

Área del Conocimiento de Agricultura

# **“ESTABLECIMIENTO DE CULTIVO DE SANDÍA VARIEDAD MICKYLEE, BAJO RIEGO POR GOTEO EN LA FINCA AGRÍCOLA EXPERIMENTAL (FAE-UNI), 2023.”**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Agrícola

**Elaborado por:**

Br. ELSA MARÍA  
MENDOZA PÉREZ  
2016-0210U

Br. MARIENS ISABEL  
OCÓN TÓRRES  
2016-0462U

**Tutor:**

MSc. JOSÉ MAMERTO  
MÉNDEZ ÚBEDA

14 de Junio del 2024  
Managua, Nicaragua

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis principalmente a Dios, quien ha sido mi fuente de fortaleza y él que me ha dado la determinación para seguir adelante. A mis padres, quienes siempre han sido mi motor y me han enseñado el valor del amor incondicional y la perseverancia. A través de sus ejemplos, comprendí que ninguna dificultad u obstáculo en la vida debe ser motivo para rendirse, gracias por ser mi guía y mi inspiración constante.

A mi tía Martha, mi segunda madre, quien ha sido uno de los pilares importantes de mi vida, y mi apoyo constante a lo largo de todo este proceso. Gracias por todo el amor, por estar siempre a mi lado y sus sabios consejos ya que han iluminado mi camino.

A mi mamá Ani, por siempre ser esa persona tan especial, por nunca soltarme, estar siempre pendiente de mí, gracias a tu apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis hermanos (Jonathan, Julio), a mi tía Ligia, gracias por creer siempre en mí, los amo.

A mi abuelita (Mama Ro), aunque ya no esté físicamente conmigo, le dedico este y todos los logros que pueda llegar a obtener en mi vida. Eres la estrella que siempre brilla para mí, mi fuente de inspiración y guía. Te amaré por siempre.

**“El mundo está en las manos de aquellos que tienen el coraje de soñar y correr el riesgo de vivir sus sueños”.**

**Paulo Coelho**

**Br. Elsa María Mendoza Pérez**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que todo, doy gracias a Dios por permitirme culminar mi carrera universitaria. Cada momento vivido en esta etapa, ha dejado una huella imborrable en mi vida. He aprendido lecciones valiosas que han contribuido a mi formación como profesional. Agradezco infinitamente a toda mi familia por su apoyo incondicional y por enseñarme valores que han moldeado mi carácter y me han convertido en la persona que soy.

A mi pareja José Cubillo, por ser una persona extraordinaria y fundamental en mi vida. Gracias por su constante apoyo y por creer en mí, incluso cuando dudaba de mí misma. A mi suegra, por su cariño y por siempre alegrarse de mis logros; algunos de los cuales no habrían sido posibles sin su ayuda.

A todos mis amigos, y personas cercanas a mí (especialmente a Diana), quienes nunca dudaron en brindarme su ayuda y su ánimo incondicional. Gracias por estar para mí y por ser mi fuente constante de apoyo y motivación. A mi compañera de tesis y mejor amiga Mariens Isabel Ocón, gracias por tu apoyo incondicional y tu amistad, has sido un faro de luz en cada paso del camino. Hemos compartido momentos inolvidables que atesoraré para siempre en mi corazón.

Quiero expresar mi agradecimiento a cada uno de los docentes que compartieron generosamente sus conocimientos y nos guiaron con dedicación durante todo este proceso académico. A nuestro tutor, MSc. Ing. José Méndez, asesora, Ing. Welsden Blanco, y a la maestra MSc. Ing. Emilseth Padilla, les agradezco sinceramente por el valioso tiempo y apoyo brindado.

Al Maestro MSc. Ing. Miguel Fonseca, que lo considero como un excelente mentor, dentro de este proyecto de aprendizaje personal, por su apoyo incondicional durante todo este proceso. Sus consejos sinceros, y su cariño han sido un pilar fundamental en esta etapa de mi vida.

**Br. Elsa María Mendoza Pérez**

## DEDICATORIA

Le dedico este trabajo monográfico primeramente a Dios, por darme la vida y haberme permitido haber llegado a este punto para poder lograr mis objetivos, brindarme sabiduría, amor y paciencia.

A mis padres, a quienes amo con el alma por haberme forjado como la persona que soy. Quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más de muchos, gracias por inculcarme el ejemplo del esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está con nosotros siempre.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso.

A mi pareja Cristian Castillo que con su apoyo constante y amor incondicional ha estado para mí en todo este proceso, fuente de sabiduría, calma y consejos en todo momento.

A mi mamá Isabel (q.e.p.d), que desde el cielo me guía y me inspira, quién me acompañó desde pequeña y aunque no esté físicamente sé que me acompaña en cada uno de mis logros. Tu partida dejó un vacío inmenso en mi corazón, pero también me enseñó el valor de la perseverancia y la determinación.

A mi familia, especialmente a Claudia y tío Omar porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

**“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa”**

**-Mahatma Gandhi**

**Br. Mariens Isabel Ocón Tórres**

## **AGRADECIMIENTO**

El principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha brindado la fortaleza para poder seguir adelante, quien hizo que fuera mucho más valiente y me permite sonreír ante todos mis logros que son el resultado de su ayuda.

A mis padres que han sido el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, quienes estuvieron siempre a la par mía en mis noches de desvelo. Les agradezco porque han sido mis mejores guías de vida y hoy que logro concluir mis estudios les dedico a ustedes este logro como una meta conquistada.

A mi pareja Cristian Castillo por nunca soltarme la mano en los momentos más difíciles y ser siempre un apoyo incondicional, incluso cuando yo dudaba de mis capacidades. Tus palabras de aliento me han dado la fuerza y la determinación para seguir adelante en este logro y los que faltan.

A mi mejor amiga y hermana por elección Elsa Mendoza, por siempre darme ánimos cuando más los necesité, por apoyarme día a día y por nunca dejarme caer ante las adversidades.

A nuestro tutor MSc. Ingeniero José Méndez por su paciencia, constancia y orientación en la realización de este trabajo monográfico, gracias por sus aportes profesionales que lo caracterizan.

Por último, pero no menos importante la ayuda de ingeniera Welsden Blanco, ingeniera Emilseth Padilla y el maestro MSc. Ing. Miguel Fonseca que sus palabras fueron sabias y conocimientos rigurosos y precisos a lo largo de la preparación de este documento.

**Br. Mariens Isabel Ocón Tórres**

## RESUMEN

La sandía, específicamente la variedad Mickey lee, ha ganado importancia económica en la actualidad, evidenciado por un crecimiento significativo en las exportaciones. Esto la convierte en una alternativa de producción confiable que contribuye al incremento de la economía de muchos productores.

En este trabajo de investigación, se exploran aspectos claves del cultivo, incluyendo su importancia, características morfológicas y las plagas de mayor incidencia durante el ciclo de cultivo. Además, se analizan los costos totales de producción derivados de todas las actividades realizadas, así como los ingresos generados.

El estudio se llevó a cabo en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), en un área de 0.82 hectáreas, cuyas dimensiones fueron de 94 metros de ancho y 111 metros de largo, con un marco de siembra de 2.5 metros entre surcos y 0.67 metros entre plantas. Se instaló un sistema de riego por goteo con una cinta TalDrip de 16 mm de diámetro interno, emisores espaciados cada 0.3 metros, y laterales espaciados cada 2.5 metros, con un caudal de 1.00 litro por hora.

El objetivo principal de esta evaluación fue determinar la eficiencia del cultivo, calculando los costos totales de producción. Tras el análisis detallado de los costos de cada actividad, se obtuvo un total de 96,843.31 córdoba, mientras que los ingresos totales ascendieron a 226,483.33 córdoba, generando una utilidad de 129,640.03 córdoba. Estos resultados resaltan la efectividad de las estrategias implementadas y la rentabilidad alcanzada en el cultivo de sandía bajo riego por goteo en la zona de estudio.

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	ANTECEDENTES .....	2
III.	JUSTIFICACIÓN .....	3
IV.	OBJETIVOS .....	4
	4.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
	4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
V.	MARCO TEÓRICO .....	5
	5.1. GENERALIDADES .....	5
	5.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	5
	5.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	6
	5.3.1. Sistema radicular .....	6
	5.3.2. Tallos .....	6
	5.3.3. Hoja.....	7
	5.3.4. Flores.....	8
	5.3.5. Fruto .....	8
	5.4. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA VARIEDAD MICKEY LEE	9
	5.5. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS.....	10
	5.5.1. Clima.....	10
	5.5.2. Temperatura.....	10
	5.5.3. Humedad .....	11
	5.5.4. Exigencias de suelo .....	11
	5.6. SISTEMA DE RIEGO .....	11

5.6.1. Riego por goteo .....	12
5.6.2. Componentes del sistema de riego por goteo.....	13
5.6.3. Lámina de Riego.....	14
5.6.4. Ventajas y Desventajas del uso de Riego por Goteo .....	15
5.7. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	15
5.7.1. Manejo Integrado de Plagas .....	17
5.8. CROPWAT 8.0.....	18
5.8.1. Funciones .....	18
5.6.1. Mecanismo de toma de datos .....	19
VI. DISEÑO METODOLÓGICO .....	21
6.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	21
6.1.1. Macro localización.....	21
6.1.2. Micro localización.....	22
6.2. DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO..	23
6.2.1. Identificación del terreno.....	23
6.2.2. Descripción de la poligonal.....	24
6.2.3. Diseño Agronómico .....	24
6.2.3.1. DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS.....	26
6.2.4. Diseño Geométrico.....	29
6.2.5. Diseño Hidráulico .....	30
6.2.6. Materiales a usar en la instalación del sistema de riego por goteo. .....	33
6.3. CONSIDERACIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA FAE.....	35
6.3.1. Muestreo de suelo .....	35

6.3.2. Manejo Agronómico .....	35
6.4. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS.....	38
VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	40
7.1. DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO..	40
7.1.1. Diseño Agronómico .....	40
7.1.2. Diseño Geométrico.....	48
7.1.3. Diseño Hidráulico .....	49
7.1.4. Materiales a usar en la instalación del sistema de riego por goteo	58
7.2. CONSIDERACIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA FAE.....	61
7.2.1. Resultado de labores agronómicas en el cultivo de Sandía .....	65
7.2.2. Resultado de Medidas Variables Durante la Cosecha.....	70
7.2.3. Cosecha.....	72
7.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	73
VIII. CONCLUSIONES.....	78
IX. RECOMENDACIONES.....	79
X. BIBLIOGRAFÍA .....	80
XI. ANEXOS DE FIGURAS.....	I
XII. ANEXOS DE TABLAS .....	IV
XIII. ANEXO DE GRÁFICOS .....	VI
XIV. ANEXOS DE COTIZACIONES.....	VII
XV. ANEXOS DE PLANOS.....	IX

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Planta Sandía (Citrullus Lanatus)</i> .....	6
<b>Figura 2.</b> <i>Flores del cultivo de la sandía</i> .....	7
<b>Figura 3.</b> <i>Hojas del cultivo de la sandía</i> .....	7
<b>Figura 4.</b> <i>Fruto del cultivo de la sandía</i> .....	9
<b>Figura 5.</b> <i>Sistema de Riego</i> .....	12
<b>Figura 6.</b> <i>Riego por Goteo</i> .....	12
<b>Figura 7.</b> <i>Componentes del Sistema de Riego por Goteo</i> .....	14
<b>Figura 8.</b> <i>Esquema de lámina de riego</i> .....	14
<b>Figura 9.</b> <i>Página principal de Cropwat</i> .....	20
<b>Figura 10.</b> <i>Macro Localización</i> .....	22
<b>Figura 11.</b> <i>Micro Localización</i> .....	23
<b>Figura 12.</b> <i>Cálculo de Eto por medio de Cropwat 8.0</i> .....	41
<b>Figura 13.</b> <i>Diseño Geométrico</i> .....	48
<b>Figura 14.</b> <i>Ficha Técnica de las pérdidas de un filtro de 2"</i> .....	54
<b>Figura 15.</b> <i>Ficha Técnica de pérdidas en el hidrociclón de 2"</i> .....	55
<b>Figura 16.</b> <i>Ficha Técnica de un caudalímetro de 2"</i> .....	56
<b>Figura 17.</b> <i>Representación Manejo Agronómico</i> .....	66
<b>Figura 18.</b> <i>Proceso Productivo del Cultivo</i> .....	66

<b>Figura 19.</b> Control de Maleza.....	68
<b>Figura 20.</b> Control Plagas .....	69
<b>Figura 21.</b> Longitud de la planta .....	70
<b>Figura 22.</b> Fruto con peso de 7.7 lbs o 3.5 kg.....	71
<b>Figura 23.</b> Fruto con peso de 8.7 lbs o 3.9 kg.....	71
<b>Figura 24.</b> Cosecha de Sandía, Recolección, Selección de Fruto.....	73
<b>Figura 25.</b> Planta de sandía a 10 días después de siembra.....	i
<b>Figura 26.</b> Semillas de sandía, variedad Micky Lee.....	i
<b>Figura 27.</b> Medición de densidad de siembra .....	ii
<b>Figura 28.</b> Cinta de riego por goteo, marca Taldrip .....	iii
<b>Figura 29.</b> Área de cultivo de sandía .....	iii
<b>Figura 30.</b> Perímetro FAE-UNI.....	ix

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Temperaturas críticas para el cultivo de Sandía en las distintas fases de desarrollo.....	11
<b>Tabla 2.</b> Cálculo de diámetro de tubería para caudales máximos.....	31
<b>Tabla 3.</b> Tabla de Costos de Producción del Cultivo de Sandía .....	39
<b>Tabla 4.</b> Caudal VS. Presión.....	44

<b>Tabla 5.</b> <i>Parámetros necesarios para un Sistema de Riego por Goteo</i> .....	47
<b>Tabla 6.</b> <i>Resultado Cálculos Hidráulicos</i> .....	57
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultados de los cálculos de Tubería</i> .....	57
<b>Tabla 8.</b> <i>Materiales a utilizar en el sistema de riego</i> .....	60
<b>Tabla 9.</b> <i>Costos de Producción para el cultivo de sandía (Mickey Lee) proyectada a 1 Hectárea.</i> .....	75
<b>Tabla 10.</b> <i>Tabla Resumen de Costos y Utilidad</i> .....	77
<b>Tabla 11.</b> <i>Datos para calcular CC y PPM</i> .....	iv
<b>Tabla 12.</b> <i>Datos para calcular Textura</i> .....	iv
<b>Tabla 13.</b> <i>Datos para calcular Densidad Real</i> .....	iv
<b>Tabla 14.</b> <i>Prueba de Aforo a equipo de bombeo Sumergible</i> .....	v
<b>Tabla 15.</b> <i>Datos de exponentes de caudal (m) y diámetro de tubería (n).</i> .....	vi

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> <i>Curva de Gasto de Caudal vs Presión</i> .....	vi
--	----

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ec.1</b> <i>Fórmula para Evapotranspiración</i> .....	24
<b>Ec.2</b> <i>Fórmula para calcular Déficit del cultivo</i> .....	25

<b>Ec.3</b> Fórmula para Lámina de riego rápidamente aprovechable .....	25
<b>Ec.4</b> Fórmula para Lámina Bruta.....	25
<b>Ec.5</b> Fórmula para Caudal Requerido .....	40
<b>Ec.6</b> Fórmula para Intensidad de Aplicación .....	40
<b>Ec.7</b> Fórmula para Caudal por hectárea .....	40
<b>Ec.8</b> Fórmula para Caudal total.....	27
<b>Ec.9</b> Fórmula para Áreas de turnos de riego.....	27
<b>Ec.10</b> Fórmula para Turnos de riego.....	27
<b>Ec.11</b> Fórmula para Número de goteros regado simultáneamente .....	27
<b>Ec.12</b> Fórmula para Frecuencia de Riego .....	28
<b>Ec.13</b> Fórmula para Lámina de aplicación .....	28
<b>Ec.14</b> Fórmula para Tiempo de puesta .....	28
<b>Ec.15</b> Fórmula para Jornada de riego .....	29
<b>Ec.16</b> Fórmula para pérdidas por fricción Hazen Williams .....	31
<b>Ec.17</b> Fórmula para pérdidas corregidas con factor de Christiansen .....	32
<b>Ec.18</b> Fórmula para aplicar factor de salida de Christiansen .....	32
<b>Ec.19</b> Fórmula para pérdidas por fricción corregidas por Christiansen .....	32
<b>Ec.20</b> Fórmula de velocidad de tubería secundaria en función del caudal.....	33
<b>Ec.21</b> Fórmula para cálculo del lateral de riego con Hazen Williams .....	33

<b>Ec.22</b> Fórmula para calcular metros de cinta de riego.....	34
<b>Ec.23</b> Fórmula para calcular conector inicial más empaque.....	34
<b>Ec.24</b> Fórmula cálculo de manguera de polietileno.....	34
<b>Ec.25</b> Fórmula para calcular número de tubos.....	34

## **I. INTRODUCCIÓN**

En Nicaragua, la agricultura se desarrolla principalmente por los pequeños productores dentro de los cuales muy pocos cuentan con formación técnica del manejo de la irrigación de sus cultivos, por lo cual tratan sus cultivos de manera ineficiente al momento de la aplicación de las tecnologías del riego y sin técnicas adecuadas.

El riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes en la actualidad, el suministro de agua es constante y uniforme, este sistema permite mantener el agua de la zona radicular en condiciones bajas de tensión, permite ahorrar agua y mano de obra; posibilita su establecimiento en cualquier tipo de topografía (INTAGRI.SA, 2022).

De acuerdo con opiniones variadas de pequeños agricultores, el riego por goteo ha ganado popularidad en diversos cultivos, incluyendo el cultivo de la sandía, debido a la eficiencia y ahorro del recurso agua, además afirman que mediante la implementación de este tipo de riego, se han obtenido grandes resultados en los rendimientos del cultivo, han mejorado los costos agropecuarios y de inversión realizada para sus cultivos durante el ciclo agrícola, por medio de registros contables lo que facilita para encontrar el proceso de venta y calcular las utilidades del período (INTAGRI.SA, 2022).

Los costos agropecuarios en la agricultura son importantes para controlar la aplicación de las técnicas de producción, a través de la clasificación correcta de tres elementos: materia prima, mano de obra y costos indirectos de producción (Elvis Cruz Ferrufino, 2009).

