechable (LAA_x)*

$$LAA_x = \frac{(CC - MP)}{100} * pre * PW = \frac{(49.6 - 30.8)}{100} * 320 * 0.40 = 24 \text{ mm}$$

- *Calculo de la Lámina Neta LN*

$$LN = p * LAA_x = 0.32 * 24 \text{ mm} = 7.2 \text{ mm}$$

Tiempo de riego

$$TR = \frac{LT}{Ip} = \frac{4.12}{8} = 0.5 \text{ horas} = 30 \text{ minutos}$$

Frecuencia de riego:

Randon: $Fr = Ln/Td = \text{mm/mm día}^{-1}$

$$Fr = 7.2 \text{ mm} / 3.91 \text{ mm d}^{-1} = 1.8 \text{ días} = 2 \text{ días}$$

Se debe regar diario 3.6 mm

Parcelación

En el presente trabajo, se pretende regar el lote de media hectárea de cultivo de moringa en 2 súbáreas de 2500 m², para esto estarán dispuestas 2 válvulas independientes.

DISEÑO HIDRÁULICO

Caudal de los laterales:

$$Ql = 1.2 * Ne * Qe = 1.2 * \left[\frac{Ll}{Se} + 1 \right] * Qe$$

$$Ql = 1.2 * \left[\frac{50}{0.25} + 1 \right] * 1.6 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Ql = 386 \text{ l} * \text{h}^{-1} = 0.386 \text{ m}^3 * \text{h}^{-1}$$

Caudal del Múltiple (Manífol)

$$Qm = Nl * Ql = \left[\frac{Lm}{Sl} + 1 \right] * Ql$$

$$Qm = \left[\frac{50}{0.8} + 1 \right] * 386 \text{ l h}^{-1}$$

$$Qm = 24511 \text{ l h}^{-1} = 24.5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

Diámetro del lateral de riego.

- Perdidas de carga en el lateral de riego:

$$P \text{ min trabajo} = H f_{\text{lateral}} + H f_{\text{múltiple}}$$

Como norma general en Riego por goteo

$$Hf_{\text{lateral}} = 0.8 * 10 = 8 \text{ m (80\%)}$$

$$Hf_{\text{multiple}} = 0.20 * 10 = 2 \text{ m (20\%)}$$

Pérdida de carga por fricción en el lateral

Factor de salida (F) = Como el número de salidas es mayor de a 50, $F = 0,36$. (Christiansen)

Cálculo de la pérdida de carga por fricción en el lateral de riego

$$H_{fl} = 1.131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * D^{-4.87} * L * F$$

$$= 1.131 * 10^9 * \left(\frac{0.386}{150}\right)^{1.853} * 10.2^{-4.87} * 50 * 0.36 = 4 \text{ m}$$

- Chequear la velocidad en el lateral, a fin comprobar si la velocidad se encuentra entre los rangos establecidos que son:

$$0.5 - 2.5 \text{ m} * \text{s}^{-1}$$

$$A = 3.1416 * \left(\frac{10.2 \text{ mm}}{2}\right)^2$$

$$A = 8.171 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{10.72 * 10^{-5} \text{ m}^3 * \text{s}^{-1}}{8.171 * 10^{-5} \text{ m}^2} = 1.31 \text{ m s}^{-1}$$

La Velocidad se encuentra dentro del rango permitido; 0.5 a 2.5 m s⁻¹

Perdida de carga en el múltiple

$$H_{f_{\text{múltiple}}} = hf_{\text{tmúltiple}} + H_{f_{\text{accesorios}}} \pm \Delta z$$

$$hf_{\text{tmúltiple}} = hf_{\text{tmúltiple}} + H_{f_{\text{accesorios}}} \pm \Delta z$$

$$2 \text{ m} = hf_{\text{tmúltiple}} + 0.20 + 3$$

$$hf_{\text{tmúltiple}} = 2 + 0.20 - 10$$

$$\underline{hf_{\text{tmúltiple}} = -7.80 \text{ m}}$$

Diámetro del múltiple

$$H_{f_{\text{multiple}}} = \text{Presion min} - H_{f_{\text{lateral}}} \pm z_m$$

$$D_{\text{min}} = \left[\frac{1.131 * 10^9 * \left[\frac{Q}{C}\right]^{1.853} * L * F}{H_f} \right]^{\frac{1}{4.87}} =$$

$$D_{min} = \left[\frac{1.131 * 10^9 * \left[\frac{24.5}{150} \right]^{1.852} * 50 * 0.36}{2} \right]^{\frac{1}{4.87}} = 57 \text{ mm}$$

Comercialmente se debe utilizar la tubería de 75 mm; PN=0.63 MPa, cuyo diámetro interno es de 71.2 mm

Perdidas por fricción en Multiple

$$f_l = 1.131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.853} * D^{-4.87} * L * F$$

$$= 1.131 * 10^9 * \left(\frac{24.5}{150} \right)^{1.853} * 71.2^{-4.87} * 50 * 0.36 = 0,67 \text{ m.}$$

Reajuste de pérdidas.

Perdidas $H_{fm} = H_f \left(\frac{D_c}{D_{min}} \right)^{-4.87}$ unidad $H_{fm} = 2 \text{ m} \left(\frac{71.2}{57} \right)^{-4.87} = \mathbf{0,67 \text{ m}}$

Perdida de carga en el lateral Hle

H_a = presión nominal del gotero 8m

H_{fl} = pérdidas de carga en el lateral 6m

Δz = diferencia de altura entre el inicio y final del lateral

$$H_{le} = H_a + 0.77 * H_{fl} + H_{fK} \pm \frac{\Delta z}{2}$$

$$H_{le} = 8\text{m} + 0.77 * 6 \text{ m} + 0.20 - \frac{7}{2}$$

$$H_{le} = 9.32 \text{ m.}$$

NÁLISIS Del lateral 1; cota inicio 2240 m y finaliza en la 2241.00 m.

