

**Diseño de un plan de manejo de riego para los
cultivos de cítricos en El Zamorano,
Honduras**

Ricardo Javier Vinueza Iñiga

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Diseño de un plan de manejo de riego para los cultivos de cítricos en El Zamorano, Honduras

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Ricardo Javier Vinueza Iñiga

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

Diseño de un plan de manejo de riego para los cultivos de cítricos en El Zamorano, Honduras

Presentado por:

Ricardo Javier Vinueza Iñiga

Aprobado:

Francisco Álvarez, M. A. E.
Asesor principal

Nils Berger, Ph.D.
Asesor

Gloria Arévalo de Gauggel M.Sc.
Asesor

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador
Área Temática Fitotecnia

Miguel Vélez, Ph.D.
Director
Carrera Ciencia y Producción
Agropecuaria

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Vinueza, Ricardo. 2009. Diseño de un plan de manejo de riego para los cultivos de cítricos en El Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 38p.

El objetivo del estudio fue diseñar un plan de manejo del riego adaptado a las necesidades de los cultivos de cítricos producidos en Zamorano y la disponibilidad del recurso agua. El estudio se llevó a cabo en La Vega 7 de Zamorano, a una altura de 764 msnm, con una precipitación anual promedio de 1084 mm y una temperatura anual promedio de 23.4 °C. Los cultivos evaluados fueron el Limón Persa, Mandarina Dancy y Naranja Valencia. Se realizaron aforos en la microcuenca de Santa Inés y se evaluó la calidad y disponibilidad de agua. Esta fue evaluada porque también es utilizada por los sistemas de pivote central y avance frontal que riegan 50 y 17 ha, respectivamente, así como los cultivos frutícolas. Se caracterizó el suelo, profundidad de las raíces e infiltración. Se determinó la ETo con datos climatológicos de la zona, calculando promedios diarios semanales de los últimos cinco años; se analizó la época de siembra y etapas de crecimiento de los cultivos, para calcular las necesidades hídricas. Se diagnosticó el manejo y funcionamiento del sistema de riego. Se determinó que la fuente tiene un caudal crítico de 108 m³/h en Marzo y Abril, época con máxima demanda hídrica de los cultivos. El terreno está dividido en siete lotes de producción o bloques de riego, cada lote regado por una válvula. El coeficiente de uniformidad encontrado en el sistema de riego fue de 53% y la uniformidad de la distribución de 23%. Se encontraron daños físicos en los laterales y emisores de riego. En el suelo predominan las texturas medias y muy finas una infiltración básica de 5 mm/h para los suelos franco limosos y 23 mm/h para los suelos franco arenosos, para el cálculo de necesidades hídricas. Se determinó una precipitación horaria del sistema de riego de 10.3 mm/h para los suelos franco limosos y 24 mm/h para los suelos franco arenosos. Se decidió usar un intervalo de riego de una semana. Se dividieron los lotes de aplicación en turnos de riego; en donde las válvulas 1, 2, 3 y 4 forman el turno 1, y las válvulas 5, 6 y 7 el turno 2. El turno 1 será dividido en tres días de aplicación a la semana y necesitará un tiempo máximo de 4 horas por semana y un caudal de 60 m³/h para regar la naranja y mandarina, simultáneamente; el turno 2 será dividido en tres días de aplicación a la semana y necesitará un tiempo máximo de 1.7 horas por semana, así como un caudal necesario de 44 m³/h para regar el limón.

Palabras clave: Coeficiente de uniformidad, evapotranspiración del cultivo (ETc), turnos de riego.

CONTENIDO

PORTADILLA.....	I
PÁGINA DE FIRMAS.....	II
RESUMEN.....	III
CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS.....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4. CONCLUSIONES.....	30
5. RECOMENDACIONES.....	31
6. LITERATURA CITADA.....	32
7. ANEXOS.....	33

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1. Valores de pH, conductividad eléctrica y turbidez en tres puntos de la fuente de agua de Santa Inés, Zamorano. Honduras.	13
2. Variación de textura en las tres calicatas descritas en la Vega 7, Zamorano, Honduras.....	20
3. Infiltración Básica (IB) para las unidades texturales y estructura de los suelos, en la Vega 7, Zamorano, Honduras.....	21
4. Bloques de riego en la Vega 7, Zamorano, Honduras.....	22
5. Uso de horas semanales por cada sistema de riego, para abastecer las necesidades hídricas de cada cultivo, Zamorano, Honduras.	25
6. Necesidades hídricas para el turno 1 en la Vega de septiembre a diciembre, Zamorano, Honduras.	26
7. Necesidades Hídricas para el turno 2 en la Vega 7 de septiembre a diciembre, Zamorano, Honduras.	28

Figura

1. Sistema de trasvase proveniente de la Microcuenca de Santa Inés, Valle del Yeguaré, Departamento Francisco Morazán, Honduras.....	12
2. Puntos de recolección de muestras de agua en el curso del trasvase desde Santa Inés a Zamorano, Honduras.....	13
3. Disponibilidad del agua proveniente de la microcuenca de Santa Inés y en el trasvase de Zamorano, Honduras..	15
4. Promedios semanales de la Evapotranspiración potencial (ET _o) en mm/día, en Zamorano, Honduras.	16
5. Valores de la ET _c semanal considerando valores promedios diarios de ET _o por semana y la etapa de crecimiento del cultivo en la Vega 7, Zamorano, Honduras. ...	18
6. Clasificación textural de los suelos en la Vega7, Zamorano, Honduras.....	19
7. Componentes del sistema de riego, en la Vega 7, Zamorano, Honduras.....	22

Anexo

1. Descripción de calicatas en la Vega 7, Zamorano, Honduras.	33
2. Caudal de goteros para el cálculo del Coeficiente de Uniformidad y la Uniformidad de la Distribución, Vega 7, Zamorano, Honduras.	35
3. Cálculo de las necesidades hídricas para suelos franco arenoso en los cultivos de cítricos en Zamorano, Honduras.....	36

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos indispensables en la agricultura ya que a través de este componente la planta adquiere nutrientes para su metabolismo. La cantidad de área sembrada y los rendimientos están relacionados a la cantidad y calidad de agua que se disponga y a la eficiencia de funcionamiento del sistema de riego.

El lote conocido como La Vega 7 de Zamorano con un área aproximada de seis hectareas, ubicadas a 764 msnm, tiene un cultivo de mandarina Dancy (*Citrus reticulata*), naranja Valencia (*Citrus sinensis*) y limón Persa (*Citrus latifolia*), regados con un sistema de riego por goteo. La falta de un programa formal de riego, conlleva a un uso deficiente del sistema, lo cual tiene un efecto directo en el desarrollo del cultivo.

Los cítricos consumen gran cantidad de agua al ser plantas de hoja perenne y con una evapotranspiración continua. Con un buen plan de funcionamiento, se pueden alcanzar los objetivos del riego por goteo. La optimización del uso del agua, el bulbo de humedecimiento adecuado y la cantidad necesaria de agua por planta en la aplicación, son algunas de las características de este sistema. Además, se puede mejorar el manejo de fertilizantes, aprovechando el riego, permitiendo así establecer los ciclos de aplicación.

Establecer un plan de funcionamiento de riego involucra factores tales como las características del suelo, del clima, disponibilidad, la evapotranspiración y el sistema de riego.

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Así mismo, factores como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo (Avidán 1994), ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración (FAO 2006)

Es importante conocer la calidad del agua con que se va abastecer el cultivo (Amoros 1993) y las características fenológicas y fisiológicas del cultivo. El análisis e interrelación de estos factores y características permiten estimar la cantidad de agua a regar. Al mismo tiempo, es necesario conocer las limitantes externas que pueden influir en el manejo, tales como disponibilidad de la fuente de agua, capacitación de empleados y estado del sistema de riego.

Esta investigación consistió en elaborar un plan de manejo del riego de la plantación de cítricos de Zamorano, así como recomendar mejoras en el sistema de riego. Los objetivos específicos fueron: evaluar el sistema de riego por goteo con que cuenta el lote de cítricos, en términos de operación y eficiencia y determinar los factores relacionados a la fuente de agua, clima, suelo y cultivo; que influyen en la operación y eficiencia del sistema de riego.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó en el lote conocido como la Vega 7, de Zamorano en el valle del Yeguaré entre mayo y julio de 2009. Esta zona se encuentra a 764 msnm, tiene una temperatura promedio anual de 23.4 °C y una precipitación media anual de 1,084 mm, distribuida entre mayo y noviembre.

2.2 FUENTE DE AGUA

2.2.1 Descripción de la fuente principal

La fuente principal es la microcuenca de Santa Inés, la cual tiene un caudal aproximado de 65 L/s en verano y de 150 L/s en invierno. Aproximadamente 30 L/s en época seca y 50 L/s en época lluviosa se captan a través de un canal superficial de 300 m de largo, y luego pasa a través de una tubería de PVC de 20.32 cm de diámetro. El flujo es por gravedad.

