



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

TESIS MONOGRAFICA

Evaluación del sistema de riego por goteo en el cultivo de Naranja Dulce (*Citrus sinensis* L.), Limón (*Citrus limonum* L.), Naranja Agria (*Citrus aurantium* L.), y Aguacate (*Persea americana* Miller), en la Finca Bello Amanecer, ubicada en la comunidad Las Mercedes, Municipio de Cárdenas, Departamento de Rivas.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

❖ **Br. Nelson Antonio Chávez Rivera**

❖ **Br. Jairo Rafael Mora Martínez**

Tutor:

Dr. Álvaro Benito Aguilar Velásquez

Asesor:

Ing. José Mamerto Méndez

Managua, julio de 2013

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capitulo I. Generalidades	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5. Marco teórico	6
1.5.1 MORFOLOGÍA DE CULTIVOS	6
1.5.1.1 Cultivo de Naranja dulce.....	9
1.5.1.2 Cultivo de Naranja agria.....	9
1.5.1.3. Cultivo de Limón.....	12
1.5.1.4. Cultivo de Aguacate.....	15
1.6 COEFICIENTE BIOLÓGICO DEL CULTIVO (K_c)	18
1.7 MANEJO AGRONÓMICO	19
1.7.1 Cítricos.....	19
1.7.2 Aguacate.....	21
1.8 RIEGO POR GOTEÓ	23
1.8.1 Características del riego por goteo.....	24
1.8.2 Componentes del sistema de riego por goteo.....	25
1.8.3 Ventajas.....	25
1.8.4 Desventajas.....	26
1.8.5 Lámina de agua disponible.....	27
1.8.6 Lámina neta de riego.....	27
1.8.7 Lámina bruta.....	27
1.8.8 Nivel de agotamiento permisible (NAP).....	27
1.8.9 Umbral de riego.....	28

1.8.10 Porcentaje de superficie mojada.....	28
1.8.11 Eficiencia de aplicación.....	28
1.8.12 Caudal Nominal.....	28
1.8.13 Presión Nominal.....	28
1.8.14 Controlador de la unidad de riego.....	29
1.8.15 Evaluación de un sistema de riego por goteo.....	30
1.8.16 Coeficiente de uniformidad de caudales y presiones.....	30
1.8.17 Frecuencia de riego.....	31
1.9 SUELOS.....	31
1.9.1 Suelo correspondiente a la zona de estudio.....	31
1.9.2 Muestreo de suelos.....	32
1.9.3 Tipos de muestras.....	33
1.9.4 Propiedades hidrofísicas del suelo.....	34
1.9.5 Humedad en la zona radicular.....	37
1.9.6 El bulbo húmedo.....	37
1.9.7 Relación de humedad entre la zona radicular y el bulbo húmedo.....	38
1.10 CLIMATOLOGÍA CORRESPONDIENTE A LA ZONA.....	39
1.10.1 Temperatura.....	39
1.10.2 Vientos.....	39
1.10.3 Radiación solar.....	40
1.10.4 Precipitación.....	40
1.10.5 Proceso de Evapotranspiración.....	40
1.10.6 Evaporación.....	41
1.10.7 Transpiración.....	41
1.10.8 Evapotranspiración.....	41
1.10.9 Unidad de medida.....	42
Capítulo II. Metodología a utilizar.....	43
2.1 LOCALIZACIÓN.....	44
2.1.1 Macro Localización.....	44
2.1.2 Micro Localización.....	45

2.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	46
2.2.1 Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	46
2.2.2 Procedimiento realizado en Campo.....	46
2.2.3 Procedimiento para subir los puntos a Map Source.....	47
2.3 PROPIEDADES HIDROFÍSICAS	48
2.3.1 Textura Método de laboratorio.....	48
2.3.2 Determinación de PH del suelo.....	50
2.3.3 Determinación de la conductividad eléctrica del suelo.....	51
2.3.4 Densidad aparente.....	52
2.3.5 Densidad real.....	53
2.3.6 Porosidad (%)......	53
2.3.7 Capacidad de campo.....	54
2.3.8 Punto de Marchitez Permanente.....	55
2.4 ANÁLISIS DE AGUA	56
2.5 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS	56
2.5.1 Evapotranspiración.....	56
2.5.2 Ingreso de Datos a CROPWAT.....	56
2.6 EVALUACIÓN HIDRÁULICA	58
2.6.1 Uniformidad de caudales.....	58
2.6.2 Uniformidad de presiones.....	59
2.7 EVALUACIÓN AGRONÓMICA	61
2.7.1 Necesidades de agua del cultivo.....	61
2.7.2 Láminas de riego del suelo.....	61
2.7.3 El bulbo húmedo y porcentaje de raíces.....	62
2.8 EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	62

Capitulo III. Cálculos, resultados y análisis de resultados	63
3.1 DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DE LOS SUELOS	64

3.1.1	Análisis de los resultados de Textura.....	65
3.2	CÁLCULOS DE DENSIDAD APARENTE.....	66
3.2.1	Análisis de los resultados de Densidad aparente.....	67
3.3	CÁLCULOS DE DENSIDAD REAL.....	68
3.3.1	Análisis de los resultados de Densidad real.....	70
3.4	CÁLCULOS DE POROSIDAD.....	71
3.4.1	Análisis de los resultados de la Porosidad.....	72
3.5	CÁLCULOS DE CAPACIDAD DE CAMPO.....	73
3.5.1	Análisis de los resultados de Capacidad de Campo.....	74
3.6	CÁLCULOS DE PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE.....	75
3.6.1	Análisis de los resultados del Punto de Marchitez Permanente.....	76
3.7	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUA Y SUELO.....	78
3.8	ANÁLISIS DE RESULTADO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PROMEDIO MENSUAL.....	80
3.9	CÁLCULOS DE LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES.....	81
3.9.1	Análisis de los resultados de coeficiente de uniformidad de caudales.....	85
3.10	CÁLCULOS DE LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD DE PRESIONES.....	85
3.10.1	Análisis de los resultados de coeficiente de uniformidad de presiones.....	90
3.11	CÁLCULOS DE LA CANTIDAD DE AGUA APLICADA IN-SITU.....	91
3.11.1	Análisis de los resultados de la cantidad de agua aplicada in-situ.....	95
3.12	CÁLCULOS DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE DISEÑO DE LOS CULTIVOS.....	96
3.12.1	Análisis de los resultados de los requerimientos hídricos de diseño de los cultivos.....	101

3.13 CÁLCULOS DE LAS LÁMINAS DE RIEGO.....	102
3.13.1 Análisis de resultados de las láminas de riego.....	112
3.14 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIDAD DE LOS	
COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO.....	113
Capitulo IV. Conclusiones y Recomendaciones.....	114
4.1 CONCLUSIONES.....	115
4.2 RECOMENDACIONES.....	117
BIBLIOGRAFÍAS.....	118
ANEXOS	
ANEXO # 1. Datos obtenidos del laboratorio de edafología (UNI)	
ANEXO # 2. Tablas de interpretación utilizadas	
ANEXO # 3. Datos meteorológicos anuales de la estación RIVAS-RIVAS	
ANEXO # 4. Datos de caudales obtenidos en campo (L/h)	
ANEXO # 5. Plano del área cultivada	
ANEXO # 6. Fotos	

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La finalidad fundamental del riego es el de suministrar agua a los cultivos, de manera que estos no sufran déficit hídrico que puedan ocasionar pérdidas de producción, además, el riego debe garantizar que se mantenga el balance de sales, es decir, que no se acumulen en exceso en el perfil del suelo como resultado de la aplicación del agua de riego. En todos los casos, el riego debe ser controlado para evitar pérdidas excesivas en el sistema, que se traduzcan en problemas medioambientales o en un consumo innecesario que incremente los costos de la explotación del mismo, por tanto tomando todas las medidas necesarias hay posibilidades de aumentar su eficiencia.

En un sistema de riego por goteo, la eficiencia de aplicación del agua puede ser muy alta. En general las pérdidas de agua pueden reducirse sustancialmente cuando el sistema está bien diseñado, operado y mantenido (Bralts et al., 1987).

Uno de los factores que puede incidir de manera importante en las pérdidas de agua es la uniformidad de descarga de los emisores (Salomon, 1984), factor asociado fundamentalmente a la variabilidad propia entre los mismos, su obstrucción, topografía del terreno y las pérdidas de carga en la red (Nakayama y Bucks, 1986).

En el presente estudio se realizará un análisis de las principales propiedades hidrofísicas de los suelos. Además se evaluará la eficiencia de funcionamiento con el que este opera, desde el punto de vista agronómico acorde a los cultivos establecidos en la finca. Y una evaluación de los componentes del sistema.

1.2 ANTECEDENTES

El riego por goteo ha sido utilizado desde la antigüedad cuando se enterraban vasijas de arcilla llenas de agua con el fin de que esta se infiltrara gradualmente en el suelo. El riego gota a gota moderno se desarrolló en Alemania hacia 1860 cuando los investigadores comenzaron a experimentar la sub-irrigación con ayuda de tuberías de arcilla para crear una combinación de irrigación y de sistema de drenaje. En los años 20, tuberías perforadas fueron utilizadas en Alemania, después O.E. Robey experimentó el riego por tubería porosa de tela en la universidad de Michigan.

Con la llegada de los plásticos modernos después de la segunda guerra mundial, fueron posibles numerosas mejoras. Micro-tubos de plástico y diversos tipos de goteros han sido empleados en invernadero en Europa y en Estados Unidos. La moderna tecnología de riego por goteo fue inventada en Israel por Simcha Blass y su hijo.

En Nicaragua el riego por goteo es cada vez más necesario para desarrollar la pequeña y mediana agricultura Nicaragüense, afectada por inviernos irregulares debido al cambio climático global, es por esto que a partir de los años noventa se ha venido promoviendo dicho sistema, dando inicio su aplicación en el cultivo de Caña de azúcar. En los últimos años se ha producido una expansión acelerada de las más modernas técnicas de riego por goteo en la agricultura, dada por la necesidad de incrementar la eficiencia en el manejo del agua e intensificar los procesos productivos.

Actualmente en la finca Bello Amanecer se está comenzando a utilizar el sistema de riego por goteo para suplir las necesidades hídricas de los cultivos establecidos, careciendo en la actualidad de estudios realizados con la finalidad de conocer el buen funcionamiento del sistema.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El municipio de Cárdenas posee un clima con veranos bien definidos e inviernos con precipitaciones mal distribuidas, por esta razón, el propietario se ve obligado a la aplicación del riego como una herramienta indispensable para mantener la humedad en el campo y que las plantas puedan aprovecharla para su buen crecimiento y desarrollo.

Actualmente la finca ubicada en el municipio de Cárdenas y objeto de este estudio, posee 16 Mz cultivadas con cítricos y aguacate, existiendo y en funcionamiento un sistema de riego por goteo instalado para estos cultivos, por lo que es de vital importancia realizar una evaluación del mismo, para así, saber qué tan eficiente está trabajando este.

Los resultados obtenidos de la evaluación, se pondrán a disposición del productor para que ejecute las recomendaciones presentadas y de esta manera obtener un mejor desarrollo y una mejor productividad en las plantaciones establecidas y un buen manejo del recurso agua, además de evitar incurrir en costos innecesarios.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el sistema de riego por goteo en el cultivo de Naranja Dulce (*Citrus sinensis* L.), Limón (*Citrus limonum* L.), Naranja Agria (*Citrus aurantium* L.), y Aguacate (*Persea americana* Miller), en la Finca Bello Amanecer, ubicada en la comunidad Las Mercedes, Municipio de Cárdenas, Departamento de Rivas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar las propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos.
- Determinar la uniformidad en la distribución del agua de riego desde el punto de vista hidráulico.
- Determinar la eficiencia del sistema de riego desde el punto de vista agronómico.
- Evaluar el manejo del riego y la calidad de las tuberías.

1.5 MARCO TEORICO

1.5.1 MORFOLÓGIA DE LOS CULTIVOS

1.5.1.1 Cultivo de Naranja Dulce

✓ Origen

La Naranja dulce es nativa de la región tropical y subtropical del Asia, desde ahí se han dispersado alrededor del mundo. La naranja se originó hace unos 20 millones de años en el sureste asiático. Desde entonces hasta ahora han sufrido numerosas modificaciones, debido a la selección natural y a hibridaciones tanto naturales como producidas por el hombre. La dispersión de la Naranja desde su lugar de origen se debió fundamentalmente a los grandes movimientos migratorios como: conquista de Alejandro Magno, expansión del Islam, cruzadas, descubrimiento de América, etc. Mutaciones espontáneas han dado origen a numerosas variedades de naranjas que actualmente conocemos.

✓ Taxonomía y morfología

Nombre común: Naranja dulce.

Familia: Rutaceae.

Género: Citrus.

Nombre científico: Citrus sinensis (L).

Porte: Reducido (6-10 m). Ramas poco vigorosas (casi tocan el suelo). Tronco corto.

Hojas: Limbo grande, alas pequeñas y espinas no muy acusadas.

Flores: Ligeramente aromáticas, solas o agrupadas con o sin hojas. Los brotes con hojas (campaneros) son los que mayor cuajado y mejores frutos dan.

Fruto: Hesperidio. Consta de: exocarpo (flavedo; presenta vesículas que contienen aceites esenciales), mesocarpo (albedo; pomposo y de color blanco) y endocarpo (pulpa; presenta tricomas con jugo).

✓ **Composición química**

Composición química del jugo de Naranja promedio por 100 gramos de porción comestible: potasio 36, sosa 13, cal 25, sales fosfóricas 9 al 1, sales de magnesio 8, sales de hierro 12 a 14, proteína 74, acidez cítrica 88, azúcares 8.28 y calorías 42- 44.

La Naranja contiene vitamina A, B1 y C. En gran cantidad D y como ya lo sabemos, contiene muchas vitaminas, azúcar, ácido cítrico, celulosa, sodio, magnesio, hierro, fosfato y cal.

✓ **Requerimientos edafoclimáticos**

1. Temperatura

Es una especie subtropical. El factor limitante más importante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a -3°C . Presenta escasa resistencia al frío (a los $3-5^{\circ}\text{C}$ bajo cero la planta muere). No requiere horas-frío para la floración. No presenta reposo invernal, sino una parada del crecimiento por las bajas temperaturas (quiescencia), que provocan la inducción de ramas que florecen en primavera. Necesita temperaturas cálidas durante el verano para la correcta maduración de los frutos.

2. Precipitaciones

Requiere importantes precipitaciones (alrededor de 1200 mm), que cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego. Es muy sensible al viento, sufriendo pérdidas de frutos en pre cosecha por transmisión de la vibración.

3. Exigencias de suelo

En cuanto a suelos los prefiere arenosos o franco-arenosos, profundos, frescos y sin caliza, con pH comprendido entre 6 y 7. Se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol y una amplia exploración para una buena nutrición.

✓ Variedades

1. Grupo Navel

Dentro de este grupo las que sobresalen son:

- Washington o Bahía.
- Thomson (Navel mejorada).
- Bahianinha (mutación de Bahía).
- Navelate (Navel tardía).

2. Grupo Blancas

- Castellana (para zumo, con semillas).
- Cadenera (para zumo, apenas tiene semillas).
- Belladonna (pulpa color naranja intenso, para zumos).
- Shamouti (también llamada Jaffa, pocas semillas, muy sensible al frío, poco zumo).
- Valencia Late (elevado contenido en zumo. Es la variedad comercialmente más extendida por todo el mundo).

3. Grupo Sanguíneas

Color rojizo de la pulpa, de donde toman su nombre. Disminuye el interés por este grupo.

- Doble Fina (Sanguina oval, semillas).
- Entrefina (similar a la Doble Fina).

- Moro (zumo color sangre. Italiana).
- Tarocco (una de las mejores sanguíneas. Italiana).

1.5.1.2 Cultivo de Naranja agria

✓ Origen

La fruta en sí proviene del noroeste indio y el suroeste chino; luego comenzó a emigrar por toda la cuenca mediterránea durante los primeros siglos de la era cristiana, encontrando un hábitat compatible en Sevilla, formando parte importante del huerto andaluz.

✓ Taxonomía y morfología

Nombre común: Naranja agria.

Nombre científico: *Citrus aurantium* (L).

Familia: Rutaceae.

Género: *Citrus*.

Árbol perenne de ramas irregulares y algo torcidas que llegan a formar una copa semiesférica con espinas largas y rígidas.

El peciolo de las hojas de la Naranja agria es más ancho y alado, y la cáscara del fruto o pericarpio es más gruesa conteniendo un jugo amargo.

Los frutos maduros presentan la misma forma y tamaño que las naranjas dulces, aunque son algo más oscuros y con el pericarpio más rugoso, con una capa densa de parénquima blanco debajo de la corteza exterior.

✓ **Composición química**

La cáscara de la Naranja agria contiene flavonoides heterosídicos con sabor amargo como: neohesperidina y naringina. El responsable del sabor amargo es la porción glucídica. Contiene también flavonoides no amargos, como: hesperidina y rutósido (rutina), y flavonoides lipófilos, muy metoxilados, como: sinensetina, nobiletina y tangeretina. De 1% hasta más de 2% de aceite esencial con limoneno como componente principal. La droga contiene además pectinas (en elevada cantidad) y furocumarinas (Cañigüeral 1998). La flor contiene del 0.2 al 0.5% de aceite esencial constituido principalmente por monoterpenos como: acetato de linalilo, linalol, α -pineno, limoneno, nerol, geraniol, etc., y junto a ellos, antranilato de metilo como componente característico. Las hojas maduras contienen aceite esencial, flavonoides como principios amargos, alcaloides (estaquidrina), taninos y triterpenos (Morton 1987) etc.

✓ **Requerimientos edafoclimaticos**

1. Temperatura

Es una especie subtropical. El factor limitante más importante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a -3°C . No tolera las heladas, ya que sufre tanto las flores y frutos como la vegetación, que pueden desaparecer totalmente. Presenta escasa resistencia al frío (a los $3-5^{\circ}\text{C}$ bajo cero la planta muere). No requiere horas-frío para la floración. No presenta reposo invernal, sino una parada del crecimiento por las bajas temperaturas (quiescencia), que provocan la inducción de ramas que florecen en primavera. Necesita temperaturas cálidas durante el verano para la correcta maduración de los frutos.

2. Precipitaciones

Requiere importantes precipitaciones (alrededor de 1200 mm), que cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego. Es muy sensible al viento, sufriendo pérdidas de frutos en pre cosecha por transmisión de la vibración.

3. Exigencias de suelo

A diferencia de su pariente dulce, la Naranja agria crece bien en suelos bajos y ricos con un alto nivel freático y se adapta a una amplia gama de condiciones del suelo.

✓ Variedades

1. Grupo normal (frutas grandes y con semillas)

African, Brazilian, Rubidoux, Standard, Oklawaha y Trabut. Oklawaha originada en los Estados Unidos. Produce una fruta grande, rica en pectina y valorada para la fabricación de mermelada.

2. Grupo Anormal

Daidai o Taitai: popular en Japón y China. Sus frutos son grandes, con piel muy gruesa, pulpa muy ácida, y muchas semillas. El árbol es algo enano y sin espinas; inmune a las aftas de los cítricos en las Filipinas. Es parecida por sus botones florales que se secan y se mezclan con el té por su perfume.

Goleta: frutos medianamente grandes y pulpa medianamente agria; muy pocas semillas. El árbol es de tamaño mediano y casi sin espinas.

Paraguay: fue introducida en los Estados Unidos desde Paraguay en 1911, el fruto es de tamaño medio, con pulpa dulce, con número de semillas moderado. El árbol es grande, robusto y espinoso.

Vermilion Globe: tiene frutas oblatas que contienen 30 a 40 semillas. El árbol tiene las hojas largas, estrechas y puntiagudas.

Cabeza de cuero: produce frutos pequeños, oblatos, ásperos con 20 semillas. El árbol tiene hojas elípticas y romas.

Criolla: Son las selecciones de Naranjas comunes que se propagan ya sea por injerto o por semillas. Los árboles son vigorosos, grandes, con cierta cantidad de espinas.

1.5.1.3 Cultivo de Limón

✓ Origen

El limón se originó hace unos 20 millones de años en el sureste asiático. Desde entonces hasta ahora ha sufrido numerosas modificaciones debidas a la selección natural y a hibridaciones tanto naturales como producidas por el hombre.

El limón fue introducido por los árabes en el área mediterránea entre los años 1.000 a 1.200, siendo descrito en la literatura árabe a finales del siglo XII.

✓ Taxonomía y morfología

Nombre común: Limón agrio.

Familia: Rutaceae.

Género: Citrus.

Especie: Citrus limonum L.

Porte: Hábito más abierto (menos redondeado). El extremo del brote se conoce como “sumidad” y es de color morado. Presenta espinas muy cortas y fuertes.

Hojas: Sin alas, Desprenden olor a Limón.

