

# Evaluación agroeconómica del uso de tensiómetros en la determinación del momento de riego en la producción de melón bajo invernadero en El Zamorano

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

Presentado por

• Héctor Luciano Vásquez Granda

APROBADO:	_____
FECHA:	_____
ENCARGADO:	_____

El Zamorano, Honduras  
Diciembre, 1999

1075

El autor concede a El Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



---

Luciano Vásquez

El Zamorano, Honduras  
Diciembre, 1999

## DEDICATORIA

A lo más importante de mi vida, mi familia.

Al verdadero significado de ser Zamorano.

A mis verdaderos amigos.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Santa Virgen.

A mi madre Luzmila, mi padre José, mi hermano Wilmer y mi abuelita Marta por todo el amor que me han brindado.

A los miembros de la Unidad Empresarial de Servicios Agrícolas, Napoleón Molina, Rodney Lagos, Moisés Fino y Luis Cruz por la cooperación, mano de obra y por una gran amistad brindada. Sin ellos la realización de este trabajo no hubiera sido posible.

Al Ing. José María Míselem, Ulises Barahona, Marcial Rubio y Judith Ordoñez por todos los consejos y tiempo invertido.

Un agradecimiento especial al Ing. Francisco Alvarez y Pablo Quintana, por su confianza, apoyo, una valiosa asesoría, consejos oportunos y una sincera amistad.

A mis amigos de 4<sup>to</sup> año, Carlo Llerena y Fausto Marín, y a todos los estudiantes de 1<sup>ro</sup> y 2<sup>do</sup> año, que con su trabajo en cada labor cultural hicieron posible la culminación de este trabajo.

A mis buenos amigos: C. Alvarenga, J. Eslaquit, C. Charris, G. Toruño, D. Ruiz, R. Sanchez, C. Sabando, F. Mantilla, L. Villagrán, S. Zurita, K. Eda, M. Chávez, J. Vallejo.

A todos los trabajadores de la Unidad de Producción Hortícola.

A El Zamorano

## RESUMEN

Vásquez, Luciano. 1999. Evaluación agroeconómica del uso de tensiómetros en la determinación del momento de riego en la producción de melón bajo invernadero en El Zamorano. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras.

La función del riego es suministrar el agua al suelo distribuyéndola de la forma más eficiente posible, de manera que los cultivos no sufran en ningún momento un déficit hídrico que pudiera causar pérdidas en la producción comercial. Existen muchos factores que influyen en la necesidad de riego y en la cantidad de agua que podría ser aplicada en un programa de riego. El uso de tensiómetros de lectura rápida ayuda a conocer el momento y tiempo de irrigación, aumentando la eficacia en lo que se refiere a calidad de riego. El estudio se realizó en el invernadero "C" de zona III de la Unidad de Producción Hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana que se encuentra en una zona de vida de bosque seco tropical. Se utilizó una cinta de riego por goteo con una descarga de 2.98 galones/minuto/100pies y una distancia entre emisor de 0.30 m, un medidor de flujo marca KENT y un tensiómetro de lectura rápida modelo 2900FI fabricado por Soilmoisture Corp. Se evaluó un riego tradicional, el cual no toma en cuenta ningún parámetro técnico mas que un aspecto visual del terreno versus un riego utilizando un tensiómetro de lectura rápida en la determinación de humedad del suelo. El cultivo fue melón del cultivar Hymark, el cual fue distribuido en cuatro camas dobles dando una densidad de 20,585 plantas/ha. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y un análisis económico según las normas del CIMMYT. Al final del estudio se logró un 27.4% de ahorro de cantidad de agua regada, mejores rendimientos dando como resultado una tasa de retorno marginal de 1.13 y un aumento de aproximadamente 20% en la rentabilidad utilizando tensiómetros en una producción comercial, por lo que fue rentable tanto agronómicamente como económicamente.

**Palabras claves:** capacidad de campo, centibares, humedad.

## NOTA DE PRENSA

### ¿Es rentable el uso de tensiómetros?

Uno de los principales costos y de los más importantes problemas en un sistema de producción, es el abastecimiento y el correcto uso del agua en el campo. Cualquier cultivo, sin excepción sufrirá daños si este recurso es suministrado en una forma excesiva o cuando el productor someta al cultivo a un déficit del mismo.

El estudio se realizó con melón del cultivar Hymark en un invernadero de El Zamorano con una zona de vida de bosque seco tropical. El objetivo fue comparar la eficiencia de un sistema de riego tradicional que no utiliza ningún parámetro técnico, contra un riego aplicando el uso de un tensiómetro de lectura rápida modelo 2900FI, fabricado por Soilmoisture Equipment Corp., el cual fue calibrado según la textura de suelo del invernadero.

Las frecuencias de riego de los dos tratamientos fueron totalmente diferentes a lo largo de todo el ciclo, debido a que el riego utilizando tensiómetro se efectuaba cuando la lectura de éste superaba 30 centibares (cb), unidad de presión de vacío utilizada, que informa la facilidad de obtención de la humedad retenida en el suelo.

Al final de todo el ciclo los resultados tanto en ahorro de agua como de calidad de producción fueron importantes. El total de ahorro fue de 27%, lo que representa un total de 1,593.5 m<sup>3</sup> por hectárea, en solamente 74 días que duró el ciclo de melón desde trasplante a cosecha. El costo de ahorro por bombeo de este volumen fue de Lps. 7,660.00.

La producción no se vio afectada, y los rendimientos fueron mayores utilizando el tensiómetro, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas, el beneficio neto para este tratamiento fue mayor al cosechar una mayor cantidad de frutos comerciales con un peso promedio de 1.45 kilogramos.

La recomendación es válida desde el punto de vista agronómico en el suministro oportuno y eficiente de agua; y, desde el punto de vista económico al obtener mayores beneficios netos por cada lempira invertido en la producción de melón, según muestra la tasa de retorno marginal que fue de 1.13.



3.3.2	Tensiómetro.....	14
3.4	Metodología.....	14
3.4.1	Diseño Experimental.....	14
3.4.2	Manejo del cultivo.....	15
3.4.2.1	Manejo de fertilización.....	15
3.4.2.2	Manejo de labores culturales.....	15
3.4.2.3	Manejo de sanidad vegetal.....	15
3.4.3	Medición de variables.....	16
3.4.3.1	Medición de variables agronómicas.....	16
3.4.3.2	Medición de variables económicas.....	16
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1	Análisis de frecuencia de riego.....	17
4.1.1	Determinación de períodos de riego.....	17
4.1.2	Análisis de frecuencia de riego del primer período.....	17
4.1.3	Análisis de frecuencia de riego del segundo período.....	18
4.1.4	Análisis de frecuencia de riego del tercer período.....	18
4.1.5	Análisis de frecuencia total de riego.....	19
4.2	Análisis estadístico.....	19
4.2.1	Resultado de variables agronómicas.....	20
4.2.1.1	Peso promedio de frutos.....	20
4.2.1.2	Forma de frutos.....	20
4.2.1.3	Grados brix.....	20-21
4.2.1.4	Grosor de pulpa (cm).....	21
4.2.1.5	Diámetro interno de cavidad (cm).....	21
4.2.1.6	Formación de reticulación.....	21
4.2.1.7	Rendimiento promedio.....	21
4.2.1.8	Cantidad promedio de frutos por planta.....	21
4.2.1.9	Porcentaje de frutos no comerciales.....	21
4.2.1.10	Porcentaje de frutos comerciales.....	22
4.3	Análisis económico.....	22
4.3.1	Presupuesto parcial.....	22
4.3.2	Tasa de retorno marginal (TRM).....	22-23
4.3.3	Análisis de Rentabilidad sobre costos.....	23
5.	CONCLUSIONES.....	24
6.	RECOMENDACIONES.....	25
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	26
8.	ANEXOS.....	27



## INDICE DE CUADROS

1. Total de riego por tratamiento durante los periodos de cultivo.....	19
2. Presupuesto parcial.....	22
3. Tasa de Retorno Marginal (TRM).....	23
4. Análisis de Rentabilidad sobre costos.....	23

**INDICE DE FIGURAS**

1. Evaluación de temperatura de masa foliar en un ensayo en naranjo variedad Navelate.....	5
2. Relación humedad – distanciamiento de tensiómetros.....	8
3. Cantidad de agua aplicada en el primer período por tratamiento.....	17
4. Cantidad de agua aplicada en el segundo período por tratamiento.....	18
5. Cantidad de agua aplicada en el tercer período por tratamiento.....	19

## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

1. Cámara de presión.....	4
2. Termómetro de infrarrojos.....	5
3. Emplazamiento habitual de una batería de tensiómetros.....	6
4. Sistema de almacenamiento de datos de tensiómetros.....	9

## INDICE DE ANEXOS

1. Distribución de tratamientos.....	28
2. Análisis de textura de suelo del invernadero "C".....	29
3. Variación de centibares según frecuencia de riego.....	30
4. Curvas de Retención de humedad (0-20 cm).....	31
4. Gráfica de curva de retención de humedad (0-20 cm).....	32
4. Curva de Retención de humedad (20-35 cm).....	33
4. Gráfica de curva de retención de humedad (20-35 cm).....	34
5. Presupuesto total.....	35
5. Presupuesto total (Continuación).....	36
6. Resumen de costos comunes del ensayo por hectárea .....	37
7. Resumen de análisis de varianza del ensayo .....	38
8. Clasificación de grado de reticulación.....	39
9. Daño en el fruto por exceso de agua en el período de cosecha.....	40
10. Muestra de déficit de agua en el llenado de cavidad interna.....	41
11. Ubicación del tensiómetro 2900FI en el campo.....	42

El objetivo de este estudio es demostrar la importancia agronómica y económica de desarrollar un sistema de cultivo de melón más eficiente a través de dosis adecuadas y oportuna de riego utilizando el tensiómetro.

Así mismo, el manejo de un riego eficiente beneficia en un correcto desarrollo del cultivo, el cual genera un número mayor de melones comerciales, además de mejores características de calidad.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 DEL RIEGO

Los programas de riego localizado para cultivos, basados en el cálculo de la evapotranspiración a partir de datos climáticos, se ajustan bastante a las necesidades reales de agua, en cada época o fase del cultivo para situaciones específicas. (Fichas Agronómicas-PAR.9.2, 1999)

No obstante, con frecuencia se producen variaciones en el clima o en el suelo, respecto a lo que podríamos considerar típico de un determinado período de localización. Esto supone la necesidad de realizar modificaciones sobre la marcha respecto al programa de riego previamente establecido, cuyo cambio puede involucrar situaciones perjudiciales para la planta. (Fichas Agronómicas-PAR.9.2, 1999)

Para decidir cuánto y cuándo regar hay que conocer la cantidad de agua que requieren los cultivos en cada momento de su desarrollo y realizar un balance entre la oferta de agua disponible y la cantidad requerida por las plantas.