2.2.2 Calidad

Se determinó el pH, la conductividad eléctrica y la turbidez del agua con un medidores marca Hanna M 641 en mayo de 2009. La recolección de muestras se hizo en tres puntos del recorrido: la quebrada Santa Inés, el canal abierto de conducción y la tubería principal en la Vega 7.

2.2.3 Caudal

Se utilizaron los registros de la Unidad de Riego para obtener datos de caudal en la tubería de Zamorano. En la quebrada Santa Inés se realizó el aforo indirecto con un molinete o escorrentímetro.

2.2.4 Disponibilidad y usos.

Se determinó la disponibilidad semanal de agua de la microcuenca de Santa Inés. El agua de la fuente es usada en Zamorano para cubrir las necesidades de 50 ha de maíz en San Nicolás; regado por un pivote central; 17 ha de caña de azúcar, regadas por un avance frontal y los cultivos de mango, plátano, café y cítricos en Zamorano, regados por sistemas de aspersión y goteo.

2.3 CLIMA

Los datos de clima se obtuvieron de la estación climatológica automatizada de la Escuela Agrícola Panamericana, que se encuentra en Zona 1. Se utilizaron los promedios diarios entre septiembre y abril, durante los últimos cinco años. Se determinaron los promedios de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, para determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) mediante el método de Penman-Monteith, elaborado por la Organización para la Alimentación y Agricultura (FAO 2006).

2.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

Se calculó la evapotranspiración semanal del cultivo (ET_c) semanal de los cítricos entre septiembre y abril, para lo cual se determinó el coeficiente del cultivo (K_c) dependiendo de la fase de desarrollo y se utilizaron los promedios de cada semana de ET_o.

El coeficiente del cultivo varía dependiendo de su desarrollo, por esta razón la FAO propone cuatro etapas de crecimiento que son: inicial, de desarrollo, mediados de periodo y final. Se determinó la etapa en que se encontraban los cítricos de forma visual.

Para el cálculo de la ET_c se utilizó la fórmula:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad [1]$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ET_o = Evapotranspiración potencial (mm/día)

K_c = Coeficiente del cultivo (adimensional)

2.5 SUELO

2.5.1 Medición de área y levantamiento topográfico

El área se midió con un GPS Garmin 76CS. Se realizó un levantamiento topográfico usando una estación total para determinar las curvas a nivel y calcular la pendiente

2.5.2 Textura y estructura

Se realizaron barrenaciones a 60 cm de profundidad de forma sistemática, en cuadrícula a 70 m × 70 m. Se realizaron 21 barrenaciones y según la variabilidad de las texturas se hicieron calicatas, para cada tipo de suelo. En las calicatas se describieron los horizontes y sus características físicas. Se recolectaron muestras de suelo, las cuales fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, para obtener texturas por el método de Bouyoucos; pH determinado con potenciómetros en relación 1:1, suelo: agua, y materia orgánica por el método de Walkey – Black (Arévalo y Gauggel 2008).

Los datos de humedad a capacidad de campo y marchitez permanente fueron obtenidos a partir de datos publicados por la Organización para la Alimentación y Agricultura (FAO 2006), según la textura del suelo.

2.5.3 Pruebas de infiltración

Las pruebas se realizaron en mayo del 2009 y se ubicaron de acuerdo a las diferentes familias texturales para representar cada tipo de suelo. Se utilizó el método de los cilindros infiltrómetros para determinar la infiltración básica. Este método comprende dos cilindros metálicos, ubicados uno dentro del otro (Hargreaves y Merkle 1998). Se realizaron tres pruebas por cada grupo textural. A partir de los datos obtenidos se determinó la infiltración instantánea, acumulada y básica.

2.6 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE RIEGO

Para determinar el estado de las cintas y goteros y funcionamiento general en la Vega 7, se realizaron las siguientes actividades:

2.6.1 Mapeo del sistema de riego con un GPS

Se determinó el trayecto de las tuberías y la posición de las válvulas de riego y se dividió el área cultivada por lotes de aplicación. Se identificaron los diámetros de tubería, las válvulas y filtros.

2.6.2 Determinación del caudal de goteros

Para determinar la uniformidad de la descarga de los goteros en la Vega 7, se midió el caudal de descarga del 10% de los árboles en el lote. Se tomaron al azar tres hileras de árboles ubicados al inicio, centro y final del lote. En cada hilera se tomaron tres árboles ubicados al inicio, centro y final de la hilera. En cada árbol se determinó el caudal de seis goteros en mL/min (Anexo 2).

2.6.3 Cálculo del Coeficiente de Uniformidad (CU)

Es un indicador de que tan iguales o desiguales son las aplicaciones por parte de los emisores. Se calculó mediante la fórmula (Villasante 1995):

$$CU = 100 \times ((1 - \sum |X_i - X| / (X \times n)) \quad [2]$$

Donde:

CU = Coeficiente de Uniformidad, en %.

X_i = Caudal por gotero (mL/min)

X = Promedio de todos los datos

n = Número de datos

$|X_i - X|$ = Valor absoluto de la diferencia entre X_i y X.

2.6.4 Cálculo de la Uniformidad de la Distribución (DU)

Compara la lámina promedio de agua que cae en el 25% de los recipientes que percibe la menor lámina, con la lámina promedio sobre el 100% del área (Forero 2000).

$$DU = 100 \times (L_p 25\% / X) \quad [3]$$

Donde

DU = Uniformidad de la distribución

Lp 25% = promedio de caudal por gotero del 25% del área que recibe la menor lámina

X = promedio de todos los datos.

2.7 DIAGNÓSTICO DE OPERACIÓN Y MANEJO

Se realizó una evaluación física del cultivo, muestreando el 10% de la población total de árboles. Se evaluó la densidad poblacional, etapa fenológica del cultivo y estado físico de las plantas. Se estableció los días de funcionamiento, el tiempo y la frecuencia de riego y se evaluó la capacitación del personal encargado del sistema. Esta información fue otorgada por el personal que trabajaba en la unidad empresarial de Frutales, de la Escuela Agrícola Panamericana.

2.8 PLAN DE MANEJO

El funcionamiento de los sistemas de riego por goteo en la Vega, el pivote central y el avance frontal dependen del agua de la microcuenca de Santa Inés, por esta razón se calculó las horas de uso semanal para cada sistema. Se utilizó valores de Kc del maíz, sembrado en 25 hectáreas y regado por el pivote central y se utilizó valores de Kc de caña de azúcar para determinar las horas regadas por el avance frontal.

Las necesidades hídricas de los cultivos se determinaron según el tipo de suelo; para esto se calcularon los siguientes parámetros (Avidán 1994):

2.8.1 La evapotranspiración del cultivo (ETc)

Es el resultado de la cantidad de agua perdida por los procesos de evaporación y transpiración. Se estimó una ETc, semanal para conocer la lámina de agua necesaria, que se debe aplicar en un ciclo de riego. Se calculó mediante la fórmula:

$$ETc = ETo \times Kc \quad [4]$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ETo = Evapotranspiración potencial (mm/día)

Kc = Coeficiente del cultivo (adimensional)

2.8.2 Agua disponible (AD)

Es el agua capilar que se encuentra entre capacidad de campo y marchitez permanente, expresada como porcentaje del volumen del suelo. El AD es el agua capilar, la cual esta retenida entre 0.3 atm y 15.5 atm. Se calculó mediante la fórmula:

$$AD = (HCC - HPMP) \times Pea \quad [5]$$

Donde:

AD = Porcentaje de agua disponible

HCC = Porcentaje de agua a Capacidad de Campo (0.3 atm)

HPMP = Porcentaje de agua en punto de marchitez permanente (15.5 atm)

Pea = Peso específico aparente, g/cm³

2.8.3 Agua disponible a profundidad radicular (ADzr)

Es la lámina de agua que se encuentra a la profundidad donde hay mayor concentración de raíces. Se tomó como profundidad efectiva de raíces, 0.60 m.

2.8.4 Agua aprovechable (AA)

Es el porcentaje máximo de agua que puede agotarse sin causar estrés hídrico a una planta. Se obtuvo mediante valores recomendados por la FAO en el 2006. Se ajustó mediante la fórmula:

$$\rho_{aj} = \rho + 0.04 \times (5 - ETc) \quad [6]$$

Donde:

p_{aj} = Porcentaje de agua permisible ajustado.

P = Porcentaje de agua permisible a un ETc = 5mm/día

ETc = Evapotranspiración del cultivo mm/día.