Flores: Solitarias o en pequeños racimos. Floración más o menos continua, ya que es el cítrico más tropical junto al pomelo, por lo que se puede jugar con los riegos para mantener el fruto en el árbol hasta el verano, ya que es la época de mayor rentabilidad.

Fruto: Hesperidio.

✓ **Composición química.**

El limón tiene mucho ácido cítrico y podríamos pensar que acidifica el organismo. Pero lo que más tiene son sales minerales. Cuando nos tomamos el zumo de un limón, los ácidos cítrico y málico son eliminados rápidamente por los pulmones en forma de ácido carbónico, en el cuerpo solo quedan las sales minerales que se unen al carbono formando bicarbonatos de calcio y de potasio que al pasar a la sangre la alcalinizan.

✓ **Requerimientos edafoclimáticos**

1. Temperatura

Es la especie de los cítricos más sensible al frío y la temperatura promedio varía entre los 14-24 °C.

2. Precipitación

La precipitación tiene gran influencia como fuente de humedad y como elemento decisivo en la toma de decisiones del riego, se estima que la cantidad de agua

para un cultivar es de 6,300 a 8,400 m³/MZ/ año, equivalente a 900 1200 mm anuales.

3. Exigencias de suelo

Los suelos deben tener una proporción equilibrada de elementos gruesos y finos (textura), para garantizar una buena aireación y facilitar el paso del agua, además de proporcionar una estructura que mantenga un buen estado de humedad y una buena capacidad de intercambio catiónico.

✓ Variedades

Eureka: El fruto es de tamaño medio, de forma elíptica u ovoide. Es una variedad sin semillas y con mucho zumo. Su cultivo está extendido por todo el mundo, si bien Estados Unidos está a la cabeza en cuanto a la producción.

Lisbon: Jugoso, ácido y de corteza rugosa. El fruto es de tamaño medio, elíptico u oblongo. El contenido en semillas es variable, pero mayor que Eureka. La recolección se realiza durante el invierno hasta comienzos de la primavera.

Primofiori: También llamado fino, su forma es esférica y ovalada. La corteza de los frutos es fina, lisa y tiene mucho jugo y una delicada acidez. Tiene mayor número de semillas que la variedad verna.

Verna: Su forma es alargada y los extremos acaban en punta. Casi no tiene semillas y presenta un nivel relativamente bajo de acidez. Es una de las principales variedades de limón europeo producido en España e Italia.

Limón Tahití o persa: Este limón, conocido también como limón verde, carece de la larga historia y el amplio uso que idealizan al pequeño limón criollo. Su identidad ha estado en duda y sólo en años recientes se ha dado el nombre científico, *Citrus latifolia*.

1.5.1.4 Cultivo de Aguacate

✓ Origen

El Aguacate es originario de México, Colombia y Venezuela. Los primeros españoles que llegaron a América bautizaron a este fruto con el nombre de "pera de las Indias", dada su semejanza externa con las peras españolas. Los principales productores hoy día son: México, Brasil, Estados Unidos, Australia, Israel, China, Kenia, Sudáfrica y España.

Esta misma región está incluida en lo que se conoce como Mesoamérica, y también es considerada como el área donde se llevó a cabo la domesticación del mismo.

✓ Taxonomía y morfología

Nombre común: Aguacate.

Familia: Lauráceas.

Especie: Persea americana.

Planta: Árbol extremadamente vigoroso, leñoso productor de esencias que crecen en regiones cálidas, (tronco potente con ramificaciones vigorosas), pudiendo alcanzar hasta 30 m de altura.

Sistema radicular: Bastante superficial.

Hojas: Árbol perennifolio. Hojas alternas, pedunculadas, muy brillantes.

Flores: Flores perfectas en racimos subterminales; sin embargo, cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B. En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un período fijo y luego abren como masculinas en su

segunda apertura. Esta característica de las flores de Aguacate es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B y con la misma época de floración en una proporción 4:1, donde la mayor población será de la variedad deseada. Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y sólo el 0,1 % se transforman en fruto, por la abscisión de numerosas flores y frutitos en desarrollo.

Fruto: Baya unisemillada, oval, de superficie lisa o rugosa. El envero sólo se produce en algunas variedades y la maduración del fruto no tiene lugar hasta que éste se separa del árbol.

✓ **Composición química**

Composición química del aguacate, promedio por 100 gramos de porción comestible: calorías 134.3, grasas 13.8, hidratos de carbono (g) 1.3, fibra (g) 2.4, potasio (mg) 320, magnesio (mg) 18, provitamina A (mcg) 119, vitamina E (alfa-tocoferol) (mg) 2.3, vitamina C (mg) 4, ácido fólico (mcg) 8, piridoxina (mg) 0.3, mcg = microgramos.

✓ **Requerimientos edafoclimaticos**

1. Temperatura

Rango 10 a 35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30°C. Sin embargo, las exigencias de temperatura varían dependiendo de la raza, para la raza Mexicana la media óptima es de 20°C con una mínima invernal no inferior a -4°C.

2. Precipitaciones

En cuanto a precipitación, se considera que 1200 mm anuales bien distribuidos son suficientes. Sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, lo que

reduce el rendimiento; el exceso de precipitación durante la floración y fructificación, reduce la producción y provoca la caída del fruto.

3. Exigencias del suelo

Los suelos más recomendados son los de textura ligera, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácidos (5,5 a 7), pero puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje, pues el exceso de humedad propicia un medio adecuado para el desarrollo de enfermedades de la raíz, fisiológicas como la asfixia radical y fúngicas como fitoptora.

✓ Variedades

Variedad	Tipo de flor
Booth 7	B
Booth 8	B
Choquette	A
Hall	B
Itzama	B
Simmonds	A
Fuerte	B
Hass	A
Nabal	B
Guatemala	B
Ettinger	B

Las variedades que más se comercializan en los puntos de venta son: Hass (la

más conocida y comercializada; de pequeño tamaño, rugoso y de piel oscura y pulpa amarilla. Se produce en México y en España, concretamente en Andalucía), Bacon (la variedad más temprana, de color verde brillante y muy cultivada en España), Cocktail o dátil (alargado y sin hueso central, de sabor fino y delicado; se cultiva en Israel, España y se comercializa sobre todo en Francia), Fuerte (en forma de pera sin brillo y de piel fina, áspera y sabor exquisito, con un peso aproximado de 250 gramos; cultivado en Israel, Kenia, Sudáfrica y España) y por último, la variedad Pinkerton (alargado y con forma de pera, de piel rugosa y sabor agradable, cultivado en Israel).

1.6 COEFICIENTE BIOLÓGICO DE CULTIVO (K_c)

El coeficiente biológico del cultivo (K_c) se define como la relación entre la evapotranspiración real de un cultivo (ET), y la evapotranspiración de referencia (E_{to}), cuando el suministro de agua atiende plenamente las necesidades del cultivo. El valor de K_c varía con el cultivo y la etapa de desarrollo de este, y en cierta medida, con la velocidad del viento y la humedad.

Para la mayoría de los cultivos el valor de K_c , aumenta desde el valor reducido en el momento de la nacencia hasta un valor máximo durante el periodo en que el cultivo alcanza su pleno desarrollo y declina a medida que madura el cultivo.

1.7 MANEJO AGRONÓMICO

1.7.1 Cítricos

✓ Siembra

El método de injerto de yema en T es el más utilizado en vivero. Se deben de sembrar árboles injertados, libres de plagas y enfermedades, con buena unión del patrón y el injerto, de copa vigorosa, formada de 3-4 ramas bien distribuida y una formación del sistema radicular.

Algunos cítricos pueden cultivarse a partir de semillas, pero la calidad de los frutos es variable.

✓ Marco de plantación

La distancia entre plantas está en función de las dimensiones de la maquinaria a utilizar y del tamaño de la copa adulta, que depende principalmente del clima, suelo y el patrón, por lo que, en la mayoría de los casos, habrá que comparar con situaciones ecológicas semejantes con el fin de tomarlas como referencia. Se puede estimar como densidad media de plantación unos 400 árboles/ha.

✓ Riego

Las necesidades hídricas de estos cultivos oscilan entre 6000 y 7000 m³/ha. En parcelas pequeñas se aplica el riego por inundación, aunque hoy día la tendencia es a emplear el riego localizado y el riego por aspersión en grandes extensiones de zonas frías, ya que supone una protección contra las heladas.

El riego es necesario entre la primavera y el otoño, cada 15-20 días si es por inundación y cada 3-5 días si es riego localizado. Para que el árbol adquiera un adecuado desarrollo y nivel productivo con el riego por goteo es necesario que posea un mínimo volumen radicular o superficie mojada, que se estima en un 33% del marco de plantación. En el caso de cítricos con marcos de plantación muy amplios, como la mitad de la superficie sombreada por el árbol; aunque la dinámica de crecimiento radicular de los cítricos es inferior a la de otros cultivos, resulta frecuente encontrar problemas de adaptación como descensos de la producción, disminución del tamaño de los frutos, amarillamiento del follaje y pérdida de hojas. Para evitar estos problemas hay que incrementar el porcentaje de superficie mojada por los goteros a un 40% de la superficie del marco ocupado por cada árbol, en marcos iguales o inferiores a 5m x 5m.

✓ **Poda**

Debido a que los cítricos no tienen un órgano fructífero determinado, la poda se adapta bien a la mecanización y se suelen realizar el “toping” (cortes superiores con sierra) y el “hedging” (cortes oblicuos).

✓ **Cosecha**

Son frutos que tardan mucho en madurar a partir de la fructificación, entre 6 y 8 meses, o incluso más según el clima (más frío, más tarda en madurar). Cosechar los frutos cuando hayan madurado, cortando el tallo del fruto con podaderas o con un cuchillo o torciendo el tallo ligeramente.

Los frutos no dañados pueden almacenarse durante unas semanas a 4-6°C de temperatura.

1.7.2 Aguacate

✓ Siembra

El aguacate se puede propagar por semilla o por injerto. La propagación por semilla no es recomendable para plantaciones comerciales debido a la gran variabilidad que ocurre en producción y calidad de fruto. La propagación por injerto es el método más apropiado para reproducir las variedades seleccionadas para cultivo comercial, ya que los árboles injertados son uniformes en cuanto a la calidad, forma y tamaño de la fruta.

✓ Injerto

La operación puede realizarse en el vivero o en el sitio definitivo de plantación; sin embargo, lo recomendable es hacerla en el vivero.

El injerto se realiza cuando el tallo de la planta patrón tiene 1 cm de diámetro (aproximadamente 6 meses después de la siembra) y a 10 cm de la base. Debe realizarse en un lugar fresco y aireado para lograr una buena unión vascular entre el patrón y el injerto.

El método más difundido para injertar el aguacate es el de unión lateral aunque también da buenos resultados el injerto de púa terminal; sin embargo, también se practican otros como el injerto de escudete y el de hendidura, pero con menor éxito. Las púas a injertar deberán provenir de árboles seleccionados y representativos de la variedad escogida, con buen vigor, sin enfermedades, de buena producción y calidad. Es conveniente que las púas tengan diferentes grosores para contar con material adaptable a los diferentes diámetros de los patrones. El injerto de unión lateral se realiza aproximadamente a los 20 cm de altura del patrón. Una vez que el injerto ha pegado, entre los veintidós y treinta

días después de realizado, se empieza a eliminar la parte superior del patrón. Esto se va haciendo paulatinamente hasta llegar al injerto. El corte debe ser hecho a bisel y cubierto con una pasta fungicida a base de cobre. Cuando el injerto tiene entre 20 y 25 cm de alto se puede trasplantar al campo definitivo, siempre y cuando el corte haya sido cubierto por el callo del injerto.

✓ **Marco de plantación**

Los arbolitos están listos para el trasplante en la plantación entre los cuatro y seis meses después de que fue injertado. Los marcos de plantación vendrán dados por el tipo de suelo y la topografía, la variedad o cultivar (debido al vigor, hábito de crecimiento) y por las condiciones ambientales imperantes. A menor altura o mayor fertilidad las distancias deben ser mayores. En general, las distancias varían entre 7m x 9m a 10m x 12m; el espaciamiento de 10 m entre plantas y 10 m entre hileras, es el más empleado.

Existen varios sistemas de plantación utilizados: el cuadrado que puede ser 8m x 8m con 156 plantas/ha, 9m x 9m con 123 plantas/ha, 10m x 10m con 100 plantas/ha, el tresbolillo que puede ser 8m x 8m con 180 plantas/ha, 9m x 9m con 142 plantas/ha y 10m x 10m con 115 plantas/ha.

✓ **Riego**

Durante el primer año de los arbolitos, la plantación debe contar con suficiente agua para riego durante la estación seca, de manera que los árboles reciban la cantidad adecuada para que alcancen un buen desarrollo, que será determinante en el futuro de la plantación.

✓ **Poda**

El árbol de aguacate no requiere poda de formación. En los primeros tres años de desarrollo, los árboles de aguacate requieren poca atención en cuando a poda, pero luego se debe procurar mantenerlo bien formado, de manera que las labores culturales y la cosecha se faciliten. Se deben podar las ramas de crecimiento vertical con altura excesiva, las ramas bajas o pegadas al suelo y los tallos débiles y enfermos.

✓ **Cosecha**

Normalmente, la primera cosecha comercial ocurre a los cinco años en árboles injertados y la cantidad de frutos producidos depende de la variedad y la atención que haya recibido la planta en su desarrollo. A los cinco años, generalmente se cosechan cincuenta frutos; a los seis años, ciento cincuenta frutos; a los siete años, trescientos frutos y ochocientos a los ocho años. Algunas variedades como Hass, fuerte y otras de fruto pequeño, pueden producir entre 1000 y 1500 frutos a los diez años.

El criterio de madurez que ha prevalecido ha sido el basado en el contenido de grasa en el fruto. La recolección se hace a mano utilizando escalera, se corte el pedúnculo por encima de la inserción con el fruto.

1.8 RIEGO POR GOTEIO

El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de «riego gota a gota», es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas o en época seca, pues permite la utilización óptima de agua y abonos.

El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros).

El sistema de riego por goteo debe tener una capacidad de diseño adecuada para satisfacer el requerimiento hídrico máximo del cultivo a ser regado, dentro del área de diseño. La capacidad debe considerar las pérdidas de agua que pueden ocurrir durante los tiempos de aplicación. Además, este debe tener la capacidad de aplicar una cierta cantidad de agua en el área misma en un determinado período de operación.

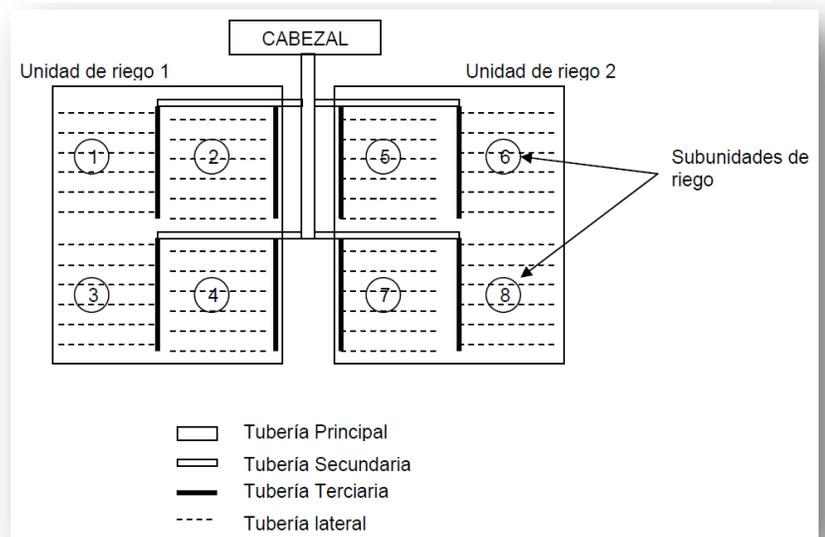
1.8.1 Características del riego por goteo

- Utilización de pequeños caudales a baja presión.
- Localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión (emisores o goteros).
- Al reducir el volumen de suelo mojado, y concentrando la humedad en profundidades menores a las de riego tradicional, es imprescindible el operar con una alta frecuencia de aplicación, a caudales pequeños.

1.8.2 Componentes del sistema de riego por goteo

- Sistema de filtrado
- Mangueras
- Goteros
- Cabezal de riego
- Válvulas
- Red de distribución
- Conectores

Figura # 1: componentes principales de un sistema de riego por goteo



FUENTE: http://www.emv.cl/riego_local.html

1.8.3 Ventajas

Un sistema de riego por goteo bien diseñado puede ayudar a las cosechas de frutas, hortalizas y de otras cosechas en los siguientes aspectos:

- Uso eficiente del agua.
- Reacción de la planta.
- Combate las plagas y enfermedades.
- Corrección de sanidad.
- Combate de malezas.
- Práctica y efectos agronómicos.

- Beneficios económicos.

1.8.4 Desventajas

- El riego por goteo, al igual que los demás métodos de riego, no pueden ajustarse a todas las cosechas, sitios y objetivos específicos.
- Entre los problemas potenciales o limitaciones del sistema se pueden mencionar las siguientes:
 1. Los pequeños goteros se obstruyen fácilmente con partículas de suelo, algas o minerales.
 2. La distribución de humedad en el suelo es limitada. El volumen de humedad depende de la descarga del gotero, distancia entre los goteros y el tipo de suelo.
 3. Se requiere un manejo más cuidadoso que en otros sistemas de riego.
 4. La inversión inicial y los costos anuales pueden ser mayores en comparación con otros métodos.

1.8.5 Lámina de agua disponible

El agua disponible puede ser definida como CC-PMP, la cual se expresa como una profundidad de agua disponible por metro de profundidad de suelo.

1.8.6 Lamina neta de riego

La cantidad de humedad disponible en un suelo, que pueda ser tomada por las plantas para su desarrollo, depende de la densidad efectiva de raíces del cultivo y su profundidad, así como también la habilidad del suelo para almacenar el agua disponible. Las características principales del suelo utilizadas para estimar su capacidad de almacenamiento potencial de agua disponible, incluyen la capacidad de campo (CC), el punto de marchites permanente (PMP) y el agua disponible (AD).

1.8.7 Lámina bruta

Los sistemas de riego no son 100 % eficientes, sino que en el manejo del agua ocurren pérdidas inevitables, las cuales varían con el método de riego empleado. Por ello, es necesario aplicar una cantidad de agua superior a la lámina neta, que compense las mermas por las deficiencias del sistema. Esta se llama lámina bruta (Lb).

1.8.8 Nivel de agotamiento permisible (NAP)

Es la fracción del total del agua disponible en el suelo que se permite se consuma antes de volver a regar nuevamente. El valor del porcentaje de agotamiento tiende a bajar en los cultivos de alto valor, a menos que sea necesario someter a las plantas a estrés para tener una producción aceptable.

Los valores de NAP son muy dispares, un valor que se recomienda de forma genérica en programación del riego es el de 0,65, en ausencia de información fiable se recomienda siempre estar en el lado de la seguridad y adoptar el valor de NAP más conservador.

1.8.9 Umbral de riego

Es el porcentaje de la humedad aprovechable que tiene que consumirse antes de regar nuevamente. El umbral más adecuado para determinar el momento de riego depende del cultivo a regar, si el cultivo es una especie muy sensible a la falta de agua, debemos elegir un umbral de riego alto, permitiendo la pérdida de solo un 30% del agua disponible antes de efectuar un nuevo riego.

1.8.10 Porcentaje de superficie mojada

Dado que en riego por goteo se moja solamente una fracción de suelo, hay que prever un mínimo de superficie mojada para que el sistema radicular se desarrolle normalmente. La elección de dicho porcentaje es importante siendo una relación directa entre mayor seguridad de riego en zona radicular y mayor costo de instalación.

1.8.11 Eficiencia de aplicación

Es la relación entre el agua que realmente queda almacenada en la zona de las raíces del cultivo (y por lo tanto puede ser aprovechada por ellas), y el agua total aplicada con el riego al suelo.

1.8.12 Caudal nominal

Es el que suministra el gotero a la presión nominal. Suele estar comprendido entre 2 y 4 (l/h) en hortalizas, aunque puede llegar hasta valores de 16 l/h en otros cultivos.

1.8.13 Presión Nominal

Es la presión para la que se ha diseñado el emisor y que suele ser de 10 m.c.a.