Una forma sencilla para lograr ese objetivo es medir el contenido de agua en el suelo mediante muestras de tierra que se extraen hasta la profundidad de las raíces del cultivo y se analizan en el laboratorio. La humedad nunca debe bajar del 50% del total que ese suelo puede almacenar. (Conducción del riego, 1999)

Según la metodología para controlar el estado hídrico de los cultivos, existen varios métodos que se han desarrollado para proveer a los cultivos del suministro hídrico que les permita desarrollarse y producir rendimientos importantes.

De hecho, el control del estado hídrico de una plantación debe abarcar tanto el estudio del contenido de humedad del suelo como del cultivo. La manera para establecer dichos parámetros en ambos casos, esta suficientemente desarrollada, utilizándose instrumentos como tensiómetros, bloques de yeso, sonda de neutrones, entre otros, en el caso del suelo; y cámara de presión, porómetro de difusión y termómetro de infrarrojos en el caso de la planta. (Fichas Agronómicas-PAR.3.6, 1999)

### 2.1.1 Indicadores del estado hídrico del cultivo

Entre los indicadores que muestra un estudio de la metodología para controlar el estado hídrico de los cultivos, está el grado de enrollamiento de las hojas, variaciones del tamaño del fruto, etc., aunque estos parámetros no sirven para cuantificarlo. Basándose en parámetros de mayor significado fisiológico se puede indicar, de forma más o menos directa, el nivel de agua en la planta, estos son: el potencial hídrico y temperatura foliar.

**2.1.1.1 Potencial Hídrico.** Expresa el nivel energético del agua en la planta; la medida del estado hídrico de ésta, se hace, en general en las hojas. El potencial hídrico varía a lo largo del día alcanzando valores mínimos al mediodía, viéndose afectado por distintos parámetros como la demanda evaporativa de la atmósfera, el contenido de humedad del suelo, la orientación y altura de la planta, e incluso con la edad de la hoja.

La medición del potencial hídrico se efectúa con la cámara de presión como puede verse en la Fotografía 1, la cual se basa en la evaluación de la tensión de la savia en el xilema mediante la determinación de la presión necesaria para la aparición de una gota en la superficie del corte del pecíolo de la hoja. (Fichas Agronómicas-PAR.3.6, 1999)

En general, esta técnica proporciona un método de medida rápida y fiable, de manejo fácil y capaz de ser utilizado en condiciones de campo. Las mediciones se realizan en días despejados, lo más representativos de cada mes. Las muestras se toman de hojas maduras procedentes de la brotación anterior, y situadas en el tercio medio del árbol y de la misma orientación. (Fichas Agronómicas-PAR.3.6, 1999)



Fotografía 1. Cámara de Presión

**2.1.1.2 Temperatura foliar.** La temperatura de la hoja ha sido utilizada como un buen indicador del estrés hídrico de la planta. El uso del termómetro de infrarrojos (Fotografía 2), para detectar el déficit hídrico en un cultivo, se basa en que el agua liberada a la atmósfera mediante el proceso de la transpiración, actúa como refrigerante para las hojas. En aquellos tratamientos de riego en los que el agua llega a ser limitante, la transpiración se ve seriamente reducida con el consiguiente aumento de la temperatura foliar, llegando incluso a ser superior a la temperatura del aire.

Trabajos en los que se utiliza termómetro de infrarrojos muestran que la temperatura de la hoja está íntimamente relacionada con la insolación, el déficit de presión de vapor y el contenido relativo de agua de ésta, de ahí que se utiliza como parámetro indicador del estado hídrico de la planta. (Fichas Agronómicas-PAR.3.6, 1999).

En un ensayo sobre naranjo variedad Navelate realizada en 1989 donde se utilizó el termómetro de infrarrojo, evaluando tres niveles de riego de 16, 20 y 24 litros se determinó que los valores de más alta temperatura foliar corresponde al tratamiento de menos dosis de riego (16 litros).

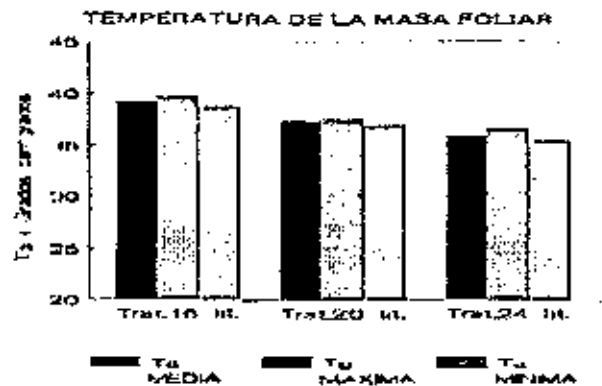


Figura 1. Evaluación de temperatura de masa foliar en un ensayo en naranjo variedad Navelate.

Así pues, esta metodología es considerada como un instrumento de medida de la temperatura superficial de un cuerpo, sin estar directamente en contacto con este, recogiendo la energía radiada por el mismo, en función de emisividad. Las medidas se realizan en días soleados, siempre a la misma altura del cultivo, a una distancia prudencial y realizando las determinaciones sobre distintas orientaciones. (Fichas Agronómicas-PAR.3.6, 1999).



Fotografía 2. Termómetro de Infrarrojos



Además, existen métodos más complejos como programas de computación que combinan la agrometeorología y la informática para hacer más operativa la decisión de cuánto y cuándo regar.

## 2.1.2 Indicadores del estado hídrico del suelo

En un sistema de alta frecuencia, como es el riego localizado, todos los ajustes de variación climática se deben llevar a cabo con un conocimiento puntual del estado de humedad del suelo, con el fin de mantenerlo en condiciones óptimas para el buen funcionamiento de las raíces.

La utilización de tensiómetros, convenientemente situados en la plantación, nos da una idea bastante clara del contenido y el flujo del agua en el terreno, al correlacionarlo con la curva de retención de humedad desarrollada para ese suelo como se muestra en el anexo 4.<sup>2</sup>

**2.1.2.1 Tensiómetro.** El Tensiómetro es un aparato que mide la fuerza con la cual es retenida el agua en el suelo. Su comportamiento se puede comparar al de una raíz (raíz mecánica), indicando en una escala graduada de cero a cien centibares, el esfuerzo que le cuesta a la planta extraer el agua.

**2.1.2.2 Batería de tensiómetros.** Es el grupo de varios elementos a diferentes profundidades y distancias del emisor, con el fin de conocer la tensión en distintos puntos del frente húmedo. Existen tensiómetros de distintas longitudes, basadas en función del sistema radical del cultivo de que se trate. Los más usuales en cítricos y frutales son los de 30 cm (12 pulgadas) y 60cm (24 pulgadas). Los hay más cortos, que se utilizan en cultivos hortícolas; y más largos, para cuando interesa detectar movimiento de agua hacia zonas mas profundas del subsuelo. (Fichas Agronómicas-PAR.9.2, 1999).



Fotografía 3. Emplazamiento habitual de una batería de tensiómetros

<sup>2</sup> Pablo Quintana, 1999. Gerente de la Unidad Empresarial de Servicios Agrícolas. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano.

**2.1.2.2.1 Toma de lecturas.** La frecuencia con que se deben realizar las lecturas de los tensiómetros está relacionada con el sistema de riego. En goteo es conveniente tomarlas a diario, y siempre en el momento anterior al riego. Se debe hacer la anotación de las lecturas para observar su tendencia. De esta manera, con cierta experiencia en el manejo de los tensiómetros, tendremos una indicación de la evolución de la humedad del suelo en una circunstancia determinada de riego, clima y estado vegetativo.

El mantenimiento de los valores de tensión en uno de los rangos adecuados, indica que la dosis y la frecuencia del riego son correctas. Evitando por otro lado un estado de saturación que siempre es perjudicial para los cultivos.

Los resultados del ajuste del riego con tensiómetros son diversos según el sistema utilizado. Se pueden considerar muy buenos en goteo y aceptables en riego por inundación a la demanda. (Fichas Agronómicas-PAR.9.2, 1999)

**2.1.2.2.2 Interpretación de lecturas.** En el control del riego en cítricos y frutales mediante el uso de tensiómetros, para una correcta interpretación de las lecturas hay que elegir el lugar más adecuado para situarlos. El emplazamiento y número de baterías depende de la diversidad de suelos que haya en la plantación, así como de la configuración del terreno. Si el suelo es uniforme y los cultivos también, en lo que se refiere a las necesidades hídricas, con una sola estación será suficiente. Si existen variaciones de cierta importancia, habrá que colocar tantas estaciones como casos distintos se presenten. De todas formas, es conveniente empezar con pocos tensiómetros hasta que se tenga cierto dominio de su manejo.

En la interpretación de las lecturas debemos tener en cuenta la distancia al gotero y la profundidad que alcanza en el terreno; influyendo también la fase en que se encuentre el cultivo y la textura del suelo. En general, los tensiómetros más próximos al gotero se deben mantener con lecturas bajas, sobre 10 y 15 centíbaras, lo que denota un alto contenido de humedad, ya que se trata de una zona de transmisión de agua hacia otra más alejada del emisor, pero conforme los tensiómetros se encuentran más alejados de éste, las lecturas deben ir subiendo de forma gradual en una zona más o menos amplia, según la conductividad hidráulica del suelo, relacionada fundamentalmente con las características físicas de éste. Los tensiómetros más alejados del gotero nos orientan sobre posibles peligros de estrechamiento del bulbo; y los más profundos controlan fundamentalmente el lavado de sales o si existen pérdidas continuadas de agua en profundidad.

Un ejemplo de lecturas de cuatro tensiómetros correspondientes a 25 y 50 cm de distancia y 30 y 60 cm de profundidad, respecto al emisor se presenta en la Figura 1. Se puede observar, cómo la respuesta de los tensiómetros al riego es más lenta a medida que nos alejamos del punto emisor.