El presente trabajo de investigación, pretende determinar los costos de producción del cultivo de la sandía de la variedad "Mickey lee", utilizando riego por goteo en la Finca Agrícola Experimental (FAE), ubicada en la comunidad la bolsa en el

departamento de Masaya de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), donde se dio un seguimiento de los costos de producción de las etapas de su desarrollo fenológico hasta el proceso de comercialización.

## II. ANTECEDENTES

La sandía es originaria de África Tropical, posteriormente fue introducida en Asia y finalmente en América. En Nicaragua este cultivo no tenía importancia económica hasta en el año 2002-2003, ya que las importaciones aumentaron en un 36%. A pesar de la buena demanda, muchos agricultores no pueden sembrar, debido a los altos costos de producción, principalmente para el manejo de plagas y enfermedades. En lo que respecta a la variedad de sandía Micky lee, esta cuenta con las siguientes características: planta con alta productividad en el campo sus días a floración inician entre los 30 a 35DDS, es una planta triploide con semillas de color oscuro, la forma del fruto es redonda con peso de 1.8 a 3.1Kg su ciclo es de 82 días, tolerante a plagas, generalmente se siembra en época de verano (Seminis Seeds, 2014 - 2015).

Espinoza, Lopéz, & Méndez, 2011, establecieron el cultivo de la Sandía y Melón, por medio de fertirriego, para evaluar los efectos de aplicación de fertilizantes solubles y edáficos, y de esta manera analizar los rendimientos, obteniendo como resultado que con el tratamiento de fertilización edáfica (80-35-60), presentaban mayores rendimientos. En ambos cultivos los costos de producción con respecto a fertilización edáfica fueron menores que con fertilización soluble, siendo este, más caro por los costos de equipos de inyección de fertirriego.

Roblero, Mejía, & Carlos, 2016, evaluaron un sistema de riego por goteo en el cultivo de sandía de exportación, y llegaron a la conclusión de que el coeficiente de uniformidad es de 81.18%, donde se considera aceptable para sistema de riego por goteo, y la eficiencia de riego es de 86.76% considerándola buena para sistemas de este tipo.

Luna & Pérez, 2021, realizó un manejo agronómico en cultivo de melón y sandía, con el objetivo de realizar una comparación con los costos de producción y los rendimientos del cultivo, dándole como resultado que la producción obtenida no sustentó el total de los costos parciales, por lo que se obtuvo una productividad muy por debajo de lo esperado a cosechar por afectaciones edafoclimáticas.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Nicaragua es un país de tradición eminentemente agrícola y ganadera, con una gran diversidad de suelos, clima, y condiciones favorables que facilitan el desarrollo de una variedad de cultivos, algunos más comunes, otros menos comunes, pero que en los últimos años, debido a la demanda nacional e internacional han incrementado su producción y comercialización, tal es el caso del cultivo de la sandía, específicamente la variedad Mickey lee, y si esto viene del campo es indispensable para satisfacer las necesidades de la población.

Hoy en día, el cambio climático es un gran problema que afecta la agricultura, ya que ocasiona reducciones en la producción, rendimientos y cuantifica el efecto directo de las variaciones de temperatura y precipitación sobre los cultivos, por lo que, la implementación de sistemas de riego en campos agrícolas ha contrarrestado este problema; se ha observado la eficiencia de los cultivos que se les ha implementado riego, siendo siempre usado de buena manera.

En esta investigación se evaluó la eficiencia del cultivo de sandía, de la variedad Micky lee, en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), determinando los costos totales de producción. Este estudio es de gran importancia porque será tomado como referencia para otros productores, tanto de la zona como a nivel nacional, de esta manera podrán comparar este sistema de riego por goteo con otros, de tal forma que se podrá evidenciar la variabilidad en los costos, y cuál de los sistemas es el más viable según su presupuesto.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer una parcela en cultivo de sandía, variedad Micky lee, utilizando riego por goteo en la Finca Agrícola Experimental (FAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un sistema de riego por goteo que suministre las necesidades hídricas del cultivo de sandía de la Finca Agrícola Experimental (FAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- Realizar las labores agronómicas necesarias para el óptimo desarrollo y producción del cultivo de sandía, considerando las condiciones edafoclimáticas de la Finca Agrícola Experimental (FAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- Determinar los costos de producción del cultivo de la sandía, variedad Micky lee, utilizando riego por goteo en la Finca Agrícola Experimental (FAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

## V. MARCO TEÓRICO

### 5.1. GENERALIDADES

La sandía es originaria de la región semi desérticas de África tropical, posteriormente esta se difundió por Asia y finalmente a América. Considerada como un símbolo del trópico en Nicaragua, esta fruta no había alcanzado la importancia económica que para muchos productores tienen en la actualidad, ya que las exportaciones de sandía crecieron comparativamente el 2002 y 2003 en un 36%, lo que la convierte en una alternativa de producción que genera confianza, además de un incremento en la economía de muchos productores que la cultivan (Br. Lacayo, 2004).

### 5.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

*Citrullus lanatus*, comúnmente llamada sandía, acendría, sindria o patilla, es una especie de la familia *Cucurbitaceae*, es originaria de África, con una gran presencia y difusión en todo el mundo. Se cultiva de manera extendida por todo el mundo debido a su fruto.

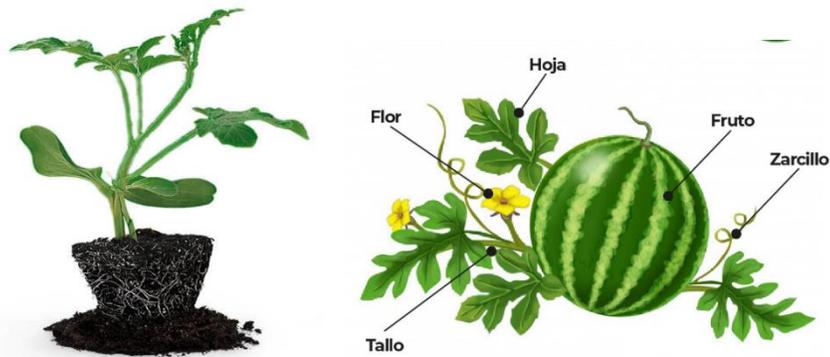
- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Dilleniidae
- Orden: Curcubitaceae
- Subfamilia: Cucurbitoideae
- Tribu: Benincaseae
- Subtribu: Benincasinae
- Género: Citrullus
- Especie: C. lanatus

## 5.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

### 5.3.1. Sistema radicular

El sistema radicular de la sandía es muy ramificado, con raíz principal profunda, y raíces secundarias distribuidas superficialmente.

**Figura 1.** Planta Sandía (*Citrullus Lanatus*)



**Nota.** Representación de planta de sandía, en la cual se muestra la apariencia típica de una planta en la investigación. Fuente: (Krebs, 2021)

### 5.3.2. Tallos

Los tallos de la planta de sandía, son de desarrollo rastrero, en estado de 5 a 8 hojas bien desarrolladas, el tallo principal emite las brotaciones de segundo orden a partir de las axilas de las hojas. En las brotaciones secundarias se inician las terciarias y así sucesivamente, de forma que la planta llega a cubrir de 4 a 5 metros cuadrados. Se trata de tallos herbáceos de color verde, recubiertos de pilosidad que se desarrollan de forma rastrera, pudiendo trepar debido a la presencia de zarcillos.

### 5.3.3. Hoja

La hoja de esta planta de sandía, variedad Micky lee, es peciolada, dividida en de 3 a 5 lóbulos, que a su vez se subdividen en segmentos redondeados, presentando profundas entalladuras que no llegan al nervio principal. El haz es suave al tacto, y el envés muy áspero y con nerviaciones muy pronunciadas. El nervio principal se ramifica en nervios principales. El nervio principal se ramifica en nervios secundarios que, se dirigen a los últimos segmentos de la hoja, imitando la palma de la mano.

**Figura 3.** Hojas del cultivo de la sandía



**Nota.** Representación visual de las hojas de la planta de sandía en sus primeras etapas de crecimiento en la investigación. Fuente: (Propia)

**Figura 2.** Flores del cultivo de la sandía



**Nota.** Representación visual de las flores del cultivo de sandía en la investigación. Fuente: (Propia)

#### **5.3.4. Flores**

Las flores del cultivo de la sandía, variedad Micky lee, son de color amarillo, solitarias, pedunculadas y axiliares, atrayendo a los insectos por su color, aroma y néctar (flores entomógamas), de forma que la polinización es entomófila, está forma por 5 pétalos unidos en su base. El cáliz del cultivo, está constituido por sépalos libres (dialisépalo o coeisépalo), de color verde. Existen dos tipos de flores: masculinas o estaminadas y femeninas o pistiladas, coexistiendo los dos sexos en una misma planta, pero en flores distintas (flores unisexuales). Las flores masculinas disponen de 8 estambres. Por lo general hay más flores masculinas que femeninas, en una proporción de 2 flores masculinas, por 1 femenina.

Las flores femeninas poseen estambres rudimentarios, y un ovario ínfero veloso y ovoide, que se asemeja en su primer estadio a una sandía, (fruto incipiente), por lo que resulta fácil diferenciar entre flores masculinas y femeninas. Estas últimas aparecen tanto en el brote principal como en los secundarios y terciarios, con la primera flor en la axila de la séptima a la décima primera hoja del brote principal.

#### **5.3.5. Fruto**

El fruto del cultivo de la sandía, variedad Micky lee, es un baya globosa u oblonga, formada por 3 carpelos. Su peso oscila entre los 2 y los 4.5 kilogramos, produciendo un rango de 3 a 5 frutos por planta. El color de la corteza es variable, pudiendo aparecer uniforme (verde oscuro, verde claro o amarillo), o a franjas de color amarillento, grisáceo o verde claro sobre fondos de diversas tonalidades verdes.

La pulpa de la sandía, también presenta diferentes colores (rojo, rosados o amarillo) y las semillas pueden estar ausentes (frutos triploides) o mostrar tamaños y colores variables (negro, marrón o blanco), dependiendo del cultivar.

**Figura 4.** Fruto del cultivo de la sandía



**Nota.** Representación visual del fruto de la planta de sandía en sus primeras etapas de crecimiento en la investigación. Fuente: (Propia)

#### **5.4. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA VARIEDAD MICKEY LEE**

La sandía, especialmente la variedad Mickey Lee, es un cultivo ampliamente cultivado y apreciado en muchas regiones del mundo por su dulzura refrescante y su versatilidad culinaria. El rendimiento de este cultivo está influenciado por una serie de factores, incluidos el clima, el suelo, la gestión agronómica y la resistencia a enfermedades y plagas específicas.

En el caso de la variedad Mickey Lee, se han desarrollado prácticas de manejo específicas para optimizar su rendimiento. Esto puede incluir técnicas de riego precisas para garantizar un suministro adecuado de agua durante todo el ciclo de crecimiento, la selección de suelos bien drenados y ricos en nutrientes, y la

aplicación de fertilizantes equilibrados para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta.

Además, el control efectivo de enfermedades y plagas, es crucial para proteger la salud de las plantas y maximizar la producción de frutas de alta calidad. En conjunto, estas prácticas de manejo contribuyen a un rendimiento óptimo del cultivo de sandía variedad Mickey Lee, asegurando así un suministro constante de este popular y sabroso fruto.

Un buen rendimiento de esta variedad anda en rangos de 40,000 a 80,000 kilogramos por hectárea (Wikifarmer, 2023).

## **5.5. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS**

### **5.5.1. Clima**

El manejo racional de ellos factores climáticos, de forma conjunta, es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

### **5.5.2. Temperatura**

La sandía es menos exigente en temperatura que el melón, siendo cultivares triploides más exigentes que los normales, presentando además mayores problemas de germinabilidad. Cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche son de 20-30°C, se originan desequilibrios en las plantas: en algunos casos se abre el cuello y los tallos y el polen producido no es viable.

**Tabla 1.** Temperaturas críticas para el cultivo de Sandía en las distintas fases de desarrollo.

<b>Helada</b>		<b>0°C</b>
<b>Detención de la vegetación</b>		11 - 13°C
<b>Germinación</b>	Mínima	15 °C
	Óptima	25 °C
<b>Floración</b>	Óptima	18 - 20° C
<b>Desarrollo</b>	Óptima	23 - 28°C
<b>Maduración del fruto</b>		23 - 28°C

Fuente: Info Agro Systems

### **5.5.3. Humedad**

La humedad relativa óptima para el cultivo de sandía, se sitúa entre 60% y el 80% siendo un factor determinante durante la floración.

### **5.5.4. Exigencias de suelo**

La sandía no es muy exigente en suelos, aunque le van bien los suelos bien drenados, ricos en materia orgánica y fertilizantes.

## **5.6. SISTEMA DE RIEGO**

Los sistemas de riego son de gran utilidad para el cultivo de plantas, este suministra el agua necesaria para la sobrevivencia de los mismos. Está compuesto por varias estructuras que permiten impulsar el agua (Sistemas, 2017).

**Figura 5.** Sistema de Riego



**Nota.** Esta ilustración muestra cómo está compuesto un sistema de riego. Fuente: (Prakor, 2019)

### 5.6.1. Riego por goteo

El riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes en la actualidad, el suministro de agua es constante y uniforme, gota a gota, lo que permite mantener el agua de la zona radicular en condiciones de baja tensión. El agua aplicada por los goteros forma un humedecimiento en forma de cebolla en el interior del suelo, al que comúnmente se le denomina “bulbo húmedo” (INTAGRI S.A., 2022).

**Figura 6.** Riego por Goteo



**Nota.** Representación visual de la cinta, un componente fundamental del sistema de riego por goteo. Fuente: (Agricultures, 2012)

### 5.6.2. Componentes del sistema de riego por goteo

- Reservorio: usado comúnmente para regar el cultivo.
- Bomba de pozo profundo: utilizada para tomar agua de los acuíferos y alimentar el reservorio o ser usada directamente.
- Controlador de riego: Es una herramienta que se conecta al grifo, salida del agua o a las electroválvulas con el objetivo de permitirnos programar los días, las horas y la duración del riego.
- Sistema de inyección de fertilizantes y equipo auxiliar (inyección de cloro, inyector de ácido, inyector de sales nutritivas) Componentes de un sistema de riego localizado.
- Válvulas de control y Válvulas de control de filtros.
- Reguladoras de presión y caudal, alivio de aire y doble propósito; manómetros, medidores de flujo y válvulas anti retorno o cheque.
- Emisores de riego: los emisores son dispositivos que controlan la salida del agua desde las tuberías laterales, según el caudal que proporcionan (goteros, micro aspersores, cintas de riego, micro tubos).
- Unidad de bombeo: es el principal componente de un sistema de riego presurizado, debe otorgar la presión y caudal suficiente al sistema en función de las necesidades que demanda cada instalación en particular. Son aparatos que suministran fuerza, para que el caudal de agua se mueva hacia dónde queremos que vaya.

**Figura 7.** Componentes del Sistema de Riego por Goteo

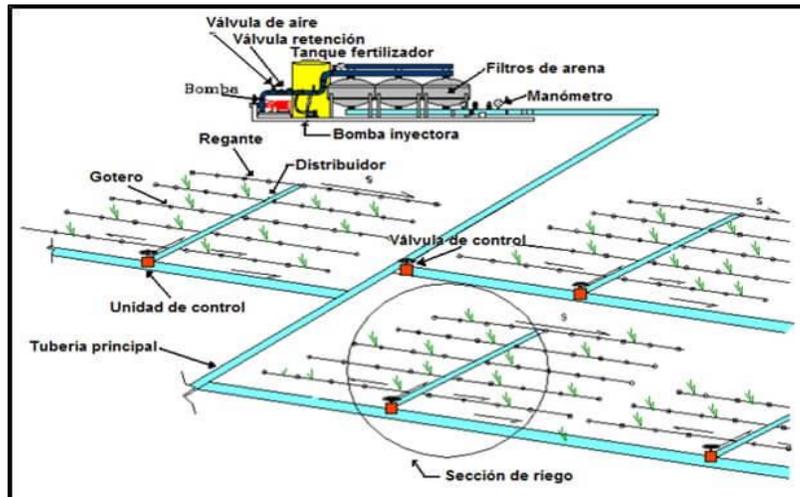


**Nota.** Esta representación visual es esencial para comprender la distribución uniforme del agua en el suelo a través del sistema de riego por goteo. Fuente: (Herrera Ponce, Hernández, & Castillo González, 2013)

### 5.6.3. Lámina de Riego

Es la cantidad de agua necesaria, que se aplica en una superficie de terreno, en cualquier cultivo, en un determinado intervalo de tiempo.

**Figura 8.** Esquema de lámina de riego



**Nota.** Representación visual que muestra los elementos esenciales para la configuración completa de un sistema de riego. Fuente: (Herrera Ponce, Hernández, & Castillo González, 2013)

#### 5.6.4. Ventajas y Desventajas del uso de Riego por Goteo

##### Ventajas

- Uso racional del agua.
- Alta uniformidad de riego.
- Aumento de la eficiencia de los fertilizantes pues se aplican con el agua de riego.
- Facilita labores agrícolas por ausencia de humedad en la entrecalle.
- Disminuye mano de obra.
- Menor incidencia de plantas innecesarias.
- Aumento del rendimiento y calidad de los productos.

##### Desventajas

- Riesgo de salinización por mal manejo del agua.
- Revisión constante del sistema.
- Inversión inicial es alta, pero luego se mantiene a niveles bajos.
- Requiere alguna especialización del personal encargado.
- Cualquier desperfecto debe ser reparado inmediatamente.

#### 5.7. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

El cultivo de sandía puede ser afectado por diversas plagas y enfermedades que pueden reducir la producción y la calidad de los frutos. A continuación, se mencionan algunas de las plagas y enfermedades más comunes:

#### Plagas:

- **Ácaros (*Tetranychus spp.*):** Los ácaros pueden causar daños al alimentarse de las hojas, lo que resulta en manchas amarillas y necrosis. Pueden ser especialmente problemáticos en condiciones de sequía.
- **Pulgones (*Aphididae*):** Los pulgones se alimentan del tejido vegetal, causando deformaciones en las hojas, crecimiento deficiente de las plantas y transmisión de virus.
- **Trips (*Thysanoptera*):** Los trips pueden causar daños al alimentarse de las hojas y flores, lo que resulta en manchas plateadas y plateado-bronceado en las hojas.
- **Gusanos cortadores (*Agrotis spp.*):** Las larvas de los gusanos cortadores pueden dañar las plántulas al alimentarse de las raíces y el tallo, lo que resulta en el debilitamiento de las plantas y la muerte.
- **Mosca blanca (*Aleyrodidae*):** Las plantas afectadas sufren un debilitamiento generalizado debido a la extracción de savia que realizan estos insectos.