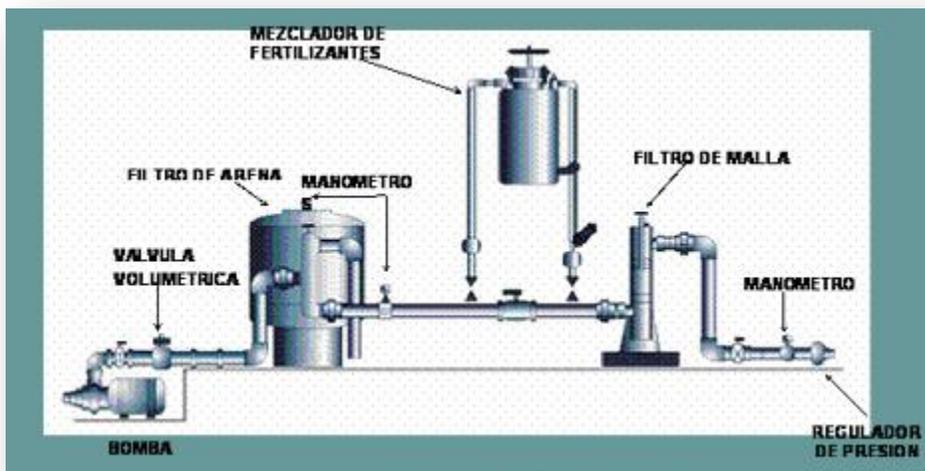
(Metros de columna de agua). En goteros auto-compensantes la presión nominal se sustituye por el rango de presiones de funcionamiento.

1.8.14 Controlador de la unidad de riego

En cada unidad de riego existe un ensamblaje elevado conectado al sistema de conducción de agua. Este consiste típicamente en una válvula de control, un filtro de discos, una válvula de escapes de presión y un regulador de presión, un punto de medición de la presión y una válvula de salida de aire.

El volumen de agua aplicada en cada unidad de riego es controlado por la abertura y cierre de válvulas. Estas pueden ser simples válvulas de puente, válvulas volumétricas semiautomáticas o válvulas automáticas tipo solenoide, conectadas a un controlador central.

Figura # 2: Cabezal de riego para riego por goteo



FUENTE: <http://www.google.com.ni/search?hl=es&site=imghp>

1.8.15 Evaluación de un sistema de riego por goteo

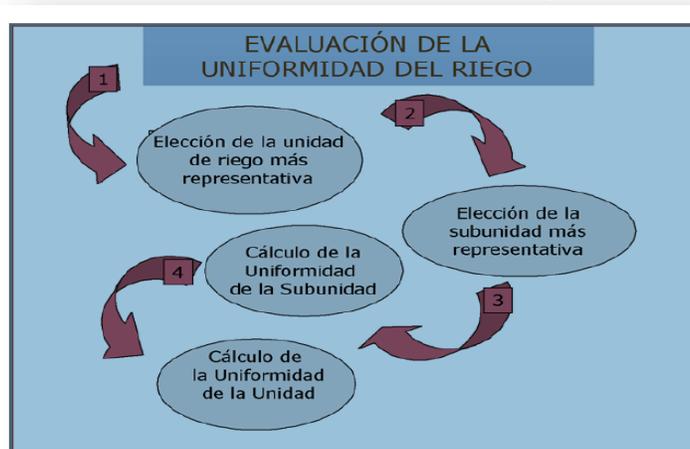
La evaluación de una instalación de riego por goteo, es un procedimiento por el que se puede comprobar su correcto funcionamiento de forma que se pueda cumplir el objetivo primordial del riego, satisfacer las necesidades de agua del cultivo.

1.8.16 Coeficiente de uniformidad de caudales y presiones

Es una medida de la capacidad del sistema de entregar el mismo volumen de agua a través de los emisores y no una medida de que también se distribuye el agua dentro de la zona radicular.

El coeficiente de uniformidad debido a presiones no es necesario para el cálculo de la uniformidad de la instalación. Sin embargo, es conveniente conocerlo para detectar las posibles diferencias de presiones que se puedan producir a lo largo de la red de riego y así poder solucionarlas mediante la instalación, por ejemplo, de un regulador de presiones. En todo caso, esta determinación es imprescindible en la evaluación que debe realizarse a la recepción de la obra para verificar que las dimensiones tanto de la red como de los elementos de regulación son la correcta.

Figura # 3: Secuencia de una evaluación de un riego



FUENTE: Documento de evaluación propiciado por el Dr. Álvaro Aguilar

1.8.17 Frecuencia de riego

Se define como el intervalo que transcurre entre dos riegos consecutivos. La frecuencia óptima es una función del tipo de suelo, la demanda de la atmósfera, el estado de desarrollo del cultivo.

1.9 SUELOS

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal o de construcciones civiles. Antes de establecerse cualquier uso del suelo es necesario conocer sus características. Cuando se quiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones forestales se debe evaluar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo.

1.9.1 Suelo correspondiente a la zona de estudio

La serie Cárdenas, consiste de suelos profundos a moderadamente profundo, moderadamente bien drenados con un suelo superficial delgado de arcilla negra y un subsuelo de gran espesor con color pardo amarillento a pardo amarillento claro.

Los suelos son derivados de toba. Están localizados en las planicies altas moderadamente disectadas en el extremo sur del país, cerca de Cárdenas.

El contenido de materia orgánica es alto en el suelo superficial y moderado en el subsuelo. Los suelos son altos en bases intercambiables y tienen una saturación de bases mayor de 65 por ciento en el subsuelo. Sin embargo, los suelos son muy ácidos siendo los más ácidos en el área del pacífico. El potasio y el fósforo asimilable son bajo.

La serie Cárdenas está en la zona de vida bosque tropical húmedo. El suelo es usado principalmente para pastos y pequeñas áreas de bosques.

1.9.2 Muestreo de suelos

Una muestra del suelo es usualmente empleada para cuantificar y determinar sus características. La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (submuestras) tomadas al azar de un terreno de forma homogéneo. Es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar.

Los análisis de suelos en el laboratorio se hacen siguiendo metodologías bastante detalladas y con técnicas analíticas que persiguen estadios favorables de precisión.

✓ Sistemas de determinación

Se refiere a las tres metodologías de la forma a tomar las muestras:

1. Muestreo al azar:

Requiere contar con un plano de la finca, situarlo en un sistema de coordenadas e ir tomando de modo aleatorio parejas de coordenadas (x, y), que nos determinaran los puntos de toma de muestras.

2. Muestreo sistemático:

Basado en que dos puntos de una misma finca, cuanto más próximos se encuentren entre ellos más parecidos serán. Tomamos el plano de la finca y superponemos una malla de manera que los puntos de intersección sean los puntos de muestreo.

3. Método de las zonas o parcelas homogéneas:

Es el de mayor captación. Es imprescindible que además de tener el plano recorramos toda la finca a fin de distinguir a simple vista las diferentes zonas homogéneas.

1.9.3 Tipos de muestras

Las muestras extraídas del terreno se pueden clasificar según su nivel de complejidad o por el estado de alteración del suelo.

✓ Según el nivel de complejidad

- 1. De mayor complejidad:** La determinación de suelo presenta fines taxonómicos. Es necesario la apertura de calicatas, de la profundidad del suelo o si fuese más profundo 1 m ó 1.20 m, de manera que pueda observarse el perfil del suelo y estudiar sus horizontes.
- 2. Más sencillo:** Se estudian los aspectos nutricionales o alguna otra característica específica. La muestra se toma de la superficie del suelo o de una baja profundidad (40 ó 50 cm).

✓ Según el estado de alteración

- 1. Muestras simples alteradas:** son aquellas en las que el suelo no mantiene ni la forma, ni el volumen que tenía antes de la toma. Se emplean en los análisis generales de suelo.
- 2. Muestras inalteradas:** mantienen la forma y el volumen que tenían en el suelo. Se utiliza para la determinación de propiedades físicas como la Densidad aparente.
- 3. Muestras completas:** se utiliza cuando se cree que la zona es debido a su tamaño muy homogénea, y en lugar de realizar varios análisis se

recogen varias muestras, se mezclan perfectamente y se realiza un único análisis con una parte de esa mezcla.

1.9.4 Propiedades hidrofísicas del suelo

✓ Textura

La textura del suelo está relacionada con el diámetro de las partículas minerales y dependen específicamente a la proporción de arena-limo-arcilla presente en el mismo.

El suelo de textura liviana (arenosa) posee más espacios porosos para aire y agua, pero retienen por menos tiempo la humedad que los suelos de textura pesada (arcilla), que tienen más poros de menor dimensión.

✓ Conductividad eléctrica

Es la capacidad de una sustancia de conducir corriente eléctrica. Esta relaciona con la presencia de iones disueltos en el agua, los cuales son partículas cargadas eléctricamente. Cuanto mayor sea la cantidad de iones disueltos mayor será la conductividad eléctrica del agua.

✓ El ph

Es el logaritmo de la inversa de la concentración de iones de hidrogeno, una solución con pH menor de 7 será ácida, si el pH es superior de 7 recibe el nombre de básica, un pH igual a 7 corresponde a la neutralidad.

La importancia de medir el pH de un suelo radica en la disponibilidad de los nutrientes del suelo por parte de las plantas para absorberlos, ya que muchos nutrientes tienen la máxima solubilidad a pH de 6 – 7 decreciendo por encima y por debajo de tal rango.

El pH del suelo está influenciado por la composición y naturaleza de los cationes intercambiables, la composición, naturaleza y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalinos- térreos.

La medida de la conductividad eléctrica (CE), junto con la de pH, son básicas en el análisis de suelos y aguas, puestos que de ellas se deducen muchas de las características del agua de riego y del suelo de cultivo, tales como las siguientes:

- a) Concentración de sales.
- b) Alcalinidad o acidez (reacción).
- c) Aproximadamente el tipo de sales.

✓ **Densidad aparente (Da)**

Es la relación existente entre el peso por unidad de volumen de suelo secado en un horno expresado en gr/cm^3 . La densidad aparente de un suelo se suele utilizar como medida de la estructura del suelo. Una densidad baja, generalmente, equivale a más porosidad y mayores agregados del suelo. Un suelo de bosque saludable tendrá una densidad baja, lo que corresponde a mayor estabilidad, menos compactación y, probablemente, mayor contenido de humedad que un suelo con una densidad mayor.

✓ **Densidad real (Dr)**

Es la relación que hay entre el peso del suelo y el volumen que este ocupa. Expresado en gr/cm^3 , aquí no se cuenta con el valor de los espacios porosos ocupados por el agua y el aire.

✓ **Capacidad de campo (Cc)**

Cuando el exceso de agua se ha eliminado, principalmente por percolación, se dice que el suelo está a capacidad de campo, o sea que posee una cantidad máxima de almacenamiento de humedad útil para las plantas. En un suelo bien drenado, este nivel se alcanza entre uno y dos días después de una lluvia o riego profundo.

Un suelo a capacidad de campo es la condición de humedad más adecuada para el desarrollo de las plantas. A capacidad de campo, el agua queda retenida en los capilares o espacios que existen entre las partículas del suelo y en esas condiciones es absorbida por las plantas con mayor facilidad. Dicha capacidad es mayor en los suelos arcillosos que en los arenosos.

✓ **Punto de marchites permanente (PMP)**

Es el contenido de humedad en el suelo que las plantas no pueden aprovechar, esto ocurre cuando la velocidad de transpiración sobrepasa la absorción de las plantas, lo cual ocurre en las horas de mayor radiación solar en el día, lo que las lleva a un estado parecido al de marchites, el cual está retenido en el suelo a 15 ATM.

✓ **Porosidad (p)**

La porosidad de los suelos es también conocida como el espacio de los poros del suelo que es ocupado por un volumen total de aire o agua.

1.9.5 Humedad en la zona radicular

Es la zona donde se alojan las raíces de una planta en el suelo. Las funciones principales de la masa radicular son: absorber agua y sales minerales, proporcionar anclaje y almacenar materiales de reserva. Las plantas para poder desarrollarse necesitan de agua y oxígeno, y además de la existencia de espacios porosos adecuados entre las partículas del suelo para que se pueda ir expandiendo el sistema radicular. A su vez, en la zona de mayor concentración radicular se debe asegurar la humedad necesaria requerida por las plantas para su óptimo desarrollo, ya que en esta zona se da la mayor absorción de agua y nutrientes.

1.9.6 El bulbo húmedo

Se llama bulbo húmedo al volumen de suelo humedecido por un emisor de riego localizado. El movimiento del agua en el suelo y el tipo de suelo determina la forma y el tamaño del bulbo húmedo, siendo esto de gran importancia, ya que en él se desarrolla la mayor parte del sistema radical de las plantas.

El agua en el suelo se mueve en todas direcciones, pero en unos casos lo hace con mayor facilidad que en otros, dependiendo de la porosidad del suelo: en los poros grandes el agua circula por su propio peso, desde arriba hacia abajo, mientras que en los poros pequeños el agua circula por capilaridad en todas direcciones.

La forma y tamaño del bulbo húmedo depende de los siguientes factores:

- **La textura del suelo.** En suelos arenosos, con gran cantidad de poros grandes, el agua circula con mayor facilidad hacia abajo, mientras que en suelos arcillosos el agua se extiende con más facilidad hacia los lados. En consecuencia, en suelos arenosos el bulbo tiene forma alargada y en suelos arcillosos tiene forma achatada.

- **El caudal de cada emisor.** Cuando el agua empieza a salir por un emisor se forma un pequeño charco, a la vez que el suelo empieza a absorber agua en toda la superficie del mismo. El tamaño del charco depende del caudal que sale por el emisor: a mayor caudal corresponde una superficie mayor del charco y, por tanto, un bulbo más extendido en sentido horizontal.

Figura # 4: Bulbo húmedo

- **El tiempo de riego.** A medida que aumenta el tiempo de riego (suponiendo un caudal constante en el emisor) el tamaño del bulbo aumenta en profundidad, pero apenas aumenta su extensión en sentido horizontal.



FUENTE:<http://info.elriego.com/portfolios/el-bulbo-humedo-manejo-del-bulbo>

1.9.7 Relación de humedad entre la zona radicular y el bulbo húmedo

La forma del bulbo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que el charco sea mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que en profundidad. Si se aplica la misma cantidad de agua en tres suelos con texturas diferentes, la forma del bulbo variará.

Para que el bulbo moje una determinada superficie de suelo y el agua pueda ser absorbida por las raíces de las plantas adecuadamente, es importante tener en cuenta como se extiende el bulbo horizontalmente.

1.10 CLIMATOLOGÍA CORRESPONDIENTE A LA ZONA

Los datos climatológicos de la zona son obtenidos por la estación Rivas- Rivas de INETER, encontrándose a una elevación de 70 msnm y presenta latitud de 11° 26` 06" N y longitud 85° 50`00" W.

Un parámetro muy importante a tomar en cuenta al momento de realizar un estudio para cualquier cultivo, es el clima; ya que este puede condicionar de manera significativa la programación del riego y el éxito o fracaso de los rendimientos de una producción agrícola. Dentro de los elementos que componen el clima y que tienen incidencia directa sobre el cultivo tenemos: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, evaporación e insolación.

El clima de la zona se caracteriza por presentar una estación lluviosa de seis meses, de mayo a octubre, con un período de baja precipitación en los meses de julio y agosto (canícula) y altas precipitaciones entre septiembre y octubre. El período seco se presenta de noviembre a abril. Las temperaturas medias se comportan altas durante todos los meses del año, presentando una media anual de 28 °C, siendo los meses de mayor temperatura marzo, abril y mayo, y los de menor temperatura en noviembre y diciembre. Es decir, que la precipitación en esta zona oscila entre los 1600 y 2000 mm/año.

1.10.1 Temperatura

La temperatura está directamente relacionada con la intensidad y duración de la radiación solar, y tiende a fijar los límites extremos de crecimiento de la planta, juega un papel importante en el desarrollo y crecimiento de un cultivo.

1.10.2 Vientos

La evaporación de la superficie de agua y en el suelo ocurre más rápidamente cuando hay aire seco y caliente en movimiento, más que cuando existen

condiciones de calma. Vientos secos y calientes que soplen durante el periodo de crecimiento, afectarán grandemente la cantidad de agua consumida.

La fragmentación severa ocasionada por los vientos mayores de 5.5 m/s, puede reducir las cosechas por debilitamiento de la planta. Vientos mayores de 8.3 m/s ocasionan pérdidas de fruto por doblamiento desraizamiento de las plantas.

1.10.3 Radiación solar

El efecto de la radiación solar entre la actividad de la planta es un proceso botánico conocido como fotosíntesis. Todos los procesos de la planta, incluyendo la circulación del agua a través de las raíces, tallos y hojas, son acelerados por un incremento de la radiación solar.

1.10.4 Precipitación

La precipitación o la lluvia es el elemento más importante para la agricultura debido a que es una de las fuentes que provee a los suelos la humedad necesaria para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos.

1.10.5 Proceso de Evapotranspiración

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

1.10.6 Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

1.10.7 Transpiración

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales.

1.10.8 Evapotranspiración

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo.

La evapotranspiración de un cultivo o la pérdida combinada resultante de los procesos de evaporación del agua del suelo y la transpiración de las plantas, tiene especial importancia, ya que es la base de cálculo de los principales parámetros del régimen de riego de un cultivo o de un grupo de cultivos.

1.10.9 Unidad de medida

La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, 10 días, mes o incluso un completo período de cultivo o un año. Como una hectárea tiene una superficie de 10,000 m² y 1 milímetro es igual a 0,001 m, una pérdida de 1 mm de agua corresponde a una pérdida de 10 m³ de agua por hectárea. Es decir 1 mm día⁻¹ es equivalente 10 m³ ha⁻¹ día⁻¹.

CAPITULO II

METODOLOGIA A UTILIZAR

2.1 LOCALIZACIÓN

2.1.1 Macro localización

El municipio de Cárdenas se encuentra localizado en el Departamento de Rivas, dicha cabecera se encuentra ubicada a 162 km de la ciudad de Managua, cuenta con una extensión territorial de 227km². Se ubica entre los 11° 12' de longitud norte y 83° 31' de longitud oeste y una altitud media de 41msnm.

Este municipio limita al norte con el Lago Cocibolca, al sur con la República de Costa Rica, al este con el municipio de San Carlos y al oeste con los municipios de Rivas y San Juan del Sur.

Figura # 5: Ubicación del municipio de Cárdenas



FUENTE: <http://www.google.com.ni/search?q=ubicacion+del+municipio+de+cardenas>

2.1.2 Micro localización

El proyecto en estudio está ubicado en La finca Bello Amanecer a 2.8 km de la comunidad Las Mercedes, municipio de Cárdenas, departamento de Rivas, al costado oeste del camino hacia la comunidad La Libertad en la república de Costa Rica.

Figura # 6: Imagen satelital de la ubicación del proyecto



FUENTE: Google Earth

2.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.2.1 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

A partir del principio matemático de la triangulación. El sistema GPS de posicionamiento global dispone de 24 satélites en órbita alrededor de la Tierra. Los satélites circulan 2 veces al día alrededor del planeta y cada uno envía continuamente una señal que indica su posición en el espacio y el momento preciso en el que se envía la señal. El GPS necesita al menos 3 satélites para completar el proceso de triangulación y calcular una posición 2D (latitud, longitud). Con 4 ó más satélites registrados, se puede determinar posiciones en 3D (latitud, longitud y elevaciones).

Debido a sus numerosas ventajas en materia de precisión, rapidez, polivalencia y productividad, el sistema GPS se está empleando cada vez más en topografía. No obstante, debe tenerse en cuenta que las técnicas empleadas son muy diferentes a los de métodos clásicos. Por otra parte la precisión con la que se cuenta varía en dependencia con el modelo y las condiciones climáticas a la hora de hacer el levantamiento.

2.2.2 Procedimiento realizado en Campo

Para el levantamiento topográfico se utiliza un GPS marca GARMIN GPS map 60CSx, tecnología de rápido procesamiento de datos, no requiere de más de una persona para su manejo ya que es fácil y rápido de usar.

Levantamiento de los puntos:

1. una vez ubicados en el primer punto a guardar, para determinar el área de las parcelas cultivadas, encender el GPS, esperando unos minutos que se requiere para recolectar información de los satélites y su ubicación actual.
2. Ubicados en la página donde está el mapa, y en la cual se guardan los puntos y rutas, se procede a guardar el primer punto dando el nombre y el símbolo a utilizar.
3. Luego recorrer cada una de las parcelas y se guardan los diferentes puntos.
4. Hacer el levantamiento desde la fuente hasta el cabezal de riego con el fin de medir la distancia.

2.2.3 Procedimiento para subir los puntos a Map Source

Cuando se han levantado todos los puntos en campo, es necesario subirlos al software Map Source, para su debido procesamiento.

1. Conectar el GPS a la computadora a través del cable USB y se enciende
2. Abrir Map Source y se da click al icono "*Recibir de Dispositivo*".
3. Si el GPS no aparece automáticamente, se selecciona la opción "*Buscar Dispositivo*". Cuando aparezca el nombre del GPS se pulsa "*Recibir*".
4. Una vez que los datos se suben en el software, son guardados con la extensión DXF, y en coordenadas UTM, esto permite trabajar en cualquier versión de AutoCad.

2.3 PROPIEDADES HIDROFISICAS

2.3.1 Textura Método de laboratorio (Método del Hidrómetro de Bouyoucos)

✓ Materiales

1. Hidrómetro estándar, ASTM No. 152 H, con escala Bouyoucos g/L.
2. Agitador eléctrico para dispersión (tipo licuadora, con motor de 10,000 rpm).
3. Agitador de plástico para probetas de 1 L (Embolo agitador).
4. Probetas de 1 L de 36 cm \pm 2.
5. Botellas de plástico con tapa para agitación mecánica.
6. Agitador de motor para dispersión.
7. Horno para secar suelo a 105° C.
8. Balanza electrónica, \pm 0.5 gr de sensibilidad.
9. Cocina eléctrica o baño maría.