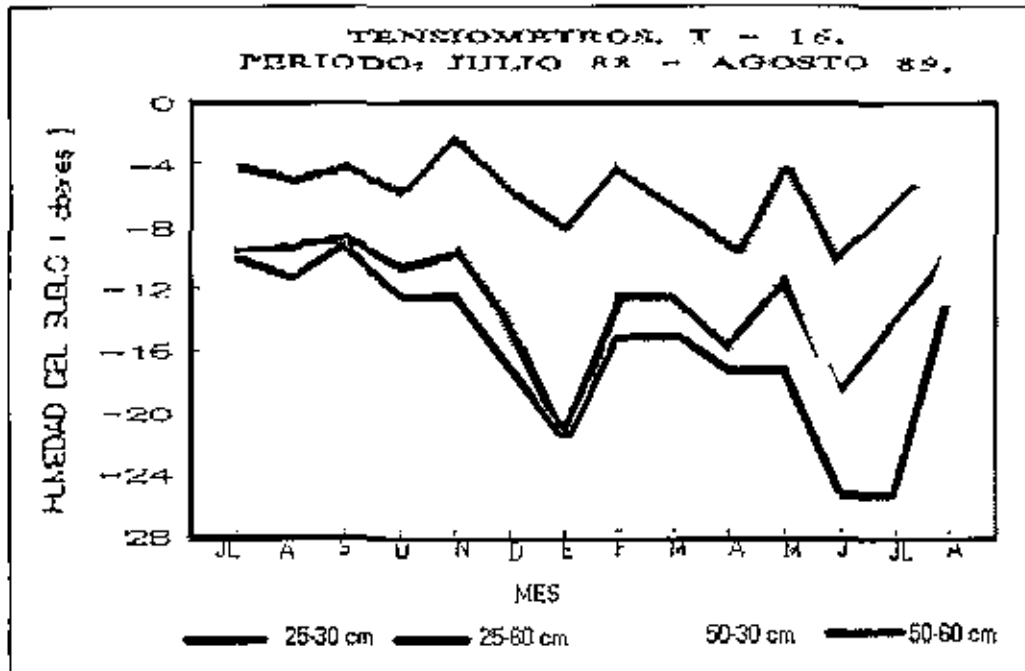
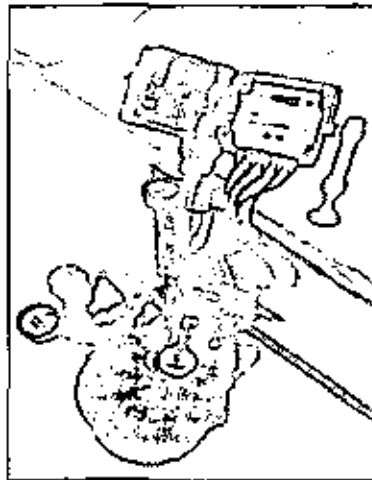


Figura 1. Relación humedad-distanciamiento de tensiómetros

2.1.2.3 Tensiómetros de lectura automática. Es uno de los modernos equipos. Consiste en tensiómetros con salida eléctrica y almacenamiento de datos. Básicamente constan de dos elementos: sistema de almacenamiento para uno o varios tensiómetros y el tensiómetro propiamente dicho (fotografía 4), al cual se adapta una célula analógica para medir el vacío interior, que manda una señal al sistema de almacenamiento de datos, para que éste lo interprete y almacene.

Las ventajas de este sistema consisten en la precisión, puntualidad y comodidad en la toma de lecturas que puede soportar un almacenamiento en memoria, de hora en hora, hasta 30 días. (Fichas Agronómicas-PAR.9.2, 1999).



Fotografía 4. Sistema de almacenamiento de datos de tensiómetros

**2.1.2.4 Tensiómetro de Lectura rápida.** Según "Soilmoisture Equipment Corp." en 1988, es uno de los "más efectivos equipos de lectura de humedad del suelo". En su construcción se ha utilizado un tubo para conexiones de capilaridad y una copa de cerámica porosa que es la responsable de una lectura rápida y precisa independientemente de diferencias de temperatura.

**2.1.2.4.1 ¿Qué sucede cuando el tensiómetro es insertado en el suelo?** Cuando el tensiómetro es introducido en el orificio de toma de lectura que es realizado por un perforador que viene incluido en el mismo equipo, ocurren varios efectos asociados con el movimiento de la copa de cerámica porosa a través del suelo. El suelo alrededor de la copa es ligeramente compactado y el paso de la copa a través del suelo causa un pequeño efecto termal. (Soilmoisture Equipment Corp., 1988)

El punto especial de la cerámica porosa es el tamaño de los poros. Los poros son razonablemente uniformes y de un tamaño máximo controlado. Cada partícula de suelo se encuentra rodeada de una película de agua, estas películas de agua se encuentran retenidas a cada partícula por una fuerza molecular. En el caso de suelos secos estas películas son cada vez más delgadas y con una tensión mayor de retención. La "tensión" que es producida por estas películas de agua causa que el agua sea tratada de ser absorbida por el tensiómetro a través de los poros en la copa de cerámica. Este es el mismo esfuerzo molecular que incrementa la dificultad para que las plantas puedan extraer la humedad del suelo. (Soilmoisture Equipment Corp., 1988)

**2.1.2.4.2 Significado de las lecturas de un tensiómetro de lectura rápida.** El tensiómetro de lectura rápida es un instrumento que lee la succión del suelo directamente. La lectura de la "succión del suelo" es un indicador directo de la disponibilidad de humedad para el crecimiento de la planta, en una unidad estandarizada que es el *bar*. El *bar* es definido como  $10^6$  dinas/cm<sup>2</sup> y aproximadamente equivalente a una atmósfera

(0,987 atmósfera) o 14,5 psi de presión. Esto es aproximadamente igual a la fuerza realizada de 30 pulgadas de mercurio o 750 mm de mercurio, o 33,5 pies de agua, o 1000 cm de agua.

La válvula de presión es calibrada en centibares de vacío y graduada de cero a cien. En trabajos científicos, se expresa la presión y el vacío en una unidad llamada "Pascal", y un "kilopascal". Un centibar es usado exactamente igual que un kilopascal.

La fuerza de succión es creada por la atracción de cada partícula de suelo con el agua en el suelo. La manera de interpretar y relacionar con el tipo y cantidad de riego está fuertemente relacionada con la textura del terreno en el cual tenemos nuestra plantación, así por ejemplo, en suelos de textura media la mayor cantidad de plantas crece mejor donde la lectura de succión del suelo se mantienen entre 20 y 60 centibares, en este nivel de humedad tiene una buena aireación como un buen movimiento de humedad. En suelos arenosos el rango óptimo es usualmente de 10-30 centibares. En suelos muy arcillosos donde hay una buena retención de agua la lectura puede variar de 70 a 80 centibares. (Soilmoisture Equipment Corp., 1988)

En suelos arenosos está demostrado que hay poca retención de humedad y el riego se aplica a valores de succión bajos, frecuentemente en el rango de 15-20 centibares.

Cuando se trabaja en sistemas de riego por goteo y las lecturas son realizadas aproximadamente a 12 pulgadas del emisor, la succión de suelo debería ser mantenida en valores relativamente bajos, usualmente en el rango de 10-25 centibares, dependiendo del tipo de suelo.

Según un estudio de cuatro años de riego en tomate utilizando el tensiómetro en la Universidad de Florida, se encontró que la mayor cantidad obtenida por la alta frecuencia se produce cuando se mantiene el cultivo a una lectura de 10 centibares, en comparación con 15 y 20 centibares, manteniendo la mayor cantidad de frutos comerciales.

### 2.1.3 Sistemas de Riego

De los equipos, su eficacia se relaciona con el tipo y la calidad de riego que se realice. Según Merca (1982), Coordinador de Comité de Tierras y Aguas del IICA, las ventajas del riego por goteo desde un punto de vista de la relación suelo-agua-plantas son:

#### Ventajas del riego por goteo.

- Igual aporte de agua y abono a la planta.
- Posibilidad de regar y abonar en intervalos muy cortos.
- Zona delimitada de agua y abono.
- Control diario de humedad del suelo.
- Flujo no saturado tridimensional del agua en un volumen limitado de suelo.
- Disminución del volumen húmedo.

- Control constante de humedad y situación de la solución del suelo.
- Crecimiento uniforme de la zona cultivada.
- Incremento en la eficiencia en el uso del riego.
- Mayor economía en el costo del agua, fertilizantes y energía.
- Previene la acumulación de sales en la zona radicular de principal.
- Disminuye la necesidad de un sistema de drenaje en suelos muy compactos.
- Se reduce la necesidad de control de malezas.
- Posibilidad de cultivar en casi todos los tipos de suelo desde el más pesado hasta el más arenoso.
- Tratamientos del suelo mediante el sistema, tales como fungicidas e insecticidas sistémicos.

Según Oliveras (1999), profesor-investigador de la Universidad Autónoma de México, con el avance de la investigación se ha hecho posible la invención de mejores sistemas de riego agrícola, uno de los que porcentaje de ahorro de agua alcanzando un valor de 75% de ahorro es el que se probó en México. Según los resultados este sistema es más eficiente que el riego por goteo y se ha denominado "Bujías para riego controlado". El sistema consiste en una serie de tubos cilíndricos de cerámica porosa conectados entre sí por medio de tubos de plástico y que se entierran en los cultivos, integrando una red de distribución de agua a la cual se le puede añadir nutrientes. Estas "bujías" se entierran a una profundidad entre 20 y 30 centímetros, de manera que se encuentran al nivel de las raíces, que absorben por capilaridad sólo la cantidad necesaria de agua con nutrientes. Dado que en el interior de la tierra se crea un halo o globo húmedo, con este sistema no hay desperdicio por vaporización. En Holanda se han utilizado métodos similares y se han obtenido excelentes resultados en cuanto al ahorro de agua y calidad de riego de los cultivos.

## 2.2 DEL CULTIVO

La evaluación se hizo en el cultivo de melón (*Cucumis melo*) perteneciente a la familia Cucurbitaceae, originaria de África y Asia Occidental. La variedad a utilizarse fue Hymark (H), un fruto ligeramente oval, muy firme y dulce, cavidad y tamaño mediano cuyo interior es de color salmón. Tolerante a "mildew polvoso". (Oaxaca Web Link, Comercio e Inversión / Agronegocios, 1999)

### 2.2.1 Temperatura

Según Egas (1991), a mayor temperatura y horas luz, mayor será la calidad de fruto. La temperatura óptima para una buena polinización está entre 20 y 21 grados centígrados, y para la maduración entre 25 y 30 grados centígrados. La temperatura máxima deseable oscila entre 35 y 40 grados centígrados.