#### Enfermedades:

- **Mildiú polvoriento (*Podosphaera xanthii*):** Esta enfermedad fúngica causa la formación de un polvo blanco en las hojas, tallos y frutos, lo que puede reducir la fotosíntesis y afectar el rendimiento.
- **Marchitez por fusarium (*Fusarium oxysporum*):** Esta enfermedad fúngica afecta el sistema vascular de la planta, causando marchitez y muerte de las plantas. Puede ser transmitida a través del suelo y residuos vegetales.
- **Oídio (*Erysiphe cichoracearum*):** El oídio es una enfermedad fúngica que causa la formación de un polvo blanco en las hojas, tallos y frutos, lo que puede reducir la fotosíntesis y afectar el rendimiento.

- **Manchas foliares:** Diversos hongos pueden causar manchas foliares en las hojas de la sandía, lo que puede reducir la fotosíntesis y afectar el rendimiento. Las manchas pueden variar en color y tamaño dependiendo del patógeno involucrado.

Estas son solo algunas de las plagas y enfermedades que pueden afectar el cultivo de sandía. Es importante monitorear regularmente el cultivo y tomar medidas de manejo integrado para prevenir y controlar estas plagas y enfermedades, lo que puede incluir prácticas culturales, uso de variedades resistentes y aplicación de productos fitosanitarios cuando sea necesario.

### 5.7.1. Manejo Integrado de Plagas

El manejo integral de plagas (MIP) es un enfoque holístico que combina múltiples estrategias para prevenir y controlar las plagas de manera efectiva y sostenible. Aquí tienes algunas medidas clave dentro del MIP:

- **Monitoreo regular:** Realiza inspecciones regulares del cultivo para detectar la presencia de plagas y enfermedades en una etapa temprana. Esto te permitirá tomar medidas preventivas o de control de manera oportuna.
- **Uso de prácticas culturales:** Adopta prácticas agronómicas que promuevan la salud de las plantas y reduzcan la incidencia de plagas, como la rotación de cultivos, el manejo adecuado de residuos vegetales, la selección de variedades resistentes y el control de malezas.
- **Control biológico:** Utiliza organismos vivos, como depredadores, parasitoides o patógenos, para controlar las poblaciones de plagas de forma natural. Fomenta la presencia de enemigos naturales en el cultivo y considera la liberación de organismos beneficiosos cuando sea necesario.
- **Control físico:** Emplea métodos físicos para reducir las poblaciones de plagas, como la eliminación mecánica de insectos o larvas, el uso de barreras

físicas para evitar la entrada de plagas al cultivo, o el uso de trampas para monitorear y capturar insectos.

- **Control químico:** Utiliza productos fitosanitarios de manera selectiva y responsable, aplicándolos solo cuando sea necesario y siguiendo las recomendaciones de etiqueta. Prioriza el uso de productos menos tóxicos y más selectivos para minimizar el impacto ambiental y la resistencia de las plagas.
- **Integración de técnicas:** Combina diferentes estrategias de control en un enfoque integrado y coordinado. Por ejemplo, puedes utilizar el control biológico como una medida preventiva y complementar con el control químico solo en casos de infestaciones severas.
- **Monitoreo post-aplicación:** Evalúa regularmente la eficacia de las medidas de control implementadas y ajusta tu estrategia según sea necesario. Esto te permitirá identificar problemas potenciales y tomar medidas correctivas a tiempo.

Al aplicar estas medidas en conjunto, puedes reducir la dependencia de los productos químicos y promover un equilibrio ecológico en el cultivo, lo que resulta en un manejo más eficaz y sostenible de las plagas.

## **5.8. CROPWAT 8.0**

### **5.8.1. Funciones**

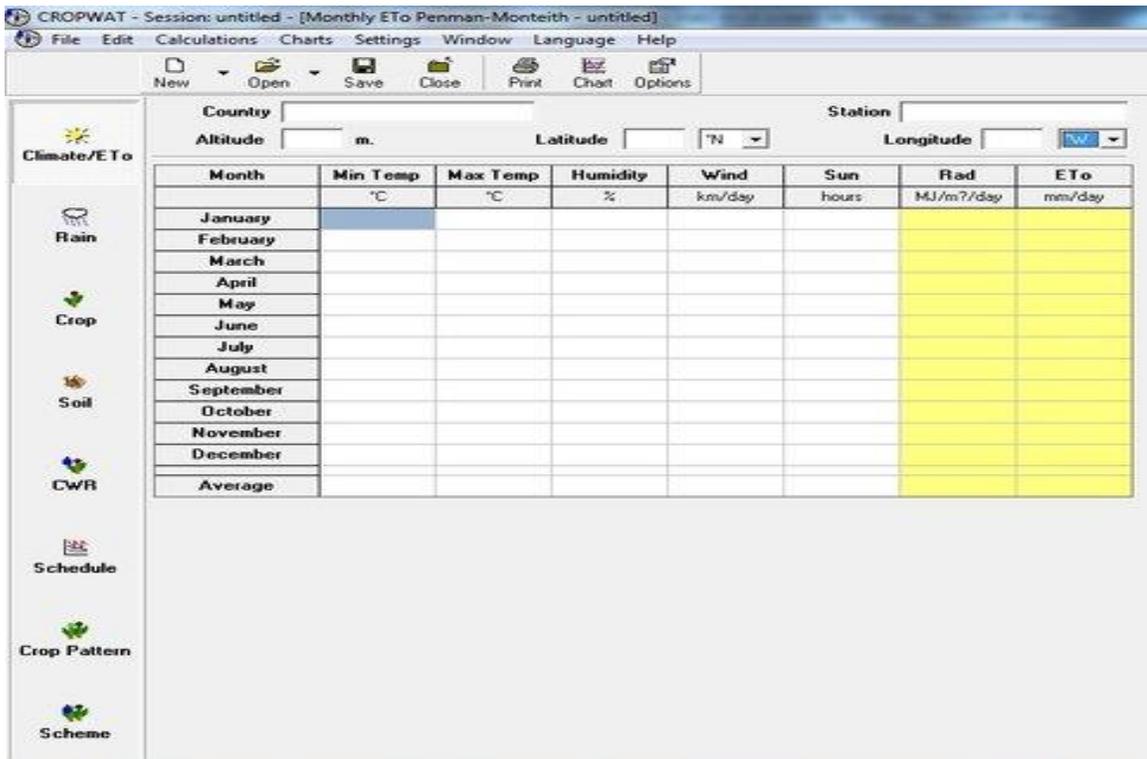
Cropwat es una herramienta desarrollada por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) que se utiliza para calcular los requerimientos de agua de los cultivos y planificar el riego de manera eficiente. Sus principales usos y aplicaciones incluyen:

- **Estimación de los requerimientos de agua de los cultivos:** Cropwat permite calcular la cantidad de agua que un cultivo necesita para su crecimiento y desarrollo óptimos en función de diversos factores, como el clima, el tipo de suelo, la etapa de crecimiento del cultivo y las prácticas agronómicas.
- **Planificación del riego:** Con base en los requerimientos de agua calculados, Cropwat ayuda a planificar el riego de manera eficiente, determinando el momento y la cantidad de agua que debe aplicarse al cultivo para satisfacer sus necesidades hídricas en cada etapa de su ciclo de crecimiento.
- **Optimización del uso del agua:** Cropwat ayuda a optimizar el uso del agua en la agricultura al proporcionar información precisa sobre los requerimientos de agua de los cultivos y los patrones de riego adecuados. Esto permite evitar el uso excesivo de agua y minimizar el desperdicio, lo que contribuye a una gestión más sostenible de los recursos hídricos.
- **Análisis de la eficiencia del riego:** El software también permite evaluar la eficiencia del sistema de riego al comparar la cantidad de agua aplicada con la cantidad de agua que realmente necesita el cultivo. Esto ayuda a identificar posibles mejoras en la gestión del riego y optimizar el uso del agua en la agricultura.

#### **5.6.1. Mecanismo de toma de datos**

En la siguiente figura se muestra la Interfaz principal de CropWat, donde se observan los módulos disponibles para el llenado de datos.

**Figura 9.** Página principal de Cropwat



Fuente: ((CROPWAT), 2006)

Existen cinco módulos destinados al ingreso de información, cada uno de ellos, recogen información específica para hacer funcionar el modelo. En el caso de “Clima/ETo”, recoge las variables de: humedad del ambiente, velocidad del viento, horas solares, temperatura máxima y mínima. Con todas estas variables el programa calcula evapotranspiración, usando la ecuación de Penman – Monteith. “Prec.” es el módulo donde se ingresa la información de las precipitaciones. Es recomendable ingresar datos diarios. “Cultivo”, es en esta parte donde se debe especificar información relevante del cultivo, destacan “Kc Valores”, “Etapa”, “Agotamiento crítico (fracción)” y “F. respuesta rend.”. El módulo de “Suelo” resume algunas propiedades de suelo consideradas de importancia para modelar el movimiento de agua dentro del mismo. Por último, el módulo de “Patrón de Cultivo”, útil cuando se pretende regar de forma programa el cultivo. El resto de módulos, son conocidos como módulos de resultado. El módulo de “RAC” es de

particular interés porque es aquí donde encontraremos la información del déficit hídrico del cultivo, experimentado en cualquiera de sus fases de crecimiento. El módulo de “Programación”, donde se genera el dato de reducción de rendimiento, el mismo es usado para determinar cuál es la fecha óptima de siembra. En caso de “Sistema”, únicamente tendrá utilidad si se cuenta con agua suficiente para planificar un calendario de riego.

## **VI. DISEÑO METODOLÓGICO**

La metodología utilizada en el siguiente trabajo, se basó en definir las variables que permiten determinar los costos de producción en el establecimiento del cultivo de la Sandía, en la Finca Agrícola Experimental (FAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), utilizando riego por goteo para el suministro de los requerimientos hídricos del cultivo, en sus diferentes etapas fenológicas.

### **6.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El establecimiento del cultivo de Sandía será en la Finca Agrícola Experimental (FAE) propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), adscrita al departamento de Ingeniería Agrícola del Área del Conocimiento de la Agricultura. La propiedad posee un área de 48.21 manzanas o 33.99 hectáreas y se encuentra ubicado en la comunidad “La Bolsa” del municipio de las Flores, Departamento de Masaya.

#### **6.1.1. Macro localización**

El departamento de Masaya se localiza en la región del Pacífico, forma un núcleo importante de la zona metropolitana de la Ciudad de Managua y constituye uno de los ejes principales del país. Se localiza entre las coordenadas geográficas 11°58' 28" latitud norte y 86° 05' 39" longitud oeste este departamento cuenta con una extensión territorial de 590 kilómetros cuadrados (Km<sup>2</sup>).

**Figura 10. Macro Localización**



**Nota.** Esta proporciona una visión general de la ubicación geográfica de la investigación. Fuente: (Earth, 2019)

### 6.1.2. Micro localización

La investigación se llevó a cabo en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), ubicada en la comunidad “Santa Clara” de la Comarca “La Corteza”, en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, la parcela en la que se realizó el estudio experimental, se localiza entre las coordenadas geográficas, longitud oeste 85° 59' y latitud norte 12° 07'. En ella se hizo el establecimiento del cultivo de sandía.

**Figura 11. Micro Localización**



**Nota.** En la Figura 11, se detalla la ubicación precisa de la parcela del ensayo en la Finca Agrícola Experimental de la UNI.

## 6.2. DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

### 6.2.1. Identificación del terreno

Para la selección del terreno en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), primeramente, se utilizó Google Earth y otras investigaciones, para conocer la ubicación de los distintos tipos de suelos presentes en la finca, donde se seleccionó el más apto para el cultivo. Este tipo de cultivo prospera más en suelos Francos y Franco Arcillosos - Limosos, con buen drenaje y con alto contenido de materia orgánica (Martínez, 2015).

Se realizó inspección por el sitio, para determinar si existe alguna fuente de abastecimiento de agua, para la distribución del agua en la parcela de estudio.

### 6.2.2. Descripción de la poligonal

Una vez que se seleccionó el área de estudio, se delimitó la zona con ayuda del Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS) y una aplicación llamada UTM Geo Map, para geo referenciar vía satelital el lugar. De esta manera se describió con exactitud los puntos cercanos.

### 6.2.3. Diseño Agronómico

Para realizar el cálculo del diseño agronómico, se recolectaron datos sobre las características del suelo, los requerimientos de agua del cultivo y las condiciones climáticas, como precipitación y evapotranspiración. Luego, se determinó la demanda hídrica del cultivo calculando la evapotranspiración Real del Cultivo (ET<sub>c</sub>) y estableciendo la frecuencia y cantidad de riegos necesarias. Se seleccionó el sistema de riego por goteo y se diseñó la red de distribución de tuberías y emisores, calculando los caudales y presiones requeridos. Estos son los parámetros necesarios para que el sistema de riego por goteo sea capaz de suministrar con eficiencia el agua al cultivo de la sandía para su desarrollo normal sin sufrir un déficit hídrico, los cuales se calcularon con las siguientes fórmulas.

#### Evapotranspiración

$$ET_c(\text{mm/día}) = ET_o \times K_c$$

**Ec. 1**

**Donde:**

- **ET<sub>o</sub>**: Evapotranspiración del cultivo obtenido por Cropwat mm/día
- **K<sub>c</sub>**: Coeficiente del cultivo

✚ **Déficit del cultivo**

$$D_f(\text{mm/día}) = \frac{ET_c}{E_f}$$

**Ec. 2**

**Donde:**

- $ET_c$ : Evapotranspiración mm/ día
- $E_f$ : Eficiencia de Riego %

✚ **Lámina de Riego rápidamente aprovechable (LARA)**

$$LARA = (CC - PMP) \times DA \times 10 \times P_r \times U_R$$

**Ec. 3**

**Donde:**

- CC: Capacidad de campo (%)
- PMP: Punto de marchitez permanente
- Da: Densidad Aparente
- Pr: Profundidad radicular
- Ur: Umbral de riego

✚ **Lámina Bruta (LB)**

$$LB = \frac{LARA}{E_f}$$

**Ec. 4**

**Donde:**

- LARA: Lámina de riego rápidamente aprovechable
- $E_f$ : Eficiencia de riego

### 6.2.3.1. Determinación de las necesidades hídricas

La planta solo utiliza una pequeña parte de agua disponible en sus procesos metabólicos, el resto se pierde por la transpiración del propio vegetal y por evaporación del suelo.

Se utilizaron las siguientes ecuaciones para realizar los cálculos, una vez recolectado los datos de campo necesarios.

#### Caudal Requerido

$$Q_R = \frac{\text{Área} * D_f * 10}{\text{Jornada}}$$

**Ec. 5**

#### Intensidad de Aplicación

$$I_a = \frac{Q_i(\text{lph})}{E_i * E_s}$$

**Ec. 6**

**Donde:**

- $Q_i$ : Caudal del emisor
- $E_i$ : Espaciamiento entre emisor (m)
- $E_s$ : Espaciamiento entre surcos (m)

#### Caudal por hectárea

$$Q_{ha} = I_a * 10$$

**Ec. 7**

**Donde:**

- $I_a$ : Intensidad de Aplicación
- Factor: 10

**✚ Caudal Total**

$$Q_T = \text{Área} * Q_{ha}$$

**Ec. 8**

**Donde:**

- Área: Hectárea
- $Q_{ha}$ : Caudal por hectárea

**✚ Área de turnos de riego**

$$AT = \frac{\text{Área}}{T}$$

**Ec. 9**

**Donde:**

- AT: Área de turnos de riego
- T: Turnos de riego

**✚ Turnos de riego**

$$T = \frac{Q_T}{Q_R}$$

**Ec. 10**

**Donde:**

- $Q_T$ : Caudal Total
- $Q_R$ : Caudal Requerido

**✚ Número goteros regado simultáneamente**

$$\#goteros = \frac{\text{Longitud Lateral}}{E_l * E_a}$$

**Ec. 11**

**Donde:**

- $E_l$ : Espaciamiento lateral (m)
- $E_a$ : Espaciamiento entre gotero (m)

**+ Frecuencia de Riego**

$$F_R = \frac{\text{Área}}{E_g * N_g * CD}$$

**Ec. 12**

**Donde:**

- CD: Cambios por día
- $E_g$ : Espaciamiento entre gotero
- $N_g$ : Número de goteros

**+ Lámina de Aplicación**

$$La = D_f * F_R$$

**Ec. 13**

**Donde:**

- $D_f$ : Déficit Cultivo
- $F_R$ : Frecuencia de Riego

**+ Tiempo de Puesta**

$$TP = \frac{L_a}{I_a}$$

**Ec. 14**

**Donde:**

- $L_a$ : Lámina de aplicación
- $I_a$ : Intensidad de aplicación

#### **Jornada de Riego**

$$J_R = CD * TP$$

**Ec. 15**

**Donde:**

- CD: Cambios por día
- TP: Tiempo de puesta (horas)

#### **6.2.4. Diseño Geométrico**

Se basó en la delimitación del perímetro del área, incorporando el GPS para delimitar el área de estudio, que consistió en agilizar y acelerar el proceso mediante el uso de la posición de coordenadas de latitud y longitud que proporciona cuando se desea determinar la posición tridimensional de cualquier lugar. Se realizaron las siguientes actividades para lograrlo:

- Un levantamiento en campo de la parcela en la que se estableció el cultivo, se ubicó la fuente de agua (pozo), haciendo uso de un GPS y una aplicación llamada UTM Geo Maps.
- Se integraron los datos recopilados en el programa de Google Earth y se guardaron en un formato KMZ.
- El archivo de KMZ se convirtió a un formato DWG, y de esta manera se obtuvo un polígono georreferenciado en el programa AutoCAD.

- Se verificó la ubicación de la siembra para determinar con precisión la posición de los laterales de riego.
- De acuerdo con la verificación de la dirección de la siembra, se procedió a medir la longitud más extensa con el fin de determinar la dimensión del lateral de riego correspondiente.
- El diseño geométrico se completó tras examinar detenidamente todos los datos del diseño agronómico correspondiente.