2.8.5 Lámina de agua aprovechable a nivel radicular (LAzr)

Es la lámina de agua que aprovecha el cultivo en su profundidad radicular efectiva.

$$LAzr = ADzr \times AA \quad [7]$$

Donde:

LAzr = Lámina de agua aprovechable a nivel radicular (mm)

ADzr = Agua disponible a nivel radicular (mm)

AA = Máximo porcentaje de agua aprovechable

2.8.6 Diámetro del bulbo humedecido

Es el diámetro que alcanza el bulbo de humedecimiento de un gotero en el suelo. El bulbo depende de la descarga del emisor, propiedades del suelo, duración y frecuencia de riego. Se determinó el diámetro de bulbo humedecido según los tipos de suelos presentes en la Vega 7. Se calculó mediante la fórmula:

$$d = (q_e / 0.785 \times IB)^{1/2} \quad [8]$$

Donde:

d = Diámetro del bulbo humedecido (m)

q_e = Caudal del emisor (L/h)

IB = Infiltración básica (mm/h)

2.8.7 Área bajo riego (PAR):

Expresa la relación, en porcentaje, entre el área humedecida y el área total bajo riego. El área humedecida es el área del bulbo de humedecimiento, mientras que el área total se refiere al espacio comprendido entre goteros adyacentes. Se determinó el área bajo riego en los diferentes tipos de suelo, presentes en la Vega 7.

2.8.8 Precipitación horaria del sistema (Phr):

Es la cantidad de agua expresada, en mm/h, que se aplica tomando en cuenta el PAR.

$$Phr = \text{Número de emisores por hectárea} \times Q_e / 100 \times PAR \quad [9]$$

Donde:

Phr = Precipitación horaria del sistema (mm/h)

Q_e = Caudal del emisor (L/h)

PAR = Porcentaje de área bajo riego.

2.8.9 Intervalo de riego (Ir):

Es el tiempo expresado en días, que hay entre dos riegos continuos.

2.8.10 Lámina de riego ajustada (LR aj):

Es la lámina de agua que se debe reponer por cada ciclo de riego, tomando en cuenta la ETc del cultivo y el intervalo de riego ajustado. Se calculó mediante la fórmula:

$$LR_{aj} = Ir_{aj} \times ETc \quad [10]$$

Donde:

LR_{aj} = Lámina de riego ajustada (mm)

Ir_{aj} = Intervalo de riego ajustado (días)

ETc = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

2.8.11 Lámina bruta (LB):

Es la que se va a aplicar considerando la eficiencia del sistema de riego, la cual fue de 90%.

2.8.12 Horas de riego por turno (Ht):

Es la duración del turno de riego para reponer la LAzr y se calculó mediante la fórmula:

$$Ht = LB / Phr \quad [11]$$

Donde:

Ht = Horas de riego por turno (h)

LB = Lámina bruta (mm)

Phr = Precipitación horaria del sistema (mm/h)

2.8.13 Volumen de riego bruto por hectárea (VB):

Es el volumen de agua que se debe aplicar por hectárea para reponer la lámina agotada.

$$VB = LB \times PAR/100 \quad [12]$$

Donde:

VB = Volumen de riego bruta (m^3/ha)

LB = Lámina bruta (mm)

PAR = Porcentaje de área bajo riego

2.8.14 Superficie bajo riego por turno (Sr):

Es el área regada por cada turno de riego; para esto se dividió el área en dos bloques de aplicación, en donde cada bloque era regado por un turno de riego.

2.8.15 Volumen de riego bruto por turno (VBt):

Es el volumen de agua utilizado para regar cada turno de riego en el área calculada.

2.8.16 Caudal requerido (Qr):

Es el caudal necesario para que funcione el sistema.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 FUENTE DE AGUA

La microcuenca Santa Inés la cual se encuentra a 3.05 km de la Vega 7 y a una elevación de 850 msnm, a $13^{\circ} 58' 52.43''$ N y $86^{\circ} 57' 53.48''$ O (Figura 1).



Figura 1. Sistema de trasvase proveniente de la Microcuenca de Santa Inés, Valle del Yeguaré, Departamento Francisco Morazán, Honduras.

3.1.1 Calidad de agua

Los valores de pH y turbidez están fuera del rango óptimo para cultivo de cítricos. Un pH muy alcalino afecta la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta (Agustí 2003). La turbidez del agua mide las partículas suspendidas, ayuda a la adhesión de metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos y plaguicidas. Los valores medidos en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) fueron más bajos en la fuente y en el canal de conducción que los valores obtenidos en la tubería de la Vega 7 (Cuadro 1), (Figura 2).

Esto se debe a las partículas de sedimentos que se van acumulando en el trayecto del agua desde la fuente a la tubería en los cítricos. Los valores máximos de turbidez en el agua permitidos por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S) para consumo humano son de 5 NTU, idealmente deben ser menores a 1 NTU. Esto indica que por ser cultivos, la utilización del agua de Santa Inés es adecuada, siempre y cuando la acumulación de partículas no cause obstrucciones en el sistema de riego.

Cuadro 1. Valores de pH, conductividad eléctrica y turbidez en tres puntos de la fuente de agua de Santa Inés, Zamorano. Honduras.

<u>Lugar de recolección</u>	<u>pH</u>	<u>Conductividad eléctrica (uS/cm)</u>	<u>Turbidez (NTU)^a</u>
Quebrada de Santa Inés	8.03	44.5	7.78
Canal de conducción	8.04	43.9	8.12
Tubería en la Vega 7	8.05	46.3	9.06

^a NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez



Figura 2. Puntos de recolección de muestras de agua en el curso del trasvase desde Santa Inés a Zamorano, Honduras.

3.1.2 Caudal y Disponibilidad.

La microcuenca de Santa Inés, es una fuente de agua utilizada por la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) y varias poblaciones establecidas en Valle del Yeguaré. El caudal promedio de la fuente entre septiembre y diciembre es de 137 L/s y de enero a abril es de 77 L/s (Figura 3).

3.2 CLIMA

Se calculó la evapotranspiración potencial (ET_o) mediante los datos obtenidos de la estación climatológica de Zamorano, durante los últimos 5 años, los promedios semanales de humedad relativa, temperatura, radiación y velocidad del viento entre los meses de septiembre a abril (Figura 4). La evapotranspiración fue mayor entre marzo y abril porque es la época en la cual aumenta la evaporación del agua en el suelo y la transpiración de los cultivos.

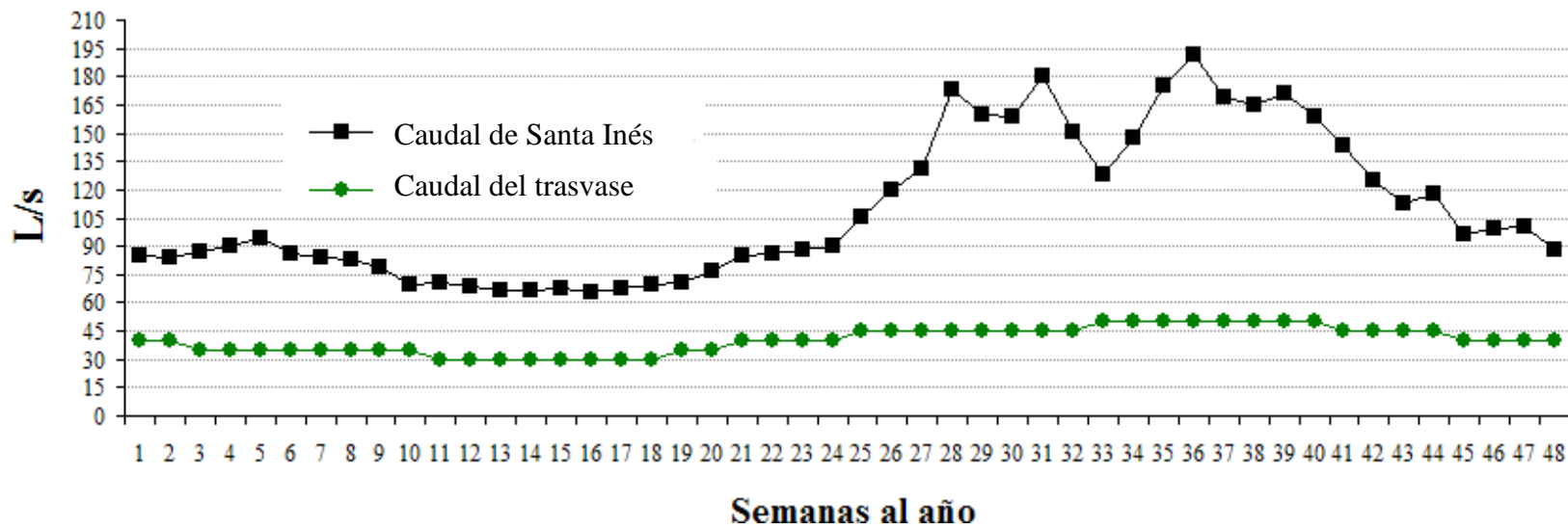


Figura 3. Disponibilidad del agua proveniente de la microcuenca de Santa Inés y en el trasvase de Zamorano, Honduras. Estos datos fueron obtenidos de la Unidad de Riego de Zamorano, Honduras.

