

RIEGO EN EL CULTIVO DEL MANGO

ING. CARLOS SEGNINI

INTRODUCCION

El mango es una de las frutas tropicales más importantes y antiguas. Está considerado dentro de las 13 frutas que han sido cultivadas por más de 4000 años (Ramírez, 1983). Según la literatura tiene sus orígenes en la India y el Norte de Birmania; y fue introducido al continente americano por dos vías, una traída por los españoles a las costas del Pacífico de México, y la otra cuando los portugueses abrieron rutas marítimas comerciales con el lejano oriente y de ahí a Brasil.

Se ha incrementado el área sembrada en los últimos a nivel nacional. Las provincias con mayor incremento son Alajuela y Puntarenas, seguido por Guanacaste y San José.

Los principales países de destino para nuestro producto han sido principalmente Holanda, Bélgica y Alemania en primer orden, seguidos de Canadá, Reino Unido y últimamente Brasil. La distribución mensual de la producción, se concentra básicamente en los meses de abril, mayo y junio.

Debido a la importancia que está tomando esta actividad en el país, es conveniente dentro del marco tecnológico, proporcionarle buenas condiciones hídricas al cultivo, lo cual favorece aspectos tales como: aumento en la calidad del fruto, incremento del rendimiento, disminuir la caída de el fruto, mejorar el aspecto y apariencia de los árboles con mayor precocidad en su desarrollo. Como las estaciones en las zonas de cultivo son bien marcadas, con una época lluviosa que inicia en mayo y termina en noviembre, un "veranillo" en julio y agosto, y la época seca entre diciembre y abril; es necesario aplicar irrigación durante periodos secos, tomando en consideración ciertos criterios agronómicos como el inicio de la floración, debido a que aumenta el rendimiento y la calidad.

En la actualidad es mínima la información técnica sobre las necesidades hídricas del mango. Esta investigación persigue obtener esa información para la zona de Liberia en particular y, de ser posible que se aplique también a otras zonas productoras del país, para lograr el crecimiento y permanencia del producto en mercados tan exigentes como el de Europa y Estados Unidos.

La investigación se realizó en la finca Mango Tico S.A., y gracias a la ayuda y colaboración que prestaron en esta empresa, conjuntamente con el gran apoyo de la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica, fue que se desarrolló.

El presente proyecto busca satisfacer diferentes objetivos, generales y específicos que se enumeran a continuación:

1.1 Objetivo General:

Determinar los requerimientos hídricos del cultivo del mango a fin de mantener un régimen óptimo de humedad en el suelo para lograr el mejor rendimiento en calidad y cantidad.

1.2 Objetivos Específicos:

Determinar la dosis y frecuencia de los riegos en el cultivo del mango durante el período seco de la región.

Evaluar diferentes niveles de agotamiento del agua en el suelo con relación al rendimiento en la producción.

Dar recomendaciones para establecer una programación de riego en la finca, considerando un balance entre requerimientos hídricos óptimos del cultivo, capacidad del sistema de riego y economía energética.

REVISION DE LITERATURA

RIEGO EN MANGO

Para el cultivo del mango, según Popenoe (1920), la cantidad de lluvia no es tan importante, como la duración de la estación durante la cual ésta ocurre. Sing (1977), encontró que los excesos de humedad en el suelo retardan la floración o causan deformaciones. Por otra parte, el riego es necesario durante el desarrollo del fruto para evitar su caída, para que alcance pronto su punto de madurez y mejorar su calidad.

Por otra parte, en ciertas plantas tropicales puede ser necesario un período de "stress" de humedad para inducir la floración (Kaufman, 1972).

Para el Dr. Malo (1986) el riego es el complemento de la fertilización. Y agrega también que el riego tiene que ser controlado por tensiómetros para que no haya pérdidas monetarias por mala utilización del mismo. El suministro de agua mediante de riego es especialmente crítico para árboles jóvenes recién establecidos, antes de que entren en producción. Después, el riego es indispensable cuando la fruta empieza a crecer rápidamente, desde el tamaño de un guisante hasta el de una pelota de tenis. Cuando hay días secos y ventosos, como ocurre en Centro América y México en marzo, abril y mayo, la fruta puede caerse debido a una evapotranspiración mayor de la normal.