✓ Reactivos

1. Alcohol etílico.
2. Solución de hexametáfosfato de sodio (HMF) 50g/L.
3. Peróxido de hidrogeno, H₂O₂ al 30%.

✓ Procedimiento

a) Calibración del hidrómetro:

1. Adicionar 50 ml de la solución hexametáfosfato de sodio HMF a una probeta y aforar en un 1 L, en un cuarto de temperatura controlada.
2. Mezclar vigorosamente con el agitador de plástico y se toma la temperatura.

3. Introducir el hidrómetro en la solución y determinar el RL leyendo la parte superior del menisco en la escala del hidrómetro. Periódicamente, se chequea el RL durante el análisis de textura.

b) Dispersión del suelo:

1. Se pesa 50.0 gr de suelo seco al aire y se coloca en una botella resistente al calor (105° C) de 500 ml calibrada a 250 ml.
2. Se agrega 125 ml de agua destilada, 50 ml de solución de HMF permite que la muestra se remoje toda la noche.
3. Se transfiere la muestra tratada con el dispersante al vaso del agitador eléctrico (tipo licuadora) durante 5 min.
4. Posteriormente se transfiere la suspensión a una probeta de 1 L. se agregan los lavados de agua y se adiciona agua destilada hasta completar a la marca.

c) Lecturas con el hidrómetro:

1. Se da tiempo para que la suspensión se equilibrara y después se toma nota de la temperatura.
2. Se introduce el agitador manual a la probeta (Embolo agitador), y se mezcla la suspensión vigorosamente pero con precaución, sujetando la probeta de la parte baja para prevenir que se caiga. Asegurar de que se muevan las arenas de la parte inferior de la probeta, y agitar durante 1 min.
3. Adicionar unas gotas de alcohol amílico si la superficie de la suspensión está cubierta con espuma.
4. Tan pronto se termine de agitar, se introduce el hidrómetro en la suspensión y se toma una lectura después de 40 segundos y otra, después de 5 horas. Se saca el hidrómetro, se enjuaga y seca.

5. Se anota las lecturas (*R*) cada vez que se anotan. Se toma una lectura del hidrómetro en la solución en blanco (no contiene suelo), y anotar la lectura como *RL*, además de la temperatura de la solución.

2.3.2 Determinación de PH del suelo

✓ Materiales

1. pH-metro equipado con electrodo de vidrio (indicador de referencia).
2. Agitador de agitación recíproca.
3. Frascos de polietileno de 250 ml.

✓ Reactivos

1. Solución de KCl 1 M. Disolver 74.5 g de KCl en agua y aforar a la marca de 1ltr.
2. Soluciones buffer, pH 4.00, 7.00 y 9.00.
3. Agua destilada.

✓ Procedimiento

1. se pesa 10 g de suelo seco al aire en frasco de boca ancha. Incluir una muestra control.
2. se agrega 25 ml de líquido (Agua o solución de KCl 1 M) y tapar el frasco
3. se agita por 2 horas.
4. Antes de abrir el frasco para la medición, se agita con la mano una o dos veces.
5. se Introduce el electrodo en la parte de arriba de la suspensión.
6. se toma la lectura de pH cuando la lectura se estabilice (con exactitud de 0.1 unidad).

2.3.3 Determinación de la conductividad eléctrica del suelo

✓ Materiales

1. Frascos de polietileno de 250 ml, de boca ancha con tapón.
2. Conductivímetro de laboratorio.
3. Papel secante o toalla.
4. Papel filtro N° 8.
5. Beaker de 100 o 200 ml.
6. Pipeta de 500 ml.
7. Balanza analítica.
8. Termómetro.

✓ Reactivos

1. Agua destilada.
2. Solución de cloruro de potasio, 0.01 M con conductividad de 1.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o tampones técnicos.

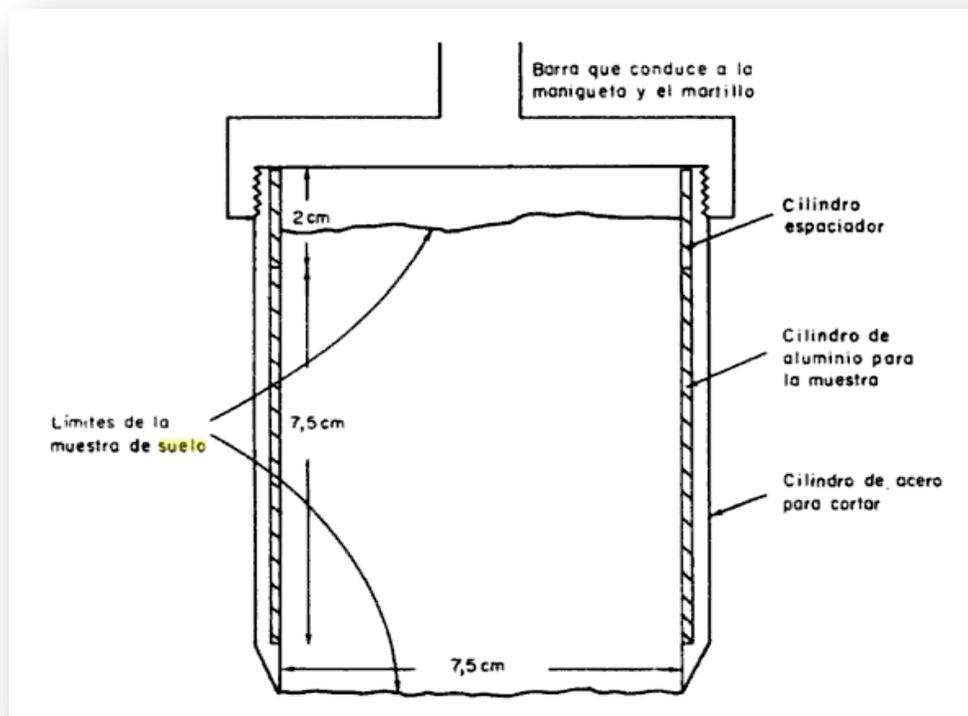
✓ Procedimiento

1. Iniciar el equipo en la función CE.
2. Calibrar el equipo haciendo uso de los tampones técnicos.
3. Introducir el electrodo en la solución, los electrodos deben ser sumergidos y la cámara del electrodo debe estar libre de aire atrapado.
4. Conectar la celda de conductividad a la terminal del equipo.
5. Se introduce el electrodo en los tampones técnicos, se puede usar dos (147 μS y 12.8mS) o tres (147 μS , 1413 μS y 12.8 mS) puntos de referencia.
6. La conductividad puede ser determinada multiplicando el valor de la conducción de la conductancia por el valor de la constante K de la celda. Las unidades son $\mu\text{S}/\text{cm}$, mS/cm o mmhos/cm.

2.3.4 Densidad aparente (Método del Cilíndro)

Es el método generalmente más empleado, consta de un cilindro de metal con paredes delgadas y rígidas, con bordes biselados hacia el exterior, insertar está en cada una de las parcelas cultivadas a estudiar, se extraen tres muestras representativas de suelo de volumen conocido, y se anota el peso de la muestra húmeda, esta muestra se lleva al laboratorio de edafología, se seca en un horno a 105 °C, y después calcular el peso seco de cada una de las muestras, promediando las tres para luego determinar la densidad aparente. **(Ver anexo I, tabla 15)**

Figura # 7: Esquema de la Cabeza del equipo utilizado tipo Uhland para sacar muestras de Volumen Conocido



FUENTE: Riego y Drenaje 1998.

2.3.5 Densidad real (Método del Picnómetro)

✓ Procedimiento

1. Hervir agua destilada durante 30 min y dejar enfriar, luego hacer la pesada PP es decir, el peso del picnómetro, éste se llena completamente con agua destilada hervida y se enrasa con el tapón de cristal, después se seca por fuera. Luego hacer la pesada 1, ($P1 = PA + PP$) peso del agua que ocupa todo el picnómetro (PA), más el peso del picnómetro (PP). Tomar la temperatura (T1) del agua y se busca la densidad (d1) en tabla. Después se vaciar el picnómetro y se pone a secar en una estufa y cuando está seco, se deja enfriar.
2. De la muestra de suelo secada en horno a 105 °C durante 8 horas, se toma una porción pequeña echándola en el picnómetro para realizar la pesada 2 ($P2 = PS + PP$). Peso del suelo seco más el peso del picnómetro. Posterior a eso se añade agua destilada hervida, la cual satura toda la muestra quedando una lámina delgada cubriendo la superficie.
3. Se introduce el picnómetro en la cámara de cristal haciendo el vacío durante 45 min, para eliminar el aire del interior del suelo (picnómetro sin tapón). Luego se enrasa el picnómetro con agua destilada hervida (poniendo el tapón) secando por fuera. Por último se hace la pesada 3 ($P3 = PA + PS + PP$), que no es más que, el peso del conjunto de la parte (agua, suelo seco y picnómetro). Tomando la temperatura T3 para buscar la densidad (d3) del agua en tabla. **(Ver anexo I, tabla16)**

2.3.6 Porosidad (%)

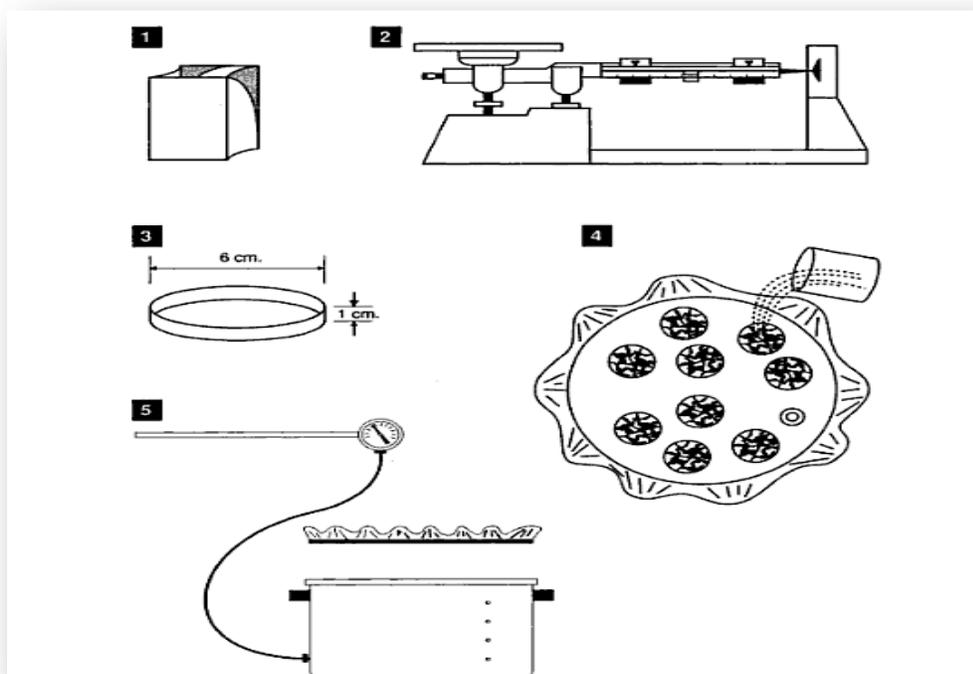
Para determinar la porosidad se hace uso de la formula empírica, una vez que se encontró la densidad real (D_r) y densidad aparente (D_a).

2.3.7 Capacidad de campo (Prensa de Richard)

✓ Procedimiento

1. Primeramente se sumerge el plato de cerámica en agua destilada por 12 horas o más antes del uso. Posterior a eso se pone el plato de cerámica mojado dentro de la prensa de Richard.
2. Después se colocan los anillos retenedores y se agrega agua quedando el nivel menor que la altura de los anillos retenedores.
3. Luego se proceda a agregar en los anillos retenedores 10gr de suelo seco al aire incluyendo una muestra control de calidad en cada plato, se continua agregando agua hasta que todas las muestras queden saturadas por capilaridad.
4. Ya saturadas las muestras se tapan con plástico para reducir la evaporación, se cierra el extractor, y deja así durante la noche.
5. Luego con la bomba de vacío se remueve el exceso de agua, se amarra el extractor y se atornilla.
6. Después se incrementa la presión del aire 1.5 bar (150kpa) cada 15 minutos hasta alcanzar 15 bares (1500 kpa).
7. Una vez que las muestras alcanzan el equilibrio, es decir, que el agua dejó de salir por los orificios del extractor, este se abre rápidamente para transferirlas a los pesa filtros, tapándolos, para después pesar y anotar el peso (P_{sh+t}).
8. Y por último se destapa la pesa filtros, se colocan en el horno y se secan a 105°C hasta que los pesos sean constantes. Sacar las muestras del horno, colocar las tapaderas de los pesa filtros, enfriar a temperatura ambiente y pesar (P_{ss+t}). Registrar el peso de los pesa filtros con sus tapas (P_t).

Figura # 8: Esquema del Equipo usado en el Método de la Olla de Presión



FUENTE: Riego y Drenaje. 1998

Dónde:

1. Latas de metal con su tapa para pesar.
2. Balanza electrónica, ± 0.01 gr de sensibilidad.
3. Anillos retenedores. (10 mm de alto y 50 mm de diámetro).
4. Plato de Cerámica.
5. Fuente de presión, regulador y medidor de presión y Horno, ± 105 °C.

2.3.8 Punto de Marchitez Permanente (Determinación por Formula)

El método utilizado en el presente estudio es por un método casi no utilizado para determinar el Punto de Marchitez Permanente el cual consiste en la determinación por formula, debido a la falta de condiciones de los equipamiento en los diferentes laboratorios del país que ofrecen este análisis. El PMP se puede calcular mediante

el uso de formula empírica muy sencilla, la cual se deriva de conocer el valor de la capacidad de campo (CC).

2.4 ANÁLISIS DE AGUA

✓ Procedimiento

1. Se recolecta una muestra de agua de la fuente para el riego.
2. se traslada al laboratorio.
3. posteriormente se determina PH y conductividad eléctrica (CE) en el laboratorio.

2.5 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS

2.5.1 Evapotranspiración

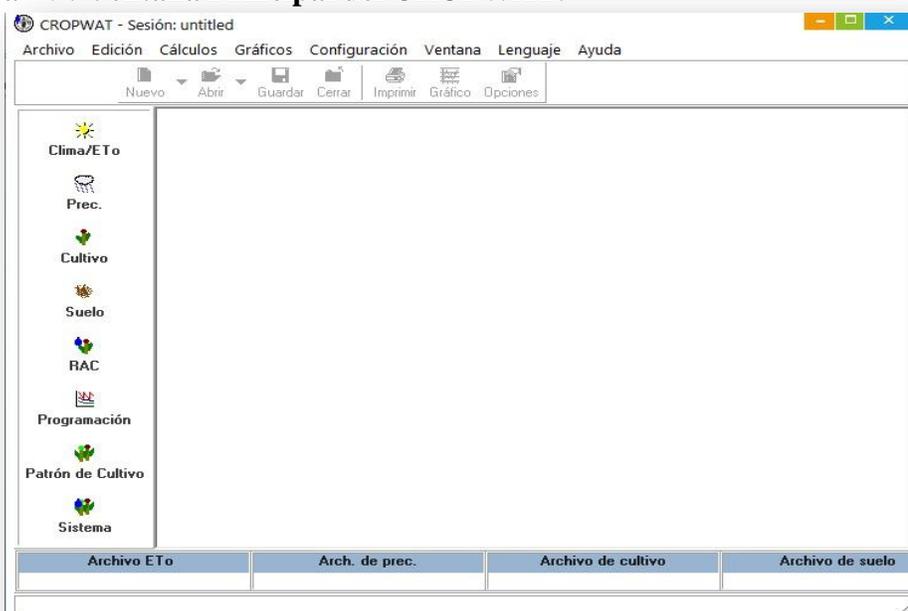
Para determinar la Eto mediante datos meteorológicos se hace uso del software CROPWAT 8.0 de la FAO desarrollado para calcular la programación de riego, el cual se basa en la ecuación de FAO PENMAN-MONTEITH.

El método FAO PENMAN-MONTEITH es el más recomendado por la FAO (Food and Agriculture organization of the United National) para la determinación de la evapotranspiración de referencia.

2.5.2 Ingreso de Datos a CROPWAT

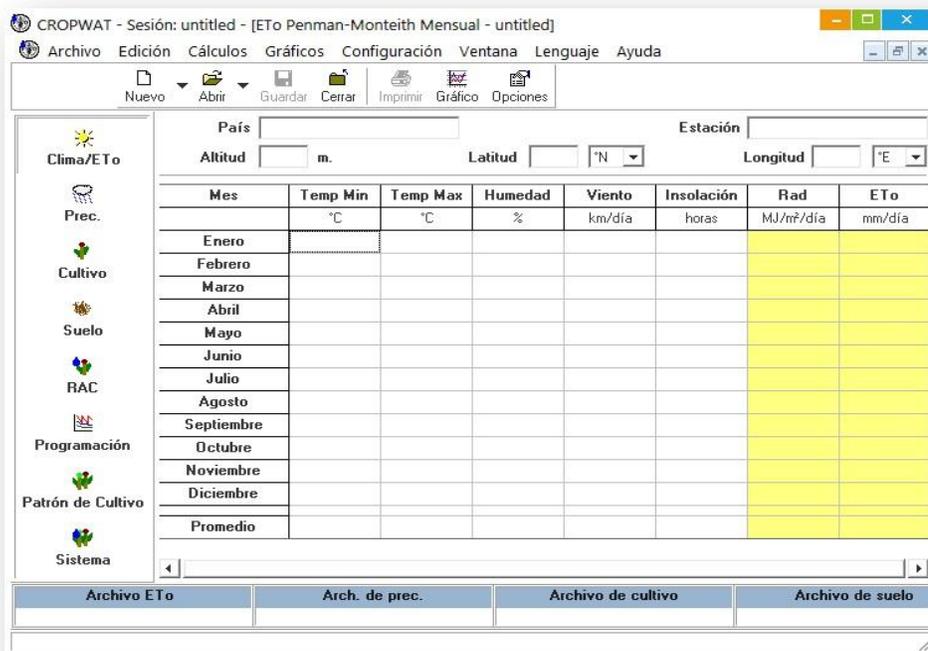
Seleccionar el módulo Clima/ETo en la Barra de Módulos. Abrir una ventana de datos a la derecha para el actual tipo de datos por defecto para Clima/ETo.

Figura # 9: Ventana Principal del CROWPAT.



FUENTE: Propia. Programa CROWAT 8.0.

Figura # 10: Ventana de la hoja de cálculo



FUENTE: Propia. Programa CROWAT 8.0.

En módulo de Clima/ETo es primario para la introducción de datos y requiere información sobre la estación meteorológica (país, nombre, altitud, latitud y

longitud), junto con los datos climáticos, que pueden ser ingresados en base mensual, diaria. En relación a los parámetros climáticos, CROWAT requiere Temperatura mínima y máxima, Humedad, Velocidad del Viento e Insolación.

2.6 EVALUACION HIDRAULICA

2.6.1 Uniformidad de caudales

Para el cálculo del coeficiente de uniformidad de caudales, se elige un número determinado de emisores distribuidos uniformemente dentro de la subunidad o válvula de riego representativa del conjunto de la instalación. Se seleccionan 16 emisores para determinar este coeficiente de uniformidad. Para ello se eligen los laterales más cercano y más lejano de la toma de la tubería terciaria y los dos intermedios. En cada lateral se seleccionan 4 emisores siguiendo el mismo criterio, es decir, el más cercano y el más lejano de la toma lateral y los dos intermedios.

✓ Materiales

1. Cronometro.
2. Probeta graduada de 10 ml.
3. Libreta.
4. Lápiz.

✓ Procedimiento para la determinación coeficiente de uniformidad de caudales

1. Se elige el área de Evaluación.
2. Se seleccionan los laterales al inicio, 1/3, 2/3 y final de la subunidad de riego.

3. se identifican los emisores en los laterales seleccionados, para realizar la medición de los caudales.
4. Una vez identificados los emisores, con la probeta graduada se mide el volumen de agua suministrado por los emisores que se hayan seleccionado en un tiempo determinado, entre 3 – 5 minutos para cada emisor.
5. Anotar en una hoja de campo cada una de las lecturas de los emisores evaluados.
6. conocido el caudal en cada uno de los emisores seleccionados, se calcula el coeficiente de uniformidad de caudales siguiendo los pasos que se indican a continuación:
 - a) Se calcula la media de los caudales de los emisores que representan la cuarta parte de más bajo caudal ($q_{25\%}$). En caso de seleccionar 16 emisores calculamos la media de los 4 de menor caudal.
 - b) seguidamente se calcula la media de los caudales medios en todos los emisores (q_n).
7. conocida la media de los caudales de los emisores que representan la cuarta parte de más bajo caudal y la media de todos los caudales medios ($q_{25\%}$ y q_n), se calcula el coeficiente de uniformidad de caudal.