Para obtener información detallada sobre el diseño geométrico del sistema y sus componentes principales, se recomienda revisar el Inciso 7.1.2 en la sección de Análisis y Discusión de Resultados.

#### **6.2.5. Diseño Hidráulico**

El diseño hidráulico se realizó considerando varios factores para optimizar la red de tuberías. Primero, se seleccionaron materiales de tubería, principalmente PVC, y se determinó el factor de rugosidad correspondiente. Luego, se estableció la longitud máxima de la tubería de conducción desde el equipo de bombeo hasta el último hidrante, así como el caudal de diseño necesario.

Para calcular los diámetros de las tuberías, se utilizó el método de Hazen-Williams, que tiene en cuenta la velocidad del agua, el coeficiente de rugosidad, el radio hidráulico. Este método permitió dimensionar adecuadamente las tuberías de conducción y laterales, optimizando el flujo y minimizando las pérdidas de presión.

Finalmente, se verificaron los diámetros internos de las tuberías para asegurar que cumplieran con los requisitos de caudal y presión, optimizando el diseño para maximizar la eficiencia y minimizar costos.

**Tabla 2.** Cálculo de diámetro de tubería para caudales máximos.

<b>Diámetro de tubería y caudal máximo permisible</b>			
<b>Diámetro nominal (Pulgadas)</b>	<b>Diámetro interno (mm)</b>	<b>Caudal máximo (mc)</b>	<b>Caudal Máximo (gpm)</b>
½	18.82	2.50	11
¾	24.62	4.28	18.83
1	30.36	6.51	28.64
1 ½	45.22	11.72	51.57
2	56.63	22.66	99.70
2 ½	68.56	33.21	146.12
3	84.58	50.56	222.46
4	108.72	83.55	367.62
6	160.08	181.13	796.97
8	202.22	307.05	1351.02

Fuente: Elaboración Propia.

Para los siguientes cálculos se tomaron en cuenta valores de la tabla 2.

### **Cálculo del diámetro de tubería secundaria con Hazen Williams**

#### **✚ Cálculo de pérdidas por fricción Hazen Williams**

$$hf = \left( \frac{10.674}{C^{1.852}} \right) \times \left( \frac{L}{D^{4.87}} \right) \times Q^{1.852}$$

**Ec. 16**

**Donde:**

- $hf$ : pérdida de carga (m)
- $L$ : longitud de la tubería (m)

- D: diámetro interno (m)
- Q: caudal ( $m^3/seg$ )

**✚ Pérdidas corregidas con factor de Christiansen**

$$F = \frac{1}{1 + \beta} + \frac{1}{2n} + \frac{\sqrt{\beta - 1}}{6n^2}$$

**Ec. 17**

**Donde:**

- F: coeficiente de Christiansen
- N: número de salidas
- B: coeficiente que depende de la distancia de la primera salida con relación al inicio de la tubería.

**✚ Aplicar factor de salida de Christiansen**

$$N^0SL = L.T.S/E_{surco}$$

**Ec. 18**

**Donde:**

- $N^0SL$ : número de salidas laterales
- L.T. S: longitud de la tubería secundaria
- $E_s$ : espacio entre surco

**✚ Pérdidas por fricción corregidas por Christiansen**

$$h_{fc} = h_f \times factor$$

**Ec. 19**

**Donde:**

- $h_{fc}$ : pérdidas por fricción corregidas por Christiansen

- $h_f$ : pérdida de carga (m)

#### ✚ Cálculo de la velocidad de tubería secundaria en función del caudal

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

**Ec. 20**

**Donde:**

- Q: caudal ( $m^3/seg$ )
- V: velocidad promedio ( $m/seg$ )
- S: área de la sección transversal ( $m^2$ )

#### ✚ Cálculo del lateral de riego con Hazen Williams

$$Q_{Lateral} = \frac{\text{numero de goteros} \times \text{caudal del emisor}}{1,000 \times 3,600}$$

**Ec. 21**

#### 6.2.6. Materiales a usar en la instalación del sistema de riego por goteo.

Se realizó la selección y especificación de los materiales a utilizar en la instalación del sistema de riego por goteo, considerando las necesidades técnicas y las condiciones de la parcela. Esto implicó identificar las tuberías, emisores, conexiones y otros componentes necesarios para la instalación eficiente del sistema. La elección de materiales se basó en la calidad, durabilidad y compatibilidad con las condiciones locales, asegurando así un riego por goteo efectivo y de bajo costo para el cultivo de sandía. A continuación, se muestran las fórmulas a utilizar para el cálculo de la cantidad de materiales a utilizar.

✚ Metros de cinta de goteo

$$Cinta\ de\ goteo\ (m) = \frac{\text{Área del proyecto (m}^2\text{)}}{\text{Espaciamiento entre laterales (m)}}$$

**Ec. 22**

✚ Conector inicial más empaque

$$C_i = \frac{\text{Longitud de manifold (m)}}{\text{Espaciamiento entre laterales (m)}}$$

**Ec. 23**

✚ Manguera de polietileno

$$M_{pe}(m) = \# \text{ de conectores} \times \text{profundidad de zanjeo (m)} \quad \text{Ec. 24}$$

✚ Cantidad de tubos

**Tubos de 2"**

$$\# \text{ de tubos} = \frac{\text{Longitud total}}{\text{Longitud útil}}$$

**Ec. 25**

**Tubos de 1 1/2 "**

$$\# \text{ de tubos} = \frac{\text{Longitud total}}{\text{Longitud útil}}$$

Este paso, no solo garantizará la eficiencia del sistema de riego por goteo, sino que también contribuirá significativamente a la metodología de investigación al establecer las bases para un análisis detallado de costos y una gestión eficiente

de los recursos en el cultivo de sandía bajo estas condiciones específicas en la Finca Agrícola Experimental.

### **6.3. CONSIDERACIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA FAE**

#### **6.3.1. Muestreo de suelo**

Se tomó una muestra compuesta del área de ensayo, para lo cual, primeramente se hizo una inspección visual del terreno, antes de su preparación; posteriormente, se recolectaron alrededor de 10 submuestras con un barreno helicoidal a una profundidad de 20 cm, las cuales se mezclaron en un balde para ser homogenizadas, de esta misma se extrajo una cantidad equivalente a 1.0 Kilogramo (kg), se colocó en una bolsa plástica, adecuadamente identificada, luego se llevó al laboratorio, para la realización de los análisis fisicoquímicos.

#### **6.3.2. Manejo Agronómico**

##### **Preparación del terreno**

Para preparar el terreno se utilizó tracción mecánica, se realizó un pase de arado y un pase de grada, para obtener un suelo bien mullido, esto contribuyó al buen desarrollo del sistema radicular del cultivo. Esta labor se realizó 15 días antes de la siembra, con el fin de exponer el prisma del suelo al sol para que mueran las larvas de insectos y las semillas de maleza aún existentes, el mismo día de la siembra se pasó un arado de grada el cual tenía como objetivo durante la operación, producir la roturación del suelo que ayudó a mejorar las condiciones de entremezclado de los restos superficiales sin producir la inversión de la tierra, de esta manera eliminando las malezas que hallan emergido nuevamente.

##### **Surqueo**

Se empleo una distancia de siembra de 2.5 metros entre surco, y una distancia entre planta de equivalente a 67 cm, o 26.4 pulgadas.

## **Siembra**

La siembra se realizó de forma manual, el procedimiento inicial consistió en la aplicación de aproximadamente 1 onza de fertilizante NutriSupreme, seguido por una capa de tierra, luego se colocaron las semillas y finalmente se cubrió por completo; esto con el objetivo de que el fertilizante no queme la semilla y de esta manera pueda germinar correctamente. Se necesitó de 1 libra de semilla del cultivo de sandía variedad Micky lee, para cubrir toda el área de ensayo.

## **Riego**

Se aplicó la norma de acuerdo a las necesidades del cultivo utilizando el riego por goteo, la cinta de riego que se instaló tiene las siguientes características: marca TalDrip NAANDANJAIN Irrigation, de 16 milímetros (mm) de diámetro con espaciamiento de 30 centímetros, con un caudal de 1.0 lph.

La aplicación del riego en cada lateral estuvo regulada por conectores válvulas, las cuales se abrían y cerraban cuando se aplicó la dosis específica.

## **Fertilización**

El día de la siembra se realizó aplicación de fertilizante edáfico, que fue incorporado en cada golpe de siembra, se aplicó el fertilizante NutriSupreme, el cual contiene 8% de nitrógeno, 20% de potasio y 8% de fósforo.

La aplicación del fertilizante edáfico se dividió en 2 aplicaciones, la segunda se realizó a los 15 DDS (días después de la siembra), en donde la planta ya había germinado y estaba en proceso de desarrollo.

## **Control de maleza**

El control de malezas se llevó a cabo periódicamente, con una frecuencia de cada 15 días, mediante métodos manuales como el deshierbe, con el objetivo de

prevenir su crecimiento y garantizar que la planta no fuera afectada en la distribución de nutrientes. Este enfoque manual permitió una intervención precisa y selectiva, asegurando que las malezas no compitieran con la planta de manera desfavorable por los recursos del suelo. Se utilizaron herramientas como machete, palín y azadón.

### **Control de plagas**

Para gestionar eficazmente las plagas en el follaje de las plantas, se implementó un enfoque integral que abarcó desde la detección temprana hasta la aplicación de medidas de control. El proceso comenzó con un monitoreo visual del follaje para identificar signos tempranos de plagas, como daños en las hojas o la presencia de insectos. Una vez detectadas las plagas, se aplicaron diversas estrategias de control, combinando métodos preventivos y curativos (fumigaciones) para erradicar la plaga y prevenir futuras ocurrencias.

### **Cosecha**

La cosecha del cultivo de sandía es una etapa crítica que requiere precisión y cuidado para garantizar la calidad de los frutos. El proceso de cosecha se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Se realizó de forma manual una vez completado el ciclo del cultivo, el cual tiene una duración de 90 a 100 días, es importante destacar que el ciclo productivo de este cultivo tuvo una duración de 60 días.
- La cosecha de las sandías se realizó en el momento óptimo de madurez. Para determinar este momento, se observaron indicadores visuales y se realizaron golpes suaves en la superficie de la sandía para evaluar su sonido. Un sonido apagado y un color de cáscara maduro son señales de que la sandía está lista para la cosecha.

- Se utilizaron herramientas limpias y afiladas para cortar los tallos, evitando daños a los frutos.
- Luego, se limpiaron y se almacenaron en condiciones apropiadas de temperatura y humedad para preservar su frescura. Se registró la cantidad cosechada y se realizó un control de calidad para eliminar frutos dañados antes de la distribución al mercado, garantizando así la calidad y la satisfacción del consumidor.

#### **6.4. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS**

Este objetivo tiene como propósito principal calcular de manera precisa y detallada los costos de producción asociados al cultivo de sandía en la Finca Agrícola Experimental. Para lograr esto, se llevó a cabo un proceso metódico que incluyó:

- **Recopilación de datos de gastos:** Se recopilaron datos sobre todos los gastos relacionados con el cultivo de sandía, lo que incluye costos de materiales, insumos agrícolas, mano de obra, maquinaria, y otros gastos operativos.
- **Asignación de costos:** Se asignaron los costos a las categorías específicas del cultivo, como preparación del suelo, siembra, manejo agronómico, riego y cosecha. Esto permitió una comprensión detallada de cómo se distribuyen los gastos a lo largo del ciclo del cultivo.
- **Cálculo de costos unitarios:** Se calcularon los costos unitarios por hectárea o por unidad de producción, lo que facilitó la evaluación de la eficiencia.
- **Análisis de resultados:** Se realizó un análisis detallado de los resultados para identificar áreas de oportunidad y eficiencia en la gestión de costos.

- **Presentación de hallazgos:** Los resultados se presentan de manera clara y concisa en el informe final que incluye un desglose completo de los costos de producción.

El objetivo de determinar los costos de producción del cultivo de sandía permitió una evaluación precisa y basada en datos de los costos del cultivo. Esto, a su vez, contribuirá a la toma de decisiones informadas y a la gestión eficiente de recursos en la Finca Agrícola Experimental.

La siguiente tabla es una herramienta esencial en el proceso de investigación, que permitió organizar y realizar un seguimiento minucioso de los costos, lo que es fundamental para alcanzar el objetivo de determinar los costos de producción de manera efectiva. Al registrar cuidadosamente cada costo, se obtuvieron datos confiables que respaldaron el análisis económico y que permitió tomar decisiones informadas en esta investigación sobre el cultivo de sandía.

**Tabla 3.** Tabla de Costos de Producción del Cultivo de Sandía

<b>Fecha</b>	<b>Tipo de Costos</b>	<b>Categoría de Costos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Monto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>
		Insumos Agrícolas	Semillas, fertilizantes, pesticidas, fungicidas, etc.			
	Directo	Mano de Obra	Salarios de trabajadores			
		Riego	Costos de materiales para su instalación, energía.			
		Preparación del Suelo	Labranza y nivelación del terreno, etc.			
		Siembra	Compra y plantación de semillas.			
		Manejo Agronómico	Fertilización, riego, control de plagas.			

	Cosecha	Costos asociados a la cosecha.
Indirectos	Gastos Generales Costos Indirectos	Otros gastos operativos. Gastos generales

Fuente: Elaboración Propia

Una parte fundamental de los costos de producción, incluye todo lo que se utilizó para la instalación del sistema de riego por goteo, por lo cual se detalla, como se hizo para hacer la selección de los materiales y como obtuvimos los costos.

## VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 7.1. DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

#### 7.1.1. Diseño Agronómico

#### Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo

##### ✚ Cálculo de (ET<sub>o</sub>)

Se han introducido los datos climáticos de la zona, lo que ha permitido determinar la Evapotranspiración máxima de 5.89 mm/día para el mes de marzo. Este valor es fundamental para entender y predecir los patrones de humedad y evaporación en la zona.

**Figura 12.** Cálculo de Eto por medio de Cropwat 8.0

ETo Penman-Monteith Mensual - untitled

País: Nicaragua Estación: Masaya (L.OXIDACION)

Altitud: 210 m. Latitud: 11.00 °N Longitud: 86.00 °E

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	21.3	30.9	78	3.1	8.2	19.2	4.37
Febrero	21.5	32.2	74	3.2	9.0	21.7	5.16
Marzo	22.2	33.6	70	3.2	9.3	23.4	5.89
Abril	23.6	34.8	70	2.5	8.8	23.1	5.84
Mayo	24.0	33.6	74	2.1	7.2	20.3	5.03
Junio	23.5	31.3	83	1.9	5.7	17.7	4.03
Julio	23.3	30.9	85	2.3	5.8	17.9	3.97
Agosto	23.6	31.7	84	2.2	6.9	19.9	4.39
Septiembre	23.5	31.1	86	2.1	6.3	18.9	4.09
Octubre	23.1	30.3	87	2.0	6.5	18.3	3.82
Noviembre	22.3	30.3	83	2.3	7.3	18.1	3.87
Diciembre	21.7	30.3	81	2.7	7.7	18.0	3.92
Promedio	22.8	31.8	80	2.5	7.4	19.7	4.53

Fuente: ((CROPWAT), 2006)

### ✚ Cálculo de Evapotranspiración (ETo)

Para calcular la necesidad hídrica del cultivo o también llamado déficit de cultivo, en el cual representas los milímetros de agua que necesita el cultivo diariamente para su normal desarrollo, se necesita multiplicar el ETo por un coeficiente de cultivo (Kc) el cual depende del desarrollo del cultivo, sin embargo, normalmente se toma el de mayor demanda.

Según (FAO) el valor Kc de la sandía en su etapa intermedia es de 1, por lo que el cálculo sería el siguiente:

$$ET_c(\text{mm/día}) = ET_o \times K_c$$

$$ET_c = 5.89 \text{ mm/día} \times 1 = 5.89 \text{ mm/día}$$

**Donde:**

- $ET_c$ : Evapotranspiración del cultivo
- $Kc$ : Coeficiente del cultivo

#### **Cálculo del Déficit del cultivo**

Para calcular el déficit del cultivo se divide el  $ET_c$  entre la eficiencia de aplicación o del sistema, el cual para goteo se asumió en un 90 %.

$$D_f(\text{mm/día}) = \frac{ET_c}{E_f}$$
$$D_f = \frac{5.89 \text{ mm/día}}{0.9} = 6.54 \text{ mm/día}$$

**Donde:**

- $ET_c$ : Evapotranspiración del cultivo
- $E_f$ : Eficiencia de Riego

#### **Cálculo de la lámina de riego rápidamente aprovechable (LARA)**

Para este cálculo es necesario conocer el Umbral de riego o Déficit permitido de manejo el cual se refiere al porcentaje de la lámina de riego que se está dispuesto a perder antes que llegue al punto de marchitez permanente, normalmente se usa el 60% de la lámina.

La profundidad radicular de la sandía puede llegar hasta 1 m de profundidad, sin embargo, según (Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 2017) el mayor porcentaje se encuentran entre los 30 y 50 cm, para este caso se utilizó 50 cm.

$$LARA = (CC - PMP) \times DA \times 10 \times P_r \times U_R$$
$$LARA = (41.32\% - 22.34\%) \times 0.85 \text{ g/cm}^3 \times 10 \times 0.5 \times 0.6$$
$$LARA = 48.39 \text{ mm}$$

**Donde:**

- **CC:** Capacidad de Campo
- **PMP:** Punto de marchitez permanente
- **DA:** Densidad Aparente
- **Pr:** Profundidad Radicular
- **Ur:** Umbral de Riego

 **Lámina bruta (LB)**

Para calcular la lámina de riego bruta o la capacidad de almacenamiento bruta de un suelo se divide el LARA entre la eficiencia de aplicación del método de riego, en este caso el goteo tiene una eficiencia del 90 %.

$$LB = \frac{LARA}{E_f}$$
$$LB = \frac{48.39 \text{ mm}}{0.9} = 53.77 \approx \mathbf{54 \text{ mm}}$$

**Donde:**

- **LARA:** Lámina de Riego rápidamente aprovechable
- **E<sub>f</sub>:** Eficiencia de Riego

 **Frecuencia de riego (Fr)**

Para obtener la frecuencia de riego se dividió la lámina de riego rápidamente aprovechable entre el déficit del cultivo.

$$F_R = \frac{LARA}{D_f}$$
$$F_R = \frac{48.39 \text{ mm/día}}{6.54 \text{ mm}} = 7.39 \approx \mathbf{7 \text{ días}}$$

**Donde:**

- **LARA:** Lámina de riego rápidamente aprovechable
- $D_f$ : Déficit del cultivo

Los riegos se pueden hacer cada 7 días, pero para el caso de estudio de esta investigación se decidió realizarlos diariamente.