Es hasta cierto punto normal que algunas frutas de 3 a 8 cm de diámetro se desprendan del árbol, pero eso se puede reducir manteniendo el nivel adecuado de humedad en el suelo. Esto quiere decir que un período seco de seis a ocho semanas antes

de la cosecha puede echar a perder todos los buenos cuidados anteriores. Visto de esta forma, el riego del mango es sumamente importante (Malo, 1986).

Como se ha indicado anteriormente el riego es importante para el cultivo, sin embargo es trascendente destacar por qué los árboles no mueren durante la época seca cuando no tienen riego. La respuesta se debe a que, los árboles de mango tienen un sistema radical muy profundo y de gran grosor. Esto les permite tomar el agua que les servirá básicamente para su mantenimiento. Pero también tienen una enorme cantidad de raicillas muy finas que se distribuyen principalmente en los primeros 40 cm. de suelo, y que son los responsables de absorber componentes químicos disueltos en el agua para nutrir a la planta (Ramírez, 1983).

Una vez que se aplique el riego cuando está iniciando la floración, no habrá riesgo de producir mucho follaje ya que el proceso de floración es irreversible. En caso que no exista floración y se aplique el riego, se producirá un crecimiento vegetativo, que se observa con la salida de nuevo follaje.

Cuando el riego es oportuno, se pueden obtener las siguientes ventajas en el cultivo del mango:

- Se aumenta la cantidad de floraciones
- El amarre o "cuajado" de los frutos es mayor
- La caída de frutos pequeños es menor que cuando no se utiliza riego
- Disminuye la caída de frutos grandes debidos al viento
- Mejora la calidad de la fruta
- Se incrementan los rendimientos de la cosecha en peso y tamaño

Avilán et. al. (1989), dice que la cantidad de agua va a depender de la edad de la planta y el estado fisiológico en la cual se encuentre. Las plantas jóvenes tiene un menor follaje y en consecuencia, sus requerimientos hídricos son menores cuando se compara con la de los árboles adultos. El sistema radical de las plantas jóvenes es muy restringido por lo que su capacidad de aprovechar el agua almacenada en los suelos es limitada. Las plantas adultas del mango, cuyo sistema radical es muy vigoroso, puede explorar un gran volumen de suelo y a pesar de sus mayores exigencias hídricas puede satisfacer las mismas.

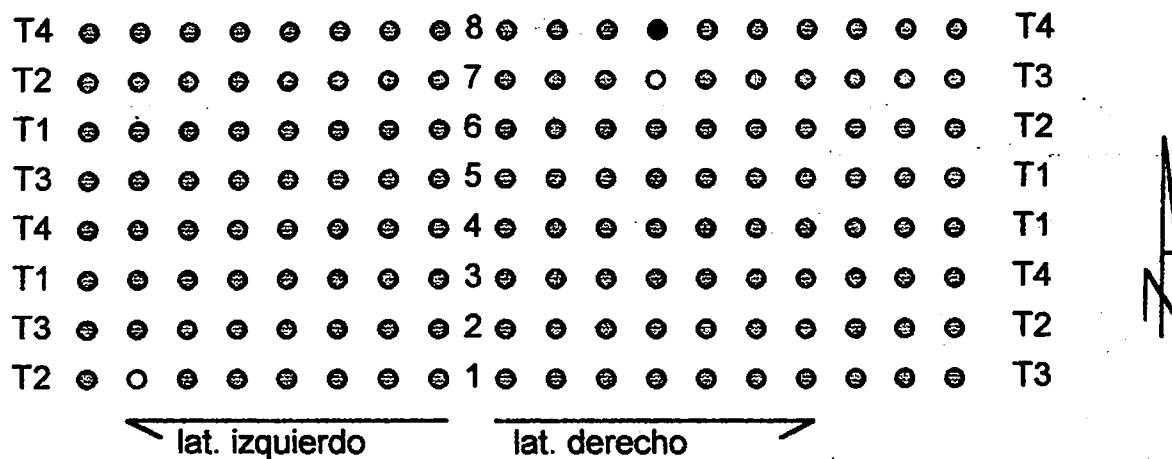
CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El proyecto de investigación se realizó en la finca Mango Tico S.A., ubicada en la zona de Liberia, Guanacaste. En cuanto al clima de la zona, para la estación de Liberia, se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO 1: Datos climáticos proporcionados por el IMN.