2.6.2 Uniformidad de presiones

Para concluir el estudio de la subunidad, se calcula el coeficiente de uniformidad de presiones (CUP), logrando determinar la homogeneidad de la subunidad de riego. Para determinar este coeficiente, se mide la presión al final de cada uno de los laterales.

✓ Materiales

1. Cronometro.
2. Probeta graduada de 10 m.l
3. Manómetro de glicerina con tubo de pitot.

4. Libreta.
5. Lápiz.

✓ procedimiento para la determinación del coeficiente de uniformidad de presiones

1. Al final de cada lateral, se coloca el manómetro introduciendo el tubo de pitot al interior de la cinta.
2. se anota en la hoja de campo la lectura del manómetro en PSI, en cada uno de los laterales seleccionados.
3. el coeficiente de descarga se elige por medio de tabla.
4. conocida la presión en cada uno de los laterales seleccionados, se calcula el coeficiente de uniformidad de presiones siguiendo los pasos que se indican a continuación:
 - a) Se calcula la media de las presiones de los laterales que representan la cuarta parte de más baja presión ($p_{25\%}$).
 - b) posteriormente se calcula la media de las presiones medidas en todos los laterales (p_n).
 - c) conocida la media de las presiones de los laterales que representan la cuarta parte de más baja presión y la media de todas las presiones ($p_{25\%}$ y p_n), se calcula el coeficiente de uniformidad debido a presiones.

2.7 EVALUACION AGRONOMICA

2.7.1 Necesidades de agua del cultivo

En lo que respecta a la demanda bruta del cultivo o requerimiento de agua por planta, se determina con la evapotranspiración del cultivo de referencia, al igual que el caudal aplicado por cultivo, intensidad de aplicación y tiempo de riego. Con todos estos datos calculados se hace un análisis y comparación con los datos de diseño.

2.7.2 Láminas de riego del suelo

Un paso previo a la determinación de frecuencia de riego es conocer la capacidad de retención de agua que tienen los suelos (Humedad Aprovechable) de los diferentes sectores de riego. La capacidad de retención de agua o Humedad Aprovechable que presentan los suelos corresponde al agua que las plantas pueden extraer del suelo, antes de volver a regar o el agua retenida en el suelo entre Capacidad de Campo (CC) y Porcentaje de Marchites Permanente (PMP) y depende de la textura del suelo, su estructura, profundidad efectiva, y otras limitantes.

A través de la determinación de las propiedades hidrofísicas del suelo se calcula la lámina de agua disponible, laminas netas y brutas del suelo estudiado, obteniéndose con dichos datos y otros, el cálculo del caudal necesario real para toda el área cultivada, el cual fue comparado con el caudal del que se dispone de la fuente de la finca.

2.7.3 El bulbo húmedo y porcentaje de raíces

El comportamiento y forma del bulbo húmedo se determina a través de la clase textural del suelo, y en cuanto al porcentaje de raíces, se hace de acuerdo a una excavación cerca de la planta tomándose 50 cm de profundidad para determinar donde se encuentra la mayor concentración radicular.

2.8 EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

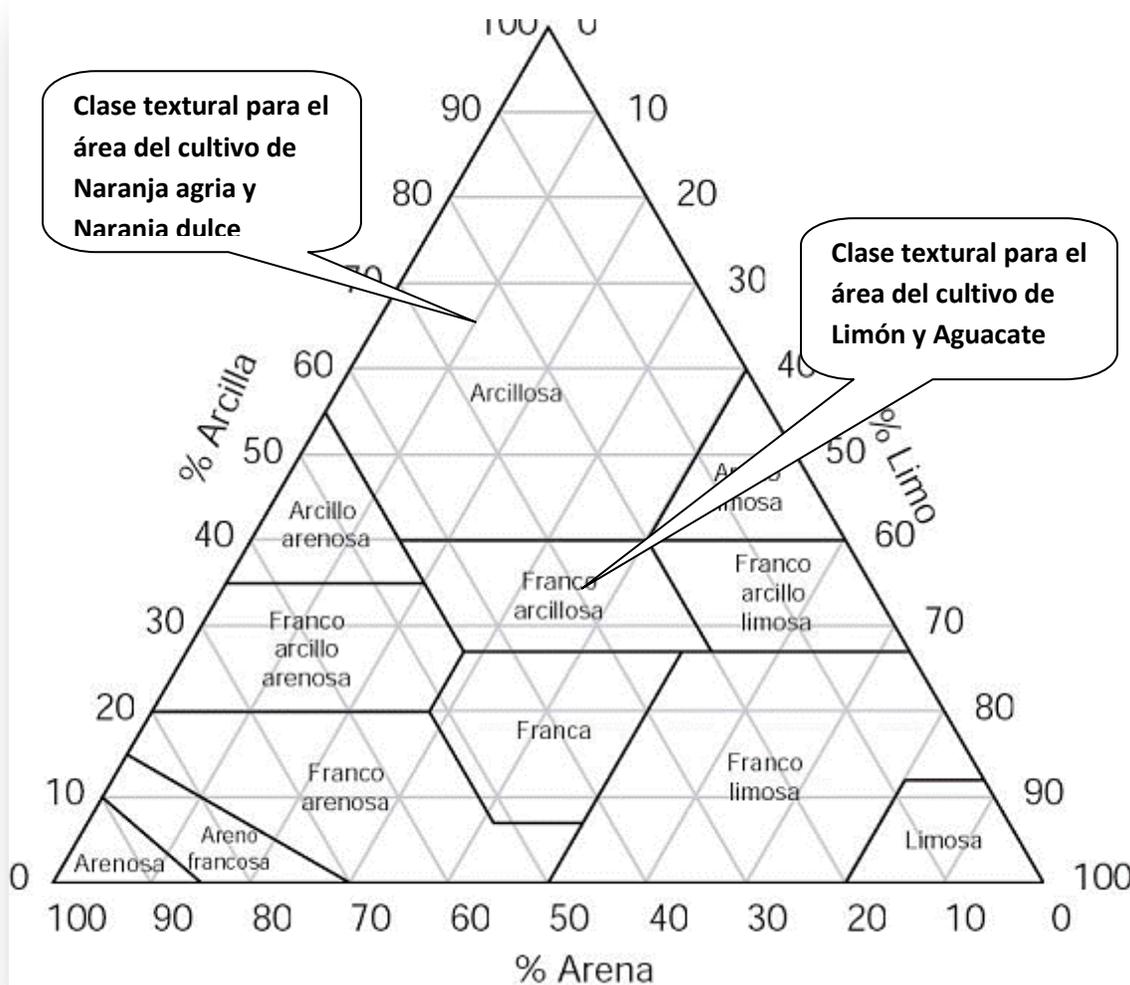
Se hace un recorrido en todo el sistema instalado para hacer una inspección ocular de las cintas de riego y válvulas para determinar el estado físico en el que se encuentran estos.

CAPITULO III
CALCULOS, RESULTADOS Y
ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Determinación de la textura de los suelos

Una vez encontrados en el laboratorio de edafología de la UNI, los porcentajes de las partículas de suelo para cada área cultivada, se logró determinar la clase textural para cada suelo, intersectando los porcentajes presentados en la tabla 1, respectivamente en el triángulo de textura.

Figura # 11. Ubicación de la clase textural según clasificación del USDA



FUENTE: Documento de propiedades físicas de los suelos

Tablas # 1: Resultados Obtenidos de Textura

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto/Municipio: Rivas, Cárdenas

Fecha de ingreso: 21/04/2013

Fecha de análisis: 08/05/2013

Cultivos	Profundidad (cm)	Código	Partículas			Clase textural
			%Arcilla	%Limo	%Arena	
Aguacate	0 – 30	B-1	40	31	29	Franco arcilloso
Limón	0 – 30	B-2	39	29	32	Franco arcilloso
Naranja Dulce	0 – 30	B-3	42	27	31	Arcilloso
Naranja Agria	0 – 30	B-4	44	30	26	Arcilloso

FUENTE: Propia

3.1.1 Análisis de los resultados de Textura

Para los análisis de textura de los suelos de la finca bello amanecer en las diferentes áreas cultivadas, mostradas en la tabla 1, se extrajeron muestras de 0 cm- 30 cm que nos reflejan porcentajes predominantes de arcilla y porcentajes similares de limo y arena, se realizó la clasificación de acuerdo al triangulo textura dando como resultado una clase textural clasificadas como Franco Arcilloso para el área cultivada con Aguacate y Limón, mientras para los suelos del área cultivada con Naranja dulce y Naranja agria una textura arcilloso, teniendo estos suelos una mayor capacidad de retención de nutrientes.

3.2 CÁLCULOS DE DENSIDAD APARENTE

Dónde:

Da: Densidad aparente (gr/cm³)

Pss: peso del suelo seco (gr)

V. Cilindro: volumen del cilindro (cm³)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Da = \frac{146.7 \text{ gr}}{121.92 \text{ cm}^3} = \mathbf{1.21 \text{ gr/cm}^3}$$

2. Cultivo de Naranja dulce

$$Da = \frac{149.6 \text{ gr}}{121.92 \text{ cm}^3} = \mathbf{1.23 \text{ gr/cm}^3}$$

3. Cultivo de Limón

$$Da = \frac{151.8 \text{ gr}}{121.92 \text{ cm}^3} = \mathbf{1.25 \text{ gr/cm}^3}$$

4. Cultivo de aguacate

$$Da = \frac{147.2 \text{ gr}}{121.92 \text{ cm}^3} = \mathbf{1.21 \text{ gr/cm}^3}$$

Tabla # 2: Resultados Obtenidos de Densidad aparente

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Fecha de ingreso: 21/04/2013

Fecha de análisis: 13/05/2013

Cultivos	Profundidad(cm)	Da(gr/cm ³)
Naranja Agria	0 – 30	1.21
Limón	0 – 30	1.25
Naranja Dulce	0 – 30	1.23
Aguacate	0 – 30	1.21

FUENTE: Propia

3.2.1 Análisis de los resultados de Densidad aparente

El resultado de la densidad aparente a través del Método del Cilindro mostrado en la tabla 2, para las diferentes áreas cultivadas se les extrajeron muestras a una profundidad de 0 cm a 30 cm, indicando valores de densidades evaluados como bajos a medios, comprendidos entre los rangos de **1.21 gr/cm³ – 1.25 gr/cm³**. Esto permite un limitado desarrollo radicular para los cultivos. (*Ver anexo II. Tabla # 21*)

3.3 CÁLCULOS DE DENSIDAD REAL

$$Dr = \frac{d_1 * d_3 * p_s}{d_3 * p_1 - p_p - d_1 * (p_3 - p_s - p_p)}$$

Dónde:

Dr: Densidad real (gr/cm³)

p_p: peso del picnómetro (gr)

p₁: peso del picnómetro, más agua (gr)

p₂: peso del picnómetro, más suelo (gr)

p₃: peso del picnómetro, más suelo, más agua (gr)

p_s: peso del suelo (gr)

d₁, d₂ y d₃: densidad de agua (gr/cm³)

1. cultivo de Naranja agria

$$Dr = \frac{0.995 \text{ gr/cm}^3 * 0.995 \text{ gr/cm}^3 * 22 \text{ gr}}{0.995 \text{ gr/cm}^3 * 360 \text{ gr} - 111.1 \text{ gr} - 0.995 \text{ gr/cm}^3 * (372.4\text{gr} - 22 \text{ gr}) - 111.1. \text{gr}}$$

$$Dr = 2.13 \text{ gr/cm}^3$$

2. Cultivo de Naranja dulce

$$Dr = \frac{0.995 \text{ gr/cm}^3 * 0.995 \text{ gr/cm}^3 * 21.3 \text{ gr}}{0.995 \text{ gr/cm}^3 * 352.4 \text{ gr} - 103.1 \text{ gr} - 0.995 \text{ gr/cm}^3 * (363.8\text{gr} - 21.3 \text{ gr}) - 103.1 \text{ gr}}$$

$$Dr = \mathbf{2.14 \text{ gr/cm}^3}$$

3. Cultivo de Limón

$$Dr = \frac{0.995 \text{ gr/cm}^3 * 0.995 \text{ gr/cm}^3 * 23.1 \text{ gr}}{0.995 \text{ gr/cm}^3 * 362.9 \text{ gr} - 114.8 \text{ gr} - 0.995 \text{ gr/cm}^3 * (377.1\text{gr} - 23.1 \text{ gr}) - 114.8 \text{ gr}}$$

$$Dr = \mathbf{2.58 \text{ gr/cm}^3}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Dr = \frac{0.995 \text{ gr/cm}^3 * 0.995 \text{ gr/cm}^3 * 21.1 \text{ gr}}{0.995 \text{ gr/cm}^3 * 364 \text{ gr} - 114.7 \text{ gr} - 0.995 \text{ gr/cm}^3 * (375.9 \text{ gr} - 21.1 \text{ gr}) - 114.7 \text{ gr}}$$

$$Dr = \mathbf{2.28 \text{ gr/cm}^3}$$

Tabla # 3: Resultados Obtenidos de la Densidad real

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Fecha de ingreso: 21/04/2013

Fecha de análisis: 15/05/2013

Cultivos	Profundidad(cm)	Dr(gr/cm³)
Naranja Agria	0 – 30	2.13
Limón	0 – 30	2.58
Naranja Dulce	0 – 30	2.14
Aguacate	0 – 30	2.28

FUENTE: propia

3.3.1 Análisis de los resultados de Densidad real

Los valores mostrados en la tabla 3 de densidad real para las áreas cultivadas a través del método del picnómetro, se encuentra entre **2.13 gr/cm³ – 2.58 gr/cm³**, evaluados como bajos, indicativo de suelos con alta resistencia al enraizamiento y de mayor compactación, teniendo presencia de minerales pesados y materia orgánica. (**Ver anexo II. Tabla # 22**)

3.4 CÁLCULOS DE POROSIDAD

$$P = 1 - \frac{D_a}{D_r} * 100$$

Dónde:

P: porosidad (%)

Da: densidad aparente (gr/cm₃)

Dr: densidad real (gr/cm₃)

1. cultivo de Naranja agria

$$P = 1 - \frac{1.21}{2.13} * 100 = 43.19 \%$$

2. cultivo de Limón

$$P = 1 - \frac{1.25}{2.58} * 100 = 51.55 \%$$

3. cultivo de Naranja dulce

$$P = 1 - \frac{1.23}{2.14} * 100 = 42.52 \%$$

4. cultivo de Aguacate

$$P = 1 - \frac{1.21}{2.28} * 100 = 46.93 \%$$

Tabla # 4: Resultados Obtenidos de Porosidad

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Fecha de ingreso: 21/04/2013

Fecha de análisis: 15/05/2013

Cultivos	Profundidad (cm)	Da (cm ³)	Dr (cm ³)	Porosidad (%)
Naranja Agria	0 – 30	1.21	2.13	43.19
Limón	0 – 30	1.25	2.58	51.55
Naranja Dulce	0 – 30	1.23	2.14	42.52
Aguacate	0 – 30	1.21	2.28	46.93

FUENTE: propia

3.4.1 Análisis de los resultados de la Porosidad

La porosidad a través de los datos obtenidos de la densidad aparente y la densidad real de las áreas cultivadas en estudio, mostradas en la tabla # 4, arrojan valores entre **42.52% – 51.55%** evaluados como media para toda las áreas cultivadas. Esto provoca obstrucción para la expansión de las raíces, debido a la compactación del suelo característica de la zona en estudio, al igual que hay menos aireación. **(Ver anexo II. Tabla # 23)**

3.5 CÁLCULOS DE CAPACIDAD DE CAMPO

$$Cc = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

Dónde:

Cc: capacidad de campo (%)

Psh: peso del suelo húmedo (gr)

pss: peso del suelo seco (gr)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Cc1 = \frac{25.96 - 18.9}{18.9} * 100 = \mathbf{37.0\%}, \quad Cc2 = \frac{25.2 - 18.5}{18.5} * 100 = \mathbf{36.2\%}$$

$$Cc \text{ promedio} = \mathbf{36.6\%}$$

2. Cultivo de Limón

$$Cc1 = \frac{27.1 - 20.1}{20.1} * 100 = \mathbf{34.8\%}, \quad Cc2 = \frac{26.8 - 20.0}{20.0} * 100 = \mathbf{34.0\%}$$

$$Cc \text{ promedio} = \mathbf{34.4\%}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Cc1 = \frac{23.6 - 17.6}{17.6} * 100 = \mathbf{34.1\%}, \quad Cc2 = \frac{27.0 - 20.1}{20.1} * 100 = \mathbf{34.3\%}$$

$$Cc \text{ promedio} = \mathbf{34.2\%}$$

4. Cultivo Naranja Aguacate

$$Cc1 = \frac{24.5 - 18.3}{18.3} * 100 = 33.9\% , \quad Cc2 = \frac{25.6 - 19.3}{19.3} * 100 = 32.6\%$$

$$Cc \text{ promedio} = 33.3\%$$

Tabla # 5: Resultados Obtenidos de Capacidad de Campo

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Fecha de ingreso: 21/04/2013

Fecha de análisis: 16/05/2013

Cultivos	Profundidad (cm)	Capacidad de Campo (%)
Naranja Agria	0 – 30	36.6
Limón	0 – 30	34.4
Naranja Dulce	0 – 30	34.2
Aguacate	0 – 30	33.3

FUENTE: propia

3.5.1 Análisis de los resultados de Capacidad de Campo

De acuerdo a los resultados en la tabla # 5, La capacidad de campo determinada por el método de la olla de presión para las áreas cultivadas, se encuentra en los rangos de **33.3% – 36.6%**, valores que refleja como Media en toda la finca esto indica que la humedad existente en el suelo no es la suficiente para que los cultivos crezcan y se desarrollen. *(Ver anexo II. Tabla # 24)*

3.6 CÁLCULOS DE PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE

$$\text{PMP} = \frac{\text{Cc}}{1.84}$$

Dónde:

PMP: punto de Marchitez Permanente (%)

Cc: capacidad de campo (%)

1.84: factor

1. cultivo de Naranja agria

$$\text{PMP} = \frac{36.6}{1.84} = \mathbf{19.89\%}$$

2. cultivo de Limón

$$\text{PMP} = \frac{34.4}{1.84} = \mathbf{18.70\%}$$

3. cultivo de Naranja dulce

$$\text{PMP} = \frac{34.2}{1.84} = \mathbf{18.59\%}$$

4. cultivo de Aguacate

$$\text{PMP} = \frac{33.3}{1.84} = \mathbf{18.10\%}$$

Tabla # 6: Resultados Obtenidos de punto de Marchitez Permanente

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Fecha de ingreso: 21/04/2013

Fecha de análisis: 17/05/2013

Cultivos	Profundidad (cm)	PMP (%)
Naranja Agria	0 – 30	19.89
Limón	0 – 30	18.70
Naranja Dulce	0 – 30	18.59
Aguacate	0 – 30	18.10

FUENTE: Propia

3.6.1 Análisis de los resultados del Punto de Marchitez Permanente

El cálculo del punto de marchitez permanente, se realiza en función de la capacidad de campo a través de una fórmula empírica, obteniendo resultados evaluados como Media, en un valor que va desde 18.10% a 19.89% respectivamente como se muestra en la tabla # 6, lo que indica que se encuentra en un rango que se debe tener cuidado en el riego para no provocar daños en los cultivos. **(Ver anexo II, tabla # 25)**

Tabla # 7: Resultados Obtenidos de PH y conductividad eléctrica de agua y suelo

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Fecha de ingreso: 21/04/2013

Fecha de análisis: 08/05/2013

AGUA

Ítem	Código	Identificación	CE (mmhos/cm)	PH
1	01	Finca Bello Amanecer	0.248	6.41

SUELO

Cultivos	Profundidad (cm)	CE (mmhos/cm)	PH
Naranja Agria	0 – 30	8.43E ⁻⁰⁵	5.18
Limón	0 – 30	9.8E ⁻⁰⁵	5.29
Naranja Dulce	0 – 30	5.54E ⁻⁰⁶	5.26
Aguacate	0 – 30	1.43E ⁻⁰⁴	5.27

FUENTE: Laboratorio de edafología UNI

3.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUA Y SUELO

✓ Agua

Para pH en agua se encontró un valor de **6.41**, siendo agua ligeramente acida, el rango adecuado para estos cultivos se encuentra entre **6.4 - 8.4**. (*Ver anexo II, tabla # 26*)

✓ Suelo

Para pH en suelo se encontró un valor promedio de **5.25**, siendo suelo fuertemente ácido, cuando la tolerabilidad de estos cultivos está en rango de **5.5-7**, por lo tanto el PH afecta directa e indirectamente el desarrollo de las raíces y disminuyen la disponibilidad de algunos elementos. (*Ver anexo II, tabla # 26*)

✓ Agua

Para la conductividad eléctrica del Agua se encuentran valores de **0.248 mmhos/cm** lo que indica que está dentro del rango aceptado. (*Ver anexo II, tabla # 18*)

✓ Suelo

Para la conductividad eléctrica del suelo se encuentran valores promedio de **0.0000827 mmhos/cm**, clasificándose como suelo no salino. (*Ver anexo II, tabla # 27*)

Tabla # 8: Resultados Obtenidos de la Evapotranspiración de Referencia Promedio Mensual

Datos generales de la Estación

País : Nicaragua **Estación** : Rivas-Rivas
Elevación : 70 msnm **Latitud** : 11°26' N
Longitud : 85°50' W

Método: Penman – Monteith **Hoja de Cálculo:** CROPWAT versión 8.0 (FAO)

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m ² /día	mm/día
Enero	23.2	30.0	75	2.7	7.7	18.4	4.28
Febrero	23.4	30.8	73	2.8	8.5	20.9	4.88
Marzo	24.0	32.0	71	2.5	8.6	22.3	5.31
Abril	24.9	33.1	70	2.3	8.5	22.6	5.54
Mayo	24.9	32.5	76	1.6	6.3	19.0	4.51
Junio	24.3	31.0	83	1.3	4.9	16.6	3.72
Julio	24.3	31.8	83	1.7	5.1	16.9	3.88
Agosto	24.3	31.3	83	1.5	5.7	18.1	4.02
Septiembre	24.3	31.0	85	1.1	5.5	17.6	3.81
Octubre	23.8	30.5	86	1.1	5.1	16.2	3.45
Noviembre	23.6	30.1	81	1.7	5.7	15.9	3.51
Diciembre	23.7	30.0	78	2.3	6.8	16.7	3.81
Promedio	24.1	31.2	79	1.9	6.5	18.4	4.23

FUENTE: CROPWAT versión 8.0 (FAO)

3.8 ANÁLISIS DE RESULTADO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PROMEDIO MENSUAL

El resultado de la Evapotranspiración de Referencia a través de la plantilla de cálculo CROPWAT v8.0, que utiliza el método de PENMAN – MONTEITH. Para la Evapotranspiración Mensual se puede definir como mes crítico el de Abril con una Eto de **5.54 mm/día** y Noviembre el mes del valor mínimo de la Eto con **3.51 mm/día**, recordando que es el mes donde ocurren las mayores precipitaciones del año. La Eto Mensual tiene un rango entre **3mm – 5 mm por mes**. Teniéndose como valor promedio de 4.23 mm/día por mes.