Lateral n°1

$$H_{le} = 8 + 0.77 * 6 + 0.20 - \frac{1.00}{2}$$

$$H_{le} = 12.32 \text{ mca}$$

ANÁLISIS Del lateral 25; cota inicio 2235.50 y finaliza en la 2241.00

Lateral n°25

$$Hl_e = 8 + 0.77 * 6 + 0.20 - \frac{6}{2}$$

$$Hl_e = 9.82 \text{ mca}$$

ANÁLISIS Del lateral 50; cota inicio 2231 y finaliza en la 2239

Lateral n°50

$$Hl_e = 8 + 0.77 * 6 + 0.20 - \frac{8}{2}$$

$$Hl_e = 8.8 \text{ mca}$$

Presión al final del lateral de riego

$$Hl_f = H_a - 0.23 * Hf_i \pm \frac{\Delta z}{2}$$

Lateral ascendente AZ es – ES DESCENDENTE

$$Hl_f = 8 - 0.23 * 6 + \frac{8}{2}$$

$$Hl_f = 10.62 \text{ m.}$$

Presión de entrada en el múltiple.

$$Pm_e = Hl_e + 0.77 * Hf_m + Hf_k + Z$$

$$Pm_e = 9.32 \text{ m} + 0.77 * 1.0 \text{ m} + 0.20 - 10$$

$$Pm_e = 0.29 \text{ m.}$$

La diferencia de presión entre el inicio y final del lateral será de: $9.32 - 3.12 = 6.2$

1. Hf = 6 m
2. desnivel = 7m.

Anexo 12 . Cálculos para el Diseño de Riego por Goteo para cultivo de Botón de Oro.

DISEÑO AGRONÓMICO DEL SISTEMA

Seleccionar el tipo de gotero: Este gotero existe en el mercado local, lista de precios

DRIPNET PC 12250 2.0 L/H - 0.20M - 700M

Tabla de rendimiento del Gotero

Características	DRIPNET PC 12250 1.00L/H - 0.20M - 700M
Caudal (l/h)	2 l h ⁻¹
Ecuación de descarga	Q= 2 l h ⁻¹
B	0
Diferencial de presión	4-35 m

Ecuación de descarga

Al ser un gotero auto compensante, quedaría de la siguiente manera:

$$Q = 2 \text{ l h}^{-1}$$

Diferencial de presión.

- Presión mínima de funcionamiento del gotero = 4.0 m
- Presión máxima de funcionamiento del gotero = 35 m
- $\Delta H = DP = \text{Rango de compensación}$, está dado por la (presión máxima- presión mínima); para este caso es: (35-4) m = 31m.

Por temas de seguridad y por las condiciones del terreno se trabajara con un diferencial de presión de 10m.

Separación entre emisores

$$W = 1.08 * \sqrt{\frac{q}{Vlb}} = 1.08 * \sqrt{\frac{2 \frac{\text{l}}{\text{h}}}{17.98 \frac{\text{mm}}{\text{h}}}} = 0.36 \text{ m}$$

$$Se = 0.80 * W$$

$$Se = 0.80 * 0.36 \text{ m}$$

$$Se = 0.29 \text{ m}$$

La cinta /manguera de goteo escogida posee esta separación (0.25m).

Porcentaje de humedecimiento

$$PW = \frac{Ne * SE * W}{Sp * Sl} * 100$$

$$PW = \frac{W}{Sl} * 100 = \frac{0.36 \text{ m}}{1} * 100 = 36\%$$

Pluviometría del emisor

$$I_p = \frac{NL * Q}{Sl * Se} = \frac{1 * 2}{1 * 0.25} = 8 \text{ mm/h}$$

Transpiración Diaria del cultivo

$$Td = NH * K1 * K2$$

$$K1 = 0.1 * (PS)^{0.5}$$

PS = Porcentaje de sombreado generado por el cultivo

PS = 80%

$$K1 = 0.1 * (80S)^{0.5}$$

$$K1 = 0.89$$

$$Td = NHD * K1 * K2$$

$$Td = 3.82 \text{ mm} * \text{día}^{-1} * 0.89 * 1.15 = 3.91 \text{ mm} * \text{día}^{-1}$$

Lámina total

$$LT = \frac{Td * Fr}{Efa} = \frac{3.91 * 1.0}{0.95} = 4.12 \text{ mm}$$

Lámina de agua aprovechable y Neta

- Para el Cálculo de la lámina radicular efectiva (Pre)

Moringa → Pr = 0.40 m = 400 mm

$$Pre = 0.80 * 400 \text{ mm}$$

$$Pre = 320 \text{ mm.}$$

- Cálculo de la Lámina de agua Aprovechable (LAA_x)

$$LAA_x = \frac{(CC - MP)}{100} * pre * PW = \frac{(49.6 - 30.8)}{100} * 320 * 0.36 = 21.7 \text{ mm}$$

- Calculo de la Lámina Neta LN

$$LN = p * LAA_x = 0.32 * 21.7 \text{ mm} = 6.5 \text{ mm.}$$

Tiempo de riego

$$TR = \frac{LT}{I_p} = \frac{4.12}{8} = 0.5 \text{ horas} = 30 \text{ minutos}$$

Parcelación

En el presente trabajo, se pretende regar el lote de media hectárea de cultivo de botón de oro en 2 súbáreas de 2500 m², para esto estarán dispuestas 2 válvulas independientes.