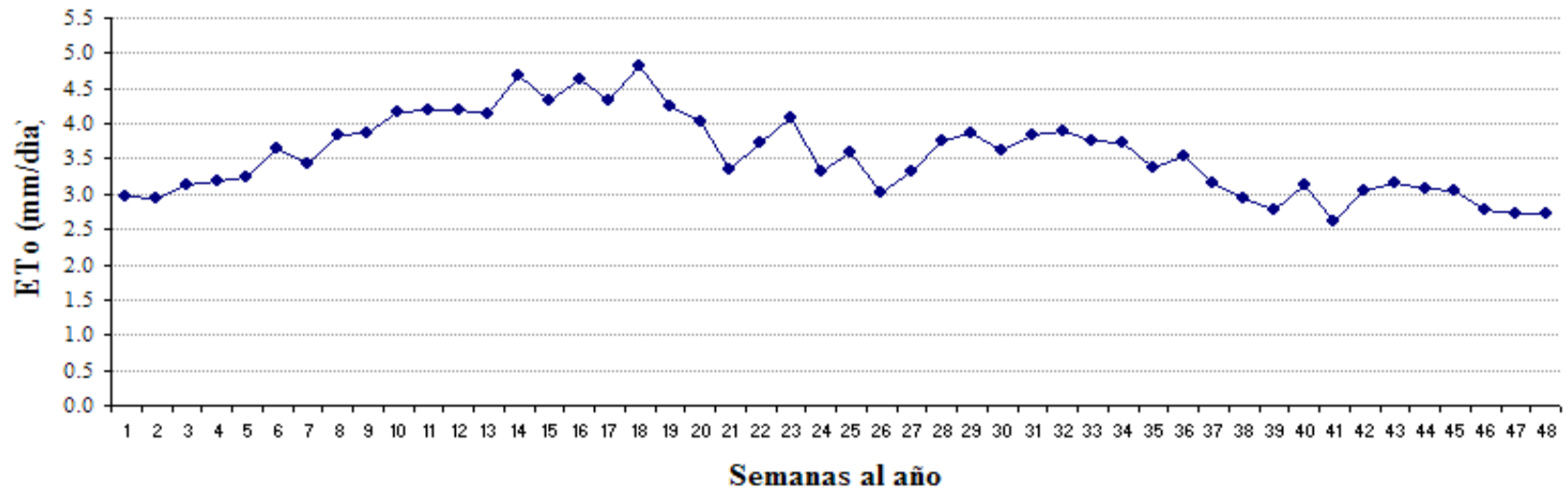


Figura 4. Promedios semanales de la Evapotranspiración potencial (ETo) en mm/día en Zamorano, Honduras.

3.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

Los cultivos presentes en la Vega 7 fueron establecidos hace siete años con una densidad de 400 plantas/ha. Se encontró la misma densidad poblacional en los tres cultivos y las plantas no evidenciaron daños físicos.

Se determinó que las etapas de desarrollo y mediados de temporada en los cultivos de cítricos están entre los meses de mayo a octubre, por esta razón se determinó que las etapas fenológicas en que se encontraban los cultivos es la etapa inicial en diciembre a mayo y etapa tardía en septiembre a noviembre. Se calcularon los valores de ETc semanal (Figura 5), el valor del coeficiente de cultivo (K_c) en la etapa inicial es 0.75 y en la etapa tardía es 0.8.

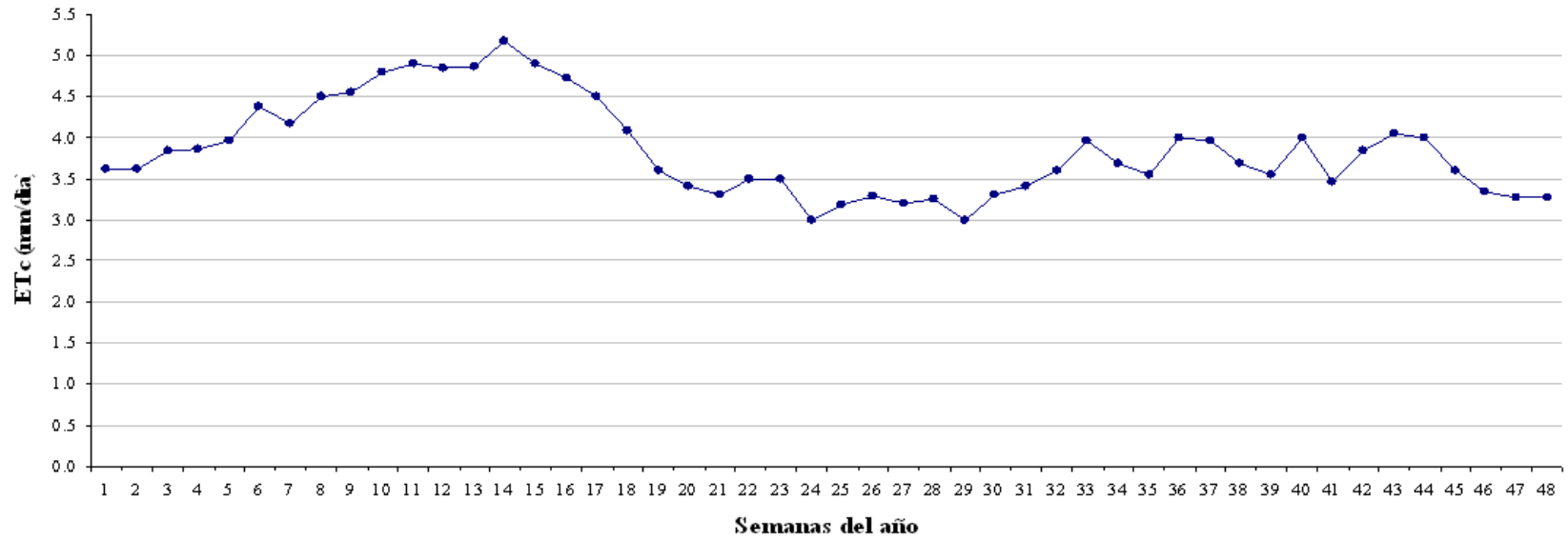


Figura 5. Valores de la ETc semanal considerando valores promedios diarios de ETo por semana y la etapa de crecimiento del cultivo en la Vega 7, Zamorano, Honduras.

3.4 SUELO

3.4.1 Levantamiento topográfico

Se determinaron las curvas a nivel y se calculó una pendiente de 1.4%.

3.4.2 Textura y estructura

Los suelos de la Vega 7 se agruparon por texturas y se obtuvo que predominaban las texturas **Medias (M)** (franco, franco arenosa, franco limosa) sobre **Muy finas (F⁺)** (franco arcillosas y arcillosas), distribuidos en tres áreas (Figura 6). Basado en la textura del suelo, se utilizaron humedades a capacidad de campo (HCC) y humedades a punto de marchitez permanente (HPMP) de 14% y 6% para suelos con textura franco arenosa y 23% (HCC) y 9% (HPMP) para suelos con textura franco limosa.

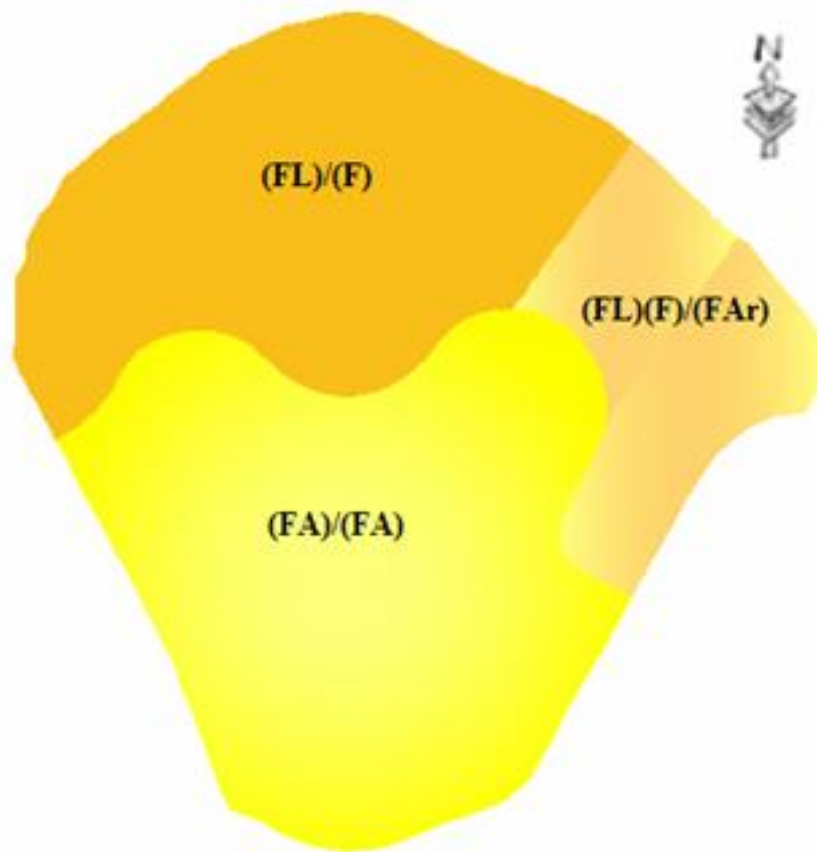


Figura 6. Clasificación textural de los suelos en la Vega 7, Zamorano, Honduras.
FA= franco arenoso; F= franco; FL= franco limoso; FAr = franco arcilloso. (00-30cm)(30-50)/(50-60X)

Las texturas encontradas en las calicatas demuestran tres tipos de suelos en donde predominaban las texturas franco arenoso, franco, franco limoso, franco arcilloso, y arcilloso (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variación de textura en las tres calicatas descritas en la Vega 7, Zamorano, Honduras.