3.9 CÁLCULOS DE LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{q_n} * 100$$

Dónde:

CUC = Coeficiente de uniformidad de caudales en (%)

$q_{25\%}$ = Cuarta parte de los emisores de menor caudal (l/hr)

q_n = Media de los caudales medidos (l/hr)

1. Cultivo de Naranja agria

Válvula # 1

Tiempo= 3min.≈ 0.05 hr

$q_n = 0.86$ l/hr

$q_{25\%} = 0.46$ l/hr

$$CUC = \frac{0.46 \text{ l/hr}}{0.86 \text{ l/hr}} * 100 = 53.49 \%$$

Válvula # 2

Tiempo= 3min.≈ 0.05 hr

$q_n = 0.63$ l/hr

$q_{25\%} = 0.36$ l/hr

$$CUC = \frac{0.36 \text{ l/hr}}{0.63 \text{ l/hr}} * 100 = 57.14 \%$$

Coeficiente de uniformidad de caudal promedio de las válvulas # 1 y # 2

$$CUC_{\text{promedio}} = 55.32 \%$$

2. Cultivo de Limón

Válvula # 3**Tiempo= 3min.≈ 0.05 hr**

$$q_n = 0.59 \text{ l/hr}$$

$$q_{25\%} = 0.26 \text{ l/hr}$$

$$CUC = \frac{0.26 \text{ l/hr}}{0.59 \text{ l/hr}} * 100 = \mathbf{46.43 \%}$$

Válvula # 4**Tiempo= 3min.≈ 0.05 hr**

$$q_n = 0.68 \text{ l/hr}$$

$$q_{25\%} = 0.38 \text{ l/hr}$$

$$CUC = \frac{0.38 \text{ l/hr}}{0.68 \text{ l/hr}} * 100 = \mathbf{55.88 \%}$$

Coeficiente de uniformidad de caudal promedio de las válvulas # 3 y # 4

$$CUC_{\text{promedio}} = \mathbf{51.15 \%}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

Válvula # 5**Tiempo= 5min.≈ 0.08 hr**

$$q_n = 0.42 \text{ l/hr}$$

$$q_{25\%} = 0.23 \text{ l/hr}$$

$$CUC = \frac{0.23 \text{ l/hr}}{0.42 \text{ l/hr}} * 100 = \mathbf{54.76\%}$$

Válvula # 6**Tiempo= 5min.≈ 0.08 hr**

$$q_n = 0.60 \text{ l/hr}$$

$$q_{25\%} = 0.42 \text{ l/hr}$$

$$CUC = \frac{0.42 \text{ l/hr}}{0.60 \text{ l/hr}} * 100 = \mathbf{70.00 \%}$$

Válvula # 7**Tiempo= 5min.≈ 0.08 hr**

$$q_n = 0.43 \text{ l/hr}$$

$$q_{25\%} = 0.17 \text{ l/hr}$$

$$CUC = \frac{0.17 \text{ l/hr}}{0.43 \text{ l/hr}} * 100 = \mathbf{39.53 \%}$$

Coeficiente de uniformidad de caudal promedio de las válvulas # 5, # 6 y # 7

$$CUC_{\text{promedio}} = \mathbf{54.74 \%}$$

4. Cultivo de Aguacate

Válvula # 8**Tiempo= 3min.≈ 0.05 hr**

$$q_n = 0.74 \text{ l/hr}$$

$$q_{25\%} = 0.45 \text{ l/hr}$$

$$CUC = \frac{0.45 \text{ l/hr}}{0.74 \text{ l/hr}} * 100 = \mathbf{60.81 \%}$$

Válvula # 9**Tiempo= 3min.≈ 0.05 hr**

$$q_n = 0.61 \text{ l/hr}$$

$$q_{25\%} = 0.31 \text{ l/hr}$$

$$CUC = \frac{0.31 \text{ l/hr}}{0.61 \text{ l/hr}} * 100 = \mathbf{50.80 \%}$$

Coeficiente de uniformidad de caudal promedio de las válvulas # 8 y # 9

$$CUC_{\text{promedio}} = \mathbf{55.81 \%}$$

Tabla # 9: Resultados Obtenidos de coeficiente de uniformidad de caudales

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Cultivo de Naranja agria

Válvulas	Q _n (l/h)	Q _{25%} (l/h)	Cuc (%)	CucProm (%)
#1	0.86	0.46	53.49	55.32
#2	0.63	0.36	57.14	

Cultivo de Limón

Válvulas	Q _n (l/h)	Q _{25%} (l/h)	Cuc (%)	CucProm (%)
#3	0.59	0.26	46.43	51.15
#4	0.68	0.38	55.88	

Cultivo de Naranja Dulce

Válvulas	Q _n (l/h)	Q _{25%} (l/h)	Cuc (%)	CucProm (%)
#5	0.42	0.23	54.76	54.74
#6	0.60	0.42	70	
#7	0.43	0.17	39.53	

Cultivo de Aguacate

Válvulas	Q _n (l/h)	Q _{25%} (l/h)	Cuc (%)	CucProm (%)
#8	0.74	0.45	60.81	55.81
#9	0.61	0.31	50.8	

FUENTE: Propia.

3.9.1 Análisis de resultado de coeficiente de uniformidad de caudales

El coeficiente de uniformidad de caudales como se muestra en la tabla 9 y en los cálculos presentados anteriormente, se realizó por cada válvula para cada una de las áreas cultivadas, se encuentra un valor de **55.81%** para el cultivo de aguacate, **51.15%** para el cultivo del Limón, **54.74%** para el cultivo de Naranja Dulce y **55.32%** para el cultivo de Naranja Agria, todos estos evaluados como inaceptables, siendo el valor recomendado 90% para que exista un buen funcionamiento del sistema de riego. (*Ver anexo II, tabla # 28*)

3.10 CÁLCULOS DE LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD DE PRESIONES

$$\text{CUP \%} = \frac{P_{25\%}}{P_n}^x * 100 \quad x = 0.5$$

Dónde:

CUP = Coeficiente de uniformidad de presiones en (%)

$P_{25\%}$ = cuarta parte de los laterales de menor presión (psi)

P_n = Presión media en todos los laterales (psi)

x = Coeficiente de descarga (asumido)

1. Cultivo de Naranja agria

Válvula # 1

$p_n = 8.8 \text{ PSI}$

$p_{25\%} = 5.1 \text{ PSI}$

$$\text{CUP} = \frac{5.1 \text{ PSI}}{8.8 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = 76.1 \%$$

Válvula # 2

$$p_n = 6.6 \text{ PSI}$$

$$p_{25\%} = 4.5 \text{ PSI}$$

$$\text{CUP} = \frac{4.5 \text{ PSI}}{6.6 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = \mathbf{82.6 \%}$$

Coeficiente de uniformidad de presión promedio de las válvulas # 1 y # 2

$$\text{CUP}_{\text{promedio}} = \mathbf{79.35 \%}$$

2. Cultivo de Limón

Válvula # 3

$$p_n = 5.5 \text{ PSI}$$

$$p_{25\%} = 4.4 \text{ PSI}$$

$$\text{CUP} = \frac{5.4 \text{ PSI}}{5.5 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = \mathbf{89.4 \%}$$

Válvula # 4

$$p_n = 9.7 \text{ PSI}$$

$$p_{25\%} = 7.4 \text{ PSI}$$

$$\text{CUP} = \frac{7.4 \text{ PSI}}{9.7 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = \mathbf{87.3 \%}$$

Coeficiente de uniformidad de presión promedio de las válvulas # 3 y # 4

$$CUP_{\text{promedio}} = 88.35 \%$$

3. Cultivo de Naranja dulce

Válvula # 5

$$p_n = 4.1 \text{ PSI}$$

$$p_{25\%} = 2.8 \text{ PSI}$$

$$CUP = \frac{2.8 \text{ PSI}}{4.1 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = 82.6 \%$$

Válvula # 6

$$p_n = 5.8 \text{ PSI}$$

$$p_{25\%} = 4.5 \text{ PSI}$$

$$CUP = \frac{4.5 \text{ PSI}}{5.8 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = 88.1 \%$$

Válvula # 7

$$p_n = 5.1 \text{ PSI}$$

$$p_{25\%} = 3.3 \text{ PSI}$$

$$CUP = \frac{3.3 \text{ PSI}}{5.1 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = 80.4 \%$$

Coeficiente de uniformidad de presión promedio de las válvulas # 5, # 6 y # 7

$$CUP_{\text{promedio}} = 83.7\%$$

4. Cultivo de Aguacate

Válvula # 8

$$p_n = 12.8 \text{ PSI}$$

$$p_{25\%} = 11.5 \text{ PSI}$$

$$\text{CUP} = \frac{11.5 \text{ PSI}}{12.8 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = \mathbf{94.8 \%}$$

Válvula # 9

$$p_n = 11.63 \text{ PSI}$$

$$p_{25\%} = 9.63 \text{ PSI}$$

$$\text{CUP} = \frac{9.63 \text{ PSI}}{11.63 \text{ PSI}}^{0.5} * 100 = \mathbf{90.9 \%}$$

Coefficiente de uniformidad de presión promedio de las válvulas # 8 y # 9

$$\text{CUP}_{\text{promedio}} = \mathbf{92.89 \%}$$

Tabla #10: Resultados Obtenidos de coeficiente de uniformidad de presiones

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Cultivo de Naranja agria

Válvulas	P _n (PSI)	P _{25%} (PSI)	Cup (%)	Cup Prom (%)
#1	8.8	5.1	76.1	79.35
#2	6.6	4.5	82.6	

Cultivo de Limón

Válvulas	P _n (PSI)	P _{25%} (PSI)	Cup (%)	Cup Prom (%)
#3	5.5	4.4	89.4	88.35
#4	9.7	7.4	87.3	

Cultivo de Naranja Dulce

Válvulas	P _n (PSI)	P _{25%} (PSI)	Cup (%)	Cup Prom (%)
#5	4.1	2.8	82.6	83.70
#6	5.8	4.5	88.1	
#7	5.1	3.3	80.4	

Cultivo de Aguacate

Válvulas	P _n (PSI)	P _{25%} (PSI)	Cup (%)	Cup Prom (%)
#8	12.8	11.5	94.8	92.89
#9	11.63	9.63	90.97	

FUENTE: Propia

3.10.1 Análisis de los resultados de coeficiente de uniformidad de presiones

Los resultados que se obtienen en la tabla 10 en toda el área cultivada el coeficiente de uniformidad de presiones dan un promedio de **86.07%**, que de acuerdo a los rangos de evaluación es interpretado como Bueno. Pero si analizamos por separado tenemos que en el área cultivada con Aguacate da un coeficiente de uniformidad de presiones **92.82 %**, calificado como excelente, en el caso del área cultivada de Limón y Naranja dulce se obtiene un coeficiente de uniformidad de presiones promedio de **86.03%**, calificada como Buena, mientras que en el área cultivada de Naranja agria tenemos un coeficiente de presiones de **79.35%**, calificado como Regular, siendo lo recomendado un valor de 90%. (**Ver anexo II, tabla # 28**)

3.11 CÁLCULOS DE LA CANTIDAD DE AGUA APLICADA IN-SITU

Caudal aplicado

$$Q_a = q * N_e * CUC$$

Dónde:

Q: caudal aplicado (l/hr/planta)

q: caudal del emisor (l/hr)

N_e: Números de emisores por planta

CUC: coeficiente de uniformidad de caudal evaluado en campo (%)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Q_a = 0.75 \text{ l/hr} * 10 * 0.55 \% = \mathbf{4.13 \text{ l/hr}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Q_a = 0.64 \text{ l/hr} * 10 * 0.51 \% = \mathbf{3.26 \text{ l/hr}}$$

3. Cultivo de Naranja Dulce

$$Q_a = 0.48 \text{ l/hr} * 10 * 0.55 \% = \mathbf{2.64 \text{ l/hr}}$$

Intensidad de aplicación

$$Ia = \frac{Qa}{MP}$$

Dónde:

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

Q: Caudal aplicado en campo (l/hr)

MP: Marco de plantación del cultivo (m²)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Ia = \frac{4.13 \text{ l/hr}}{20 \text{ m}^2} = \mathbf{0.21 \text{ mm/hr}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Ia = \frac{3.26 \text{ l/hr}}{20 \text{ m}^2} = \mathbf{0.16 \text{ mm/hr}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Ia = \frac{2.64 \text{ l/hr}}{20 \text{ m}^2} = \mathbf{0.13 \text{ mm/hr}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Ia = \frac{3.80 \text{ l/hr}}{63 \text{ m}^2} = \mathbf{0.06 \text{ mm/hr}}$$

Demanda bruta del cultivo

$$Db = \frac{ETc}{Efa}$$

Dónde:

Db: Demanda bruta del cultivo (mm/día)

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Efa: Eficiencia del riego por goteo (%)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Db = \frac{3.88 \text{ mm/día}}{0.90} = \mathbf{4.31 \text{ mm/día}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Db = \frac{3.88 \text{ mm/día}}{0.90} = \mathbf{4.31 \text{ mm/día}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Db = \frac{3.88 \text{ mm/día}}{0.90} = \mathbf{4.31 \text{ mm/día}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Db = \frac{4.16 \text{ mm/día}}{0.90} = \mathbf{4.62 \text{ mm/día}}$$

Tiempo de riego

$$Tr = \frac{Db}{Ia}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego (h/día)

Db: Demanda bruta del cultivo (mm/día)

Ia: Intensidad de aplicación (mm/h)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Tr = \frac{4.31\text{mm/día}}{0.21 \text{ mm/hr}} = \mathbf{20 \text{ hr/día}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Tr = \frac{4.31\text{mm/día}}{0.16 \text{ mm/hr}} = \mathbf{27 \text{ hr/día}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Tr = \frac{4.31\text{mm/día}}{0.13 \text{ mm/hr}} = \mathbf{33 \text{ hr/día}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Tr = \frac{4.31\text{mm/día}}{0.06\text{ mm/hr}} = 77\text{ hr/día}$$

Tabla # 11: Resultados Obtenidos de la cantidad de agua aplicada in-situ

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Cultivos	Qa (l/hr/p)	Ia (mm/hr)	Db (mm/ día)	Tr (hr/día)
Naranja Agria	4.13	0.21	4.31	20
Limón	3.26	0.16	4.31	27
Naranja Dulce	2.64	0.13	4.31	33
Aguacate	3.80	0.06	4.62	77

FUENTE: Propia

3.11.1 Análisis de los resultados de la cantidad de agua aplicada in-situ

Los parámetros calculados y mostrados en la tabla # 11 fueron encontrados con datos evaluados en campo de coeficiente de uniformidad de caudal y cantidad de agua promedio emitida por los emisores, esto con la finalidad de compararlos con los datos de diseño del sistema de riego, indicando que la cantidad de agua aplicada por planta en campo no es la demandada por los cultivos, pudiendo esto provocar un sometimiento a estrés hídrico de los cultivos.

Siendo más exhaustivo con el análisis, se puede ver en la tabla que para aplicar la demanda bruta de agua, los tiempos de riego son muy altos cuando la intensidad de aplicación del riego apenas es muy baja, es decir que se infiltra poca lámina de agua por cada hora que pasa.

3.12 CÁLCULOS DE REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE DISEÑO DE LOS CULTIVOS

Evapotranspiración de los cultivos

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Dónde:

ET_c: evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ET_o: evapotranspiración potencial (mm/día)

K_c: factor del cultivo

1. cultivo de Naranja agria

$$ET_c = 5.54 \text{ mm/día} * 0.70 = \mathbf{3.88 \text{ mm/día}}$$

2. cultivo de Limón

$$ET_c = 5.54 \text{ mm/día} * 0.70 = \mathbf{3.88 \text{ mm/día}}$$

3. cultivo de Naranja dulce

$$ET_c = 5.54 \text{ mm/día} * 0.70 = \mathbf{3.88 \text{ mm/día}}$$

4. cultivo de Aguacate

$$ET_c = 5.54 \text{ mm/día} * 0.75 = \mathbf{34.16 \text{ mm/día}}$$

Demanda bruta del cultivo

$$Db = \frac{ETc}{Efa}$$

Dónde:

Db: Demanda bruta del cultivo (mm/día)

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Efa: Eficiencia del riego por goteo (%)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Db = \frac{3.88 \text{ mm/día}}{0.90} = \mathbf{4.31 \text{ mm/día}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Db = \frac{3.88 \text{ mm/día}}{0.90} = \mathbf{4.31 \text{ mm/día}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Db = \frac{3.88 \text{ mm/día}}{0.90} = \mathbf{4.31 \text{ mm/día}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Db = \frac{4.16 \text{ mm/día}}{0.90} = \mathbf{4.62 \text{ mm/día}}$$

Caudal a aplicar

$$Q_a = q * N_e * CUC$$

Dónde:

Q: caudal a aplicar (l/hr/)

q: caudal del emisor (l/hr)

N_e: Números de emisores por planta

CUC: coeficiente de uniformidad de caudal de diseño (%)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Q_a = 2 \text{ l/hr} * 10 * \frac{90}{100} = \mathbf{18 \text{ l/hr}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Q_a = 2 \text{ l/hr} * 10 * \frac{90}{100} = \mathbf{18 \text{ l/hr}}$$

3. Cultivo de Naranja Dulce

$$Q_a = 2 \text{ l/hr} * 10 * \frac{90}{100} = \mathbf{18 \text{ l/hr}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Qa = 2 \text{ l/hr} * 10 * \frac{90}{100} = \mathbf{18 \text{ l/hr}}$$

Intensidad de aplicación

$$Ia = \frac{Qa}{MP}$$

Dónde:

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

Q: Caudal aplicado (l/hr)

MP: Marco de plantación del cultivo (m²)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Ia = \frac{18 \text{ l/hr}}{20 \text{ m}^2} = \mathbf{0.9 \text{ mm/hr}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Ia = \frac{18 \text{ l/hr}}{20 \text{ m}^2} = \mathbf{0.9 \text{ mm/hr}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Ia = \frac{18 \text{ l/hr}}{20 \text{ m}^2} = \mathbf{0.9 \text{ mm/hr}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$I_a = \frac{18 \text{ l/hr}}{63 \text{ m}^2} = \mathbf{0.29 \text{ mm/hr}}$$

Tiempo de riego

$$Tr = \frac{Db}{I_a}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego (hr/día)

Db: Demanda bruta del cultivo (mm/día)

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Tr = \frac{4.31 \text{ mm/día}}{0.9 \text{ mm/hr}} = \mathbf{5 \text{ hr/día}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Tr = \frac{4.31 \text{ mm/día}}{0.9 \text{ mm/hr}} = \mathbf{5 \text{ hr/día}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Tr = \frac{4.31 \text{ mm/día}}{0.9 \text{ mm/hr}} = \mathbf{5 \text{ hr/día}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Tr = \frac{4.62 \text{ mm/día}}{0.29 \text{ mm/hr}} = 16 \text{ hr/día}$$

Tabla # 12: Resultados Obtenidos de los requerimientos hídricos de diseño de los cultivos

Cultivos	ETC (mm/día)	Db (mm/día)	Qa (l/hr)	la (mm/hr)	Tr (hr/día)
Naranja agria	3.38	4.31	18	0.90	5.00
Limón	3.38	4.31	18	0.90	5.00
Naranja Dulce	3.38	4.31	18	0.90	5.00
Aguacate	4.16	4.62	18	0.29	16.00

FUENTE: Propia

3.12.1 Análisis de los resultados de los requerimientos hídricos de diseño de los cultivos

Según los datos mostrados en la tabla # 12 fueron determinados a través de la evapotranspiración de cada cultivo, esto con el fin de contrastarlos con los datos calculados con la evaluación efectuada en campo.