DISEÑO HIDRÁULICO

Caudal de los laterales:

$$Q_l = 1.2 * N_e * Q_e = 1.2 * \left[\frac{L_l}{S_e} + 1 \right] * Q_e$$

$$Q_l = 1.2 * \left[\frac{50}{0.25} + 1 \right] * 2 \text{ l h}^{-1}$$

$$Q_l = 482.4 \text{ l * h}^{-1} = 0.48 \text{ m}^3 * \text{h}^{-1}$$

Caudal del Múltiple (Manifol)

$$Q_m = N_l * Q_l = \left[\frac{L_m}{S_l} + 1 \right] * Q_l$$

$$Q_m = \left[\frac{50}{1} + 1 \right] * 482.4 \text{ l h}^{-1}$$

$$Q_m = 24602.4 \text{ l * h}^{-1} = 24.6 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$$

Debemos tener un caudal de $24.6 \text{ m}^3 \text{h}^{-1} = 6.8 \text{ l s}^{-1}$.

Diámetro del lateral lde riego

- Perdidas de carga en el lateral de riego:

$$P \text{ min trabajo} = H f_{\text{lateral}} + H f_{\text{múltiple}}$$

Como norma general en Riego por goteo

$$Hf_{\text{lateral}} = 0.8 * 10 = 8 \text{ m}$$

$$Hf_{\text{multiple}} = 0.20 * 10 = 2 \text{ m}$$

Factor de salida (F) = Como el número de salidas es mayor de a 50, F = 0,36. (Christiansen)

Cálculo de la pérdida de carga por fricción en el lateral de riego

$$\begin{aligned} Hf_l &= 1.131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.853} * D^{-4.87} * L * F \\ &= 1.131 * 10^9 * \left(\frac{0.48}{150}\right)^{1.853} * 14.2^{-4.87} * 50 * 0.36 = 1.18 \text{ m.} \end{aligned}$$

- Chequear la velocidad en el lateral, a fin comprobar si la velocidad se encuentra entre los rangos establecidos:

$$0.5 - 2.5 \text{ m} * \text{s}^{-1}$$

$$A = 3.1416 * \left(\frac{\frac{14.2 \text{ mm}}{2}}{1000 \text{ mm}}\right)^2$$

$$A = 8.17 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{13.333 * 10^{-5} \text{ m}^3 * \text{s}^{-1}}{15.836 * 10^{-5} \text{ m}^2} = 0.84 \text{ m s}^{-1}$$

La Velocidad se encuentra dentro del rango permitido; 0.5 a 2.5 m s⁻¹

Perdida de carga en el múltiple

$$Hf_{\text{múltiple}} = hf_{\text{tmúltiple}} + Hf_{\text{accesorios}} \pm \Delta z$$

$$hf_{\text{tmúltiple}} = hf_{\text{tmúltiple}} + Hf_{\text{accesorios}} \pm \Delta z$$

$$2 \text{ m} = hf_{\text{tmúltiple}} + 0.20 - 5$$

$$hf_{\text{tmúltiple}} = 2 + 0.20 - 5$$

$$\underline{hf_{\text{tmúltiple}} = - 2.8 \text{ m}}$$

Diámetro del múltiple

$$Hf_{\text{multiple}} = P_{\text{resion min}} - Hf_{\text{lateral}} \pm z_m$$

$$\text{Perdida de Carga en el Múltiple} = 2 \text{ m}$$

$$D_{min} = \left[\frac{1.131 * 10^9 * \left[\frac{Q}{C} \right]^{1.853} * L * F}{H_f} \right]^{\frac{1}{4.87}} =$$

$$D_{min} = \left[\frac{1.131 * 10^9 * \left[\frac{24.6}{150} \right]^{1.852} * 50 * 0.36}{2} \right]^{\frac{1}{4.87}} = 57 \text{ mm}$$

Comercialmente se debe utilizar la tubería de 75 mm; PN=0.63 MPa, cuyo diámetro interno es de 71.2 mm

Perdidas por fricción en Multiple

$$\begin{aligned} f_l &= 1.131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.853} * D^{-4.87} * L * F \\ &= 1.131 * 10^9 * \left(\frac{24.5}{150} \right)^{1.853} * 71.2^{-4.87} * 50 * 0.36 = 0,67 \text{ m.} \end{aligned}$$

Reajuste de pérdidas.

$$H_{fm} = H_f \left(\frac{D_c}{D_{min}} \right)^{-4.87} \quad H_{fm} = 2 \text{ m} \left(\frac{71.2}{57} \right)^{-4.87} = \mathbf{0,68 \text{ m}}$$

Perdidas de carga total en la subunidad de riego = 1,18 + 0,68 = 1,86 m

Presiones en la unidad de riego

H_a = presión nominal del gotero 8m

H_{f l} = pérdidas de carga en el lateral 1.8m

Δz = diferencia de altura entre el inicio y final del lateral

$$H_{le} = H_a + 0.77 * H_{f l} + H_{fK} \pm \frac{\Delta z}{2}$$

$$H_{le} = 8\text{m} + 0.77 * 1.8 \text{ m} + 0.20 + \frac{2}{2}$$

$$H_{le} = 10.6 \text{ m.}$$

ANÁLISIS Del lateral 1; cota inicio 2241 m y finaliza en la 2237.00 m

Lateral n°1

$$H_{le} = 8 + 0.77 * 1.8 + 0.20 + \frac{4.0}{2}$$

$$H_{le} = 11.58 \text{ mca}$$

ANÁLISIS Del lateral 25; cota inicio 2235 m y finaliza en la 2234 m

Lateral n°25

$$H_{le} = 8 + 0.77 * 1.8 + 0.20 + \frac{1}{2}$$

$$H_{le} = 10 \text{ mca}$$

ANÁLISIS Del lateral 50; cota inicio 2231 y finaliza en la 2231

Lateral n°50

$$H_{le} = 8 + 0.77 * 1.8 + 0.20 + \frac{0}{2}$$

$$H_{le} = 11.30 \text{ mca}$$

Presión al final del lateral de riego

$$H_{lf} = H_a - 0.23 * H_{f1} \pm \frac{\Delta z}{2}$$

Lateral ascendente AZ es -

$$H_{lf} = 8 - 0.23 * 1.8 - \frac{2}{2}$$

$$H_{lf} = 6.5$$

Presión de entrada en el múltiple.