Profundidad (cm)	Familias texturales		
	No. Calicata		
	1	2	3
0			
10			
20	(FL)	(FL)	
30	(F)		(FA)
40	(FAr)	(F)	
50			
60			
70	(Ar)		
80		(Ar)	
90			
100			(FAr)

Textura: FA= Franco arenoso; F= Franco; FL= Franco Limoso; FAr = Franco Arcilloso; Ar =Arcilloso.

3.4.3 Infiltración básica (IB)

La infiltración básica medida en la Vega 7 demuestra que el agua no tiene problemas para ingresar al suelo, aunque varía con la textura y estructura del suelo en el terreno. Se utilizó la infiltración básica de 5 mm/h para el cálculo del bulbo húmedo en suelos franco limosos y 23 mm/h para suelos franco arenosos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Infiltración Básica (IB) para las unidades texturales y estructura de los suelos, en la Vega 7, Zamorano, Honduras.

Unidad de suelo	Estructura	Cilindro	IB (mm/h)
(M)(M)(F-)/(F+)	Migajosa y bloques angulares	A	7
		B	8
		C	8
(M)(M)/(F+)	Bloques subangulares	A	5
		B	8
(M)(M)/(F-)	Gránulos y bloques subangulares	A	23
		B	24
		C	37

Profundidad en centímetros de texturas (0-50)/ (50-90X).

3.5 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE RIEGO

3.5.1 Tuberías.

Las tuberías principal y secundaria del sistema son de PVC, trabajan a presiones de 100 PSI y tienen un SDR de 41. Los diámetros de las tuberías son de 20.32 cm para la principal y 10.16 cm para la secundaria. El agua pasa por dos filtros de anillos que permiten el paso a los laterales.

3.5.2 Laterales y emisores

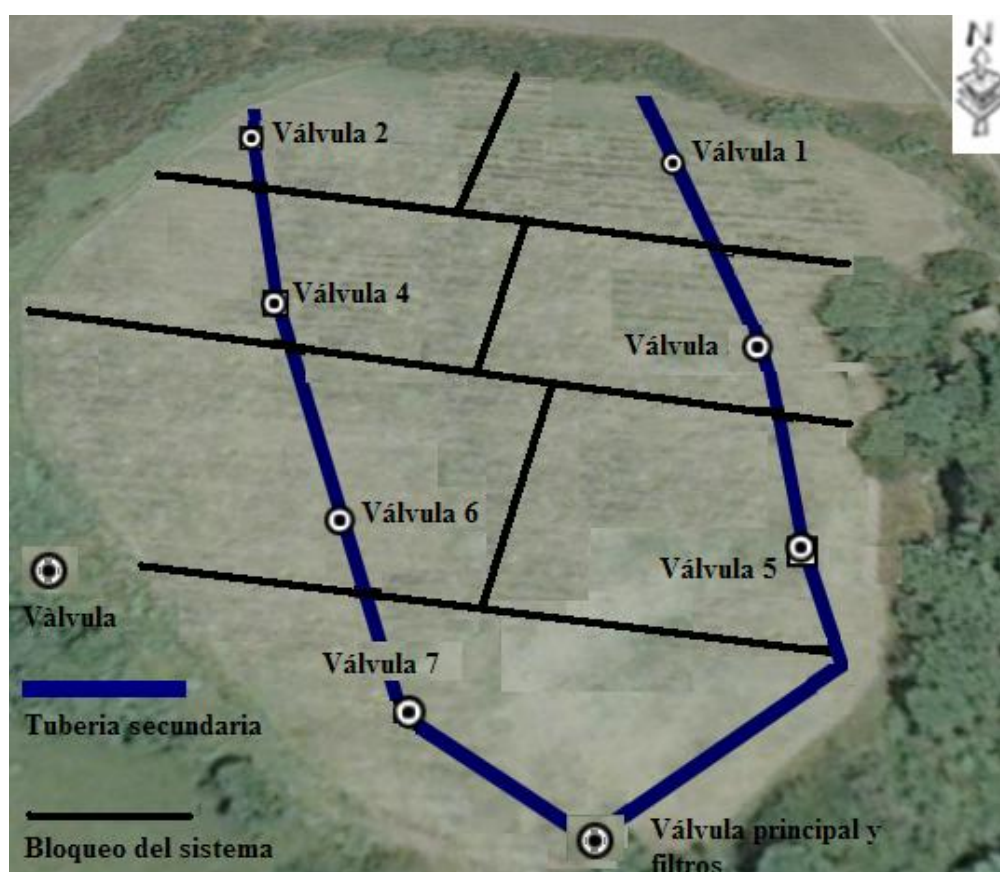
Los laterales son dos mangueras por hilera de cultivo, con tres goteros tipo “botón” por lateral. La descarga de cada gotero es de 8 L/hora.

3.5.3 Bloqueo del sistema

El sistema de riego fue bloqueado con una válvula por cada lote de producción. Se dividió en siete lotes, con un total de 5.54 ha de cultivo (Cuadro 4), (Figura 7).

Cuadro 4. Bloques de riego en la Vega 7, Zamorano, Honduras.

Cultivo	Lotes	Área (ha)	No. válvula	No. de plantas
Naranja Valencia	1	0.91	1	364
	2	0.67	2	268
Mandarina Dancy	3	0.73	3	292
	4	0.92	4	368
Limón Persa	5	0.70	5	280
	6	1.05	6	420
	7	0.56	7	224
Total		5.54		



El número de lote está representado por la numeración de cada válvula.

Figura 7. Componentes del sistema de riego, en la Vega 7, Zamorano, Honduras.

3.6 DIAGNÓSTICO DE MANEJO Y OPERACIÓN

3.6.1 Manejo

Los ciclos de riego en la Vega 7 tienen un intervalo de 7 días y consisten de dos turnos de riego. El primer turno es el sábado para el Limón Persa (válvulas 5, 6 y 7) y el domingo para la Naranja Valencia y la Mandarina Dancy durante 12 horas por cada turno de riego. Este manejo es realizado por el personal de Producción de Frutales.

3.6.2 Operación

Los cálculos del Coeficiente de Uniformidad (CU) y la Uniformidad de la distribución (DU) se realizaron en el lote 7, ya que era el único que presentaba las condiciones adecuadas para la toma de datos en el día del muestreo. La eficiencia del sistema fue de 54% y el DU de 23 %. Estos parámetros indican que no existe uniformidad en las descargas de los goteros, debido al mal estado de los laterales y emisores (Anexo 2).

3.7 PLAN DE MANEJO

3.7.1 Disponibilidad de horas de riego semanales

Los meses con mayor demanda de agua por parte de los cultivos de maíz y caña de azúcar, son marzo y abril. En estos meses no hay horas disponibles de riego que permitan regar todas las plantaciones de frutales en Zamorano; incluyendo los cultivos de cítricos en la Vega 7 (Cuadro 5).

En Zamorano, se facilita el agua a los cultivos regados por el pivote central y el avance frontal porque no hay una fuente de agua cercana que permita regar los cultivos en los meses con mayor demanda. En la Vega 7, el sistema de riego puede ser abastecido por el río Yeguaré, que pasa junto a la plantación de cítricos. Por esta razón, el plan de manejo desarrollado depende de la cantidad de horas que necesiten los sistemas para cubrir la demanda de los cultivos que abastecen.

El pivote central utiliza la laguna de Titicaca como fuente alterna de agua. Este reservorio no tiene la capacidad de abastecer el sistema en marzo y abril y es utilizado como fuente de emergencia.

3.7.2 Necesidades hídricas

Se dividieron los lotes de aplicación en turnos de riego; en donde las válvulas 1, 2, 3 y 4 forman el turno 1, y las válvulas 5, 6 y 7 el turno 2. Se calculó las necesidades hídricas en cada tipo de suelo; las textura franco limosas están en el turno 1 y las franco arenosas en el turno 2.