Además los datos demuestran que la cantidad de agua demandada por los cultivos es la que se va a aplicar, efectivamente en un tiempo de riego más bajo y a una lámina de entrega mayor.

3.13 CÁLCULOS DE LAS LÁMINAS DE RIEGO

Agua disponible en el suelo

$$\text{LAD} = \text{Pr} * \text{Da} * \frac{\text{Cc} - \text{PMP}}{100} * \text{UR} * \text{PSM}$$

Dónde:

LAD: Lámina de agua disponible en el suelo (mm)

Pr: Profundidad efectiva de raíces (cm)

Da: Densidad aparente (gr/cm^3)

Cc: Capacidad de campo (%)

PMP: Punto de marchitez permanente (%)

UR: Umbral de riego (%)

PSM: Porcentaje de suelo mojado (%)

100: Factor de conversión

1. Cultivo de Naranja agria

$$\text{LAD} = 30 \text{ cm} * 1.21 \text{ gr}/\text{cm}^3 * \frac{36.6 \% - 18.3 \%}{100} * 0.4 * 0.5 = 1.33 \approx 13.3 \text{ mm}$$

2. Cultivo de Limón

$$\text{LAD} = 30 \text{ cm} * 1.25 \text{ gr}/\text{cm}^3 * \frac{34.4 \% - 17.2 \%}{100} * 0.4 * 0.5 = 1.29 \text{ cm} \approx 12.9 \text{ mm}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$\text{LAD} = 30 \text{ cm} * 1.23\text{gr/cm}^3 * \frac{34.2\% - 17.2\%}{100} * 0.4 * 0.5 = \mathbf{1.26\text{cm} \approx 12.6 \text{ mm}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$\text{LAD} = 30 \text{ cm} * 1.21\text{gr/cm}^3 * \frac{33.3\% - 16.6\%}{100} * 0.4 * 0.5 = \mathbf{1.63\text{cm} \approx 16.3 \text{ mm}}$$

Láminas netas de riego

$$\text{Ln} = \text{LAD} * \frac{\text{NAP}}{100}$$

Dónde:

Ln: Lámina neta (mm)

LAD: Lámina de agua disponible en el suelo (mm)

NAP: Nivel de agotamiento permisible (%)

100: Factor de conversión

1. Cultivo de Naranja agria

$$\text{Ln} = 13.3 \text{ mm} * \frac{65\%}{100} = \mathbf{8.65 \text{ mm}}$$

2. Cultivo de Limón

$$\text{Ln} = 12.9 \text{ mm} * \frac{65\%}{100} = \mathbf{8.39 \text{ mm}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$L_n = 12.6 \text{ mm} * \frac{65 \%}{100} = \mathbf{8.19 \text{ mm}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$L_n = 16.3 \text{ mm} * \frac{65 \%}{100} = \mathbf{10.60 \text{ mm}}$$

Láminas brutas de riego

$$L_b = \frac{L_n}{E_{fa}}$$

Dónde:

L_b: Lámina bruta (mm)

L_n: Lámina neta (mm)

E_{fa}: Eficiencia del riego (%)

1. Cultivo de Naranja agria

$$L_b = \frac{8.65 \text{ mm}}{0.90} = \mathbf{9.61 \text{ mm}}$$

2. Cultivo de Limón

$$L_b = \frac{8.39 \text{ mm}}{0.90} = \mathbf{9.32 \text{ mm}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Lb = \frac{8.19\text{mm}}{0.90} = \mathbf{9.10\text{mm}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Lb = \frac{10.53\text{mm}}{0.90} = \mathbf{11.70\text{ mm}}$$

Frecuencias de riego

$$\mathbf{Fr = \frac{Lb}{ETc}}$$

Dónde:

Fr: Frecuencia de riego (día)

Lb: Lámina bruta (mm)

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Fr = \frac{9.61\text{mm}}{3.88\text{ mm/día}} = \mathbf{2.48\text{ día}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Fr = \frac{9.32\text{mm}}{3.88\text{ mm/día}} = \mathbf{2.40\text{ día}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$Fr = \frac{9.10\text{mm}}{3.88\text{mm/día}} = \mathbf{2.35 \text{ día}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Fr = \frac{11.70\text{mm}}{4.16\text{mm/día}} = \mathbf{2.81 \text{ día}}$$

Láminas netas ajustadas

$$\mathbf{Ln. Aj. = Fr * ETc}$$

Dónde:

Ln.aj.: Lámina neta ajustada (mm)

Fr: Frecuencia de riego (día)

ETc: Evapotranspiración (mm/día)

1. Cultivo de Naranja agria

$$Ln. Aj. = 2\text{día} * 3.38\text{mm/día} = \mathbf{7.76\text{mm}}$$

2. Cultivo de Limón

$$Ln. Aj. = 2\text{día} * 3.38\text{mm/día} = \mathbf{7.76\text{mm}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$\text{Ln. Aj.} = 2\text{día} * 3.38\text{mm/día} = \mathbf{7.76\text{mm}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$\text{Ln. Aj.} = 2\text{día} * 4.16\text{mm/día} = \mathbf{8.32\text{mm}}$$

Láminas brutas ajustadas

$$\text{Lb. Aj.} = \frac{\text{Ln. Aj.}}{\text{Efa}}$$

Dónde:

Lb.aj.: Lámina bruta ajustada (mm)

Ln.aj.: Lámina neta ajustada (mm)

Efa: Eficiencia de riego (%)

1. Cultivo de Naranja agria

$$\text{Lb. Aj.} = \frac{7.6\text{mm}}{0.90} = \mathbf{8.44\text{mm}}$$

2. Cultivo de Limón

$$\text{Lb. Aj.} = \frac{7.6\text{mm}}{0.90} = \mathbf{8.44\text{mm}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$\text{Lb. Aj.} = \frac{7.6\text{mm}}{0.90} = \mathbf{8.44\text{mm}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$\text{Lb. Aj.} = \frac{8.32\text{mm}}{0.90} = \mathbf{9.24\text{mm}}$$

Frecuencias de riego ajustadas

$$\mathbf{\text{Fr. Aj.} = \text{Fr} - \text{Día libre}}$$

Dónde:

Fr.aj.= Frecuencia de riego ajustada (día)

Fr: frecuencia de riego (día)

DI: Día libre (día)

1. Determinación para el área de los cuatros cultivos

$$\text{Fr. Aj.} = 2\text{día} - 1\text{día} = \mathbf{1\text{día}}$$

* Para efectos de cálculos siempre se toma la frecuencia de riego redondeada al inmediato inferior.

Tiempos de riego

$$\text{Tr}(\text{hr}) = \frac{\text{Lb}}{\text{Efa} \cdot \text{Ia}}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego (hr)

Lb: Lámina bruta (mm)

Efa: Eficiencia de riego (%)

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

1. Cultivo de Naranja agria

$$\text{Tr} = \frac{\frac{8.44 \text{ mm}}{0.90}}{\frac{2.25 \text{ mm}}{\text{hr}}} = \mathbf{4.17 \text{ hr}}$$

2. Cultivo de Limón

$$\text{Tr} = \frac{\frac{8.44 \text{ mm}}{0.90}}{\frac{2.25 \text{ mm}}{\text{hr}}} = \mathbf{4.17 \text{ hr}}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$\text{Tr} = \frac{\frac{8.44 \text{ mm}}{0.90}}{\frac{2.25 \text{ mm}}{\text{hr}}} = \mathbf{4.17 \text{ hr}}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$Tr = \frac{9.24 \text{ mm}}{0.90} \frac{0.71 \text{ mm}}{\text{hr}} = 5.90 \text{ hr}$$

Cálculos de caudales necesarios

$$QN = \frac{\text{Area} * \text{Lb}}{\text{Tr} * \text{Fr}} * 10$$

Dónde:

Q: Caudal necesario por área cultivada (m³/hr)

A: Área (ha)

Lb: Lámina bruta (mm)

Tr: Tiempo de riego (hr)

Fr: Frecuencia de riego (día)

10: Factor de conversión

1. Cultivo de Naranja agria

$$QN1 = \frac{2.84 \text{ ha} * 8.44 \text{ mm}}{4.17 \text{ hr} * 1 \text{ día}} * 10 = 57.45 \text{ m}^3/\text{hr}$$

2. Cultivo de Limón

$$QN2 = \frac{2.84 \text{ ha} * 8.44 \text{ mm}}{4.17 \text{ hr} * 1 \text{ día}} * 10 = 57.45 \text{ m}^3/\text{hr}$$

3. Cultivo de Naranja dulce

$$QN3 = \frac{2.84 \text{ ha} * 8.44 \text{ mm}}{4.17 \text{ hr} * 1\text{día}} * 10 = 57.45 \text{ m}^3/\text{hr}$$

4. Cultivo de Aguacate

$$QN4 = \frac{2.84 \text{ ha} * 8.44 \text{ mm}}{4.17 \text{ hr} * 1\text{día}} * 10 = 57.45 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Cálculo del caudal necesario total

$$QNT = \sum QN_n$$

Dónde:

QNT: Caudal necesario total (m^3/hr)

$\sum QN$: sumatoria de todos los caudales necesarios por área cultivada (m^3/hr)

1. para todo el sistema

$$QNT = (57.48 \text{ m}^3/\text{hr} + 56.06 \text{ m}^3/\text{hr} + 69.83 \text{ m}^3/\text{hr} + 41.35 \text{ m}^3/\text{hr}) = 224.72 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Tabla # 13: Resultados Obtenidos de las Láminas de riego y caudales necesarios por área cultivada

Nombre: Finca Bello Amanecer

Dpto. /Municipio: Rivas, Cárdenas

Área por Cultivos	LAD (mm)	Ln (mm)	Lb (mm)	Fr (Dias)	Ln. Aj (mm)	Lb. Aj (mm)	Fr. Aj (Dias)	Tr (hr/dia)	Q (m ³ /hr)	Qt (m ³ /hr)
Naranja agria	13.30	8.65	9.61	2.48	7.76	8.44	1	4.17	57.48	224.72
Limón	12.90	8.39	9.32	2.40	7.76	8.44	1	4.17	56.06	
Naranja dulce	12.60	8.19	9.10	2.35	7.76	8.44	1	4.17	69.83	
Aguacate	16.12	10.53	11.70	2.81	8.32	9.24	1	5.90	41.35	

FUENTE: Propia

3.13.1 Análisis de los resultados de las láminas de riego

A través de la determinación de las propiedades hidrofísicas, se calcularon las láminas de riego ajustadas mostradas en la tabla # 12. Este cálculo fue indispensable para determinar el caudal necesario por área cultivada, logrando así encontrar el caudal total para todo el sistema, el cual fue comparado con el caudal disponible de la fuente siendo de **136.26m³/ha**, indicando que es insuficiente para garantizar en sí, el requerimiento para el sistema de riego.

3.14 ANÁLISIS DE RESULTADO DE LA CALIDAD DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO

Mediante la inspección realizada en campo se observó que la mayor parte de los laterales se encontraron rotos por mordidas de roedores y otros animales. De igual forma se visualizaron los emisores y se encontraron obturados por sedimentos transportados desde la fuente, el cual no favorece una salida de agua uniforme.

En cuanto a válvulas, alguna fueron encontradas rotas debido a la exagerada presión que hay en todo el sistema.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. En el presente estudio se determinaron las propiedades hidrofísicas de los suelos de la finca bello amanecer, con la finalidad de conocer las características necesarias para poder realizar una evaluación en el sistema de riego por goteo que contemple las características principales de la zona y las necesidades del suelo a la hora de planificar el riego al cultivo.
2. La evaluación del sistema de riego por goteo se realizó desde el punto de vista hidráulico así, como agronómico. La parte hidráulica consistió en tomar medidas de las presiones en el cabezal de riego, en las válvulas y en los laterales de riego, para poder verificar el correcto funcionamiento del sistema, evaluándose también la uniformidad de los caudales arrojados por los goteros. La parte agronómica consistió en determinar la forma bulbo de humedecimiento formado por la descarga del gotero y textura del suelo, el análisis químico del agua, determinación de las necesidades netas y totales hídricas del cultivo, tiempo, frecuencia de riego y caudales necesarios por área cultivada.
3. Se concluye que hidráulicamente existen problemas en la red de riego; la uniformidad de caudal de los goteros varía de **51.15% a 55.81%** en el sistema de riego, a excepción de la variación de presión al final de los laterales de riego varía de **79.35% a 92.82%** encontrándose en rangos aceptables. En lo que respecta a la presión que llega al cabezal de riego está comprendida en 67 psi, el cual este dato no es conveniente para operar un sistema de riego por goteo, en la parte agronómica se encontró que los caudales aplicados en el campo no son los eficientes para suplir las necesidades reales de los cultivos, al igual que el tiempo de riego, la frecuencia de riego.

4. En la inspección ocular efectuada en el sistema de riego instalado para determinar el estado físico en que se encuentra este, se observó que la mayor parte de los laterales están dañados, lo que provoca pérdida de agua, disminuyendo a la vez el caudal disponible de la fuente, al igual que los emisores, estos están obstruidos por sedimentos arrastrados desde la fuente y por el mal manejo del mismo.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar mantenimientos periódicos del sistema de riego por goteo tales como: Reparación y cambio de cintas, lavado de la tubería conductora, limpieza de filtros, fuente de agua y comprobación del funcionamiento de todo el sistema, para mejorar la uniformidad de distribución del agua de riego.
2. Aumentar el número de válvulas reguladoras de presión para mejorar la uniformidad de presiones en todo el sistema.
3. Aumentar el caudal disponible, construyendo un reservorio o encontrar otra fuente para satisfacer la demanda de caudal necesario para el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos.
4. Capacitar a los encargados del riego de cómo manejar el sistema para mantenerlo funcionando con la mayor eficiencia posible.

BIBLIOGRAFÍAS

1. **Amoros M.** 1993, España. *Riego por goteo en cítricos, Manual práctico.* 2da edición- Mundi - prensa, 140 pág.
2. **Cisneros R.** *Apuntes de la materia Riego y Drenaje.* Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
3. **Dirección de meteorología.** 1998, Nicaragua. *Catálogo de Estaciones Meteorológicas. INETER.*
4. **Doorenbos J., y Pruitt W.** 1984, Roma. *Las necesidades de agua de los cultivos. FAO.*
5. **Estudio FAO.** Riego y drenaje. Evapotranspiración del Cultivo. *Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.*
6. **Fernández R.** 1999. S.L. Córdoba Ediciones ilustres, *Manual de riego para agricultores.*
7. **Fuentes J.** 1992, Madrid. *Técnicas de riego. I.R.Y.D.A.*
8. **García I., y Briones G.** 1997, México trillas, *Sistema de riego por aspersión y goteo.*

9. **Gómez I., y Revilla F.** 2000, Valladolid. *El riego " cuaderno didáctico"*.

10. **Honorato P.** 2000, México alfa-omega. *Manual de edafología.* 4ta edición.

11. **Laboratorio de Edafología, Universidad Nacional de Ingeniería.** 2011, Managua; Nicaragua, *Guía de prácticas de campo y laboratorio de fundamentos de suelo.*

12. **Rodríguez S.** 1998, Nicaragua. INPASA. *La Evapotranspiración Potencial en Nicaragua. INTA.*

13. **Pizarro F.** 1996, Madrid, España. *Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF): Goteo, Micro aspersion, 3ra Edición.* Mundi-Prensa. Pág. 513.

PAGINAS WEB CONSULTADAS:

1. www.catie.ac.cr/.../version%20electronica%20memoria.pdf
2. [es.wikipedia.org/wiki/conductividad eléctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/conductividad_eléctrica) /En caché - Similares
3. www.gatfertiliquidos.com/salinidad_cultivos.pdf.
4. www.infoagro.com/abonos/pH_suelo.htm
5. www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r23709.PPT
6. www.inta.com.gob
7. www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.asp.
8. www.una.edu.ni

Anexos

**ANEXO # 1. Datos obtenidos del laboratorio de edafología
(UNI)**

Tabla # 14. Textura

Cultivos	LECT 40 S BLANCO	TEMP INICIAL	LECT INICAL	LC 40 S	% L +% Ar	LECT 5 H BLANCO	TEMP FINAL	LECT FINAL	LC 5 H	%Ar	% L	%A
Naranja agria	-1.5	31	32	35.3	73.6	-3	34.4	14.5	18.82	44	30	26
Limón	-1.5	31	29	32.3	67.6	-3	34.4	12	16.32	39	29	32
Naranja dulce	-1.5	31	29.5	32.8	68.6	-3	34.4	13.5	17.82	42	27	31
Aguacate	-1.5	31	30.5	33.8	70.6	-3	34.4	12.5	16.82	40	31	29

Tabla # 15. Densidad aparente (Da)

Cultivo	Área de la parcela	Volumen del cilindro(cm ³)	Peso de suelo seco(gr)
Naranja agria		121.92	146.7
Limón			151.8
Naranja dulce			149.6
Aguacate			147.2

Tabla # 16. Densidad real (Dr).

ITEM	Cultivos	Pp (gr)	P ₁ (gr)	T ₁ (°C)	d ₁ (gr/cm ₃)	P ₂ (gr)	Ps (gr)	P ₃ (gr)	T ₃ (°C)	d ₃ (gr/cm ₃)
1	Naranja agria	111.1	360.7	33.4	0.995	133.1	22.0	372.4	33.4	0.995
2	Naranja dulce	103.1	352.4	33.0	0.995	124.4	21.3	363.8	33.4	0.995
3	Limón	114.8	362.9	32.8	0.995	137.9	23.1	377.1	33.2	0.995
4	Aguacate	114.7	364.0	32.8	0.955	135.8	21.1	375.9	33.3	0.995

Tabla # 17. Capacidad de campo (Cc)

Cultivos	Tara	Peso de tara (gr)	Peso de tara más suelo húmedo (gr)	Peso de tara más suelo seco (gr)	Peso de suelo húmedo (gr)	Peso de suelo seco (gr)
Naranja dulce	01-1	48.1	71.7	65.7	23.6	17.6
	01-2	48.1	75.7	68.2	27.0	20.1
Naranja agria	02-1	49.8	75.7	68.7	25.9	18.9
	02-2	48.3	73.5	66.8	25.2	18.5
Limón	03-1	50.9	78.0	71.0	27.1	20.1
	03-2	50.2	77.0	70.2	26.8	20.0
Aguacate	04-1	48.8	73.3	67.1	24.5	18.3
	04-2	50.2	75.8	69.5	25.6	19.3

ANEXO 2. Tablas de interpretación utilizadas

Tabla # 18.Directrices para la evaluación de la calidad del agua de riego

Tipo de problema	Guía de calidad del agua		
	No hay problema	Problema creciente	Problema grave
1). salinidad CE (mmhos/cm)	<0.75	0.75-3.0	>3.0
2).PH	Rango normal 6.4-8.4		

FUENTE: FAO (1985)

Tabla # 19: Resultados Obtenidos de datos de entrada

Datos de entrada	
Eto	5.54 mm/día
Área del cultivo de Aguacate	2.64 ha
Área del cultivo de Limón	2.77 ha
Área del cultivo de Naranja Dulce	3.45 ha
Área del cultivo de Naranja Agria	2.84 ha
Kc de los cítricos	0.70
Kc de Aguacate	0.75
Marco de plantación de los cítricos	5m x 4m
Marco de plantación del Aguacate	9m x 7m
Eficiencia de aplicación del riego (Efa)	90%
Coefficiente de uniformidad de caudal de diseño (CUC)	90%
Nivel de agotamiento permisible (NAP)	65%
Umbral de riego (UR)	40%
Porcentaje de suelo mojado	50%
Caudal disponible	136.26 m ³ /hr
Números de emisores por planta	10
Datos de la cinta de riego	
Nombre de la cinta	T-Tape 506
Caudal nominal (q ₀)	2 l/hr
Presión nominal (Pn)	0.3 a 0.7 Bar
Espesor	0.15mm

FUENTE: Propia

Tabla # 20.Valores de Kc para aguacate y cítricos

Valores de Kc	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Cítricos*	0.64	0.66	0.68	0.7	0.71	0.72	0.72	0.7	0.68	0.7	0.66	0.65
aguacate**	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
					- 0.75							

FUENTE: *Ducrocq, 1990

** GAMA - CORFO, 2000-2001.

Tabla # 21. Interpretación de densidad aparente

Evaluación	gr/cm ³
Muy Baja	<1.0
Baja	1.0– 1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy Alta	>1.60

FUENTE: Cisneros A, J.A. y Araiza Z, D. (1988).