$$P_{m_e} = H_{l_e} + 0.77 * H_{f_m} + H_{f_k} + Z$$

$$P_{m_e} = 10.6 \text{ m} + 0.77 * 1.0\text{m} + 0.20 + 5$$

$$P_{m_e} = 16.57 \text{ m.}$$

La diferencia de presión entre el inicio y final del lateral será de: $10.6 - 6.5 = 4.1 \text{ m.}$

3. $H_f = 1.8\text{m}$

4. desnivel = 5 m.

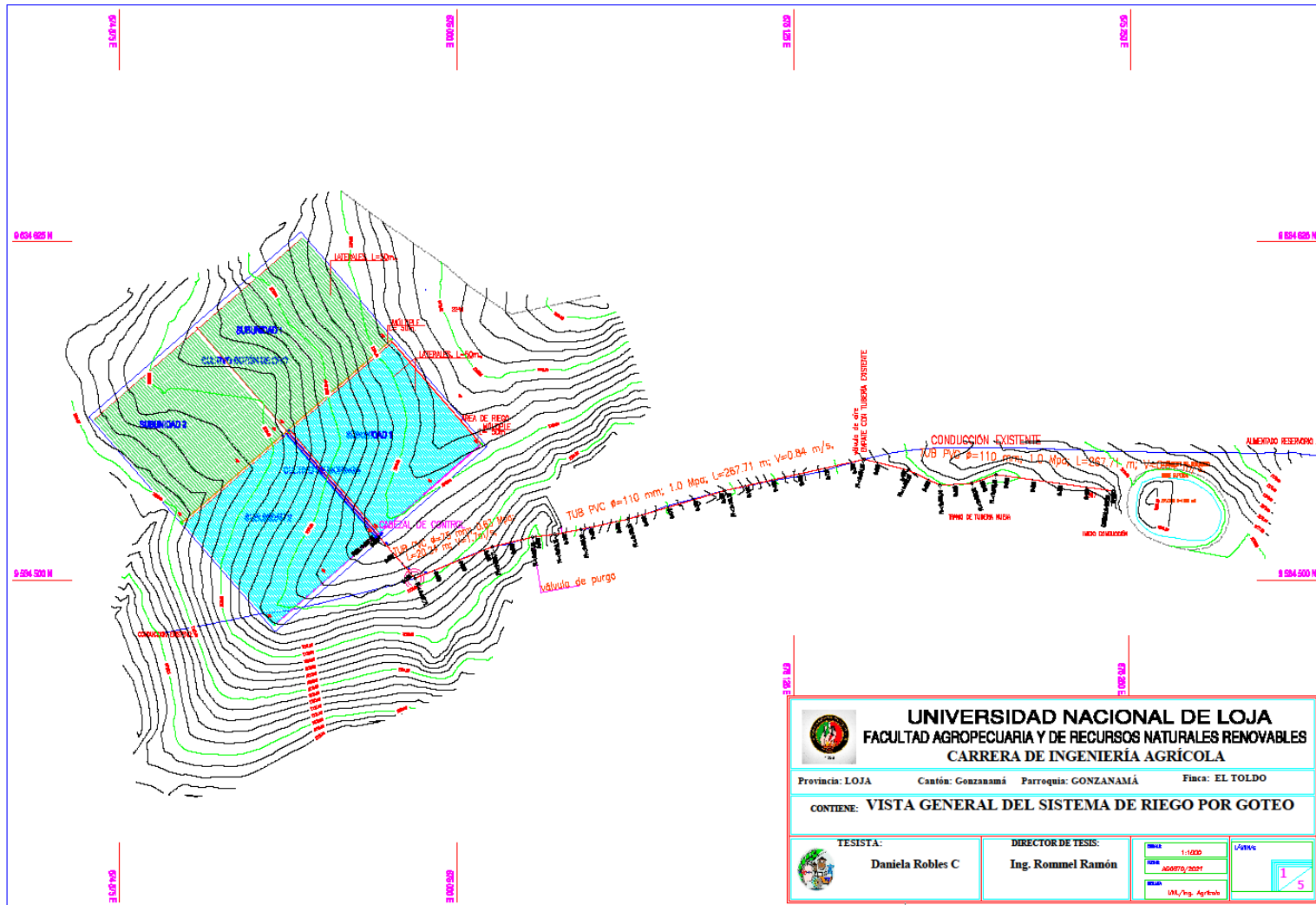
Anexo 13. Presupuesto General


RUBRO	CANT	U	PRECIO	TOTAL
Conducción - Tramo de tubería nueva				
Tubo - Pvc- 110 mm x6 m EC	16	U	54.56	872.96
Conducción Tramo Hidrante - Cabezal de riego				
Tubo - PVC- 75mm X6 m EC	4	U	16.28	65.12
Válvulas y Accesorios - Cnducción				
VALVULA DE PURGA 63 mm	1	U	33.77	33.77
Collarin de 110 mm x 63 mm	1	U	7.21	7.21
Neplo de 63 mm	1	U	1.9	1.9
VALVULA DE AIRE 1" doble acción	1	U	23.16	23.16
reductor de 110 a 63 mm	2	U	4.25	8.5
collarin de 110	1	U	7.21	7.21
neplo 32 mm x 0.8 m longitud	1	U	1.01	1.01
Cabezal de Riego				
CODO PVC 75 mm EC X90°	4	U	7.18	28.72
NEPLO PVC 75 mm	5	U	1.5	7.5
VALVULA DE BOLA PVC-P DE 75 mm	3	U	43.5	130.5
REDUCTOR DE 75 mm A 50 mm	2	U	2.55	5.1
NEPLO DE PVC 50 mm	2	U	1.3	2.6
ADAPTADOR HEMBRA DE C/R -EC DE 50 mm X1 1/2 "	2	U	0.88	1.76
FILTRO DE ANILLAS DE 1 1/2 " ROSCA MACHO	1	U	15	15
Tee PVC EC 75 mm	2	U	8.43	16.86
REDUCTOR CORTO DE 75mm A 32 mm	2	U	2.47	4.94
NEPLO PVC 32 mm	2	U	0.8	1.6
ADAPTADOR HEMBRA DE C/R -EC DE 32 mm X 1"	2	U	1.45	2.9
VENTURI ROSCA MACHO DE 1 " + KIT SUCCION	1	U	127.47	127.47