### 2.2.2 Riego

El riego juega un papel importante en el desarrollo del cultivo de melón. Esto se puede entender más fácilmente si consideramos las consecuencias del estrés hídrico que ocurre cuando la cantidad de agua que la planta absorbe es insuficiente para llenar la demanda de pérdidas de agua por evapotranspiración de la hoja. Cuando hay estrés hídrico, los estomas se cierran, restringiendo la pérdida de agua. Esto reduce la absorción de bióxido de carbono por las hojas, de tal manera que la fotosíntesis y el crecimiento disminuyen. Nichols, M. (1989; citado por Egas, 1991)

Según Montes (1996), el contenido de sólidos solubles del fruto disminuye con la lluvia o con el riego abundante durante la última etapa fenológica del cultivo. En un estudio realizado en 1991, Egas en un suelo franco con 33% de arena, 44% de limo, 23% de arcilla y con un pH de 6.00, estudió tres frecuencias de riego en el cultivo de melón, obteniéndose mejor ganancia de peso del fruto con frecuencias de riego de dos horas cada dos días contra una frecuencia de 30 minutos todos los días con riego por goteo.

Según un estudio realizado en Israel, el crecimiento vegetativo es más rápido, y los rendimientos más tempranos y abundantes bajo riego por goteo, comparando con el riego por aspersión y por surcos. Hubo un aumento significativo en el rendimiento debido al riego por goteo, pero no hubo diferencia significativa entre los otros dos métodos. Shmueli, M., Goldelberg, D. (1977; citado por Egas, 1991)

### 2.2.3 Suelos

Según Montes (1996), prefiere suelos francos y medios, con buena fertilidad y buen drenaje, tanto interno como superficial. El pH debe estar entre 6.0 y 7.0 siendo sensible a suelos ácidos.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN

El Experimento se llevó a cabo en el invernadero "C" de zona III que pertenece a la Unidad de Producción Hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana. Se encuentra ubicada en el valle del Río Yeguaré en el Departamento de Francisco Morazán, Honduras a una altura sobre el nivel del mar de 805 metros, con una temperatura máxima promedio de 32 grados centígrados y con una temperatura mínima promedio de 13 grados centígrados al año, con una ubicación geográfica de 14°00'40"N y 87°00'47"W, y una zona de vida de bosque seco tropical. (Cruz, 1999).

#### 3.2 EQUIPO

La función del equipo que se utilizó en el experimento fue controlar la cantidad, calidad y tiempo de riego. Se utilizó una cinta de riego por goteo distribuida en las cuatro camas dobles del invernadero, la cual, tenía una descarga de 2.98 galones/minuto/100 pies, con una separación de 0.3 metros entre cada emisor. En cada línea de la cinta de riego se colocó una válvula de paso de agua, para controlar el momento y parcela de riego, de manera de independizar el tiempo de riego de cada tratamiento.

En la entrada de agua al invernadero se colocó un medidor de volumen marca KENT para determinar en una forma exacta la cantidad de agua regada en cada uno de los tratamientos, cuya lectura fue proporcionada en m<sup>3</sup>, obteniéndose un resultado de 22.50m<sup>3</sup>/hora/855m<sup>2</sup>.

Para determinar el momento preciso de riego se utilizó un tensiómetro de lectura rápida "Quick Draw" modelo 2900 FI fabricado por Soilmoisture Equipment Corp., que posee cualidades de precisión y rapidez, independientemente de la textura, temperatura y salinidad del suelo.



### 3.3 TRATAMIENTOS

#### 3.3.1 Tradicional

Consiste básicamente en una rutina de riego que se ha venido llevando a cabo por varios años en la Unidad de Producción Hortícola por parte del trabajador encargado, el cual no toma en cuenta ningún parámetro técnico, más que solamente un aspecto visual del terreno.

#### 3.3.2 Tensiómetro

Consistió en la inserción del tensiómetro de lectura rápida para determinar la humedad del suelo. Cada inserción tomó en cuenta el estado fenológico del cultivo, para que la zona irrigada correspondiera al área de mayor cantidad radical. Según "Soilmoisture Equipment Corp.", la lectura permitida para la textura de suelo del invernadero "C", que según el análisis de suelo en el Anexo 2, determinó una textura franca, se encontraba en el rango de 20-60 centibares. Para esta evaluación, el dato del cual se dependía al momento de irrigación, era toda lectura que sobrepasara 30 centibares.

### 3.4 METODOLOGIA

La siembra de melón variedad *reticulatus* del cultivar Hymark se realizó el 30 de Junio en un medio compuesto de 4 unidades de casulla de arroz quemada, 1 de compost y 1 de arena. La preparación de suelo consistió en un pase de rastra, una arada y un surcado dejando un total de 8 hileras. El trasplante se realizó el 12 de julio en el invernadero "C" que posee una dimensión de 855 m<sup>2</sup> (90m x 9.5m). Se instalaron dos válvulas de riego ubicadas en el inicio y en la mitad del invernadero haciendo posible un riego independiente en estas dos secciones del mismo. Se trasplantó en 4 camas dobles con un distanciamiento de 2.25 m desde el centro de cama. El distanciamiento entre hilera fue de 0.75 m, con una cama de separación entre cada cama doble. Las plantas se distanciaron a 0.40 m entre cada una, para dar una densidad de 20,585 plantas por hectárea.

#### 3.4.1 Diseño Experimental

Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental de Diseño Completamente al Azar (DCA), dos en cada mitad del invernadero, cada una con un área de 213.75 m<sup>2</sup>, que constaban de dos camas dobles con una población de 440 plantas. (Anexo 1).

### 3.4.2 Manejo del cultivo.

Cada uno de los tratamientos recibió igual manejo en cuanto a labores culturales y aplicación de productos contra enfermedades y plagas. Tanto para el caso del riego tradicional como en el caso del uso del tensiómetro, se tomaron lecturas de la fuerza de retención de humedad por parte del suelo, expresada en centibares por medio del tensiómetro, para observar la tendencia de la humedad en ese horizonte de suelo, y la diferencia de frecuencia de riego en cada tratamiento.

**3.4.2.1 Manejo de Fertilización.** Previo al trasplante se hizo un análisis del pH, el cual demostró que el suelo se encontraba en la nomenclatura de "muy ácido", con un valor de  $\text{pH} = 4.53$ , haciéndose necesario la aplicación de una fuente de cal, en este caso se utilizó Cal Dolomítica en una cantidad de 270 libras para los  $855 \text{ m}^2$  del invernadero<sup>3</sup>.

Se continuó con una fertilización básica de 18-46-0 y 0-0-60 en una relación de 2:1, aplicándose 171 kilogramos de 18-46-0 y 86 kilogramos de 0-0-60.

**3.4.2.2 Manejo de labores culturales.** El desarrollo del melón se manejó por medio de un sistema de tutores con postes y alambrado para cada hilera de plantas, las cuales se guiaban hasta una altura de 1.60 metros para realizar el corte de la yema apical. Se realizaron podas en forma periódica de manera de solamente dejar la yema número 9, 11, 13, para el desarrollo del fruto. La polinización se hizo por medio de dos cajas de abejas que fueron colocadas al principio de la floración.

### 3.4.2.3 Manejo de Sanidad Vegetal

Se realizó un manejo preventivo contra cortadores con la aplicación en banda de Volaton<sup>®</sup> después de trasplante. En la etapa fenológica de plántula se presentaron niveles críticos de áfidos y minadores, para lo que se aplicó Thiodan<sup>®</sup> y Vertimec<sup>®</sup>. En crecimiento vegetativo persistió la presencia de áfidos sumado a un ataque de crisomélidos para lo que se aplicó Curacrón<sup>®</sup>. Como una manera preventiva en floración se aplicó Manzate<sup>®</sup> contra un posible ataque de hongos y se realizó un raleo para eliminar plantas viróticas. Ridomil<sup>®</sup>, Tracer<sup>®</sup> y Saprool<sup>®</sup> contra ataque de "mildew polvoso", "mildew lanoso" y Dipel<sup>®</sup> contra "diaphania". En el inicio de fructificación hubo presencia de "trips" para lo que se aplicó Vertimec<sup>®</sup>, y Danitol<sup>®</sup>, Agrimicin<sup>®</sup> contra bacteriosis, y una aplicación de Saprool<sup>®</sup>, Vydate<sup>®</sup> y Manzate<sup>®</sup> para combatir un ataque de áfidos y "mildew polvoso".

<sup>3</sup> Ulises Barahona, 1999. Instructor de la Unidad de Producción Hortícola. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano.

### 3.4.3 Medición de variables

Cada parcela consta de cuatro hileras de plantas, constituidas en dos camas dobles, por lo que, para el momento de la medición de variables, se tomaron solamente las dos hileras centrales de cada parcela, por el motivo del movimiento tridimensional del agua, y en sentido de los surcos un efecto de borde de tres metros en cada parcela.

**3.4.3.1 Medición de variables agronómicas.** Se midieron las variables de mayor importancia en la comercialización de este cultivo, así tenemos:

- Rendimientos totales de cada tratamiento en kg/parcela y en kg/ha.
- Cantidad de frutos totales.
- Peso de frutos totales por tratamiento.- expresado en kilogramos (kg).
- Porcentaje de frutos no comerciales por tratamiento.
- Peso de frutos no comerciales por tratamiento.- expresado en kilogramos (kg).
- Grados brix, por medio del uso de un refractómetro portátil.
- Grosor de pulpa.- haciendo un corte transversal midiendo el grosor en centímetros.
- Diámetro interno de cavidad.- haciendo un corte transversal para medir el diámetro.
- Tamaño de fruta.- basándose en su peso en kilogramos (kg).
- Forma de la fruta.- con la relación de la circunferencia polar -- circunferencia ecuatorial. Con un valor mayor a 1.11 se clasificará como alargado, 0.9-1.1 redondo, menor a 0.89 como achatado.
- Grado de formación de red.- basándose en una calificación de 1 – 5, siendo los valores más altos los de mejor reticulación y calidad. Anexo 8.
- Consumo de agua por tratamiento.- por medio de medidores de volumen.
- Momento de riego.- por medio del uso de tensiómetros.
- Peso promedio de fruto por tratamiento.- expresado en kilogramos.
- Número promedio de frutos por tratamientos.

**3.4.3.2 Medición de variables económicas.** Para la medición de las variables económicas se usó la metodología del CIMMYT, realizando un presupuesto parcial para obtener:

- Rendimiento medio (kg/ha)
- Rendimiento ajustado (kg/ha)
- Beneficios brutos de campo (Lps./ha)
- Costos de mano de obra (Lps./ha)
- Total de costos que varían (Lps./ha)
- Beneficios netos (Lps./ha)

Se efectuará un análisis marginal para determinar la tasa de retorno marginal (TRM). La relación beneficio-costos y la rentabilidad sobre costos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS DE MOMENTO DE RIEGO

#### 4.1.1 Determinación de períodos de riego

Para determinar la cantidad de agua utilizada en las diferentes etapas fenológicas del cultivo se separó el ciclo en períodos, cada uno con una duración de un mes desde la fecha de trasplante. Para el período de cosecha la duración fue de dos semanas por lo que el tiempo y cantidad de agua aplicada está determinada para ese tiempo.