3.7.3 Turno 1

La mayor demanda de agua de los cultivos se presenta en marzo y abril; por esta razón la lámina de agua necesaria es mayor y el tiempo necesario para cubrir la lámina bruta varía de 3.4 a 3.9 horas de riego semanales. La precipitación horaria del sistema es de 10.3 mm/h. Se determinó que el ciclo de riego será de 7 días, y se aplicará en tres días a la semana, para permitir un humedecimiento continuo del suelo y distribuir mejor la lámina de aplicación; el caudal necesario para el funcionamiento del sistema es aproximadamente de 62 m³/h (Cuadro 6).

3.7.4 Turno 2

El tiempo necesario para cubrir la lámina bruta varía de 1.5 a 1.7 horas de riego semanales en marzo y abril. La precipitación horaria del sistema es de 24 mm/h. Se determinó que el ciclo de riego será de 7 días y se aplicará en tres días a la semana, para permitir un humedecimiento continuo de los suelos franco arenosos y que el agua no sea desperdiciada debido a la alta tasa de infiltración. El caudal necesario para el funcionamiento del sistema es aproximadamente de 44 m³/h (Cuadro 7).

Cuadro 5. Uso de horas semanales por cada sistema de riego, para abastecer las necesidades hídricas de cada cultivo, Zamorano, Honduras.

			Horas semanales usadas con cada sistema de riego															
Horas	Sistema de riego	Cultivo	Enero				Febrero				Marzo				Abril			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Semanales totales			168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Utilizadas	Pivote central	Maíz	37	37	40	40	54	60	57	62	77	81	84	82	78	84	79	76
	Avance frontal	Caña de azúcar	33	33	35	36	37	40	38	62	74	89	90	89	90	96	90	87
Disponibles	Goteo en la Vega 7	Cítricos	98	98	93	92	77	68	73	44	17	-2	-6	-3	0	-12	-1	5

			Horas semanales usadas con cada sistema de riego															
Horas	Sistema de riego	Cultivo	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Semanales totales			168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Utilizadas	Pivote central	Maíz	38	35	34	39	51	47	45	51	55	61	64	63	58	54	53	53
	Avance frontal	Caña de azúcar	34	32	31	35	34	32	31	52	52	66	70	69	66	62	60	61
Disponibles	Goteo en la Vega 7	Cítricos	96	101	103	94	83	89	92	65	61	41	34	36	44	52	55	54

Cuadro 6. Necesidades hídricas para el turno 1 en la Vega de septiembre a diciembre, Zamorano, Honduras.

Descripción	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Coefficiente del cultivo (Kc)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.75	0.75	0.75	0.75
Evapotranspiración de referencia (ET _o , en mm/día)	5.0	4.6	4.4	5.0	5.0	4.6	4.4	5.0	4.3	4.8	5.1	5.0	4.8	4.5	4.4	4.4
Evapotranspiración del cultivo (ET _c , mm/día)	4.0	3.7	3.5	4.0	4.0	3.7	3.5	4.0	3.5	3.8	4.0	4.0	3.6	3.3	3.3	3.3
Agua disponible en porcentaje	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
Agua disponible (mm) a profundidad radicular a 60 cm	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Agua Aprovechable en porcentaje (AA)	54.1	55.3	55.8	54.0	54.1	55.3	55.8	54.0	56.2	54.6	53.8	54.0	55.6	56.6	56.9	56.9
Lámina de agua aprovechable a nivel radicular (mm)	64.4	65.8	66.4	64.3	64.4	65.8	66.4	64.3	66.8	65.0	64.0	64.3	66.2	67.4	67.7	67.7
Diámetro del buldo de humedecimiento (m)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Porcentaje de área bajo riego (PAR)	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
Precipitación Horaria del Sistema (mm/h)	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
Eficiencia del Sistema	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Ciclo de riego (días)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Lámina de riego ajustada (mm)	27.8	25.8	24.8	28.0	27.8	25.8	24.8	28.0	24.2	26.9	28.3	27.9	25.1	23.4	22.9	22.9
Lámina bruta (mm)	30.9	28.6	27.6	31.1	30.9	28.6	27.6	31.1	26.9	29.9	31.5	31.0	27.9	26.0	25.4	25.5
Horas de riego necesarias	3.0	2.8	2.7	3.0	3.0	2.8	2.7	3.0	2.6	2.9	3.0	3.0	2.7	2.5	2.5	2.5
Días semanales de aplicación	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Horas de riego por día	1.0	0.92	0.89	1.0	0.99	0.92	0.89	1.0	0.87	0.96	1.0	1.0	0.90	0.84	0.82	0.82
El volumen de riego bruto por hectárea (m ³ /ha)	5.7	5.3	5.1	5.8	5.7	5.3	5.1	5.8	5.0	5.5	5.8	5.8	5.2	4.8	4.7	4.7
Superficie bajo riego por turno (ha)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Volumen de riego bruto por turno (m ³)	18.3	17.0	16.4	18.5	18.3	17.0	16.4	18.5	16.0	17.8	18.7	18.5	16.6	15.5	15.1	15.2
Caudal requerido (m ³ /h)	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5

Continuación. Cuadro 6. Necesidades hídricas para el turno 1 en la Vega de enero a abril, Zamorano, Honduras.

Descripción	Enero				Febrero				Marzo				Abril			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Coefficiente del cultivo (Kc)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Evapotranspiración de referencia (ET _o , en mm/día)	4.8	4.8	5.1	5.2	5.3	5.8	5.6	6.0	6.1	6.4	6.5	6.4	6.5	6.9	6.5	6.3
Evapotranspiración del cultivo (ET _c , mm/día)	3.6	3.6	3.8	3.9	4.0	4.4	4.2	4.5	4.6	4.8	4.9	4.8	4.9	5.2	4.9	4.7
Agua disponible en porcentaje	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
Agua disponible (mm) a profundidad radicular a 60 cm	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Agua Aprovechable en porcentaje (AA)	55.5	55.5	54.6	54.6	54.2	52.5	53.3	52.0	51.8	50.8	50.4	50.7	50.6	49.3	50.4	51.1
Lámina de agua aprovechable a nivel radicular (mm)	66.1	66.1	65.0	64.9	64.4	62.5	63.5	61.9	61.6	60.5	60.0	60.3	60.2	58.7	60.0	60.9
Diámetro del buldo de humedecimiento (m)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Porcentaje de área bajo riego (PAR)	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
Precipitación Horaria del Sistema (mm/h)	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
Eficiencia del Sistema	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Ciclo de riego (días)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Lámina de riego ajustada (mm)	25.3	25.3	26.9	27.0	27.7	30.6	29.1	31.5	31.9	33.6	34.3	33.8	34.0	36.2	34.2	33.0
Lámina bruta (mm)	28.1	28.1	29.9	30.0	30.8	34.0	32.4	35.0	35.4	37.3	38.1	37.6	37.7	40.2	38.0	36.7
Horas de riego necesarias	2.7	2.7	2.9	2.9	3.0	3.3	3.1	3.4	3.4	3.6	3.7	3.6	3.7	3.9	3.7	3.5
Días semanales de aplicación	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Horas de riego por día	0.9	0.91	0.96	1.0	0.99	1.10	1.04	1.1	1.14	1.20	1.2	1.2	1.22	1.30	1.23	1.18
El volumen de riego bruto por hectárea (m ³ /ha)	5.1	5.1	5.4	5.4	5.5	6.1	5.8	6.3	6.4	6.7	6.9	6.8	6.8	7.2	6.8	6.6
Superficie bajo riego por turno (ha)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Volumen de riego bruto por turno (m ³)	16.2	16.2	17.2	17.3	17.7	19.6	18.7	20.2	20.4	21.5	21.9	21.7	21.7	23.2	21.9	21.1
Caudal requerido (m ³ /h)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

Cuadro 7. Necesidades Hídricas para el turno 2 en la Vega 7 de septiembre a diciembre, Zamorano, Honduras.