#### ✚ Marco de riego

El marco de riego para este cultivo se dispone en 0.3 m entre emisores y 2.5 m entre laterales.

$$E_e = 0.3 \text{ m}$$

$$E_l = 2.5 \text{ m}$$

#### ✚ Selección del emisor y manguera

Se seleccionó la manguera Tal Drip de la marca NAAN DAN JAIN.

Este emisor tiene un caudal de 1 l/h a 1 bar de presión.

$$Q_e = 1 \text{ lp}$$

**Tabla 4.** Caudal VS. Presión

P (bar)	Caudal nominal (l/h)									
	0.6		1.0		1.7			3.5		
	6-15 ml	6-18 ml	25 ml	35 ml	6-18 ml	25 ml	35 ml	6-18 ml	25 ml	35 ml
0.5	0.47	0.75	0.77	0.80	1.27	1.25	1.30	2.55	2.70	2.90
1.0	0.60	1.00	1.05	1.10	1.60	1.70	1.80	3.50	3.70	4.00
1.5	0.80	1.20	1.25	1.30	1.90	2.05	2.15	4.20	4.45	4.80
2.0	0.90	1.35	1.45	1.50	2.20	2.30	2.45	4.80	5.10	5.50
2.5			1.60	1.65		2.60	2.70		5.65	6.10
3.0			1.70	1.80		2.80	2.95		6.10	6.60
a	0.208	0.348	0.362	0.381	0.555	0.590	0.639	1.241	1.283	1.387
X	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46

**a= Constante de caudal de gotero. X= Exponente de caudal de gotero.**

Fuente: Elaboración Propia

### ✚ Intensidad de aplicación ( $I_a$ )

La intensidad de aplicación se calculó dividiendo el caudal del emisor entre el marco de riego.

$$I_a = \frac{Q_e}{E_e \times E_l}$$

$$I_a = \frac{1 \text{ l/h}}{0.3 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}} = 1.33 \text{ mm/h}$$

**Donde:**

- $Q_e$ : Caudal del emisor
- $E_e$ : Espaciamiento entre emisor
- $E_l$ : Espaciamiento entre lateral

### ✚ Tiempo de riego ( $Tr$ )

Se obtiene dividiendo el Déficit de cultivo entre la Intensidad de aplicación.

$$Tr(\text{hr/día}) = \frac{D_f}{I_a}$$

$$Tr = \frac{6.54 \text{ mm}}{1.33 \text{ mm/hr}} = 4.9 \approx 5 \text{ hr}$$

**Donde:**

- $D_f$ : Déficit del cultivo
- $I_a$ : Intensidad de aplicación

Para aplicar una lámina diaria de 6.54 mm, se necesitan 5 horas de riego todos los días.

### ✚ Jornada de riego ( $Jr$ )

La jornada de riego (Jr) se refiere a las horas efectivas disponibles en un día para realizar el riego, para este caso por ser un área pequeña se iguala la jornada con el tiempo de riego.

#### ✚ Caudal disponible (Qd)

Para este proyecto se dispone un pozo cuyo caudal es de 56.57 gpm o 14.61 m<sup>3</sup>/h.

#### ✚ Caudal requerido (Qre)

Para obtener el caudal requerido por el proyecto multiplicamos la Intensidad de aplicación por 10 para obtener el caudal para una hectárea, luego se multiplica por el área del proyecto.

$$Q_{req} = I_a \times 10 \times Ap$$

$$Q_{req} = 1.33 \frac{mm}{hr} \times 10 \times 0.82 Ha = 10.9 \approx 11 \frac{m^3}{h}$$

Donde:

- $I_a$ : Intensidad de aplicación
- $Ap$ : Área aproximada

#### ✚ Cálculo de la Jornada de riego (Jr)

$$JR = \frac{Ap \times D_f \times 10}{Q_{req}}$$

$$JR = \frac{0.82 Ha \times 6.54 mm/día \times 10}{11 \frac{m^3}{h}} = 4.8 \approx 5hrs$$

Donde:

- $Ap$ : Área aproximada
- $D_f$ : Déficit del cultivo
- $Q_{req}$ : Caudal requerido

#### ✚ Nro. de Turnos de riego (Nro. Tr)

Al ser una parcela pequeña, toda el área se regará en un día, por lo que se tiene únicamente un turno de riego

**✚ Área y caudal de turno.**

El área y caudal del turno es igual al área y caudal del proyecto.

**TABLA RESUMEN DE DISEÑO AGRONÓMICO**

**Tabla 5.** Parámetros necesarios para un Sistema de Riego por Goteo

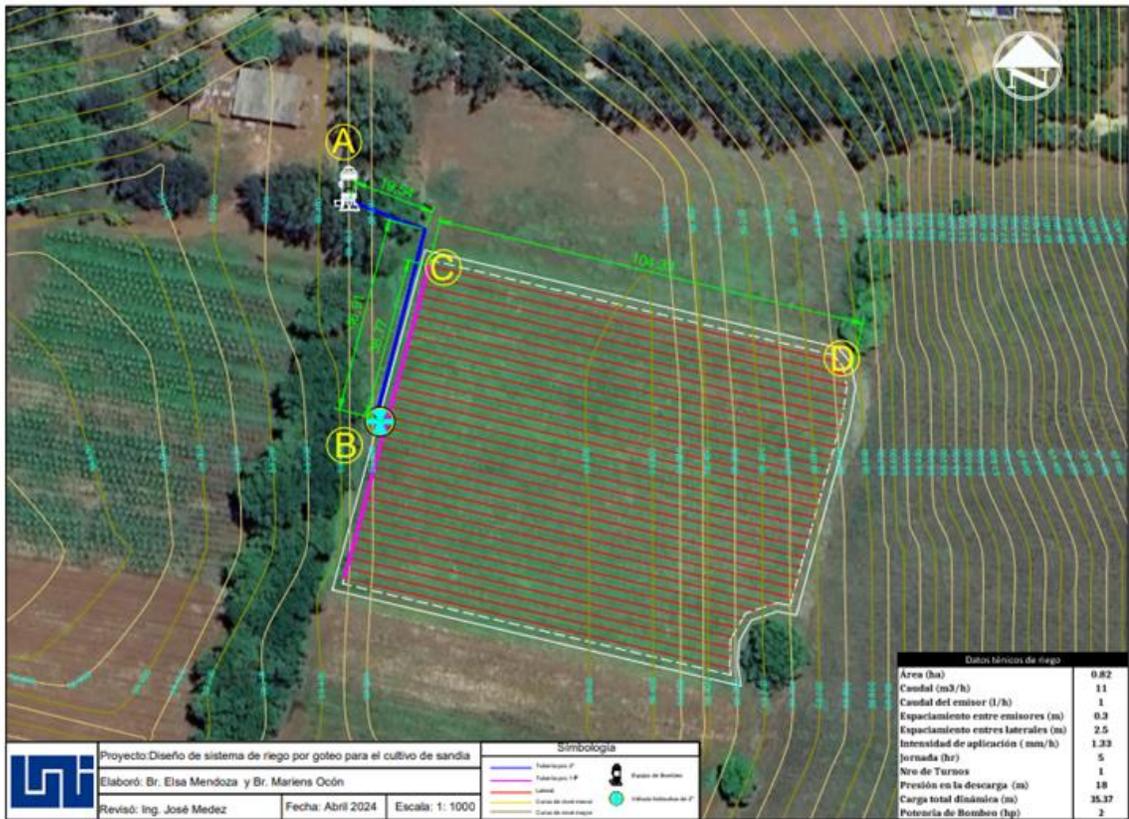
<b>Datos Diseño Agronómico</b>	
<b>Evapotranspiración (ET<sub>o</sub>)</b>	5.89 mm / día
<b>Déficit del Cultivo (D<sub>f</sub>)</b>	6.54 mm / día
<b>Lámina de Riego Aprovechable (LARA)</b>	48.39 mm
<b>Lámina Bruta (LB)</b>	54 mm
<b>Frecuencia de Riego (Fr)</b>	7 días
<b>Especificaciones de Cinta de Riego</b>	
<b>Marca</b>	Taldrip NaanDanJain
<b>Espaciamiento entre emisor (E<sub>e</sub>)</b>	0.3 m
<b>Espaciamiento entre lateral (E<sub>l</sub>)</b>	2.5 m
<b>Caudal del emisor</b>	1 lph
<b>Intensidad Aplicación</b>	1.33 mm / hr
<b>Tiempo de Riego</b>	5 hrs
<b>Caudal Disponible</b>	14.61 m <sup>3</sup> / hr
<b>Caudal Requerido</b>	11 m <sup>3</sup> / hr

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 5 se presentan todos los parámetros fundamentales para maximizar la eficiencia en el uso del agua, garantizando así la entrega precisa de agua al cultivo de la sandía durante los períodos de mayor demanda hídrica, junto con las especificaciones de la cinta de riego utilizada para el establecimiento del cultivo.

### 7.1.2. Diseño Geométrico

Figura 13. Diseño Geométrico



Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la Figura 13, en el diseño geométrico se evidencian todos los elementos que conforman el sistema de riego por goteo, instalado en un área de 0.82 hectárea. En el plano, se señala la ubicación de la fuente de agua más cercana, el cual consiste en un pozo excavado manualmente con una capacidad de 56.57 galones por minuto o 14.61 metros cúbicos por hora. La línea

azul representa la conducción principal de agua, cuyo diámetro es de 2 pulgadas, mientras que la línea magenta indica el manifold cuyo diámetro es de 1 1/2 pulgadas. Las líneas rojas marcan los laterales de riego, y en el centro del manifold se observa el caballete de riego el cual está equipado con una válvula de bola de PVC de 2 pulgadas y una válvula de aire de 1 pulgada.

### 7.1.3. Diseño Hidráulico

#### Diseño de la tubería principal

##### ✚ Cálculo del diámetro de la tubería

Para el diseño de la tubería de conducción principal se utilizó el parámetro de velocidad media permitida la cual es de 1.5 m/s.

$$D (m) = \sqrt{\frac{4 * Q_{req} \left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi * v \left(\frac{m}{s}\right)}}$$

$$D (m) = \sqrt{\frac{4 * 0.00305 \text{ m}^3 / \text{seg}}{\pi * 1.5 \text{ m} / \text{seg}}}$$

$$D = 0.05088 \text{ m}$$

Pasamos el cálculo a pulgadas  $D (plg) = 0.05088 \times 39.3701 = 2 \text{ plg}$

##### ✚ Cálculo de las pérdidas por fricción por Hazen Williams

$$H_f (m) = 10.67 * \left(\frac{Q \left(\frac{m^3}{s}\right)}{C}\right)^{1.852} * \left(\frac{L (m)}{D (m)^{4.87}}\right)$$

$$H_f (m) = 10.67 * \left(\frac{0.00305 \frac{m^3}{s}}{140}\right)^{1.852} * \left(\frac{66.45 \text{ m}}{(0.05 \text{ m})^{4.87}}\right)$$

$$H_f (m) = 3.57 m$$

#### ✚ Cálculo de la diferencia de niveles

$$\text{Elev. Bomba} = 59.457 m$$

$$\text{Elev. Válvula} = 59.504 m$$

$$\Delta \text{Elev} (m) = \text{Elev Válvula} - \text{Elev Bomba}$$

$$\Delta \text{Elev} (m) = 59.504 m - 59.457 m = \mathbf{0.047 m}$$

#### ✚ Cálculo de pérdidas totales

$$H_t(m) = H_f + \Delta \text{Elev}$$

$$H_t(m) = 3.57 + 0.047 = \mathbf{3.617 m}$$

### Diseño de la tubería Manifold

La válvula se ubicará en medio de la parcela por lo que el caudal de la tubería manifold será la mitad.

#### ✚ Cálculo del diámetro de la tubería

$$D (m) = \sqrt{\frac{4 * Q_{re} \left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi * v \left(\frac{m}{s}\right)}}$$

$$D (m) = \sqrt{\frac{4 * 0.001525 \frac{m^3}{s}}{\pi * 1.5 \frac{m}{s}}}$$

$$D = \mathbf{0.03597 m}$$

Pasamos el cálculo a pulgadas  $D (plg) = 0.03597 * 39.3701 = 1.42 plg$

Seleccionamos el diámetro comercial del inmediato superior =  $\mathbf{1 \frac{1}{2} plg}$

### ✚ Cálculo de las pérdidas por fricción por Hazen Williams

$$H_f (m) = 10.67 * \left( \frac{Q \left( \frac{m^3}{s} \right)}{C} \right)^{1.852} * \left( \frac{L (m)}{D (m)^{4.87}} \right)$$

$$H_f (m) = 10.67 * \left( \frac{0.001525 \frac{m^3}{s}}{140} \right)^{1.852} * \left( \frac{38.77 m}{0.0375 m^{4.87}} \right)$$

$$H_f (m) = 2.34 m$$

### ✚ Corrección por salidas múltiples

Para el caso que la primera salida se encuentra a una distancia igual a la mitad de la distancia de las demás salidas se utiliza la ecuación de Jensen y Fratini (1957).

El número de salidas o número de laterales de la mitad del manifold es de 16.

$$F_2 = \frac{1}{2N - 1} \left( \frac{2N}{m + 1} + \frac{\sqrt{m - 1}}{3N} \right)$$
$$F_2 = \frac{1}{(2 * 16) - 1} \left( \frac{2 * 16}{1.852 + 1} + \frac{\sqrt{1.852 - 1}}{3 * 16} \right)$$

$$F_2 = 0.3625 m$$

### ✚ Cálculo de pérdidas por fricción en tubería con salidas múltiples

$$H_{f_s} (m) = H_f * F_2$$

$$H_{f_s} (m) = 2.34 m * 0.3625 m = 0.85 m$$

No hay diferencia de nivel significativa entre la entrada de la válvula y el final de la línea manifold.

## Diseño de lateral

### **Cálculo del caudal por lateral**

Se divide el caudal que entra en la mitad del manifold entre el número de salidas o laterales.

Caudal de la mitad del manifold: 5.5 m<sup>3</sup>/h

Caudal por lateral: 5.5 / 16: **0.34375 m<sup>3</sup>/h = 0.000095486 m<sup>3</sup>/s**

### **Cálculo de la longitud máxima del lateral**

Para el cálculo de la longitud máxima del lateral se debe de garantizar que la diferencia de presiones entre el ultimo y el primer emisor no tiene que ser mayor al 20% tomando como referencia la presión de operación del emisor el cual es de 1 bar o 14.5 psi.

### **Cálculo de las perdidas por fricción por Hazen Williams**

$$H_f (m) = 10.67 * \left( \frac{Q \left( \frac{m^3}{s} \right)}{C} \right)^{1.852} * \left( \frac{L (m)}{D (m)^{4.87}} \right)$$

$$H_f (m) = 10.67 * \left( \frac{9.555 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{140} \right)^{1.852} * \left( \frac{104.33 m}{0.016 m^{4.87}} \right)$$

$$**H_f (m) = 2.36 m**$$

### **Corrección por salidas múltiples**

Para el caso que la primera salida se encuentre a una distancia igual a la mitad de la distancia de las demás salidas se utiliza la ecuación de Jensen y Fratini (1957) (V. Àngeles Montiel, 2007).

El número de salidas o número de laterales de la mitad del manifold es de 16.

$$F_2 = \frac{1}{2N - 1} \left( \frac{2N}{m + 1} + \frac{\sqrt{m - 1}}{3N} \right)$$

$$F_2 = \frac{1}{(2 * 347) - 1} \left( \frac{2 * 347}{1.852 + 1} + \frac{\sqrt{1.852 - 1}}{3 * 347} \right)$$

$$F_2 = 0.3511$$

#### ✚ Cálculo de pérdidas por fricción en tubería con salidas múltiples

$$Hf_S (m) = Hf * F_2$$

$$Hf_S (m) = 2.36 m * 0.3511 m = 0.83 m$$

#### ✚ Cálculo de la diferencia de niveles

$$\text{Elv ultimo emisor} = 59.32 m$$

$$\text{Elv primer emisor} = 59.44 m$$

$$\Delta \text{Elev} (m) = \text{Elev Ultimo e} - \text{Elev Primer e}$$

$$\Delta \text{Elev} (m) = 59.32 m - 59.44 m = -0.12 m$$

#### ✚ Perdidas de presión totales

$$Ht(m) = Hf + \Delta \text{Elev}$$

$$Ht(m) = 0.83 m - 0.12 m = 0.71 m$$

#### ✚ Perdidas máximas admisibles

$$Pel (psi) = Po \times 1.20$$

$$Pel = 14.5 \times 1.20 = 17.4 psi$$

Esto lo pasamos a metros columna de agua dividiéndolo entre 1.42

$$Pel (mca) = \frac{17.4 \text{ psi}}{1.42 \text{ mca}} = 12.25 \text{ mca}$$

Se valida que las pérdidas calculadas **0.71 m** es menor a que son las pérdidas máximas admisibles **12.25 mca**.

### Carga total dinámica

#### Suma de pérdidas totales

$$H_{\text{totales}}(m) = H_{\text{principal}} + H_{\text{manifold}} + H_{\text{lateral}}$$

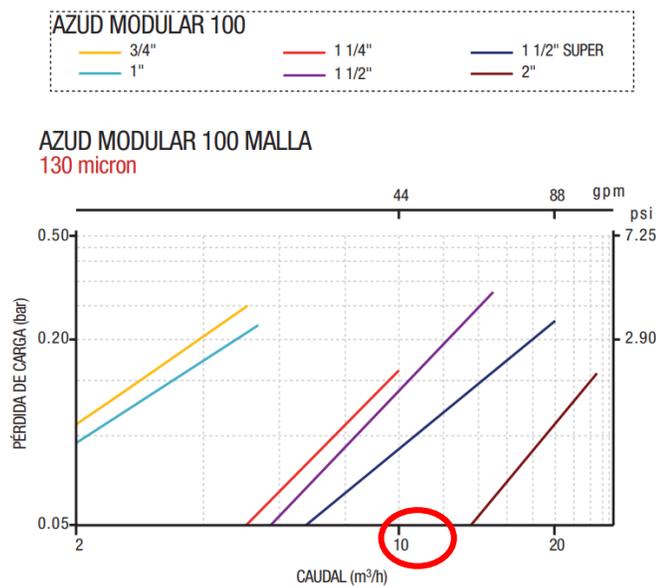
$$H_{\text{totales}} = 3.617 \text{ m} + 0.85 \text{ m} + 0.71 \text{ m} = 5.177 \text{ m}$$

### Perdidas locales

#### Perdidas en el filtro

Según ficha técnica las pérdidas en un filtro de 2" para un caudal de 11 m<sup>3</sup>/hr es igual a cero.