#### 4.1.2 Análisis de agua aplicada durante el primer período

En la Figura 3, en la etapa de crecimiento vegetativo (primer período) hubo una diferencia porcentual de 9.3, lo que se expresa en 23 m<sup>3</sup> de ahorro de agua regada utilizando con tensiómetros. El 9.3 % de ahorro se encuentra limitado en comparación con otros períodos en los cuales el aumento porcentual fue mayor, debido a que hubo problemas en el manejo del riego.

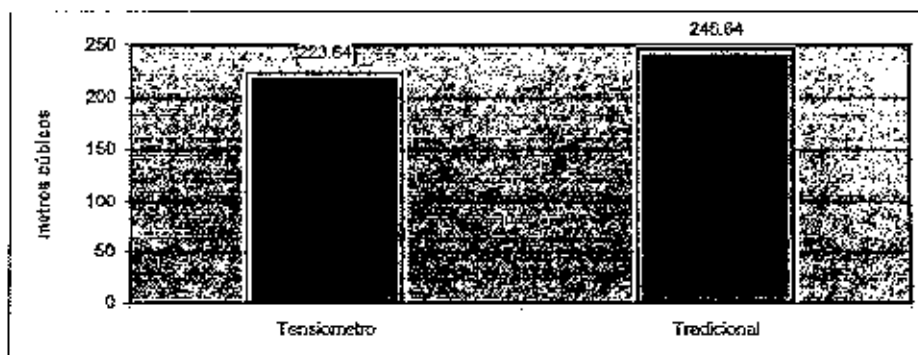


Figura 3. Cantidad de agua aplicada en el primer período por tratamiento.

#### 4.1.3 Análisis de agua aplicada durante el segundo período

En la Figura 4 se puede observar un ahorro en la etapa de floración y fructificación (segundo período) en el uso de agua por parte del riego utilizando tensiómetros expresado en  $90.75\text{m}^3$  o en un ahorro de 44.3%. Desde el punto de vista de la aparición de floración, la cantidad de agua aplicada por tratamiento no tuvo ninguna influencia significativa.

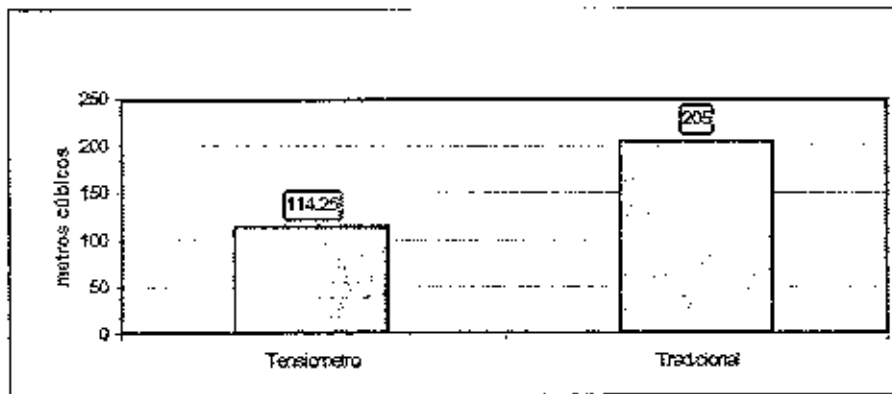


Figura 4. Cantidad de agua aplicada en el segundo período por tratamiento.

#### 4.1.4 Análisis de agua aplicada durante el tercer período

En la Figura 5, se observó en el período de cosecha, un ahorro en la cantidad de agua aplicada de  $22.5\text{m}^3$  que expresado desde el punto de vista de porcentaje es de 50% de uso de agua. Este período tuvo una duración de 2 semanas con una limitante en el instrumento de medición de flujo, por lo que, se procedió a determinar la cantidad regada por medio del dato de metros cúbicos regados en una hora que se obtuvo cuando se afóro el sistema de riego por goteo para cada tratamiento en los períodos anteriores. El incremento porcentual de ahorro se debió a un parámetro técnico de reducir la cantidad de riego para esta etapa del cultivo, sometiendo el cultivo a un estrés hídrico para no afectar la acumulación de grados brix.

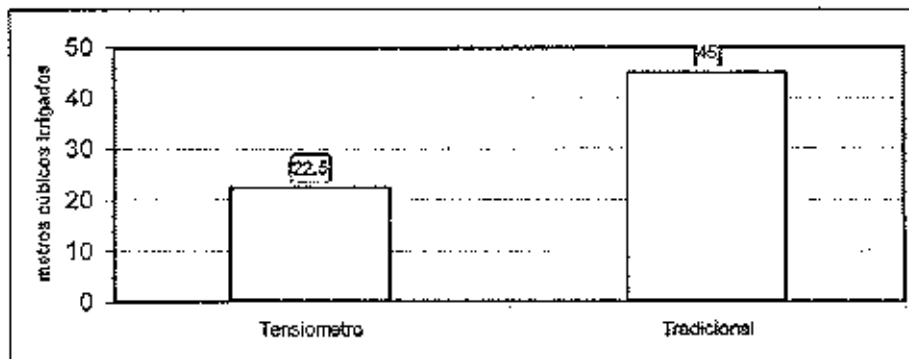


Figura 5. Cantidad de agua aplicada en el tercer período por tratamiento

#### 4.1.5 Análisis de momento total de riego

En la Cuadro 1 se observó un ahorro de  $136.25\text{m}^3$  o de 27.4% con respecto al método tradicional en la cantidad aplicada en el riego utilizando tensiómetro, desde el momento de trasplante hasta la conclusión del período de cosecha.

Cuadro 1. Total de riego por tratamiento durante los períodos de cultivo ( $\text{m}^3$ ).

Periodo	Tensiómetro	Tradicional	Ahorro	% Ahorro	Etapas
Primero (30 d.)	223.64	246.64	23.00	9.30	Crec. Vegetativo
Segundo (30 d.)	114.25	205.00	90.75	44.39	Floración-Fruetificación
Tercero (14 d.)	22.50	45.00	22.50	50.00	Cosecha
<b>Total</b>	<b>360.39</b>	<b>496.64</b>	<b>136.25</b>	<b>27.40</b>	

El ahorro está basado en la comparación de cantidad aplicada del riego utilizando tensiómetro vs el riego tradicional.

## 4.2 ANALISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el programa desarrollado en la Universidad de Michigan denominado MSTAT, en el que se realizó un análisis de varianza utilizando porcentajes de significancia para cada una de las variables de:

- ▲ 99%.- altamente significativo
- ▲ 95%.- significativo.

#### 4.2.1 Resultados de las variables agronómicas

Para el análisis estadístico de las variables agronómicas se tomaron en cuenta aquellas que determinan la calidad de fruto producto de un uso eficiente del recurso agua, que para este estudio fue el enfoque principal de los tratamientos. Las variables que se sometieron al análisis de varianza fueron:

- Peso promedio de fruto por tratamiento.
- Forma promedio de fruto por tratamiento.
- Promedio de grados brix obtenidos por tratamiento.
- Grosor de pulpa promedio por tratamiento.
- Diámetro interno de cavidad promedio por tratamiento.
- Calidad de reticulación promedio de frutos por tratamiento.
- Rendimiento promedio por tratamiento.
- Cantidad promedio de frutos por planta.
- Porcentaje promedio de frutos no comerciales por tratamiento.
- Porcentaje promedio de frutos comerciales por tratamiento.

El resumen del análisis de varianza de las variables se encuentra en el anexo 9.

**4.2.1.1 Peso promedio de frutos.** No se encontró diferencia significativa entre los resultados obtenidos de peso de fruto durante el periodo de cosecha. El peso no mostró diferencias en el análisis debido a un crecimiento y desarrollo eficiente del fruto en el que se obtuvieron pesos promedios de 1.45 kg en la aplicación de riego utilizando tensiómetros y de 1.31 kg usando el método tradicional.

**4.2.1.2 Forma de frutos.** Se encontró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la variable forma encontrándose un promedio de 1.16 para el uso de tensiómetros y de 1.19 para el uso de riego tradicional. Esta diferencia significativa no tiene ninguna consecuencia en un aspecto agronómico ya que estos dos valores se encuentran en el rango de "ligeramente alargado", por lo que, ningún tratamiento predomina al momento de efectuar alguna recomendación respecto a esta variable.

**4.2.1.3 Grados brix.** Se encontró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) con un promedio de 9.07 y 7.95 grados brix para el uso de tensiómetros y el uso del riego tradicional, respectivamente. Esta diferencia no es muy marcada en un aspecto agronómico ni comercial, pero está basada en un suministro adecuado de riego durante todo el ciclo del cultivo y una reducción de agua en el periodo de cosecha para que no haya una disminución de los grados brix producto de un riego excesivo durante esta época<sup>4</sup>. Para

<sup>4</sup> Míselem, J.M. 1999. Gerente de Producción de la Unidad de Producción Hortícola. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras

el período de cosecha se permitió que la lectura del tensiómetro ascendiera a 45 centibares para la aplicación de riego.

**4.2.1.4 Grosor de pulpa (cm).** No se encontró diferencia significativa en el grosor de pulpa entre tratamientos; obteniéndose un promedio para el uso de tensiómetro de 3.73 cm y de 3.30 cm para el uso de un riego tradicional. El suministro de agua a la planta durante el ciclo de una manera eficiente y sin someter a la planta a un estrés por exceso de agua o a su ausencia da como resultado una buena formación de la parte comestible.

**4.2.1.5 Diámetro interno de cavidad (cm).** No se encontró diferencia significativa en la medición del diámetro interno de cavidad, con promedios de 5.15 y 5.29 cm para el uso de tensiómetros y uso de un riego tradicional respectivamente.

**4.2.1.6 Formación de reticulación.** No hubo una diferencia significativa en la calidad y formación de red del fruto, obteniendo promedios de calificación de red de 3.20 y 2.65 para el uso de tensiómetros y uso del riego tradicional respectivamente. Según Montes, 7-10 días después de la polinización, el riego debe aumentarse pero, se debe cuidar no regar en exceso durante este tiempo.

**4.2.1.7 Rendimiento promedio.** No se encontró diferencia entre los tratamientos, aún produciéndose un ahorro de 27.4% de agua aplicada en el riego utilizando tensiómetro.

**4.2.1.8 Cantidad promedio de frutos por planta.** No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que, la disminución de agua aplicada por parte del riego utilizando tensiómetro no influyó en el rendimiento del cultivo.