Descripción	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Coefficiente del cultivo (Kc)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.75	0.75	0.75	0.75
Evapotranspiración de referencia (ET _o , en mm/día)	5.0	4.6	4.4	5.0	5.0	4.6	4.4	5.0	4.3	4.8	5.1	5.0	4.8	4.5	4.4	4.4
Evapotranspiración del cultivo (ET _c , mm/día)	4.0	3.7	3.5	4.0	4.0	3.7	3.5	4.0	3.5	3.8	4.0	4.0	3.6	3.3	3.3	3.3
Agua disponible en porcentaje	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Agua disponible (mm) a profundidad radicular a 60 cm	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Agua Aprovechable en porcentaje (AA)	54.1	55.3	55.8	54.0	54.1	55.3	55.8	54.0	56.2	54.6	53.8	54.0	55.6	56.6	56.9	56.9
Lámina de agua aprovechable a nivel radicular (mm)	39.0	39.8	40.2	38.9	39.0	39.8	40.2	38.9	40.4	39.3	38.7	38.9	40.1	40.8	41.0	41.0
Diámetro del buldo de humedecimiento (m)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Porcentaje de área bajo riego (PAR)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Precipitación Horaria del Sistema (mm/h)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Eficiencia del Sistema	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Ciclo de riego (días)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Lámina de riego ajustada (mm)	27.8	25.8	24.8	28.0	27.8	25.8	24.8	28.0	24.2	26.9	28.3	27.9	25.1	23.4	22.9	22.9
Lámina bruta (mm)	30.9	28.6	27.6	31.1	30.9	28.6	27.6	31.1	26.9	29.9	31.5	31.0	27.9	26.0	25.4	25.5
Horas de riego necesarias	1.3	1.2	1.1	1.3	1.3	1.2	1.1	1.3	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1
Días semanales de aplicación	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Horas de riego por día	0.43	0.40	0.38	0.43	0.43	0.40	0.38	0.43	0.37	0.41	0.44	0.43	0.39	0.36	0.35	0.35
El volumen de riego bruto por hectárea (m ³ /ha)	2.5	2.3	2.2	2.5	2.5	2.3	2.2	2.5	2.2	2.4	2.5	2.5	2.2	2.1	2.0	2.0
Superficie bajo riego por turno (ha)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Volumen de riego bruto por turno (m ³)	5.7	5.3	5.1	5.7	5.7	5.3	5.1	5.7	4.9	5.5	5.8	5.7	5.1	4.8	4.7	4.7
Caudal requerido (m ³ /h)	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44

Continuación. Cuadro 7. Necesidades hídricas para el turno 2 en la Vega de enero a abril, Zamorano, Honduras.

Descripción	Enero				Febrero				Marzo				Abril			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Coefficiente del cultivo (Kc)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Evapotranspiración de referencia (ET _o , en mm/día)	4.8	4.8	5.1	5.2	5.3	5.8	5.6	6.0	6.1	6.4	6.5	6.4	6.5	6.9	6.5	6.3
Evapotranspiración del cultivo (ET _c , mm/día)	3.6	3.6	3.8	3.9	4.0	4.4	4.2	4.5	4.6	4.8	4.9	4.8	4.9	5.2	4.9	4.7
Agua disponible en porcentaje	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Agua disponible (mm) a profundidad radicular a 60 cm	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Agua Aprovechable en porcentaje (AA)	55.5	55.5	54.6	54.6	54.2	52.5	53.3	52.0	51.8	50.8	50.4	50.7	50.6	49.3	50.4	51.1
Lámina de agua aprovechable a nivel radicular (mm)	40.0	40.0	39.3	39.3	39.0	37.8	38.4	37.4	37.3	36.6	36.3	36.5	36.4	35.5	36.3	36.8
Diámetro del buldo de humedecimiento (m)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Porcentaje de área bajo riego (PAR)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Precipitación Horaria del Sistema (mm/h)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Eficiencia del Sistema	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Ciclo de riego (días)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Lámina de riego ajustada (mm)	25.3	25.3	26.9	27.0	27.7	30.6	29.1	31.5	31.9	33.6	34.3	33.8	34.0	36.2	34.2	33.0
Lámina bruta (mm)	28.1	28.1	29.9	30.0	30.8	34.0	32.4	35.0	35.4	37.3	38.1	37.6	37.7	40.2	38.0	36.7
Horas de riego necesarias	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.3	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.5
Días semanales de aplicación	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Horas de riego por día	0.39	0.39	0.41	0.42	0.43	0.47	0.45	0.49	0.49	0.52	0.53	0.52	0.52	0.56	0.53	0.51
El volumen de riego bruto por hectárea (m ³ /ha)	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.7	2.6	2.8	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2	3.0	2.9
Superficie bajo riego por turno (ha)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Volumen de riego bruto por turno (m ³)	5.2	5.2	5.5	5.5	5.7	6.3	6.0	6.4	6.5	6.9	7.0	6.9	6.9	7.4	7.0	6.7
Caudal requerido (m ³ /h)	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44

4. CONCLUSIONES

- El funcionamiento del sistema de riego instalado en la Vega 7 es deficiente, lo cual fue expresado con un coeficiente de uniformidad de 53% y una uniformidad de la distribución de 23%.
- Los meses más críticos de disponibilidad de agua para los cultivos de cítricos, son marzo y abril.
- Los meses de mayor demanda hídrica por los cultivos de cítricos son de marzo y abril.
- La precipitación horaria del sistema de goteo, con una eficiencia de 90%, es de 10.3 mm/h en suelos franco limosos y de 24mm/hora en suelos franco arenosos.
- Se necesitan dos turnos de riego semanales para cubrir la lámina bruta semanal de los cultivos de cítricos.

5. RECOMENDACIONES

- Implementar el plan de funcionamiento del riego en la Vega 7 de Zamorano.
- Analizar la rentabilidad, para determinar los cultivos que al ser regados de forma permanente, generen mayores ingresos para Zamorano.
- Evaluar la rentabilidad al utilizar el agua proveniente de la quebrada del Yeguaré para los cultivos de cítricos en Zamorano.
- Realizar los turnos de riego semanales con un día de por medio, para reducir pérdidas de agua por evaporación y escorrentía.
- Elaborar registros de producción, para medir el efecto del plan de manejo en los rendimientos de los cultivos.
- Establecer un plan para mejorar las condiciones físicas del sistema de riego instalado en la Vega 7.
- Limpiar el sistema de riego para reducir la turbidez del agua que llega a la Vega 7.

6. LITERATURA CITADA

Agustí, M. 2003. Citricultura. Madrid, España. 422 p. Editorial Mundi-Prensa.

Amoros, M. 1993. Riego por goteo en cítricos. Madrid, España. 140 p

Arévalo, G y Gauggel, C. 2008. Manual de Prácticas del Curso de Manejo de suelos y Nutrición Vegetal. 79 p

Avidán, A. 1994. Determinación del régimen del riego de los cultivos. Fascículo 1: Factores que influyen sobre el régimen de riego. Israel. 68 p.

Avidán, A. 1994. Determinación del régimen del riego de los cultivos. Fascículo 2: La evapotranspiración de los cultivos. Israel. 68 p.

FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo. (En línea) Consultado el 12 de Julio 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>

Forero, J. 2000. Riego por goteo y por micro aspersión para árboles, vides y cultivos anuales. 334 p.

Hargreaves, G y Merkle, G. 2008. Irrigation Fundamentals. Utah, Estados Unidos. 182 p.

Villasante, L. 1995. El riego fundamentos hidráulicos. Madrid, España. 224 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Descripción de calicatas en la Vega 7, Zamorano, Honduras.

Calicata No. 1

Hor	Prof (cm)	Color	Text	Estructura			Consistencia			R.P.	Poros			Raíces			
				Tipo	Grado	Clase	Seco	Humedo	Mojado		Tam	For	Can	Tam	Can		
Ap	0-18	10 YR 3/3	FL	mi	d	mf	b	f	lpg	2	mf	t	f	f	y	m	m
Bt	18-31	10 YR 3/4	F	ba	d	f	ld	fi	pg	3	mf	t	p	f	y	g	f
2Ab	31-54	10 YR 3/2	FAr	gr	m y g	f	d	fi	pg	3	f	v y t	p	m	y	g	f
2Bwb	54-90X	10 YR 3/1	Ar	gr	g	f	d	mf	mpg	>4,5	f y m	v y t	f	f			p

Calicata No. 2

Hor	Prof (cm)	Color	Text	Estructura			Consistencia			R.P.	Poros			Raíces			
				Tipo	Grado	Clase	Seco	Humedo	Mojado		Tam	For	Can	Tam	Can		
Ap	0-23	10 YR 3/3	FL	bsa	m	m	b	f	lpg	4	myf	pyt	p	m	y	f	f
2Ab1	23-48	10 YR 2/2	F	bsa	f	m	d	fi	pg	>4,5	myf	v y t	f	f			p
2Ab2	48-70	10 YR 3/1	Ar	bsa que parten a grànulos	f	g	md	mfi	mpg	>4,5	myf	v y t	f	g			p
2Bwb	70-90X	10 YR 3/1	Ar	bsa que parten a grànulos	f	g	md	mfi	mpg	>4,5	m	v y t	f	g	y	f	p

Abreviaturas: Hor =Horizonte; Prof =Profundidad; Text =Textura; R.P. =Resistencia a la penetración. Poros: Tam =Tamaño; For =Forma; Cant =Cantidad. Raíces: Tam = Tamaño; Cant =Cantidad. Textura: A = Arenoso; AF= Arenoso franco; FA= Franco arenoso; F= Franco; FL= Franco Limoso; L= Limoso; FArA= Franco Arcillo Arenoso; FAr = Franco Arcilloso; FArL= Franco Arcillo Limoso; ArA= Arcillo Arenoso; ArL= Arcillo Limoso; Ar =Arcilloso. Estructura: Tipo: gr: granular; ba: bloques angulares; bsa: bloques subangulares. Grado: d: débil; m: moderado. Clase: f: finos; m: medianos; mg: muy gruesos. Consistencia: En húmedo: s: suelto; f: friable; fi: firme. Poros: Tamaño: t: todos los tamaños; m: medianos; f: finos. Forma: v: vesiculares; t: tubulares. Cantidad: p: pocos. Raíces: Tamaño: mf: muy finas; f: finas. Cantidad: a: ausentes; p: pocos

Continuación, Anexo 1.