**Figura 14.** Ficha Técnica de las pérdidas de un filtro de 2"

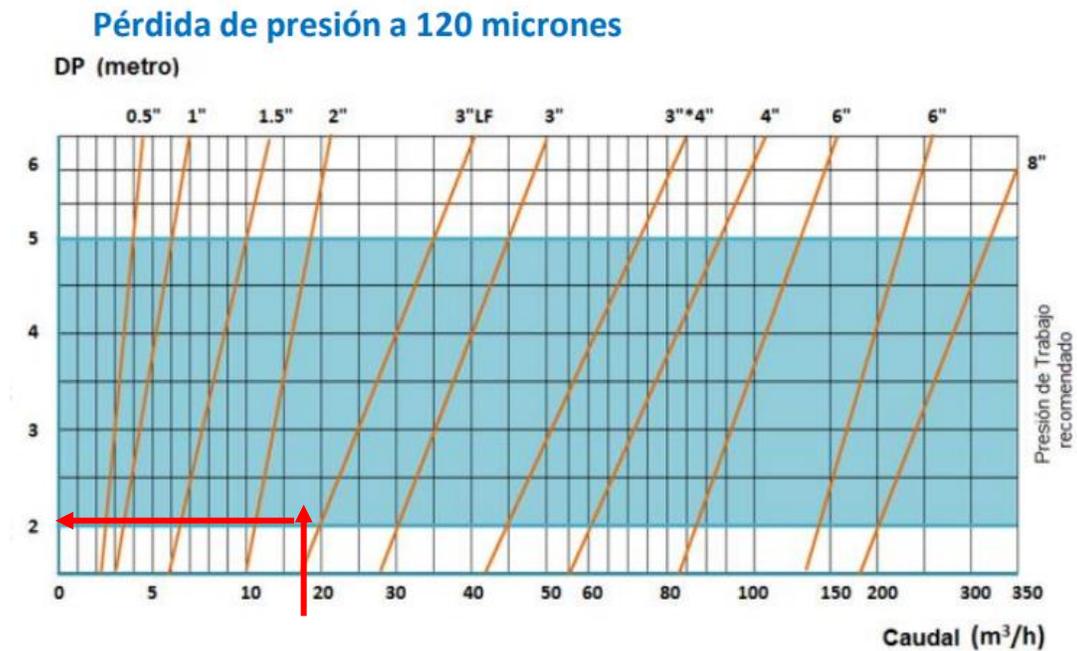


Fuente: (Azud, 2021)

### ✚ Pérdida en el hidrociclón

Según Ficha técnica las pérdidas en el hidrociclón de 2" para 11 m<sup>3</sup>/hr es de 2.5 m.

**Figura 15.** Ficha Técnica de pérdidas en el hidrociclón de 2"



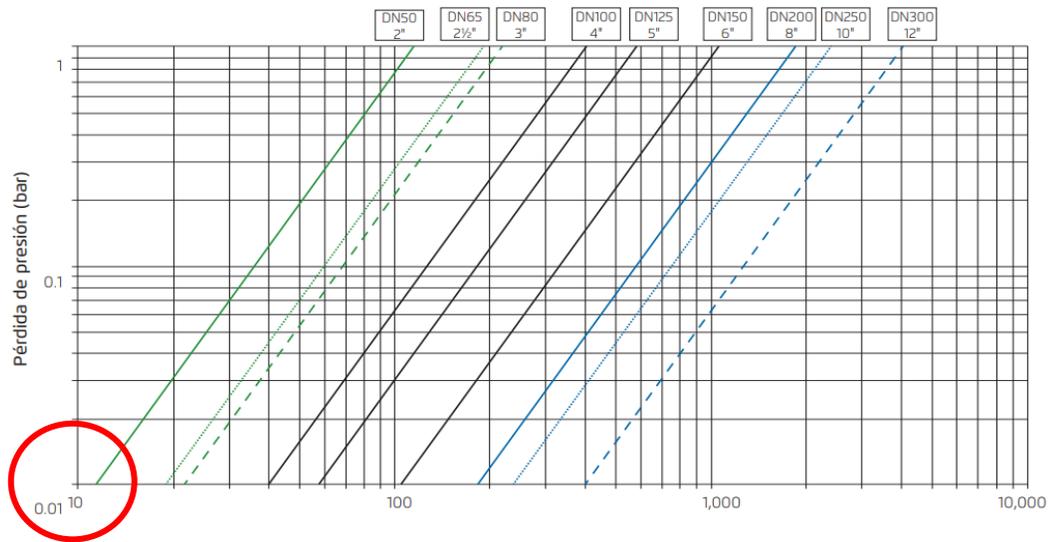
Fuente: (FILTRATION, 2018)

### ✚ Pérdidas en el caudalímetro

Según la ficha técnica de un caudalímetro de 2" Bermad la pérdida de presión es Cero.

**Figura 16.** Ficha Técnica de un caudalímetro de 2"

**Diagrama de flujo Turbo-IR-E/M**



Fuente: (RIEGO, 2017)

Prácticamente solo se tiene pérdidas en el hidrociclón de 2.5 m

$$Pérdidas\ locales = 2.50 \times 0.2 = 0.5\ m$$

$$Pérdidas\ locales\ totales = 2.5\ m + 0.5\ m = 3\ m$$

**+ Carga total dinámica**

$$CTD\ (m) = H_{total} + H_{locales} + ND\ pozo + P_{emisor}$$

$$CTD = 5.177\ m + 3\ m + 17\ m + 10.2\ m = 35.3771\ m$$

**+ Potencia requerida por el equipo de bombeo**

$$Pot\ (hp) = \frac{Q_{req} \times CTD}{75 \times E_{fic}}$$

$$Pot (hp) = \frac{3.055 \times 35.37}{75 \times 0.9} = 1.6 hp \approx 2 hp$$

### TABLA RESUMEN DE DISEÑO HIDRÁULICO

Como resultado de este apartado, se presenta la siguiente tabla resumen que muestra los cálculos hidráulicos obtenidos.

**Tabla 6.** Resultado Cálculos Hidráulicos

$\Delta Z$	$\emptyset$	L	Q	Hf	Tramo
<b>0.047</b>	2"	66.45	13 m <sup>3</sup>	3.57 m	A-B
	1 ½ "	39		0.85	B-C
<b>-0.12</b>	16	104.3	0.334 m <sup>3</sup>	0.3511	C-D
	mm				
-				4.77	
<b>0.073</b>					

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 6 se muestran datos por secciones que ayudaron a definir los tamaños y longitudes de las diferentes tuberías del sistema, como las de riego, distribución y conducción, con el fin de optimizar su diseño.

**Tabla 7.** Resultados de los cálculos de Tubería.

<b>Tubería Principal</b>	
<b>Diámetro</b>	2 pulg
<b>Pérdidas por fricción</b>	3.57 m
<b>Pérdidas Totales</b>	3.617 m

<b>Tubería Manifold</b>	
<b>Diámetro</b>	0.03597 m o 1.42 pulg. Usando como diámetro comercial 1 ½ pulg
<b>Pérdidas por fricción</b>	2.34 m
<b>Corrección de salidas múltiples</b>	0.3625 m
<b>Pérdidas por fricción</b>	0.85 m
<b>Diseño Lateral</b>	
<b>Caudal por lateral</b>	0.03437 m <sup>3</sup> / h
<b>Pérdidas por fricción</b>	2.36 m
<b>Corrección salidas múltiples</b>	0.3511 m
<b>Pérdidas por fricción corregidas</b>	0.83 m
<b>Presión del emisor</b>	14.4 psi
<b>Pérdidas Locales</b>	
<b>Filtro 2”</b>	0
<b>Hidrociclón 2 “</b>	2.5 m
<b>Caudalímetro 2”</b>	0
<b>Carga total dinámica (H total+ H locales + ND pozo + P emisor)</b>	35.3771 m
<b>Potencia requerida</b>	2 hp

Fuente: Elaboración Propia.

#### 7.1.4. Materiales a usar en la instalación del sistema de riego por goteo

#### Cálculo de la cantidad de Materiales a Utilizar

#### ✚ Metros de cinta de goteo

Área del proyecto es de 0.82 hectáreas.

El área se convierte a  $m^2$  multiplicando por 10,000 en donde el resultado es de 8,200  $m^2$ .

$$Cinta\ de\ goteo\ (m) = \frac{Área\ del\ proyecto\ (m^2)}{Espaciamiento\ entre\ laterales\ (m)}$$

$$M_{cg} = \frac{8,200\ m^2}{2.5\ m} = 3,280\ m$$

#### ✚ Conector inicial más empaque

$$C_i = \frac{Longitud\ de\ manifold\ (m)}{Espaciamiento\ entre\ laterales\ (m)}$$

$$C_i = \frac{77.54\ m}{2.5\ m} = 31.02\ m \approx 40\ m$$

Se redondea a un número inmediato superior por desperdicio.

#### ✚ Conector Polietileno a cinta de 16 mm

La misma cantidad de conectores iniciales = 40.

#### ✚ Manguera de polietileno

$$M_{pe}(m) = \# \text{ de conectores} \times \text{profundidad de zanjeo (m)}$$

$$M_{pe} = 40 \text{ conectores} \times 1.20\ m = 48\ m \approx 50\ m$$

#### ✚ Cantidad de tubos

**Tubos de 2"**

$$\# \text{ de tubos} = \frac{Longitud\ total}{Longitud\ útil}$$

$$\# \text{ de tubos} = \frac{66.45\ m}{5.85\ m} = 11.35\ m \approx 12 \text{ tubos de 2"}$$

### Tubos de 1 1/2"

$$\# \text{ de tubos} = \frac{\text{Longitud total}}{\text{Longitud útil}}$$

$$\# \text{ de tubos} = \frac{77.54 \text{ m}}{5.85 \text{ m}} = 13.25 \text{ m} \approx 14 \text{ tubos de } 1 \frac{1}{2}''$$

**Tabla 8.** Materiales a utilizar en el sistema de riego

<b>Cultivo Sandía Plan de Inversión para 1 Hectárea de sandía (Mickey Lee)</b>			
Concepto	Unidad	Cantidad	
Cinta de riego TALDRIP Ø22 mm gotero plano 1 L/H	mts	3952	
Manguera de Pe (500 m)	mts	50	
Conector Inicial c/Goma 16 mm (Bolsa de 100)	und	40	
Conector Pe-Cinta 16x17 mm (Bolsa de 100)	und	40	
Tubo PVC 50 mm (2 plg) sdr 41 x 6 m	und	12	
Tubo PVC 37 mm (1 1/2 plg) sdr 41 x 6 m	und	14	
Codo PVC liso 90 x 50 mm (2 plg)	und	3	
Te PVC lisa 50 mm (2 plg)	und	4	
Adaptador PVC hembra 50 mm (2 plg)	und	2	
Adaptador PVC macho 50 mm (2 plg)	und	1	
Tapón PVC hembra roscado 50 mm (2 plg)	und	1	
Reductor PVC 50 mm x 25 mm (2 plg a 1 plg)	und	2	
Válvula de aire doble efecto de 25 mm (1 plg)	und	2	
Reductor PVC 50 mm x 37 mm (2 plg a 1 1/2 plg)	und	2	
Codo PVC liso 90 x 37 mm (1 1/2 plg)	und	2	
Adaptador pvc macho 37 mm (1 1/2 plg)	und	2	
Tapón pvc hembra roscado 37 mm (1 1/2 plg)	und	2	
Válvula hidráulica de 2 plg	und	1	
Pega pvc gris	gln	0.5	

Fuente: Elaboración Propia

## 7.2. CONSIDERACIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA FAE

En la siguiente tabla se detallan los resultados de las propiedades hidro físicas del suelo.

**Tabla 10.** Resultados de Suelo

<b>Parámetros Hidro físicos</b>	
<b>PH</b>	6.73
<b>Dr</b>	2.15 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Da</b>	0.85 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Porosidad %</b>	60.47 %
<b>CC</b>	41.32 %
<b>PMP</b>	22.34 %
<b>TEXTURA</b>	
<b>Arcilla</b>	19 %
<b>Arena</b>	18 %
<b>Limo</b>	63 %
<b>FRANCO LIMOSO</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

La interpretación de los resultados fueron los siguientes:

### **PH**

En la Tabla 10 se destaca que el pH del suelo en el área de estudio se registra en 6.73, considerado neutral según los estándares. Esta condición es propicia para el cultivo de sandía, ya que indica una adecuada disponibilidad de nutrientes en el suelo, esencial para el crecimiento óptimo de la planta.

La sandía tiene un óptimo desarrollo en pH desde 5.0 a 6.8 (tolera suelos ácidos y al mismo tiempo se adapta a suelos débilmente alcalinos (Banco Interamericano de desarrollo, 2005).

Un pH neutro favorece la absorción eficiente de nutrientes por parte de las raíces de la sandía, lo que contribuye a su desarrollo saludable y a la obtención de rendimientos satisfactorios.

### **Densidad aparente del suelo**

Para el cálculo de la densidad aparente se necesita el cálculo del volumen de la muestra en base a los datos de laboratorio.

$$Vm = \pi R^2 \times H = \pi(3.7 \text{ cm})^2 \times 7.5 = 322.56 \text{ cm}^3$$

$$Da = \frac{PSS \text{ (gr)}}{Vm \text{ (cm}^3)} = \frac{282.15 \text{ gr}}{322.56 \text{ cm}^3} = \mathbf{0.85 \text{ gr/cm}^3}$$

El dato de densidad aparente de 0.85 gr/cm<sup>3</sup> indica la cantidad de masa de suelo por unidad de volumen aparente. Esto representa la compacidad del suelo, es decir, cuánta materia sólida hay en una determinada cantidad de espacio.

Este valor indica que se está trabajando con un suelo más suelto y poroso, lo que puede facilitar la penetración de raíces, el flujo de agua y la aireación del suelo.

### **Densidad Real**

Se utilizó esta fórmula para encontrar su valor.

$$Dr = \frac{Pss}{Ps - (P_2 - P_1)}$$

**Donde:**

Pss: Peso del suelo seco

P1: Peso del recipiente con agua

P2: Peso del recipiente con agua más suelo

$$Dr = \frac{21.3 \text{ gr}}{21.3 \text{ gr} - (376.75 \text{ cm}^3 - 365.35 \text{ cm}^3)} = 2.15 \text{ gr/cm}^3$$

La densidad real de los suelos minerales comunes puede variar entre aproximadamente 2.0 y 2.7 gramos por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ), al tener valores bajos de densidad real, implican suelos porosos, con buen drenaje y bien aireados. (Guayaquil, 2019).

### Porosidad

Se utilizó esta fórmula para encontrar su valor.

$$\eta(\%) = \left[ 1 - \frac{Da}{Dr} \right] \times 100$$

**Donde:**

- Da: Densidad Aparente
- Dr: Densidad Real

$$\eta(\%) = \left[ 1 - \frac{0.85 \text{ gr/cm}^3}{2.15 \text{ gr/cm}^3} \right] \times 100 = 60.47\%$$

Para garantizar una adecuada aireación del suelo y una retención óptima de agua, es importante que la porosidad del suelo se encuentre en un rango apropiado, idealmente entre el 40 % y el 60 % (Guayaquil, 2019).

La porosidad del suelo en el terreno destinado al cultivo de sandía es de 60.47%, un valor que se ha alcanzado debido a que previamente se había trabajado con otro cultivo en la misma parcela. Este trabajo previo contribuyó a mejorar la estructura del suelo, incrementando la cantidad de espacios porosos y, por ende, su capacidad para retener agua y nutrientes, así como para proporcionar una

adecuada aireación a las raíces.

### **Capacidad de Campo**

Este fue el procedimiento que se usó, para llegar al valor de capacidad de campo.

$$CC = \frac{PSH_{+T} - PSS_{+T}}{PSS_{+T} - P_T} * 100$$

**Donde:**

- $PSH_{+T}$ : Peso de suelo húmedo más tara
- $PSS_{+T}$ : Peso de suelo seco más tara
- $P_T$ : Peso de la tara

$$CC = \frac{44.1 \text{ gr} - 37.55 \text{ gr}}{37.55 \text{ gr} - 21.7 \text{ gr}} \times 100 = 41.32\%$$

Tenemos como resultado un valor de capacidad de campo del 41.33 %, esto indica que el suelo retiene aproximadamente el 41.32 % de su volumen en forma de agua después de un período de drenaje. Este valor está dentro de los rangos típicos de capacidad de campo para muchos tipos de suelo, que generalmente oscilan entre el 25 % y el 50 %. Un valor dentro de este rango es deseable para proporcionar suficiente agua para las plantas sin saturar el suelo.

### **Punto de marchitez permanente**

Mediante esta fórmula obtenemos el valor deseado:

$$PPM = \frac{CC}{1.85}$$

$$PPM = \frac{41.32\%}{1.85} = 22.34\%$$

Los rangos permisibles pueden variar según el tipo de planta y las condiciones específicas del suelo, pero generalmente para el cultivo de sandía se considera que valores de punto de marchitez permanente entre 10% y 30% (Guayaquil, 2019).