**4.2.1.9 Porcentaje de frutos no comerciales.** No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Como frutos no comerciales se clasificó a todo aquel fruto que tuviese un peso menor a 0.5 kg; que tuviese malformaciones en la calidad de reticulación o del fruto mismo; presente "explosión" del lado posterior al pedúnculo por efecto de un exceso de riego, como se ilustra en el anexo 11.

**4.2.1.10 Porcentaje de frutos comerciales.** No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Todo fruto que cumpla con los requisitos de comercialización, tales como libre de daños, formación y adecuado peso comercial, fue considerado fruto comercial.



### 4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó según las normas del CIMMYT, realizando un presupuesto total (anexo 6), para analizar todos los costos de los tratamientos. Un presupuesto parcial para analizar el total de costos que varían entre tratamiento; rendimientos medios, los cuales al momento de ser extrapolados a una hectárea fueron reducidos en un 15% según normas del CIMMYT, obteniéndose los beneficios netos, que junto con el total de costos variables de cada tratamiento se obtuvo la Tasa de Retorno Marginal (TRM).

#### 4.3.1 Presupuesto parcial.

En el cuadro 2 se puede observar un incremento en costos en el caso del riego tradicional consecuencia del uso excesivo de agua, la cual se le asignó un costo de \$0.3316 el metro cúbico por bombeo. El costo del tensiómetro es el valor respectivo al período de tres meses con una depreciación del equipo a 5 años, dando un costo de Lps 540.00. El riego con uso de tensiómetro tuvo un incremento de 7.3% en beneficios netos en comparación con el riego tradicional, producto de un mejor rendimiento y mediante un riego eficiente.

Cuadro 2. Presupuesto parcial (Lps/ha)

	Tensiómetro	Tradicional
Rendimiento medio (kg/ha)	33,167.26	31,356.44
Rendimiento ajustado (kg/ha)	28,192.17	26,652.12
Beneficios brutos de campo (lps/ha)	155,056.94	146,586.66
Costo de tensiómetro	540.00	0.00
Costo de bombeo (Lps)	20,266.56	27,916.41
Costo de riego en mano de obra	180.30	248.50
total de costos que varían	20,986.86	28,164.91
<b>Beneficios netos (lps/ha)</b>	<b>134,070.08</b>	<b>118,421.75</b>

2.50 Lps/lb de melón

Tasa de cambio: Lps.14.50

Depreciación de tensiómetro a 5 años para un ciclo de cultivo de 3 meses del total de \$750.00.

#### 4.3.2 Tasa de retorno marginal (TRM)

En el cuadro 3 se observa una tasa de retorno marginal de 1.13, lo que equivale decir, que en una producción de melón bajo invernadero utilizando tensiómetros para el control de cantidad y momento de riego obtenemos una ganancia de Lps 1.13 por cada lempira invertido.

Cuadro 3 . Tasa de Retorno Marginal (TRM)

TRATAMIENTO	COSTOS QUE VARIAN	BENEFICIO NETO	T.R.M.
TENSIONMETRO	20,986.86	134,070.08	1.13
TRADICIONAL	28,164.91	118,421.75	

#### 4.3.3 Análisis de Rentabilidad sobre costos.

En el Cuadro 4 se observa un incremento de la rentabilidad sobre los costos del uso de tensiómetros sobre el riego tradicional, efecto de un mejor rendimiento y una disminución de los costos variables, dando como resultado un mejor beneficio neto y una mayor ganancia sobre la inversión.

Cuadro 4. Análisis de Rentabilidad sobre Costos.

Tratamiento	Costos Comunes	Costos Variables	Costos Totales	Ingresos Brutos	Ingresos Netos	Rent / Costos %
Tensiómetro	71,971.13	20,986.86	92,957.99	155,056.94	62,098.95	66.80
Tradicional	71,971.13	28,164.91	100,136.04	146,586.66	46,450.62	46.39

## 5. CONCLUSIONES

El uso de tensiómetros es rentable tanto agronómicamente como económicamente.

El riego tradicional basado en la dotación de agua en volúmenes iguales espaciados en una frecuencia rígida no representa una buena práctica agrícola, el uso de tensiómetros ayuda a determinar el momento de riego.

El análisis de textura y la determinación de la curva de retención de humedad son parámetros muy útiles para correlacionar las lecturas de tensión para el momento del riego y los volúmenes de agua a aplicar.

## 6. RECOMENDACIONES

Usar tensiómetros en sistemas de producción para un uso eficiente del agua, donde su eficiencia se complementa con análisis de suelo y estudios del cultivo mismo.

Determinar curvas de retención de humedad del suelo, donde el tiempo de reposición estará determinado por las características físicas.

Realizar este estudio en la época de verano, cuando en el invernadero "C" no tendría problemas con la capa freática por exceso de precipitaciones.

Realizar este estudio a campo abierto, donde la influencia del clima y sus consecuencias son diferentes a condiciones de un cultivo bajo protección.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

EGAS, A. 1991. Tesis de evaluación del cultivo de melón (*Cucumis melo*) bajo cubierta en dos sistemas de siembra: Tutorado vs. Rastroso y tres frecuencias de riego por goteo. Zamorano, Honduras. 2-10p.

MEREA, A. 1982. El IICA y el Riego por Goteo en América Latina y el Caribe. San José, Costa Rica. 18-24p.

MONTES, A. 1996. Cultivos de hortalizas en el trópico. Departamento de Horticultura. El Zamorano, Honduras. 111-113p

OLIVERAS, J.M. |1999. Sistema de riego. [archivo de computador] México. snt.  
Tomado de: <http://www.uam.mx/organo-ram/documentos/V-III/iii33-13.html>

CRUZ, L. 1999. Ubicación de pluviómetros en Zamorano. Unidad Empresarial de Servicios Agrícolas. El Zamorano, Honduras.

SOILMOISTURE EQUIPMENT CORP. 1988. Model 2900FI Operating Instructions. Santa Bárbara, Ca. Estados Unidos. 8-14p.

\_\_\_\_\_, 1999. Melón de Oaxaca [archivo de computador] Oaxaca, México. snt.  
Tomado de: <http://www.oaxaca.gob.mx/cedic/agronegocios/spanish/melón.html>

\_\_\_\_\_, 1999. Conducción de riego. [archivo de computador] Argentina. snt.  
Tomado de: <http://www.inta.gob.ar/producto/riego/conducci.htm>

\_\_\_\_\_, 1999. Uso de riego. [archivo de computador] Perú. snt.-  
Tomado de: <http://www.mem.gob.pe/nuevo/usodveec.htm>

\_\_\_\_\_, 1999. Fichas Agronómicas – Par.3.6. Metodología para controlar el estado hídrico de los cultivos. [archivo de computador] España. snt.  
Tomado de: [http://www.par.cebas.csic.es/Fichas/3\\_6.htm](http://www.par.cebas.csic.es/Fichas/3_6.htm)

\_\_\_\_\_, 1999. Fichas Agronómicas – Par.9.2. Control del riego mediante tensiómetros en cítricos y frutales. [archivo de computador] España. snt.  
Tomado de: [http://www.par.cebas.csic.es/Fichas/9\\_2.htm](http://www.par.cebas.csic.es/Fichas/9_2.htm)

## 8. ANEXOS

Anexo 1

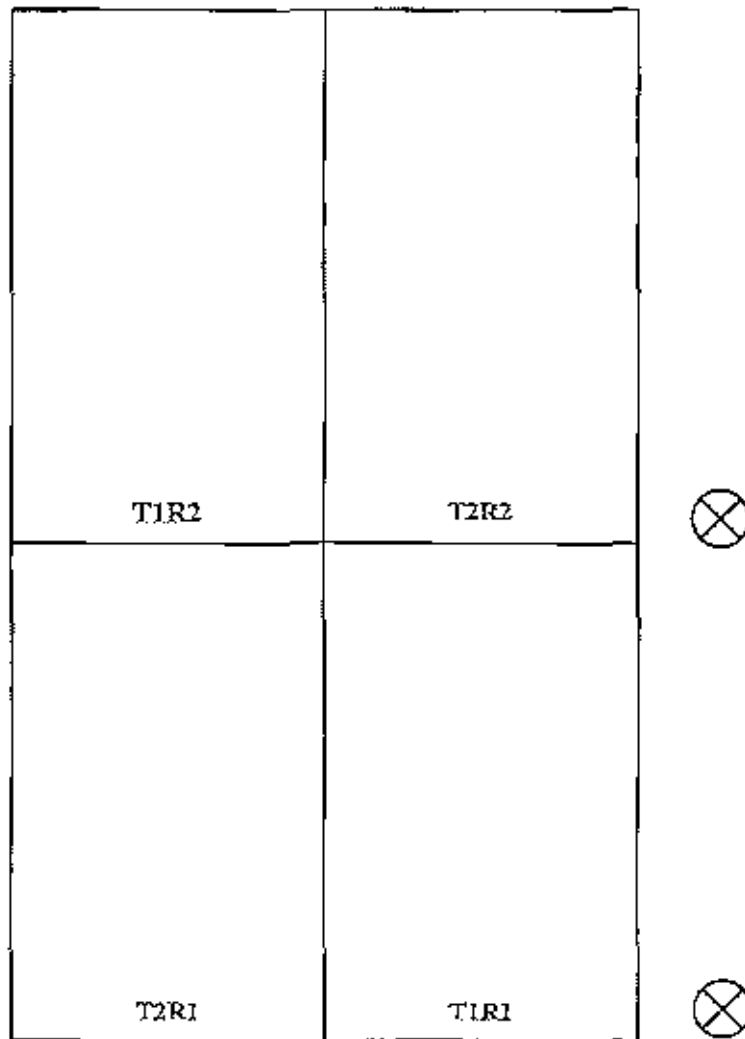
Distribución de los tratamientos

T1 = Tensiómetro

T2 = Tradicional

R# = Repetición

Atrás del invernadero



Frente del invernadero

↑  
Sentido de los surcos

## Anexo 2

### Análisis de textura de suelo del Invernadero "C"

**EL ZAMORANO**  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELOS

Solicitante: LUCIANO VÁSQUEZ
Institución: E.A.P. HORTICULTURA
Localización: de la muestra: EL ZAMORANO
Departamento: FCO. MORAZAN
Cultivo a sembrar: MELÓN
Recomendación: Si No X