Conducción Cabezal - Multiple Botón de oro				
Tubo - PVC- 75mm X6 m EC	17	U	16.28	276.76
Múltiple				
Tubo - PVC- 75mm X6 m EC	34	U	16.28	553.52
Reductor de 75mm a 50 mm	4	U	2.55	10.2
Neplo PVC de 50 mm	8	U	1.3	10.4
CODO PVC DE 50 mm X 45 °	4	U	3.9	15.6
ADAPTADOR DE PVC M DE 50 mm X 1 1/2"	4	U	0.88	3.52
TAPON ROSCABLE DE 50 mm	4	U	18	72
Laterales de Riego				
Cinta de Gotero Netafim - 1.6 l/h- 12 mm	6250	m	0.25	1562.5
Cinta de Gotero Netafim - 2.0 l/h- 16 mm	5000	m	0.23	1150
EMPAQUE DE 16 MM + CONECTOR INICIAL DE 16 MM	100	U	0.17	17
EMPAQUE DE 12 MM + CONECTOR INICIAL DE 12 MM	125	U	0.13	16.25
MANGUERA CIEGA DE 16 MM	140	m	0.25	35
Manguera ciega de 12 mm	175	m	0.28	49
CONECTOR RÁPIDO DE 16 MM FLEX ROSCA	100	m	0.3	30
CONECTOR RÁPIDO DE 12 MM FLEX ROSCA	125	U	0.27	33.75
FIN DE LINEA DE GOTEO DE 16 MM	100	U	0.05	5
FIN DE LINEA DE GOTEO DE 12 MM	125	U	0.06	7.5
Varios				
DESBROCE Y LIMPIEZA	1	Ha	85	85
EXCAVACION A MAQUINA	120	m3	2	240
EXCAVACIÓN Y RELLENO SIN COMPACTAR	120	m3	1	120
SUB TOTAL MATERIALES CON IVA				5693.79

PRESUPUESTO DEL DISEÑO	
CONCEPTO	VALOR TOTAL
A. SUELDOS	
A1. PERSONAL TECNICO	394
A2. PERSONAL AUXILIAR	180
C. VIAJES Y VIATICOS	200
D. SERVICIOS	30
E. ARRENDAMIENTOS	0.00 .
F. EQUIPOS E INSTALACIONES	120
G. SUMINISTROS	20
SUB TOTAL MANO DE OBRA	\$ 944.00

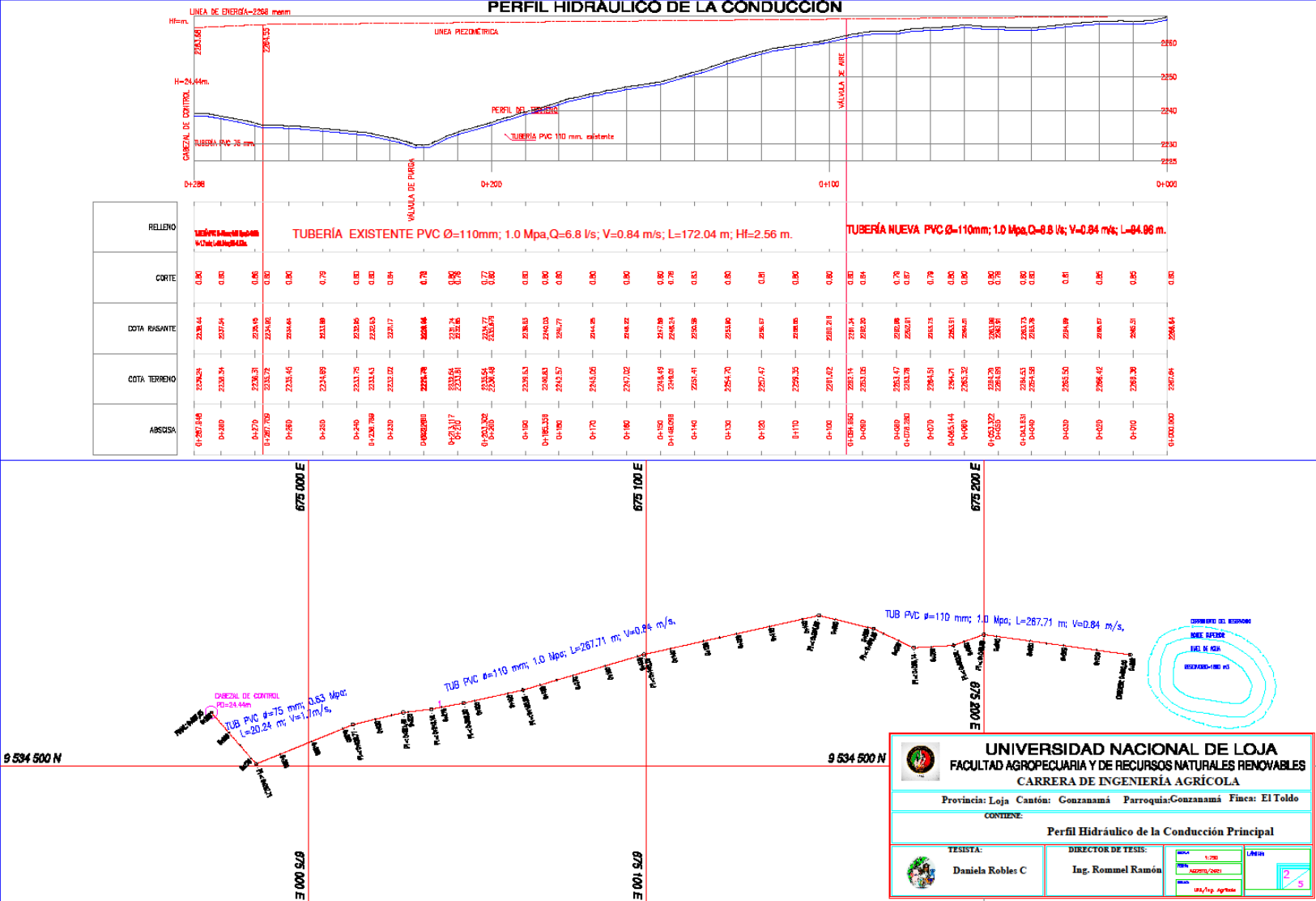
TOTAL GENERAL	\$ 6637.79
----------------------	-------------------