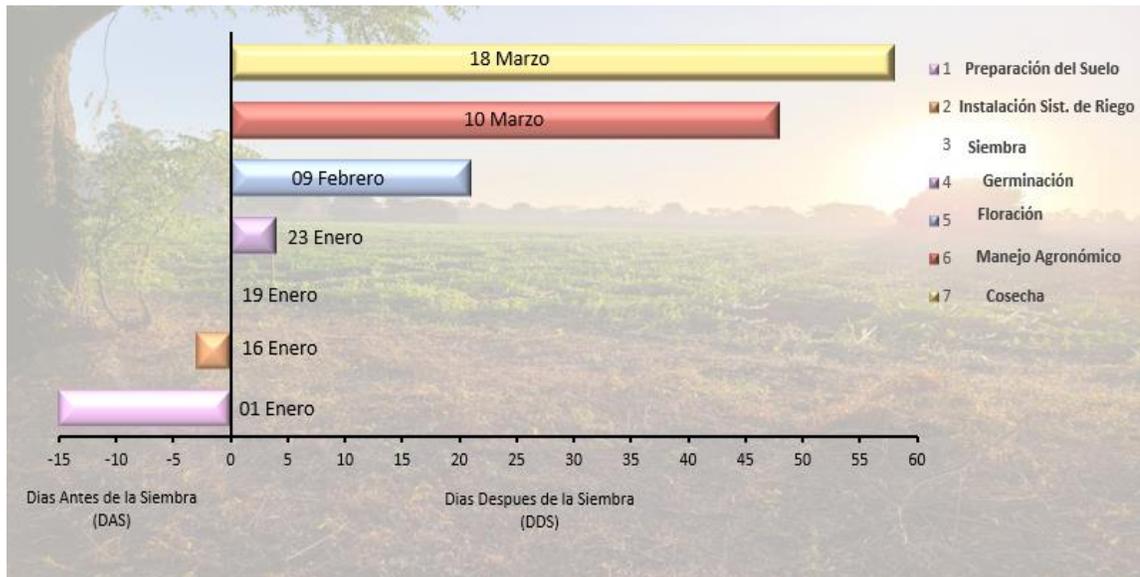
El valor que obtuvimos es 22.34%, lo que indican un suelo adecuadamente drenado y con suficiente capacidad para retener agua para el crecimiento de las plantas.

Todos los datos obtenidos de la muestra de suelo, que fueron necesarios para calcular cada uno de los parámetros evaluados se pueden observar en (Anexos de Tablas, N°13,14,15).

### **7.2.1. Resultado de labores agronómicas en el cultivo de Sandía**

La Figura 17 ofrece una visualización detallada de las diversas actividades llevadas a cabo durante todo el ciclo de cultivo de la sandía. Cada actividad está acompañada de su fecha de inicio exacta, así como de un número de días de referencia que indica la relación temporal con respecto al momento de la siembra. Este análisis proporciona una visión exhaustiva del progreso del cultivo, permitiendo un seguimiento preciso desde etapas previas a la siembra hasta fases posteriores a la misma.

**Figura 17.** Representación Manejo Agronómico



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 18.** Proceso Productivo del Cultivo



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 18 se pueden observar las etapas fundamentales del proceso de producción de la sandía, como la siembra, germinación, floración y cosecha. La siembra se realizó el 19 de enero, seguida de la germinación aproximadamente 4 días después. La fase de floración comenzó alrededor del día 21 después de la siembra, y la cosecha tuvo lugar alrededor del día 58 después de la siembra.

Generalmente un ciclo productivo de la Sandía dura de 90 a 100 días, en este caso, el establecimiento de este cultivo de Sandía variedad Mickey Lee, duro 58 a 60 días, podemos decir que el uso de técnicas de cultivo mejoradas como un sistema de riego eficiente y el uso de una variedad de crecimiento rápido, conllevó a reducir el tiempo para que las plantas madurasen e hiciera una buena cosecha.

Esta figura, ofrece una representación visual clara y ordenada de la secuencia temporal del ciclo de cultivo de la sandía.

#### **Control de maleza**

Para mitigar el impacto de la maleza presente en el cultivo, se llevaron a cabo limpiezas periódicas de manera manual. El objetivo de mantener el cultivo libre de malezas, era para reducir esta competencia (de sol, nutrientes, y agua, etc.), permitiendo así un crecimiento óptimo de las plantas de sandía, lo que ayudó a que este tuviera un buen rendimiento, mejor calidad del fruto, prevenir la propagación de enfermedades y así facilitar las labores de manejo y cosecha. (Ver Figura 19), para observar cómo se realizó la labor.

**Figura 19.** Control de Maleza



Fuente: Elaboración Propia

### **Control de plaga**

A lo largo del desarrollo vegetativo del cultivo, se realizó un monitoreo de las plagas que afectan el cultivo de sandía, encontrando poblaciones de dos plagas principales: mosca blanca (Aleyrodidae) y afidos o pulgones (*Aphis gossypii*). Para controlar dichas plagas, se implementó un enfoque integral que incluyó el uso de varios productos. Entre ellos se encuentran Imidacloprid para el control de mosca blanca y cazador para el control de afidos, ambos insecticidas efectivos contra una variedad específica de plagas. Además, se aplicaron medidas preventivas como la aplicación de plasma vegetal, que no solo combate hongos y patógenos, sino que también mejora la salud del suelo. Asimismo, se emplearon fungicidas como Clorotalonil y sulfato, para tratar enfermedades fúngicas. Estos productos se administraban cada 8 días o según la densidad poblacional de la plaga en donde la población no sobrepasara el Nivel de Daño Económico que en

el caso de mosca blanca equivale a 3 adultos por hoja y en el caso de afidos 10 adultos por hoja (Ver Figura 20).

**Figura 20.** Control Plagas



Fuente: Elaboración Propia

### **Fertilización**

Durante las etapas iniciales de crecimiento vegetativo, se enfocó en suministrar nutrientes que promovieran un crecimiento vigoroso de las plantas y un establecimiento saludable de raíces. Esto ayudó a asegurar que las plantas tuvieran una base sólida para el desarrollo de frutos de alta calidad más adelante en el ciclo de crecimiento.

Se implementaron varias medidas para promover un crecimiento saludable y una cosecha óptima. Se aplicaron productos como:

- Alga 600 que ayudó a fomentar una floración uniforme en todo el cultivo.
- Soft Guard para mejorar los niveles de azúcares, maduración y tamaño del fruto.

- K-Fol para aumentar el contenido de potasio y favorecer el engorde de los frutos.

La fertilización fue una parte integral de las medidas implementadas, asegurando que las plantas tuvieran acceso a los nutrientes necesarios en cada etapa crítica de su desarrollo.

### 7.2.2. Resultado de Medidas Variables Durante la Cosecha

#### ✚ Longitud promedio de planta

Se realizó medición de la longitud promedio de las plantas de cultivo de sandía, registrando un promedio entre 145 cm y 150 cm de longitud del tallo principal. Como se puede observar, la longitud se tomó desde la base del tallo hasta la yema apical (Ver en figura 21).

**Figura 21.** Longitud de la planta



Fuente: Elaboración Propia.

### ✚ **Peso Promedio del Fruto**

De las mediciones de peso registradas, se observó una notable consistencia en el tamaño de los frutos de sandía, oscilando en promedio entre 1.8 kg y 4.5 kg.

Esta uniformidad en el tamaño de los frutos sugiere una salud óptima de las plantas y una gestión efectiva del cultivo, ya que factores como la fertilización, el riego y el control de plagas fueron gestionados de manera equilibrada y adecuada.

Este rango de peso también indica un desarrollo robusto de las sandías, lo que sugiere una alta calidad de la fruta y un potencial favorable para el mercado. El peso promedio obtenido en la cosecha de sandía fue de 3.7 kg por fruto.

**Figura 23.** Fruto con peso de 8.7 lbs o 3.9 kg



**Figura 22.** Fruto con peso de 7.7 lbs o 3.5 kg.



Fuente: Elaboración Propia

### **7.2.3. Cosecha**

Durante la fase de cosecha, se llevó a cabo una selección minuciosa, en la que se descartaron un total de 715 frutos. Esta cantidad representó el 5% del total de frutos recolectados, los cuales no cumplían con los estándares establecidos en términos de peso y forma. Cabe destacar que, de las 4,768 plantas cultivadas en el terreno, se logró un rendimiento de 14,304 frutos. Sin embargo, tras la selección cuidadosa, se obtuvo un total de 13,589 frutos aptos para la venta.

En lo que respecta a la comercialización de la cosecha, se optó por el método de venta por metro cúbico. Se estimó que un metro cúbico podría contener aproximadamente 150 frutos, aunque esta cifra podía variar según el tamaño de los mismos. En total, se vendieron alrededor de 90 metros cúbicos de frutos, a un precio de 2,500 córdobas por metro cúbico.

La Figura 24 ilustra diferentes momentos clave del proceso de cosecha de las sandías. Se muestra el momento en que los frutos alcanzaron su madurez óptima, destacando el trabajo de los empleados durante la recolección. Además, se observa cómo se separaron cuidadosamente los frutos de alta calidad, colocándolos en un área fresca, mientras que aquellos que no cumplían con los estándares de calidad fueron ubicados aparte.

**Figura 24.** Cosecha de Sandía, Recolección, Selección de Fruto



Fuente: Elaboración Propia

### **7.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN**

En este inciso se detallan los diferentes factores considerados en la elaboración de la tabla de costos. Estos incluyen todo lo que se tomó en cuenta para definir los costos totales de producción, cabe destacar que se tomaron a partir de lo que ya estaba existente en la finca (pozo, sarta de descarga, energía eléctrica, y equipos para la realización de algunas actividades como machetes, rastrillos, bombas para fumigar).

## **Mano de obra**

Esto significa el pago de los 2 ayudantes que se contrataron para la realización de todas las actividades agronómicas siguientes:

- Siembra, Control Fitosanitario, Aplicación de Fertilizantes, Apartado de Guías, Control de maleza, riego y la etapa de cosecha.

Los ayudantes trabajaban en horario de 8 am a 11 am, con un pago de C\$200 Córdoba diario, este precio es lo estipulado en la zona, trabajando un total de 58 días que corresponde a la cantidad de días que duro el ciclo productivo del cultivo da un total de C\$ 23,200 córdoba.

## **Mecanización**

Se realizó 1 pases de arado que tenía un costo de C\$ 3,500 Córdoba y 2 pases de grada con un costo de C\$ 10,000, teniendo un subtotal de C\$ 13,500 córdoba.

## **Insumos**

Fueron todos los bienes que fueron utilizados para la producción, semillas, fertilizantes, preventivos. Dando un subtotal de C\$ 24,560 córdoba.

## **Riego**

El cálculo de los costos de materiales para la instalación del sistema de riego por goteo se llevó a cabo de manera sistemática y precisa. En primer lugar, se recopiló una lista detallada de todos los materiales necesarios, incluyendo tuberías, emisores, conexiones, válvulas y otros componentes. Se obtuvo cotizaciones de proveedores confiables y se registraron los precios unitarios de cada elemento.

Finalmente, cada uno de estos aspectos fue cuidadosamente evaluado para proporcionar una estimación precisa de los costos involucrados en el cultivo de sandía.

A continuación, en la Tabla 9, se ven los costos totales de producción.

**Tabla 9.** Costos de Producción para el cultivo de sandía (Mickey Lee) proyectada a 1 Hectárea.

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio por Unidad</b>	<b>Total</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Siembra				
Control fitosanitario				
Aplicación de Fertilizante	Días/ hombre	58	C\$200.00	C\$ 11,600.00
Apartado de Guías (Brechado)	(8 am - 11 am)			
Control de Maleza				
Riego				
Cosecha				
Ayudantes		2		
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>C\$23,200.00</b>
<b>Mecanización</b>				
Pases de Arado	Hr/ Ha	1	C\$ 3,500.00	C\$ 3,500.00
Pase de Grada	Hr/ Ha	2	C\$ 5,000.00	C\$ 10,000.00
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>C\$ 13,500.00</b>
<b>Insumos</b>				
Semilla	lbs	1	C\$ 3,600.00	C\$ 3,600.00
Fertilizante Nutri- Supreme	q	5	C\$ 2,250.00	C\$ 11,250.00
Emidacopril	kilo	1	C\$ 870.00	C\$ 870.00
Alga 600	kilo	2	C\$ 850.00	C\$ 1,700.00
Clorotalonil	lts	1	C\$ 520.00	C\$ 520.00
Plasma Vegetal	lts	2	C\$ 400.00	C\$ 800.00
Soft Guard	lts	2	C\$ 550.00	C\$ 1,100.00
Sulfato	q	2	C\$ 1,300.00	C\$ 2,600.00
k-Fol	kilo	2	C\$ 410.00	C\$ 820.00
Cazador	lts	1	C\$ 1,300.00	C\$ 1,300.00
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>C\$ 24,560.00</b>
<b>Riego</b>				
Cinta de riego TALDRIP Ø16 mm gotero plano 1 L/H cada 30 cm	mts	3280	C\$ 3.29	C\$ 10,791.20
Manguera de Pe (500 m)	mts	50	C\$ 14.64	C\$ 732.00

Conector Inicial c/Goma 16 mm (Bolsa de 100)	und	40	C\$ 18.30	C\$ 732.00
Conector Pe-Cinta 16x17 mm (Bolsa de 100)	und	40	C\$ 18.30	C\$ 732.00
Tubo PVC 50 mm (2 plg) SDR 41 x 6 m	und	12	C\$ 567.30	C\$ 6,807.60
Tubo PVC 37 mm (1 1/2 plg) SDR 41 x 6 m	und	14	C\$ 373.32	C\$ 5,226.48
Codo PVC liso 90 x 50 mm (2 plg)	und	3	C\$ 81.25	C\$ 243.76
Te PVC lisa 50 mm (2 plg)	und	4	C\$ 170.56	C\$ 682.22
Adaptador PVC hembra 50 mm (2 plg)	und	2	C\$ 203.50	C\$ 406.99
Adaptador PVC macho 50 mm (2 plg)	und	1	C\$ 97.36	C\$ 97.36
Tapón PVC hembra roscado 50 mm (2 plg)	und	1	C\$ 82.72	C\$ 82.72
Reductor PVC 50 mm x 25 mm (2 plg a 1 plg)	und	2	C\$ 97.72	C\$ 195.44
Válvula de aire doble efecto de 25 mm (1 plg)	und	2	C\$ 1,830.00	C\$ 3,660.00
Reductor PVC 50 mm x 37 mm (2 plg a 1 1/2 plg)	und	2	C\$ 86.38	C\$ 172.75
Codo PVC liso 90 x 37 mm (1 1/2 plg)	und	2	C\$ 50.14	C\$ 100.28
Adaptador PVC macho 37 mm (1 1/2 plg)	und	2	C\$ 79.42	C\$ 158.84
Tapón PVC hembra roscado 37 mm (1 1/2 plg)	und	2	C\$ 58.56	C\$ 117.12
Válvula hidráulica de 2 plg	und	1	C\$ 4,392.00	C\$ 4,392.00
Pega PVC gris	gln	0.5	C\$ 505.08	C\$ 252.54
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>C\$ 35,583.31</b>

<b>Servicio Básico</b>	No se tomó en cuenta el valor de costos de energía, ya que la universidad está subvencionada.
Energía Eléctrica	
<b>TOTAL DE COSTOS</b>	<b>C\$ 96,843.31</b>

Fuente:Elaboración Propia

El total de costos alcanzó los C\$96,843.31 córdoba, una cifra fundamental para realizar un análisis comparativo con los ingresos obtenidos por la venta de la sandía. Este dato proporcionó una visión clara de los costos del proyecto.

**Tabla 10.** Tabla Resumen de Costos y Utilidad

<b>COSECHA DE SANDÍA</b>	
Número de Plantas por Ha	4,768
Número de Frutos por Planta	3
Total frutos en 1 Ha	14,304
Descarte de frutos	715
Total de Frutos para venta	13,589
Cantidad de Sandía * m <sup>3</sup>	150
Total m <sup>3</sup> * Ha	90.59
Valor de m <sup>3</sup>	C\$ 2,500
<hr/>	
Total de gastos	C\$ 96,843.31
Total de ingresos	C\$ 226,483.33
Utilidad	C\$ 129,640.03

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se detalla que, para un área de 0.82 hectáreas con una longitud de 100 metros y un ancho de 77.65 metros, se estableció el cultivo de sandía variedad Mickey Lee, con un marco de plantación de 0.67 metros entre plantas y 2.5 metros entre surcos, distribuidos en 32 laterales a lo largo del terreno. Esto resultó en un total de 4,768 plantas. Esta variedad de sandía produce un promedio de 3 frutos por planta, sumando un total de 14,304 frutos. Tras descartar aproximadamente el 5% (715 frutos) debido a estándares de calidad, quedaron disponibles 13,589 frutos para la venta. Con una densidad de 150 frutos por metro cúbico, se obtuvo un volumen total de 90.59 metros cúbicos de frutos. La venta se

realizó por metros cúbicos, con un precio de C\$2,500 córdoba cada uno, generando ingresos totales de C\$226,483.33. Después de deducir todos los costos C\$ 96,843.31, se obtuvo una ganancia neta de C\$129,640.03.

## VIII. CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de riego por goteo basado en cálculos agronómicos e hidráulicos, considerando un déficit hídrico de 6.54 mm/día para el cultivo de sandía, con un tiempo de riego de 5 horas. Se dimensionaron las tuberías del sistema según el caudal disponible y del equipo de bombeo de la FAE-UNI, determinando una carga total dinámica de 35.37 metros y una potencia del equipo de bombeo de 2 Hp. Asimismo, se realizó el cálculo de los materiales necesarios para la instalación del sistema de riego para el cultivo de sandía.
- El estudio de las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio, indica que los suelos presentaron las condiciones óptimas para el cultivo de sandía, lo cual sumado al registro detallado de todas las labores agronómicas a lo largo del ciclo productivo, permitieron una ejecución precisa de cada actividad en los momentos óptimos, obteniendo un rendimiento productivo de 50,279 kilogramos por hectárea el cual se encuentra dentro de los rangos de rendimiento establecidos para la variedad Mickey Lee, que oscilan entre los 40,000 a 80,000 kilogramos por hectárea.
- Los costos de producción del cultivo de sandía se contabilizaron en C\$ 96,843.31, distribuyéndose en los rubros: mano de obra, preparación del suelo, insumos, materiales para la instalación del sistema de riego por goteo, entre otros. En contraste, los ingresos generados alcanzaron un total

de C\$ 226,483.33 en una extensión de 0.82 hectáreas, lo que resultó en una utilidad neta de C\$ 129,640.03 córdobas. Este resultado destaca el éxito en la producción, debido a que este cultivo duro menos días de lo esperado, reduciendo así el tiempo dentro del cual esta variedad desarrolla su ciclo fenológico.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- Explorar otras opciones de comercialización del cultivo de sandía que puedan ofrecer mejores precios de venta, considerando entre ellos, vender la sandía directamente a consumidores en los mercados locales.
- Se sugiere adoptar un enfoque más sostenible para el control de plagas del cultivo de sandía, a través de un monitoreo constante, asimismo, emplear actividades ecológicas en el momento óptimo del ciclo de vida del cultivo. Esta combinación de medidas no solo fortalecerá la salud del cultivo, sino que también preservará la calidad y cantidad de los frutos, promoviendo así un rendimiento más exitoso y sostenible.
- Se recomienda considerar en estudios futuros, el análisis de la rentabilidad del cultivo de sandía. Este análisis debe incluir un seguimiento preciso del desarrollo del cultivo, la observación de sus ciclos fenológicos y el monitoreo de los precios de venta en el mercado. Contar con estos datos permitirá una gestión agrícola más eficiente y rentable. Al comprender mejor los costos y beneficios asociados con el cultivo de la sandía, los productores podrán optimizar su rendimiento y mejorar su competitividad en el mercado.