#### Resultado de Análisis

Fecha de entrada: 4/2/99

Fecha de salida: 18/2/99

#### Interpretación

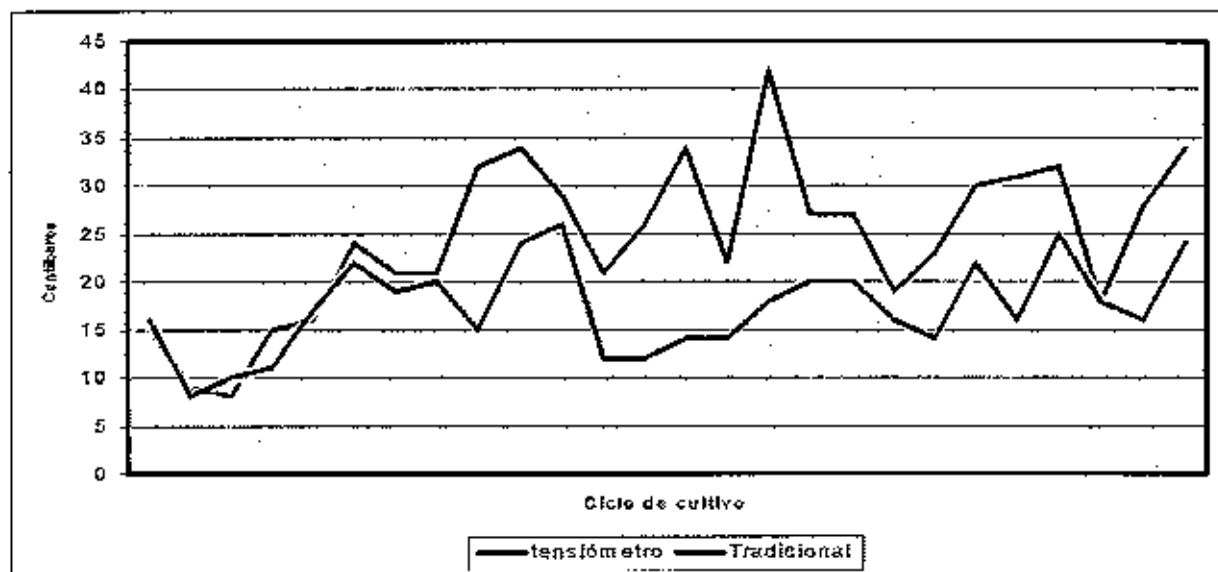
A = Alta           pH  
M = Medio       FA = Fuertemente ácido  
B = Bajo  
N/A = Normal/Alto

# Lab	Muestra	Textura	%			pH (H <sub>2</sub> O)	%		ppm (Disponible)									
			Arena	Límo	Arcilla		M.O.	N total	P	K	Ca	Mg.	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
143	Invernadero Zona 3	Franco	44	40	16	FA 5,51	M 3,35	M 0,17	A 840	A 860	A 4440	A 412		N/A 3,2	A 30	A 22	N/A 7,6	



### Anexo 3

#### Variación de centibares según frecuencia de riego



## Anexo 4

### Curvas de retención de humedad (0-20 cm)

#### DETERMINACIÓN DE CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Nombre y Localización del proyecto: EL ZAMORANO CALICATA #1

Preparado por: DORTY BENDEZU

UBICACIÓN ZONA III

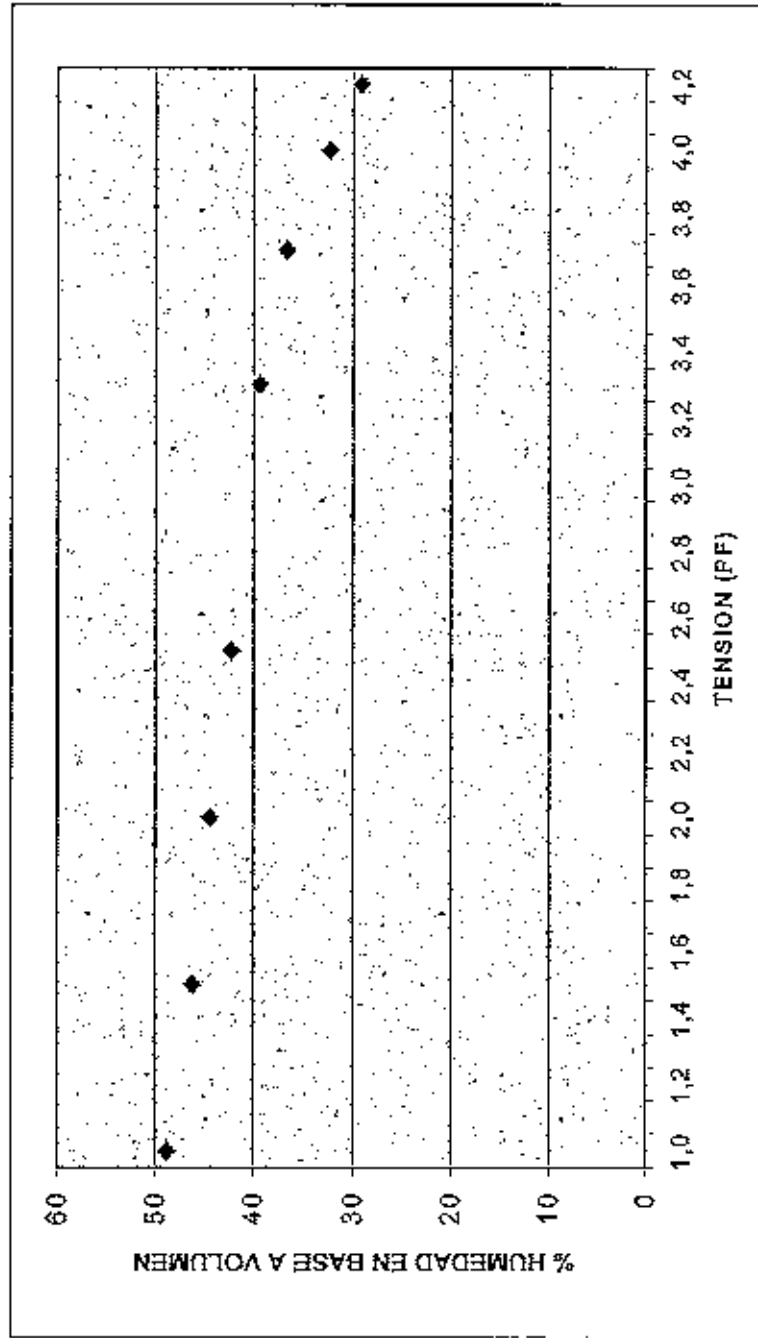
LOTE CALICATA	PROF.	HORIZONTE	CILINDRO PEQUEÑO O ANILLO	P.C.P. + TAPAS O ANILLO	PSS + C	PESOS DE MUESTRAS MAS CILINDROS EN GRAMOS									PESO SUELO SECO
						pF Atm	1,000 0,010	1,500 0,032	2,000 0,100	2,500 0,315	3,300 1,995	3,700 5,012	4,000 10,000	4,191 15,524	
1	0 - 20	A	K - 11	24,89	65,37			64,77	64,38	63,86	63,14	62,46	61,32	60,61	63,89
			Z - 57	25,09	66,32			65,71	65,26	64,8	64,17	63,61	62,80	62,03	55,33

#### PORCENTAJES DE HUMEDAD EN BASE A VOLUMEN

LOTE CALICATA	PROF.	CILINDRO PEQUEÑO O ANILLO	DENSIDAD APARENTE	PSS + C	PESOS DE MUESTRAS MAS CILINDROS EN GRAMOS								
					pF Atm	1,000 0,010	1,500 0,032	2,000 0,100	2,500 0,315	3,300 1,995	3,700 5,012	4,000 10,000	4,191 15,524
1	0 - 20	K - 11	1,2865	50,93			48,27	46,54	44,23	41,03	37,97	32,96	29,81
		Z - 57	1,2865	46,75			44,16	42,25	40,29	37,61	35,23	31,76	28,50
PROMEDIOS					48,84	46,21	44,39	42,26	39,32	36,60	32,37	29,16	

Anexo 4 (Continuación)

Gráfica de curva de retención de humedad (0-20 cm).



Anexo 4 (Continuación)

Curvas de retención de humedad (20-35 cm)

DETERMINACIÓN DE CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Nombre y Localización del proyecto: EL ZAMORANO CALICATA #1

Preparado por: DORTY BENDEZU

UBICACIÓN ZONA III

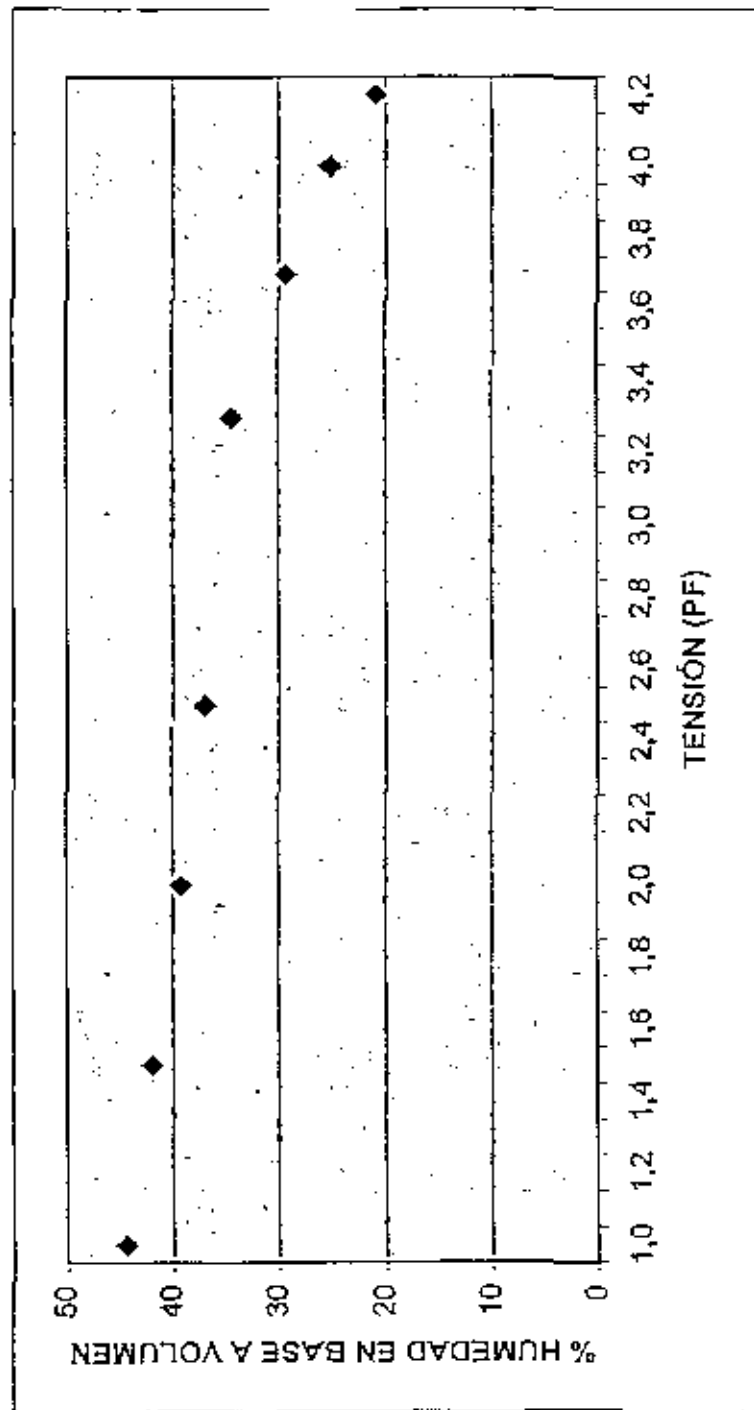
LOTE CALICATA	PROF.	HORIZONTE	CILINDRO PEQUEÑO O ANILLO	P.C.P. + TAPAS O ANILLO	PSS + C	PESOS DE MUESTRAS MAS CILINDROS EN GRAMOS									PESO SUELO SECO
						pF	1,000	1,500	2,000	2,500	3,300	3,700	4,000	4,191	
						Atm	0,010	0,032	0,100	0,316	1,995	5,012	10,000	15,524	
1	20 - 35	B	Z - 29	25,62	68,19			67,84	67,2	66,5	65,8	64,4	63,34	61,65	56,4
			R - 13	25,42	66,94			66,01	65,2	64,8	64,1	62,8	61,68	60,79	55,33