	VIENT	EVAP.	BR.SOL	T.MAX	T.MIN	T.MED	PREC.	H.R.
UNID.	(Km/h)	mm	hor. dec	°C	°C	°C	mm	%
Periodo	74-90	76-90	67-90	76-90	76-90	76-90	75-90	75-90
Enero	18.5	9.7	9.3	33.3	20.7	27.0	0.3	68
Febrero	20.0	11.3	9.8	34.5	21.0	27.8	0.3	66
Marzo	19.2	11.9	9.6	35.4	21.6	28.5	6.5	65
Abril	15.5	10.9	8.9	36.0	22.5	29.3	16.5	67
Mayo	9.9	7.9	6.5	34.2	23.2	28.7	213.5	76
Junio	7.4	5.2	5.3	32.0	23.0	27.5	284.6	85
Julio	9.8	6.0	5.8	32.1	22.7	27.4	148.9	81
Agosto	9.1	5.7	5.6	32.0	22.5	27.3	206.3	83
Setiem	6.6	4.8	5.2	31.4	22.2	26.8	323.2	87
Octubre	6.1	4.5	5.5	31.1	22.0	26.6	275.7	87
Noviem	8.3	5.1	6.6	31.6	21.4	26.5	94.1	83
Diciem.	14.1	7.0	8.3	32.5	20.8	26.7	12.0	74
Media	12.0	7.5	7.2	33.0	22.0	27.5	1581.9	77

La parcela experimental cuenta con ocho surcos de árboles, cada surco se divide en dos laterales de riego. La distribución anterior permite el manejo de 16 laterales de riego, para los cuales se les asignarán cuatro tratamientos diferentes, con cuatro repeticiones cada tratamiento. Existe una válvula que habilita de riego a la parcela, y cada lateral cuenta con una llave individual para controlar los diferentes tratamientos.



○ Arbol faltante

● Arbol podado

□ Cada lateral tiene su llave de paso

T1,T2,T3,T4 : Tratamientos

La división entre los surcos es de 14 metros, y entre árboles es de 7 metros.

FIGURA 1: Esquema de la parcela experimental. Mostrando la distribución de los diferentes componentes de la parcela, enumerados los surcos e identificados los tratamientos.

Se definieron tres tratamientos a diferentes niveles de agotamiento, un cuarto tratamiento con el sistema de riego de la finca, y adicionalmente un testigo fuera de la parcela (se describirán posteriormente).

El tratamiento agronómico de los árboles de la parcela quedó a cargo del personal de la finca, y fue igual al utilizado en el resto de la finca.

El equipo a utilizar para la investigación fue proporcionado por la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica.

METODOLOGÍA

El programa experimental consta de una serie de etapas de carácter secuencial, los cuales se mencionan a continuación.

- Reconocimiento de la parcela experimental.
- Evaluación de las características físicas del suelo.
- Calibración del equipo.
- Revisión del sistema de riego.
- Arreglo de los tratamientos.

Tres tratamientos presentaron diferentes niveles de agotamiento en el suelo. Este agotamiento se medió por potenciales mátricos, y uno testigo con el uso actual de la finca. Como la parcela experimental contó con 16 laterales en total, se escogieron cuatro laterales por tratamiento, distribuidos al azar. Fuera de la parcela se marcaron surcos testigos, que se les proporcionó una humedad inicial inferior al punto de capacidad de campo.

Seleccionando potenciales mátricos de 30 y 60 centibares para los tratamientos T1 y T2, un T3 con un potencial mayor cuyo valor no puede ser medido por los tensiómetros, y uno tratamiento T4, cuyo agotamiento fue determinado una vez iniciado el riego regular de la finca, se organizó dentro del campo investigativo como muestra la figura 1.