Calicata No. 3

Hor	Prof (cm)	Color	Text	Estructura			Consistencia			R.P.	Poros			Raíces					
				Tipo	Grado	Clase	Seco	Humedo	Mojado		Tam	For	Can	Tam	Can				
Ap	0-25	10 YR 3/3	FA	g	d	f	s	mf	mpg	3	m	t	f	f	y	m	f		
2Ab1	25-53	10 YR 3/3	FA	bsa	m	m	b	f	lpg	3.5	f	t	p	f	y	m	p		
2Ab2	53-62	10 YR 3/2	FAr	bsa	f	g	d	fi	pg	>4,5	myf	t	p	g	y	f	p		
2Bb	62-90X	10 YR 3/2	FAr	bsa	f	g	d	mfi	mpg	>4,5	myf	v	y	t	p	g	y	f	p

Abreviaturas: Hor =Horizonte; Prof =Profundidad; Text =Textura; R.P. =Resistencia a la penetración. Poros: Tam =Tamaño; For =Forma; Cant =Cantidad. Raíces: Tam = Tamaño; Cant =Cantidad. Textura: A = Arenoso; AF= Arenoso franco; FA= Franco arenoso; F= Franco; FL= Franco Limoso; L= Limoso; FArA= Franco Arcillo Arenoso; FAr = Franco Arcilloso; FArL= Franco Arcillo Limoso; ArA= Arcillo Arenoso; ArL= Arcillo Limoso; Ar =Arcilloso. Estructura: Tipo: gr: granular; ba: bloques angulares; bsa: bloques subangulares. Grado: d: débil; m: moderado. Clase: f: finos; m: medianos; mg: muy gruesos. Consistencia: En húmedo: s: suelto; f: friable; fi: firme. Poros: Tamaño: t: todos los tamaños; m: medianos; f: finos. Forma: v: vesiculares; t: tubulares. Cantidad: p: pocos. Raíces: Tamaño: mf: muy finas; f: finas. Cantidad: a: ausentes; p: pocos.

Anexo 2. Caudal de goteros para el cálculo del Coeficiente de Uniformidad y la Uniformidad de la Distribución, Vega 7, Zamorano, Honduras.

Hilera 1 Inicio del lote			Hilera 2 Centro del lote			Hilera 3 Final del lote		
1^o	2	3	1	2	3	1	2	3
Caudal en mL/min								
50	0	40	130	85	0	65	120	0
14	60	130	140	95	10	20	80	80
30	45	80	65	120	83	80	0	55
130	45	30	110	65	60	165	40	130
155	140	120	85	55	90	30	55	60
140	70	135	120	50	90	170	140	20

1^o árbol ubicado al inicio de la hilera, 2 en el centro y 3 al final.

Anexo 3. Cálculo de las necesidades hídricas para suelos franco arenoso en los cultivos de cítricos en Zamorano, Honduras.

1. El agua disponible en % del volumen (AD)

$$AD = (HCC - HPMP) \times Pea$$

$$AD = (14\% - 6\%) \times 1.5 \text{ g/cm}^3$$

$$AD = 12 \%$$

Donde:

$$AD = \text{Porcentaje de agua disponible}$$

$$HCC = 14\%$$

$$HPMP = 6\%$$

$$Pea = 1.5 \text{ g/cm}^3$$

2. El agua disponible a profundidad radicular (ADzr)

$$ADzr = AD \times 10 \times zr$$

$$ADzr = 12 \times 10 \times 0.60$$

$$ADzr = 72 \text{ mm}$$

Donde:

$$ADzr = \text{Agua disponible a profundidad radicular}$$

$$AD = 12 \%$$

$$Zr = 0.60 \text{ (m)}$$

3. Agua aprovechable (AA).

$$\rho_{aj} = \rho + 0.04 \times (5 - ETc)$$

$$\rho_{aj} = 0.50 + 0.04 \times (5 - 4.4)$$

$$\rho_{aj} = 52\%$$

Donde:

$$\rho_{aj} = \text{Porcentaje de agua permisible ajustado.}$$

$$\rho = 0.50$$

$$ETc = 4.4 \text{ mm/día}$$

4. La lámina de agua aprovechable a nivel radicular (LAzr)

$$LAzr = ADzr \times AA$$

$$LAzr = 72\text{mm} \times 52\%$$

$$LAzr = 37 \text{ mm}$$

Donde:

LA_{zr} = Lámina de agua aprovechable a nivel radicular (mm)

AD_{zr} = 72 mm

AA = 52%

5. El diámetro del bulbo humedecido

$$d = (q_e / 0.785 \times IB)^{1/2}$$

$$d = (8 / 0.785 \times 5)^{1/2}$$

$$d = 1.4 \text{ m}$$

Donde:

d = Diámetro del bulbo humedecido (m)

q_e = 8 L/h

IB = 5 mm/h

6. El porcentaje de área bajo riego (PAR)

Se determinó que el PAR será 18.6 para el suelo franco limoso y 8 para el suelo franco arenoso.

7. La precipitación horaria del sistema (Phr),

Phr = Número de emisores por ha × q_e / 100 × PAR

$$Phr = 2400 \times 8 / 100 \times 18$$

$$Phr = 10.3 \text{ mm/h}$$

Donde:

Phr = Precipitación horaria del sistema (mm/h)

q_e = Caudal del emisor (L/h)

PAR = Porcentaje de área bajo riego.

8. El intervalo de riego (I_r), se utilizó un intervalo de riego de siete días.

9. Lámina de riego ajustada (LR_{aj}). Se determinó para cada ETC semanal durante los meses de septiembre a abril. En este ejercicio se utilizó una ETC de 3.6 mm/día, que corresponde a la primera semana de enero.

$$LR_{aj} = I_r \times ETC$$

$$LR_{aj} = 7 \times 3.6$$

$$LR_{aj} = 25.3 \text{ mm}$$

Donde:

LR aj = Lámina de riego ajustada (mm)

Ir aj = 7 días

ETc = 3.6 mm/día

10. Lámina bruta (LB)

LB = LR aj / eficiencia del sistema

LB = 25.3 / 90%

LB = 28.1 mm

Donde:

LB = Lámina bruta (mm)

LR aj = 25.3 mm

Eficiencia del sistema = se consideró una eficiencia del 90%.

11. Horas de riego por turno (Ht)

Ht = LB/ Phr

Ht = 28.1/ 10.3

Ht = 2.7 horas

Donde:

Ht = Horas de riego por turno (h)

LB = 28.1 mm

Phr = 10.3 mm

12. El volumen de riego bruto por hectárea (VB)

VB = LB × PAR/100

VB = 28.1 × 18/100

VB = 5.1 m³/ha

Donde:

VB = Volumen de riego bruta (m³/ha)

LB = 28.1 mm

PAR = 18 %

13. Superficie bajo riego por turno (Sr) es el área regada por cada turno de riego; para esto se dividió el área en dos bloques de aplicación, en donde cada bloque era regado por un turno de riego. El turno 1 conformado por 3.2 ha y el turno 2 con 2.3 ha.

14. Volumen de riego bruto por turno (VBt).

$$\begin{array}{lll} \text{VBt} = \text{Sr} \times \text{Vr} & \text{VBt} = \text{Sr} \times \text{Vr} & [17] \\ \text{VBt} = 3.2 \times 5.1 & & \text{VBt} = 2.3 \times 5.1 \\ \text{VBt} = 16.2 \text{ m}^3/\text{turno (Turno 1)} & & \text{VBt} = 11.6 \text{ m}^3/\text{turno (Turno 2)} \end{array}$$

Donde:

VBt = Volumen de riego por turno (m^3/turno)

Sr = 3.2ha Turno 1 y 2.3 ha Turno 2

Vr = 5.1 m^3/ha

15. Caudal requerido (Qr).

$$\begin{array}{l} \text{Qr} = \text{VBt} / \text{Ht} \\ \text{Qr} = 27.8 / 5.4 \\ \text{Qr} = 5.14 \text{ m}^3/\text{h} \end{array}$$

Donde:

Qr = Caudal requerido (m^3/h)

Volumen total em 5.5 ha = 27.8 m^3/turno