PORCENTAJES DE HUMEDAD EN BASE A VOLUMEN

LOTE CALICATA	PROF.	CILINDRO PEQUEÑO O ANILLO	DENSIDAD APARENTE	PSS + C	PESOS DE MUESTRAS MAS CILINDROS EN GRAMOS								
					pF	1,000	1,500	2,000	2,500	3,300	3,700	4,000	4,191
					Atm	0,010	0,032	0,100	0,316	1,995	5,012	10,000	15,524
1	20 - 35	Z - 29	1,1516	44,11			42,80	40,2	37,6	35,1	29,7	25,97	20,76
		R - 13	1,1616	44,70			41,12	38,1	36,4	33,7	28,9	24,45	21,02
PROMEDIOS				44,41			41,96	39,2	37	34,4	29,33	26,21	20,89

ANEXO 4 (Continuación)

Gráfica de curva de retención de humedad (20-35 cm).



Anexo 5

Presupuesto Total (Lps.)

Insumos para 855 m <sup>2</sup> de Invernadero					Insumos para Una Hectárea				
Insumo	Cantdad	Unidad	Precio	Total	Cantidad	Unid ad	Precio	Total	% del Total
<b>Fertilizantes</b>									
Cal	2.70	qq.	34.96	94.39	1.00	tn	789.12	789.12	18.26
18-46-0	1.00	kg.	3.89	3.89	11.70	kg.	3.89	45.56	1.08
Urea	88.00	kg.	3.30	290.40	1,029.60	kg.	3.30	3,397.68	80.66
<b>SUBTOTAL</b>				<b>388.69</b>				<b>4,212.36</b>	<b>100.00</b>
<b>Establecimiento</b>									
Postes	60.00	unid.	4.00	240.00	702.00	unid.	4.00	2,808.00	16.47
Cabuya	5,703.00	m.	0.03	175.65	66,725.10	m.	0.03	2,055.13	12.05
Alambre	136.12	lb.	1.19	161.98	1,592.60	lb.	1.19	1,895.20	11.11
Plantulas	2,200.00	unid.	0.40	880.00	28,740.00	unid.	0.40	10,296.00	60.37
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1,457.64</b>				<b>17,054.33</b>	<b>100.00</b>
<b>Sanidad Vegetal</b>									
Volatón 5% ( cortador )	7,545.45	gr.	0.01	81.49	88,281.77	gr.	0.01	953.44	14.98
Danitol ( crisomelidos )	18.00	c.c.	0.50	9.00	210.60	c.c.	0.50	105.30	1.65
Talcord ( Diaphania )	30.00	c.c.	0.34	10.10	361.00	c.c.	0.34	118.15	1.86
Talstar ( Falso Medidor )	90.00	c.c.	0.99	89.35	1,053.00	c.c.	0.99	1,045.42	16.43
Manzate	450.00	gr.	0.08	33.80	5,265.00	gr.	0.08	395.40	6.21
Dipel 2x1 F. Medidor y Diaphania )	180.00	gr.	0.36	65.85	2,106.00	gr.	0.36	788.06	12.07
Tracar ( Diaphania )	15.00	c.c.	3.90	58.49	175.50	c.c.	3.90	684.36	10.75
Benlate ( Alternaria y Gomosis )	87.50	gr.	0.48	32.40	789.75	gr.	0.48	379.08	5.96
Vertimec	30.00	c.c.	3.38	101.40	351.00	c.c.	3.38	1,186.34	18.64
Agrimicín ( Bacteriosis )	90.00	Gr	0.58	52.12	1,053.00	gr	0.58	609.79	9.58
Acherente	218.00	c.c.	0.05	10.13	2,527.20	c.c.	0.05	118.53	1.86
<b>SUBTOTAL</b>				<b>643.92</b>				<b>6,363.87</b>	<b>100.00</b>

Mano de Obra Invernadero				Mano de Obra Hectárea			
Actividad	Horas	Precio	Total	Horas	Precio	Total	% del Total
Transplante	10.00	5.63	56.30	120.00	5.63	663.60	2.99
Instalación de Postes	28.00	5.63	146.38	304.20	5.63	1,882.23	7.69
Tutorado	133.75	5.63	753.01	1,684.88	5.63	8,653.76	39.04
Poda	43.68	5.63	245.92	511.06	5.63	2,826.14	12.75
Chapla bordes	18.50	5.63	104.16	218.45	5.63	1,186.97	5.40
Marcado de Fruta	8.00	5.63	45.04	93.60	5.63	517.61	2.34
Reposición de Postes	8.50	5.63	47.86	99.45	5.63	549.96	2.48
Etiquetado	3.00	5.63	16.89	35.10	5.63	194.10	0.88
Reparación	10.00	5.63	56.30	117.00	5.63	647.01	2.92
Deshierba Frontal	2.00	5.63	11.26	23.40	5.63	129.40	0.58
Eliminación del Cultivo	33.40	5.63	188.04	390.78	5.63	2,181.01	9.75
Eliminación de Manjueiras	1.00	5.63	5.63	11.70	5.63	64.70	0.29
Eliminación de Postes	10.50	5.63	59.12	122.85	5.63	679.36	3.06
Control de Cortador	4.00	5.63	22.52	46.80	5.63	268.80	1.17
Control de Afidos	0.50	5.63	2.82	5.85	5.63	32.35	0.15
Control de Crisomelidos	1.00	5.63	5.63	11.70	5.63	64.70	0.29
Control de Diaphania	2.00	5.63	11.26	23.40	5.63	129.40	0.58
Control de Bacteriosis	0.67	5.63	3.77	7.84	5.63	43.35	0.20
Control de Falso Medidor	1.17	5.63	6.59	13.69	5.63	75.70	0.34
Control de Minador y Bacteriosis	0.67	5.63	3.77	7.84	5.63	43.35	0.20
Cosecha	24.00	5.63	135.12	280.80	5.63	1,552.82	7.01
<b>TOTAL</b>	<b>855 m<sup>2</sup></b>		<b>1,927.37</b>	<b>Una Hectárea</b>		<b>22,166.33</b>	<b>100.00</b>

Anexo 5 (Continuación)

Maquinaria y Equipo ( 855 m2 )					Maquinaria y Equipo ( una Hectárea )				
Actividad	Cantidad	Unidad	Precio	Total	Cantidad	Unidad	Precio	Total	% del Total
Invernadero	2088,00	hora	0,66	1367,64	2088,00	hora	7,92	16536,96	74,58
Mangueras	2088,00	hora	0,16	334,08	2088,00	hora	1,89	3946,32	17,80
Bombas de Mochila	10,00	hora	0,07	0,70	128,00	hora	0,07	8,96	0,04
Aradura del Terreno	1,00	hora	168,20	168,20	2,50	hora	168,20	420,50	1,90
Rastreada del Terreno	1,00	hora	168,20	168,20	2,00	hora	168,20	336,40	1,52
Surcado del Terreno	0,40	hora	168,20	67,28	1,50	hora	168,20	252,30	1,14
Acarreo de Plántulas	0,50	hora	168,20	84,10	2,00	hora	168,20	336,40	1,52
Acarreo de Postes	0,50	hora	168,20	84,10	2,00	hora	168,20	336,40	1,52
<b>TOTAL</b>				<b>2274,30</b>				<b>22174,24</b>	<b>100,00</b>

Tasa de cambio: Lps.14,50

Anexo 6

Resumen de costos comunes del ensayo por hectárea. (Lps.)

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>% del TOTAL</b>
Costo por Insumos	27,630.56	38.39
Fertilizantes	4,212.36	5.85
Establecimiento	17,054.33	23.70
Sanidad Vegetal	6,363.87	8.84
Costos por mano de obra	22,166.33	30.80
Costos por maquinaria y equipo	22,174.24	30.81
<b>TOTAL DE COSTOS COMUNES</b>	<b>71,971.13</b>	<b>100.00</b>



Anexo 7

Resumen de análisis de varianza de las variables del ensayo.

	Peso (kg)	Forma	Grados Brix	Grosor Pulpa (cm)	D.I.C. (cm)	Red	Rendimiento (kg/ha)	Frutos per planta	F.N.C. (%)	F.C.(%)
Tensiómetro	1.45	1.16	9.07	3.73	5.15	3.20	14096.69	1.33	13.20	76.25
Tradicional	1.31	1.19	7.95	3.30	5.29	2.65	13326.06	1.30	20.25	69.75
Prom. Ensayo	1.38	1.18	8.51	3.52	5.22	2.93	13711.37	1.31	16.72	73.00
Valor - F	2.62	25.00	39.40	11.38	0.53	11.63	0.10	0.08	4.53	2.86
Probabilidad	0.25 n.s.	0.04 *	0.02 *	0.08 n.s.	n.s.	0.08 n.s.	n.s.	n.s.	0.17 n.s.	0.23 n.s.
C.V. (%)	6.21	0.42	2.11	3.62	3.55	5.51	17.71	9.37	19.80	5.27
Desv. Estándar	0.23	0.02	0.67	0.27	0.17	0.34	51.1	0.10	4.89	4.89

D.I.C. Diámetro interno de cavidad.

F.N.C. Frutos no comerciales

F.C. Frutos comerciales