Anexo 14. Plano topográfico del sector a regar

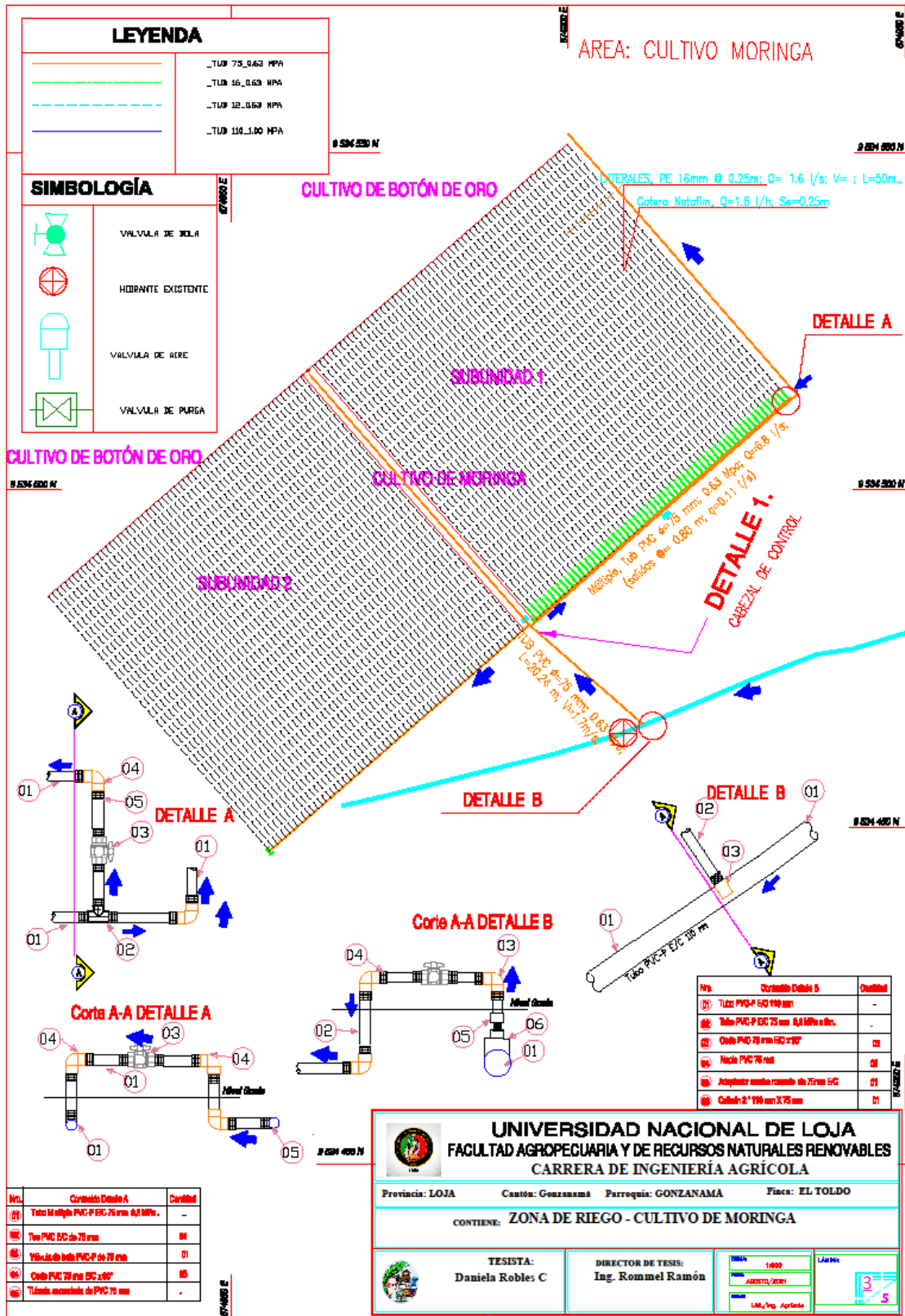


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE INGENIERIA AGRICOLA				
Provincia: LOJA		Cantón: Gonzanamá	Parroquia: GONZANAMÁ	Finca: EL TOLDO
CONTIENE: VISTA GENERAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO				
TESISTA:  Daniela Robles C		DIRECTOR DE TESIS: Ing. Rommel Ramón		ESCALA: 1:1000 FECHA: Agosto/2021 UNIDAD: U.N./Ing. Agrícola
				