## X. BIBLIOGRAFÍA

(CROPWAT), F. (2006). Programa de Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. *Fórmula Penman Monteith*.

Azud. (2021). *AZUD modular100*. Sistema Azud S.A.

Banco Interamericano de desarrollo. (2005). *El cultivo de sandía*.

Br. Lacayo, B. B. (2004). *Comparativo de 17 variedades de sandía Citrullus lanatus*. Managua .

Elvis Cruz Ferrufino, A. G. (2009). *Costos Agropecuarios*. Esteli .

Epanet. (2016). *Coeficiente de Pérdidas*. Hidráulica.

Espinoza, G., López, L., & Méndez, J. (2011). *Efecto de la aplicación de fertilizante soluble a diferentes dosis mediante fertirrigación en los cultivos del melón (Cucumis melo L.) y sandía (Citrullus lanatus), en el Centro Experimental Agrícola (CEA-UNI)*. Managua: UNI.

FAO. (s.f.). Evapotranspiración del cultivo. *Evapotranspiración del cultivo*.

FILTRATION, Y. (2018). *Hidrociclones Serie F700*. YAMIT FILTRATION / WATER TREATMENT.

Guayaquil, u. (2019). *Densidad Aparente Densidad REAL*. Colombia.

Herrera Ponce, J., Hernández, P., & Castillo González, J. (2013). *Manual para Capacitación de Operadores* . Jiutepec,Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

InfoAgro Systems, S. (s.f.). *infoAgro*. Obtenido de [https://infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/sandia.htm](https://infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/sandia.htm)

- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía. *Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía*. Santiago, Chile: Patricio Abarca R. Ing. Agrónomo M. Cs.
- INTA. (s.f.). *Estrategias de Riego Gravitacional*. Provincia de Río Negro: Uso eficiente del agua para riego.
- INTA. (s.f.). *Estrategias de Riego Gravitacional* . Provincia de Río Negro: EEA Valle Inferior.
- INTAGRI.SA. (2022). *Riego por Goteo*.
- Jerónimo, M. P. (2011). *Evaluación del cultivo de la Sandía (Citrullus lanatus L ) variedad Mickey Lee utilizando sustratos mejorados y determinación de coeficientes "Kc" y "Ky" bajo riego*. Universidad Nacional Agraria , Managua.
- Krebs, A. (2021). *Morfología Del Cultivo De Sandía* .
- Luna, F., & Pérez, E. (2021). *Manejo agronómico en cultivos de melón (Cucumis melo L.) y sandía (Citrullus lanatus M& N.) en la Finca Pandora- Municipio de. Managua: UNI*.
- Martínez, P. S. (2015). *SUELO Y PREPARACIÓN DEL TERRENO*.
- Prakor. (2019). *El Riego Evolucion* .
- RIEGO, B. (2017). *BERMAD TURBO-IR. CONTADORES MEDIDORES* .
- Roblero, R., Mejía, & Carlos. (2016). *Diseño de un sistema de riego por goteo utilizando energía fotovoltaica para 1.6 mz. del cultivo del plátano en la finca "Ojo*. Managua: UNI.
- Silva, A. (1988). *Aspectos Metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos*. Uruguay: Boletín investigación N° 10.

Sistemas, A. (2017). *SISTEMAS DE RIEGO ¿CÓMO FUNCIONAN? ¿CUÁLES EXISTEN?*

V. Àngeles Montiel, R. A. (2007). *Factores de Ajuste para la pèrdida de carga por fricciòn en tuberias con salidas múltiples telescòpicas o con servicio mixto*. Mèxico: Ingenieria del Agua .

Wikifarmer. (2023). *Growing Watermelons for Profit - Complete Growing Guide from Start to Finish*.

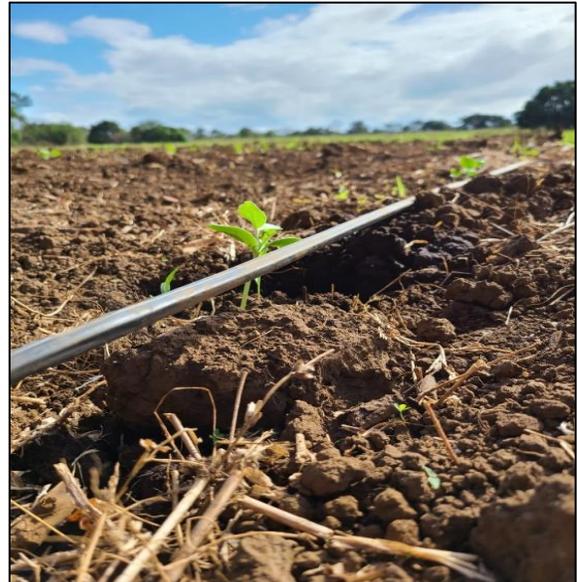
## XI. ANEXOS DE FIGURAS

**Figura 26.** Semillas de sandía, variedad Micky Lee



**Nota.** Representación del producto de las semillas de sandía, que serán utilizadas en la siembra. Esta imagen destaca la importancia de seleccionar y utilizar semillas de alta calidad en la investigación para garantizar un cultivo exitoso. Fuente: (Propia)

**Figura 25.** Planta de sandía a 10 días después de siembra



**Nota.** Representación visual que muestra el desarrollo de la planta de sandía durante los primeros 10 días después de la siembra. Esta imagen es crucial para observar y evaluar el crecimiento inicial de la planta en la investigación. Fuente: (Propia)

**Figura 27.** Medición de densidad de siembra



**Nota.** Sirve para cuantificar la cantidad de semillas de sandía sembradas por unidad de área, lo que es esencial para determinar la distribución adecuada de las plantas en el cultivo. Fuente: (Propia)

**Figura 28.** Cinta de riego por goteo, marca Taldrip



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 29.** Área de cultivo de sandía



Fuente: Elaboración Propia

## XII. ANEXOS DE TABLAS

**Tabla 11.** Datos para calcular CC y PPM

MUESTRA	Pt	PshT	PssT
1	21.55	41.7	35.8
2	21.85	46.5	39.3

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 12.** Datos para calcular Textura

Muestr a	LI	LC40 S	L B	LC5HR S	LC5HRSC O	TB L	TBL5HR S	T1	T5H R
-----	4	41,11	0	9	9,48	24,	22,2	23,	21,6
	0					1		7	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 13.** Datos para calcular Densidad Real

Muestra	PP	D1	D3	Pp+S	PS	P1(PP+Agua)	P3(Pp+S+Agua)
----	115,7	0,998	0,998	137	21,3	365,35	376,75

Muestra	N° muestreo DA	MPS, gr	R,Cm	H,Cm	PI	VOL=CM3
----	1	282,15	3,7	7,5	3,1415923	322,56299

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 14.** Prueba de Aforo a equipo de bombeo Sumergible

<b>DATOS DE AFORO EQUIPO DE BOMBEO</b>		
<b>BOMBA SUMERGIBLE</b>		
POTENCIA	3HP	
DESCARGA	2"	
<b>RESULTADOS DE AFORO</b>		
<b>1. CAUDAL (GPM) EN DESCARGA LIBRE</b>		
Volumen (gal)	Tiempo (min)	Caudal (GPM)
5	0.07	70.42
<b>2. CAUDAL (GPM) A 30 PSI</b>		
Volumen (gal)	Tiempo (min)	Caudal (GPM)
5	0.09	56.29
<b>3. CAUDAL (GPM) A 35 PSI</b>		
Volumen (gal)	Tiempo (min)	Caudal (GPM)
5	0.09	53.57
<b>4. CAUDAL (GPM) A 40 PSI</b>		
Volumen (gal)	Tiempo (min)	Caudal (GPM)
5	0.10	48.98
<b>5. CAUDAL (GPM) A 45 PSI</b>		
Volumen (gal)	Tiempo (min)	Caudal (GPM)
5	0.11	44.68

<b>CURVA DE GASTO VS PRESIÓN</b>	
<b>PRESIÓN (PSI)</b>	<b>CAUDAL (GPM)</b>
0	70.42
30	56.29
35	53.57
40	48.98
45	44.68

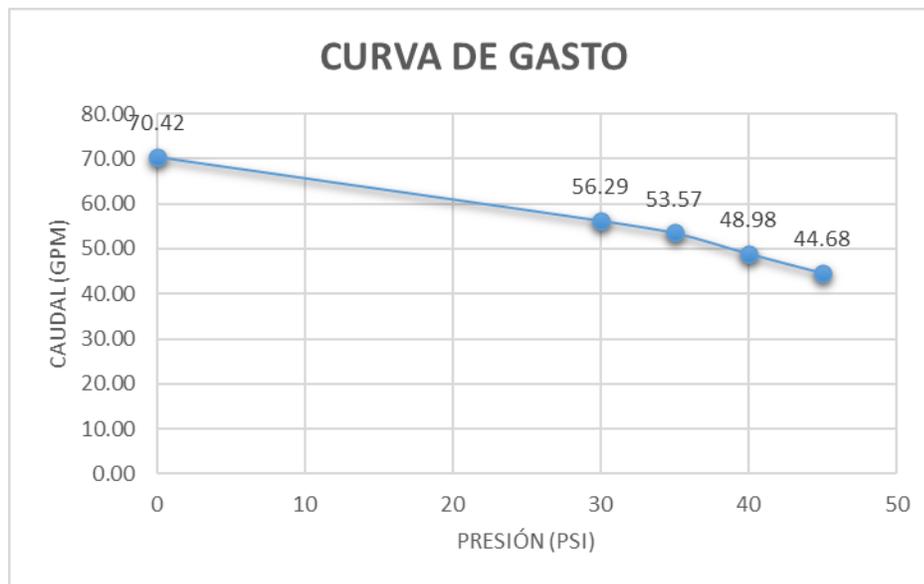
**Tabla 15.** Datos de exponentes de caudal (m) y diámetro de tubería (n).

Fórmula	K	m	n
Darcy-Weisbach	$0.0826 * f_{dw}$	2	5
Hazen-Williams	$10.648 \left(\frac{1}{C_{HW}}\right)^{1.852}$	1.852	4.871
Manning	$10.3 * n^2$	2	16/3
Scobey	$0.004098 * K_s$	1.9	4.9

Fuente: (Epanet, 2016)

### XIII. ANEXO DE GRÁFICOS

**Gráfico 1:** Curva de Gasto de Caudal vs Presión



#### XIV. ANEXOS DE COTIZACIONES



RUC: 00127098900468

Bo. Altigracia, iglesia Nuestra Sra. De Altigracia  
2c. al Norte, 1/2 c. Oeste, Managua, Nicaragua  
✉ omarinstagri@gmail.com ☎ 88969-3457

#### COTIZACIÓN

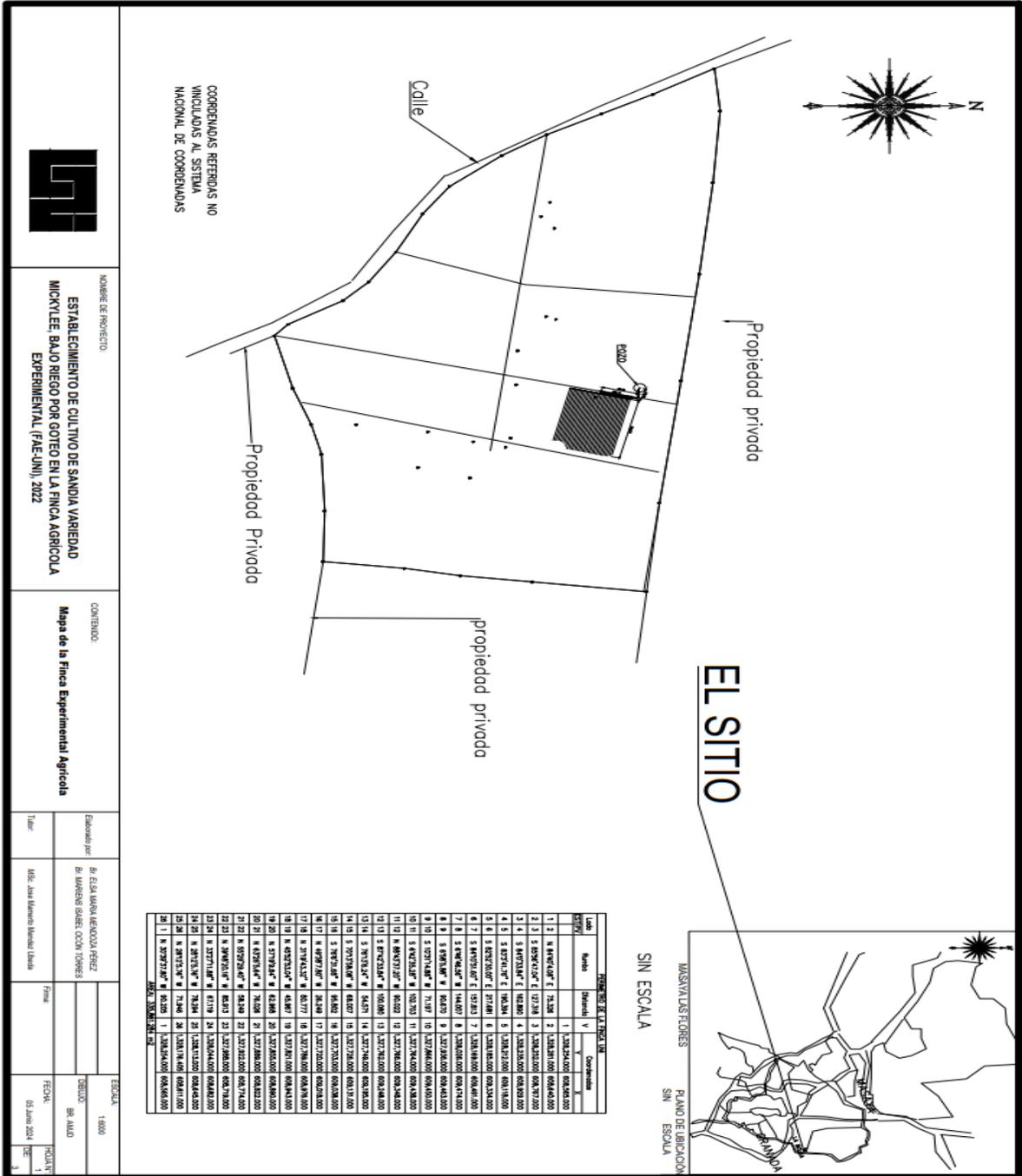
Cant.	Descripción	Precio Unit.	Valor
3,280 mts	Cinta de riego TALDRIP Ø16,3x0.15 mm gotero plano 1 L/H cada 30 cm	C\$ 3.294	C\$10,791.2
50 mts	Manguera de Polietileno	C\$ 14.64	C\$ 732
40 unid.	Conector Inicial c/goma 16 mm	C\$ 18.3	C\$732
40 unid.	Conector Pe-Cinta 16x17 mm	C\$ 18.3	C\$732
12 unid.	Tubo pvc 50 mm (2 plg) sdr 41 x 6 m	C\$ 567.3	C\$6,807.60
14 unid.	Tubo pvc 37 mm (1 1/2 plg) sdr 41 x 6 m	C\$ 373.32	C\$5,226.48
3 unid.	Codo pvc liso 90 x 50 mm (2 plg)	C\$ 81.252	C\$ 243.76
4 unid.	Te pvc lisa 50 mm (2 plg)	C\$ 170.556	C\$682.22
2 unid.	Adaptador pvc hembra 50 mm (2 plg)	C\$ 203.496	C\$406.99
1 unid.	Adaptador pvc macho 50 mm (2 plg)	C\$ 97.356	C\$97.36
1 unid.	Tapón pvc hembra roscado 50 mm (2 plg)	C\$ 82.716	C\$82.72
2 unid.	Reductor pvc 50 mm x 25 mm (2 plg a 1 plg)	C\$ 97.722	C\$ 195.44
2 unid.	Válvula de aire doble efecto de 25 mm (1 plg)	C\$ 1,830	C\$3,660
2 unid.	Codo pvc liso 90 x 37 mm (1 1/2 plg)	C\$ 86.376	C\$172.76
2 unid.	Adaptador pvc macho 37 mm (1 1/2 plg)	C\$ 50.142	C\$100.28
2 unid.	Tapón pvc hembra roscado 37 mm (1 1/2 plg)	C\$ 79.422	C\$158.84
2 unid.	Pega pvc gris	C\$ 58.56	C\$117.12
1 unid.	Válvula hidraulica de 2 plg	C\$ 4392	C\$4,392
0.5 galn.	Pega pvc gris	C\$ 505.08	C\$252.54
Elaborar Ck. a Nombre de CLAUDIA JUNIETH BRAVO TORREZ CUOTA FIJA o t		TOTAL	C\$35,583.31





# XV. ANEXOS DE PLANOS

## Figura 30. Perímetro FAE-UNI



	NOMBRE DE PROYECTO	CONTENIDO	Elaborado por	ESCALA
	<b>ESTABLECIMIENTO DE CULTIVO DE SANDIA VARIEDAD MICKYLEE, BAJO RIEGO POR GOTEO EN LA FINCA AGRICOLA EXPERIMENTAL (FAE-UNI), 2022</b>	<b>Mapa de la Finca Experimental Agrícola</b>	Dr. ELSA MARIBEL HERRERA ROSER DR. WALTERS SANCHEZ COCÓN TORRES MSc. Alan Marcano Muñoz Urbán	1:8000 TÍTULO: 86 ALMO FECHA: 05 Junio 2024 HOJA N°: 1