Tabla # 22. Interpretación de densidad real

Densidad real gr/cm ³	Evaluación
<2.40	Bajo
2.40 – 2.60	Medio
2.60 – 2.80	Alto
>2.80	Muy Alta

FUENTE: Cisneros A, J.A. y Araiza Z, D. (1988).

Tabla # 23. Interpretación de porosidad

Evaluación	%
Muy Baja	<40
Baja	40-45
Media	45-55
Alta	55-64
Muy Alta	>65

FUENTE: Cisneros A, J.A. y Araiza Z, D. (1988).

Tabla # 24. Interpretación de capacidad de campo

Capacidad de Campo % de volumen	Evaluación
< 20	Baja
20 – 40	Media
40 – 55	Alta
> 55	Muy Alta

FUENTE: Cisneros A, J.A. y Araiza Z, D. (1988).

Tabla # 25. Interpretación de Punto de Marchitez

Punto de Marchitez % Hbss	Evaluación
<9.2	Baja
9.2 – 24.5	Media
24.5 – 45.8	Alta
>45.8	Muy Alta

FUENTE: Cisneros A, J.A. y Araiza Z, D. (1988).

Tabla # 26. Interpretación de PH de suelo y agua

Rango de PH	Clasificación
<4.60	Extremadamente ácido
4.60-5.19	Muy fuertemente ácido
5.20-5.59	Fuertemente ácido
5.60-6.19	Mediamente ácido
6.20-6.59	Ligeramente ácido
6.60-6.79	Muy ligeramente ácido
6.80-7.19	Neutro
7.20-7.39	muy ligeramente alcalino
7.40-7.779	Ligeramente alcalino
7.80-8.39	Mediamente alcalino
8.40-8.79	Fuertemente alcalino
>9.40	Extremadamente alcalino

FUENTE: Guía de prácticas de la asignatura de Riego y drenaje, ing. José Mamerto Méndez

Tabla # 27. Interpretación de conductividad eléctrica y clasificación del suelo según el tipo de sales

Conductividad eléctrica (CE) en mmhos/cm. a 25°C	Clasificación del suelo	Tolerancia de las plantas al contenido de sales
<2.0	No salino	Efecto de salinidad caso nulo
2.0 a 4.0	Poco salino	Los rendimientos de los cultivos se afectan
4.0 a 8.0	Mediamente salino	Prosperan solamente los cultivos que toleran cierto grado de salinidad
8.0 a 12.0	Fuertemente salino	Solo los cultivos tolerante rinden apropiadamente
>12.0	Extremadamente salino	Solo las especies muy tolerantes se adaptan

FUENTE: Guía de prácticas de la asignatura de Riego y drenaje, ing. José Mamerto Méndez

Tabla # 28. Interpretación del coeficiente de uniformidad (CU)

90% - más	Uniformidad Excelente
80% - 90%	Uniformidad Buena
70% - 80%	Uniformidad Regular
Menos de 70%	Uniformidad Inaceptable

FUENTE: Sistema Interactivo de Apoyo al Riego SIAR, Guías y Manuales de Terreno, 2001, pág. 4, Chile.

**ANEXO # 3. Datos meteorológicos anuales de la
estación RIVAS-RIVAS**

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL



Estación:	RIVAS-RIVAS	Latitud:	11°26'06" N
Código:	69070	Longitud:	85°50'00" W
Años:	1995-2009	Elevación:	70 msnm
Parámetro:	Viento 2m (m/s)	Tipo:	HMP

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	2.3	2.0	1.4	1.1	1.0	0.9	1.3	0.8	1.1	1.1	1.7	1.8
1996	2.3	2.7	2.1	2.0	1.5	1.3	1.4	1.3	1.1	1.1	1.7	2.8
1997	2.0	2.7	2.5	1.6	2.1	1.1	2.2	2.1	1.0	1.1	1.4	2.6
1998	2.2	1.7	2.5	2.0	1.2	1.4	1.6	1.0	0.5	0.6	1.4	1.7
1999	2.0	2.0	2.2	1.7	0.8	1.0	1.6	0.7	0.7	0.9	1.4	2.6
2000	3.2	3.5	2.8	3.2	2.0	2.1	2.4	2.0	0.8	1.9	1.8	2.6
2001	3.2	3.8	2.6	3.4	1.8	2.2	2.0	1.7	1.1	1.2	2.1	2.1
2002	2.8	3.2	3.2	3.2	2.6	1.6	2.0	2.1	1.1	1.4	2.1	2.5
2003	3.3	2.3	2.0	2.0	1.6	0.8	1.7	1.9	1.3	0.9	1.4	2.6
2004	2.5	2.9	3.5	2.5	1.9	1.7	1.6	1.6	1.0	0.9	2.1	2.6
2005	3.2	3.3	1.8	2.0	1.4	0.4	1.2	1.4	1.5	1.4	1.5	2.1
2006	3.1	3.2	3.2	2.6	1.8	1.6	1.7	1.8	1.5	1.4	1.8	2.5
2007	3.4	3.1	3.2	2.3	1.9	1.6	1.7	1.0	1.1	0.8	2.0	2.3
2008	3.0	2.9	2.7	2.6	1.7	1.7	1.5	1.3	0.9	0.9	1.7	2.5
2009	2.9	3.5	3.1	2.9	2.0	1.1	2.2	2.3	2.0	1.4	1.8	2.6
Suma	41.1	42.7	38.7	35.0	25.1	20.3	26.0	22.8	16.6	16.8	25.9	35.7
Media	2.7	2.8	2.6	2.3	1.7	1.4	1.7	1.5	1.1	1.1	1.7	2.4

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL



Estación:	RIVAS-RIVAS	Latitud:	11°26'06" N
Código:	69070	Longitud:	85°50'00" W
Años:	1995-2009	Elevación:	70 msnm
Parámetro:	Brillo Solar Med. (h/dia)	Tipo:	HMP

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	6.1	7.8	8.6	8.1	7.4	5.7	5.2	6.5	5.4	5.4	5.9	6.5
1996	8.0	9.5	9.4	9.1	5.2	4.8	5.3	5.7	6.1	4.9	5.2	8.1
1997	7.0	8.7	9.1	9.1	8.3	5.6	6.1	7.7	6.2	6.0	5.7	8.4
1998	8.6	8.6	8.2	7.6	4.6	4.9	4.9	5.2	5.5	3.6	4.5	3.9
1999	7.1	8.3	8.3	8.4	7.0	5.2	5.7	6.3	3.7	4.8	5.3	5.2
2000	6.9	8.4	8.3	8.7	5.9	4.2	5.7	5.7	5.6	6.0	6.7	7.7
2001	7.9	8.4	8.8	9.3	7.5	4.8	6.2	5.0	5.6	6.0	6.2	6.6
2002	8.2	8.2	9.1	9.0	6.4	5.4	4.6	6.3	4.5	5.4	6.6	8.3
2003	8.5	8.5	8.7	8.9	5.7	4.1	3.5	5.8	6.5	5.4	5.1	7.2
2004	8.0	8.9	8.1	8.2	5.5	5.1	5.7	4.5	5.9	6.2	6.2	6.9
2005	8.5	8.6	7.5	6.6	4.7	3.5	5.3	5.1	3.9	3.2	3.9	6.7
2006	6.7	7.5	8.2	8.1	6.2	4.4	4.5	5.2	6.3	5.5	6.5	6.5
2007	8.8	9.3	8.7	7.9	6.1	5.2	4.8	5.4	5.0	4.5	5.5	6.7
2008	7.5	8.6	8.8	9.0	6.4	4.9	4.5	5.7	5.2	3.6	6.2	5.9
2009	7.6	8.4	9.0	8.9	7.6	5.8	4.7	5.9	7.0	6.0	6.7	8.0
Suma	115.28	127.90	128.65	126.98	94.50	73.65	76.56	85.96	82.11	76.58	86.22	102.62
Media	7.7	8.5	8.6	8.5	6.3	4.9	5.1	5.7	5.5	5.1	5.7	6.8

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL**



Estación: RIVAS-RIVAS
Código: 69070
Años: 1995-2009
Parámetro: Humedad relativa (%)

Latitud: 11°26'06" N
Longitud: 85°50'00" W
Elevación: 70msnm
Tipo: HMP

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	2.1	2.3	2.1	2.1	2.3	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8	2.7
1996	2.6	2.7	2.4	2.4	2.7	2.8	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.6
1997	2.6	2.7	2.3	2.4	2.3	2.8	2.6	2.6	2.8	2.7	2.8	2.4
1998	2.4	2.6	2.3	2.3	2.4	2.7	2.6	2.7	2.9	2.9	2.8	2.6
1999	2.5	2.6	2.3	2.4	2.5	2.7	2.7	2.7	3.0	2.8	2.7	2.5
2000	2.5	2.7	2.4	2.4	2.5	2.8	2.6	2.7	2.9	2.6	2.7	2.4
2001	2.4	2.6	2.3	2.3	2.4	2.7	2.6	2.7	2.8	2.7	2.6	2.6
2002	2.4	2.6	2.3	2.3	2.4	2.8	2.7	2.5	2.7	2.7	2.6	2.4
2003	2.2	2.5	2.2	2.2	2.4	2.9	2.8	2.7	2.9	2.8	2.8	2.5
2004	2.5	2.6	2.3	2.3	2.5	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.4
2005	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	2.9	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.6
2006	2.5	2.6	2.3	2.3	2.4	2.7	2.6	2.6	2.7	2.7	2.6	2.5
2007	2.4	2.7	2.4	2.4	2.4	2.8	2.7	2.7	2.8	2.8	2.7	2.6
2008	2.5	2.7	2.3	2.3	2.4	2.8	2.7	2.8	2.9	2.8	2.6	2.6
2009	2.5	2.7	2.3	2.4	2.4	2.8	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	2.5
Suma	36.4	39.1	34.3	34.8	36.7	41.6	40.2	40.2	42.4	41.4	40.7	37.8
Media	2.4	2.6	2.3	2.3	2.4	2.8	2.7	2.7	2.8	2.8	2.7	2.5

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL



Estación: RIVAS-RIVAS
Código: 69070
Años: 1995-2009
Parámetro: Temp. Med. Máx. (C°)

Latitud: 11°26'06" N
Longitud: 85°50'00" W
Elevación: 70 msnm
Tipo: HMP

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	30.9	31.3	32.7	33.4	32.8	31.8	30.9	31.6	30.9	30.4	30.0	30.0
1996	29.6	30.5	31.5	33.1	31.3	30.7	30.4	31.2	31.6	30.5	30.1	29.8
1997	29.4	30.6	31.6	33	33.3	31.1	31.3	32	32	31.5	31	30.4
1998	31.2	32.5	33.6	34.2	34.2	32.4	31	31.5	31.9	30.1	30.2	29.8
1999	30.1	30.3	31.1	32.8	32.5	31.6	31.1	31.6	30.2	30.3	30.1	29.3
2000	29.1	29.6	30.7	32.3	31.5	30	30.4	30.9	30.2	30.3	29.9	29.7
2001	29.3	30.3	31.1	32.7	32.5	30.5	30.5	30.9	30.6	30.8	29.7	30.1
2002	30.3	30.7	32.1	32.9	32.7	31.2	30.5	31.2	30.7	30.8	30.5	31
2003	30.8	32	33.2	33.9	33	30.4	30.5	31.5	31.5	31.3	30.8	30.1
2004	30.2	31.2	32.2	33.2	31.9	30.7	31	31.1	31.2	31.2	30.2	29.9
2005	29.8	30.4	32.9	33.4	32.1	31	31.7	31.5	30.6	29	29.1	29.6
2006	29.5	29.6	31.2	32.3	32.2	31	31.2	31.5	31.2	30.8	30.3	30.6
2007	30.8	31.6	32.6	33.3	33.1	31.2	30.4	31	30.6	29.6	29.7	29.6
2008	29.8	30.5	31.7	32.9	32.1	30.5	30.4	30.8	30.7	29.7	29.7	29.3
2009	29.8	30.4	31.4	32.7	32.9	31.3	30.9	31.4	31.7	31	30.3	30.3
Suma	450.6	461.5	479.6	496.1	488.1	465	462	469.7	465.6	457.3	451.6	449.5
Media	30.04	30.76667	31.97333	33.073	32.54	31	30.8	31.31	31.04	30.487	30.10667	29.96667

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL



Estación: RIVAS-RIVAS
Código: 69070
Años: 1995-2009
Parámetro: Temp.Med. Min. (°C)

Latitud: 11°26'06" N
Longitud: 85°50'00" W
Elevación: 70 msnm
Tipo: HMP

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	22.0	22.6	23.3	24.8	24.3	23.9	23.8	23.1	23.4	23.5	24.1	22.9
1996	22.6	23.0	22.7	24.9	23.8	24.2	23.7	23.6	23.6	23.3	23.3	23.4
1997	22.4	23.7	23.9	24.1	25.5	24.1	25.3	25.1	24.7	24.3	24.3	24.1
1998	24.1	23.2	25.0	25.4	25.5	25.2	24.5	24.4	23.4	23.7	24.0	23.5
1999	23.5	23.3	23.8	24.6	24.2	24.1	24.1	23.5	22.7	22.6	22.5	22.7
2000	22.1	22.5	23.4	24.5	24.8	24.1	24.0	24.2	22.8	23.8	23.4	23.8
2001	22.8	23.5	23.5	25.0	25.1	24.8	24.2	24.7	23.9	24.2	23.6	23.8
2002	23.6	23.9	24.3	24.9	25.1	24.4	24.6	24.9	23.8	24.0	24.0	24.0
2003	23.5	23.8	24.6	25.1	25.6	24.1	24.6	25.0	24.0	23.8	24.1	23.5
2004	22.9	23.5	24.5	25.0	25.2	24.7	24.0	24.7	23.5	23.6	23.9	23.8
2005	23.3	23.0	24.7	25.5	24.7	23.9	24.5	24.4	24.3	23.4	23.7	23.7
2006	23.7	23.4	24.3	25.0	25.1	24.5	24.9	24.9	24.5	24.3	23.5	24.1
2007	24.3	23.9	25.0	25.5	25.3	24.0	24.3	23.8	23.4	22.7	23.5	23.4
2008	23.5	23.7	24.1	24.9	24.1	23.8	23.8	23.3	23.3	23.4	23.6	23.1
2009	23.4	23.3	23.3	24.8	24.8	24.0	24.7	24.8	25.0	24.2	24.1	24.2
Suma	347.7	350.3	360.4	374.0	373.1	363.8	365.0	364.4	356.3	354.8	355.6	354.0
Media	23.2	23.4	24.0	24.9	24.9	24.3	24.3	24.3	23.8	23.7	23.7	23.6

ANEXO # 4. Datos de caudales obtenidos en campo (L/h)

Tabla # 29. Caudales recolectados en campo del sector # 1.

Cultivo de Naranja Agria

Válvula # 1

CAUDAL	P^{er} EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
P^{er} LATERAL	0.46	0.88	0.62	1.66
LAT. 1/3	0.72	0.42	1.52	0.62
LAT. 2/3	1.34	0.84	0.56	0.88
ULTIMO LAT.	1.68	0.52	0.42	0.64

Válvula # 2

CAUDAL	P^{er} EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
P^{er} LATERAL	0.62	0.52	0.32	0.46
LAT. 1/3	1.48	0.60	0.56	0.54
LAT. 2/3	0.86	0.70	0.62	0.22
ULTIMO LAT.	0.84	0.68	0.68	0.44

FUENTE: propia

Tabla # 30. Caudales recolectados en campo del sector # 2

Cultivo de Limón

Válvula # 3

CAUDAL (l/h).	P ^{er} EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
P^{er} LATERAL	0.88	0.68	0.88	1.38
LAT.1/3	1.24	0.42	0.38	0.34
LAT. 2/3	0.42	0.50	0.40	0.68
ULTIMO LAT.	0.24	0.48	0.28	0.16

Válvula # 4

CAUDAL (l/h).	Per EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
P^{er} LATERAL	0.30	0.42	0.42	0.86
LAT.1/3	0.76	0.56	0.70	0.90
LAT. 2/3	0.52	0.64	0.70	1.70
ULTIMO LAT.	0.44	0.38	0.70	0.88

FUENTE: propia

Tabla # 31.Caudal recolectados en campo del sector # 3.

Cultivo de Naranja Dulce

Válvula # 5

CAUDAL (l/h).	PER EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
PER LATERAL	0.39	0.33	0.20	0.29
LAT.1/3	0.93	0.38	0.35	0.34
LAT. 2/3	0.54	0.69	0.39	0.14
ULTIMO LAT.	0.53	0.43	0.43	0.28

Válvula # 6

CAUDAL (l/h).	PER EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
PER LATERAL	0.60	0.60	0.55	0.66
LAT.1/3	0.61	0.78	0.63	0.60
LAT. 2/3	0.46	0.83	0.63	0.10
ULTIMO LAT.	0.66	0.61	0.55	0.79

Válvula # 7

CAUDAL (l/h).	PER EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
PER LATERAL	0.59	0.36	0.10	0.36
LAT.1/3	0.38	0.29	0.18	0.11
LAT. 2/3	0.50	0.63	0.50	0.54
ULTIMO LAT.	0.46	0.59	0.83	0.45

FUENTE: propia

Tabla # 32.Caudal recolectados en campo del sector # 4.

Cultivo de Aguacate

Válvula # 8

CAUDAL (l/h).	P ^{er} EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
P^{er} LATERAL	0.56	0.36	0.60	0.36
LAT.1/3	0.76	0.76	0.72	0.84
LAT. 2/3	1.12	0.70	0.78	0.90
ULTIMO LAT.	0.98	0.88	1.06	0.50

Válvula # 9

CAUDAL (l/h).	P ^{er} EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
P^{er} LATERAL	0.42	0.48	0.36	0.14
LAT.1/3	0.34	0.48	0.32	0.76
LAT. 2/3	0.68	0.48	0.86	0.88
ULTIMO LAT.	1.16	0.42	0.82	1.08

FUENTE: propia

Tabla # 33. Medidas de presiones en laterales por válvula recolectados en campo (PSI)

CULTIVOS	VALVULAS	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
NARANJA AGRIA	# 1	12	13.5	12.5	13	14	12	10	5.5	6	5	8	7.5	5	6	5.5	5
	# 2	10	10	8.5	8	6	7.5	7	7.5	6	4	4.5	6.5	5	4	5.5	5
LIMÓN	# 3	8	6	5.4	6.5	5	4.5	4	5.5	6.4	4.5	6	6.5	4.5	4.5	5	5.5
	# 4	7	7.5	8	7	8.5	9.9	9.5	10	10	10.5	10.5	11	11.5	12	11.5	11
NARANJA DULCE	# 5	3	4.5	4	3.5	5.5	6	5	4	3	4.5	5	5.5	3.5	3	3	3.5
	# 6	8	7	8.5	7.5	5	5.5	6	4	4.5	5	5.5	6	5.5	6	5	4.5
	# 7	4.5	4	4	5.5	2	3	3.5	4	4	5.5	7	6.5	7	6	6.5	7.5
AGUACATE	# 8	13.5	14	12	13	11	14.5	12.5	13.5	12.5	14	12	13	11	12.5	13	13.5
	# 9	12	13.5	12	12.5	14	13	13.5	10	9.5	10	9.5	12.5	9.5	11	12	11.5

*L: Lateral

FUENTE: propia

ANEXO # 5. Plano del área cultivada

ANEXO # 6. Fotos

Foto # 1. Laboratorio de edafología (UNI), determinación de Textura



Foto # 2. Laboratorio de edafología (UNI), determinación de Capacidad de campo



Foto # 3. Fuente de agua de la finca Bello Amanecer (Rivas-cárdenas)



Foto # 4. Cabezal de riego



Foto # 5. Área del cultivo de Naranja agria (*Citrus aurantium* L.)



Foto # 6. Área del cultivo de Limón (*Citrus limonum* L.)



Foto # 7. Área del cultivo de Naranja dulce (*Citrus sinensis* L.)



Foto # 8. Área del cultivo de Aguacate (*Persea americana* Miller)



Foto # 9. Extracción de muestras de suelo (Muestreo aleatorio)



Foto # 10. Medición de caudales



Foto # 11. Medición de caudales (PLUVIOMETROS)



Foto # 12. Medición de presiones al final de cada lateral



Foto 13. Fugas en las cintas de riego