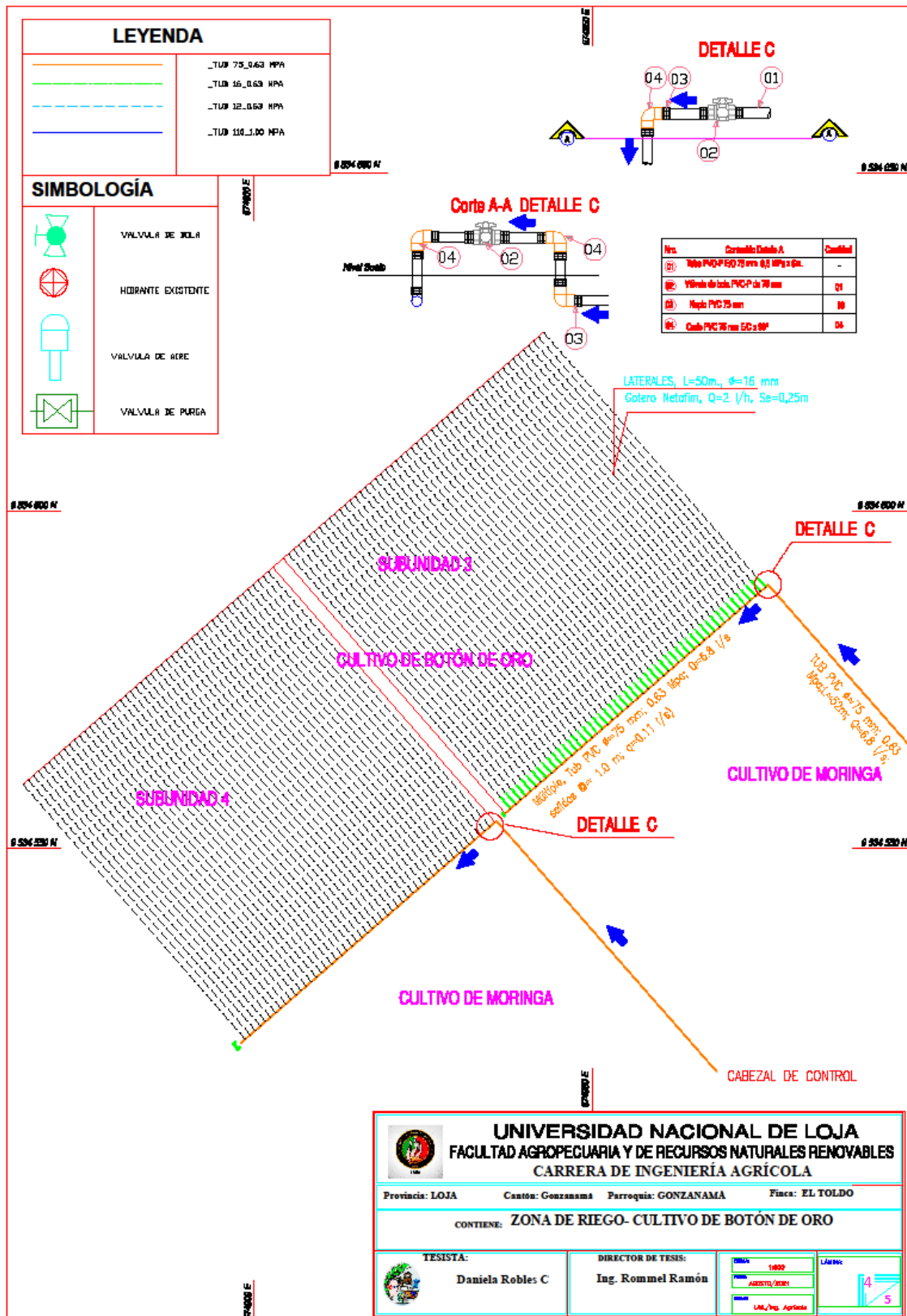
Anexo 15. Plano topográfico y perfil de la conducción del sistema de riego



Anexo 16 Cultivo de Moringa

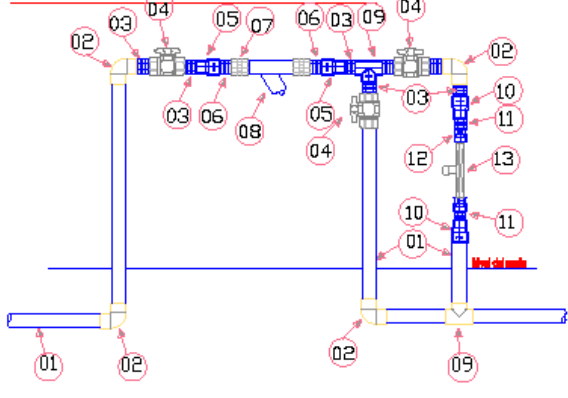


Anexo 17. Cultivo de Botón de Oro.



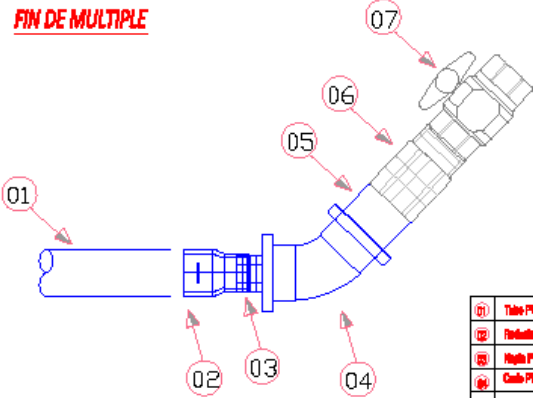
Anexo 18. Detalles constructivos del sistema de riego por goteo.

CABEZAL PARA SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.



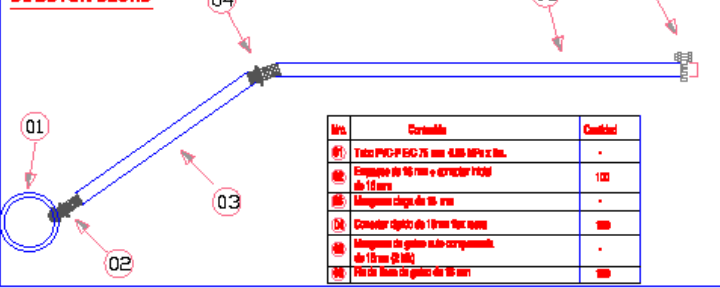
Nro.	Descripción	Cantidad
01	Tubo PVC-P 60 75 mm 4.00 MPa x 0.6	-
02	Codo PVC 75 mm 60 x 90°	04
03	Muelle PVC 20 mm	-
04	Válvula de todo PVC-P de 50 mm	02
05	Reductor cono de 75 mm a 50 mm	02
06	Muelle PVC 40 mm	-
07	Adaptador Horizontal CDR-ESD de 80 mm x 1"	02
08	PVC de cañón de 1 1/2" rosca macho (1.00 mm, 1/20")	01
09	Tubo PVC-ESD de 75 mm	02
10	Reductor cono de 75 mm a 50 mm	02
11	Muelle PVC 20 mm	-
12	Adaptador Horizontal CDR-ESD de 80 mm x 1"	02
13	Vertical Pvcn Muelle de 1" x 10 de rosca	01

FIN DE MULTIPLE



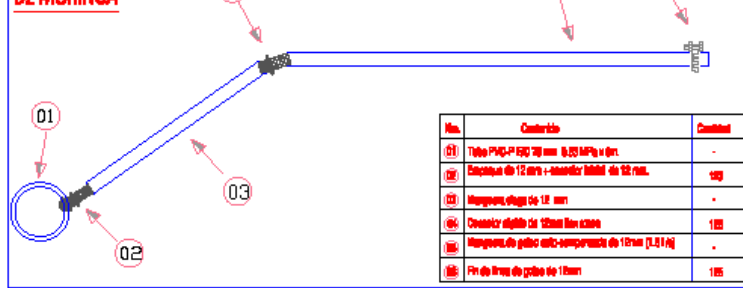
01	Tubo PVC-P 60 75 mm 4.00 MPa x 0.6	-
02	Reductor de 75 mm a 50 mm	-
03	Muelle PVC 20 mm	-
04	Codo PVC de 60 mm x 90°	-
05	Adaptador PVC 60 de 60 mm x 2"	-
06	Muelle PVC 40 mm	-
07	Válvula de compuerta de 2"	-

DETALLE DE PORTA LATERAL DE RIEGO POR GOTEO - CULTIVO DE BOTON DEORO



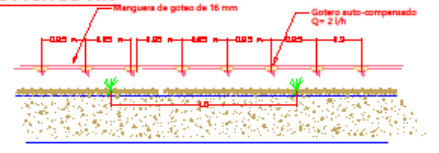
Nro.	Descripción	Cantidad
01	Tubo PVC-P 60 75 mm 4.00 MPa x 0.6	-
02	Empuñador de 10 mm + extractor PVC de 10 mm	100
03	Manguera de goteo de 16 mm	-
04	Conector rígido de 10 mm tipo agua	100
05	Manguera de goteo auto-compensado de 16 mm (2.0 l/h)	-
06	Pin de 10 mm de goteo de 16 mm	100

DETALLE DE PORTA LATERAL DE RIEGO POR GOTEO - CULTIVO DE MORINGA

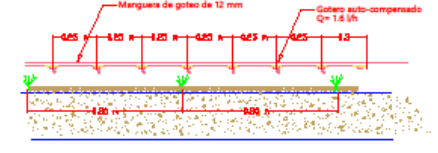


Nro.	Descripción	Cantidad
01	Tubo PVC-P 60 75 mm 4.00 MPa x 0.6	-
02	Empuñador de 12 mm + extractor MBB de 12 mm	100
03	Manguera de goteo de 12 mm	-
04	Conector rígido de 12 mm tipo agua	100
05	Manguera de goteo auto-compensado de 12 mm (2.0 l/h)	-
06	Pin de 12 mm de goteo de 12 mm	100

DETALLE DE MANGUERA DE GOTEO AUTO-COMPENSADO - BOTÓN DE ORO



DETALLE DE MANGUERA DE GOTEO AUTO-COMPENSADO - MORINGA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

Provincia: LOJA Cantón: Gonzanamá Parroquia: GONZANAMA Finca: EL TOLDO

CONTIENE: **DETALLES CONSTRUCTIVOS**

TESISTA:  Daniela Robles C	DIRECTOR DE TESIS: Ing. Rommel Ramón	FECHA: 11/03/2024 HORARIO: 08:00 LUGAR: UPEL/Ing. Agrícola
---	--	--

LÁMINA: 5

Anexo 19. Evidencia reconocimiento de la zona de estudio, recolección de muestras y levantamiento topográfico.