- Aplicación de los tratamientos.

Basado en las mediciones diarias de los equipos para cada tratamiento, se determinó la frecuencia y duración de los riegos, de manera que se cumplieran con los niveles de agotamiento asignados a cada tratamiento.

- Evaluación de los tratamientos.

La evaluación de los tratamientos tuvo sustento en la producción, contabilizando como variable principal la producción (kilogramos) de cada lateral y consecuentemente de cada tratamiento. Así mismo, cualitativamente se determinarán algunas características del fruto como tamaño y calidad.

INFORMACION BASICA

EQUIPO DE RIEGO

Se utilizó microaspersión, con una unidad "Micro-Bird Spray Jet" de la marca Rain Bird con el siguiente caudal de descarga para diferentes presiones:

CUADRO 2: Especificaciones de presión de funcionamiento, caudal y diámetro cubierto por los microaspersores.

PRESION (psi)	DESCARGA(l / h)	DIAMETRO (m)
20	43.91	3.41
25	48.83	4.02

Cada árbol frutal cuenta con dos microaspersores, y trabajan a una presión promedio de 20 a 25 psi.

La ubicación de los microaspersores es a 2 metros del tronco en lados opuestos, no hay traslape entre ellos y cubren un área total bajo la copa de 25.4 m². El área proyectada del dosel de los árboles es de 38.48 m², lo que se estima corresponde al área de exploración radicular. Esto implica que el área irrigada no cubre toda la zona radicular.

EVAPOTRANSPIRACION DE LA ZONA

Para el cálculo de la ET se utilizan datos climáticos de la estación de Liberia. Los métodos empíricos empleados para el cálculo de la ETo fueron el Método de la Radiación y el Tanque de Evaporación.

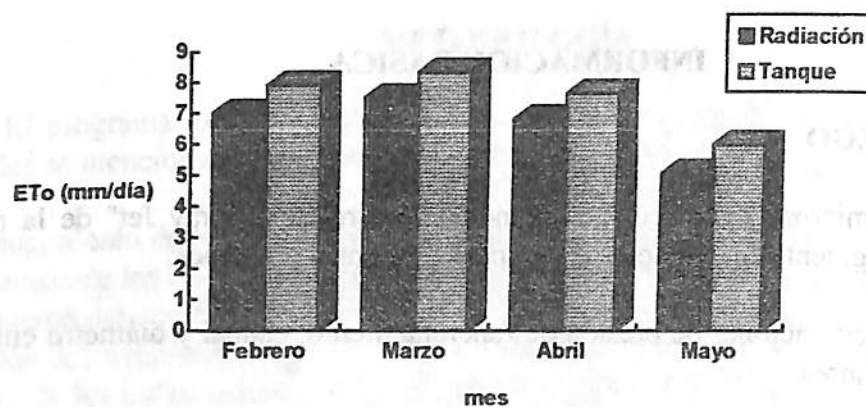


GRAFICO 1: Figura comparativa de las ETo calculadas por los dos métodos empíricos.

Características Físicas del Suelo

CUADRO 2: Diferentes horizontes del perfil característico del suelo.

HORIZONTE	ESPESOR (cm)
A	0 - 15
AB	15 - 20
B	20 - 50
BC	50 - 60
C	> 60

Textura

Concerniente al análisis textural en laboratorio, se dividió en dos horizontes, el horizonte A en los primeros 20 cm y el horizonte B en los segundos 20 cm, mostrando los siguientes comportamientos.

CUADRO 3: Resultados del análisis textural realizado en el laboratorio.

HORIZONTE	% ARENAS	% LIMOS	% ARCILLAS	NOMBRE TEXTURAL
A	57	33	10	Francoarenoso (Fa)
B	53	19	28	Franco arcillo-arenoso (FAa)

Se muestra un suelo sumamente arenoso con un porcentaje alto de arcillas en el horizonte B.

Densidad Aparente

La muestra de suelo indisturbada para este análisis fue tomada del punto 3 del esquema, a una profundidad de 40 cm y se obtiene el siguiente resultado:

Densidad aparente : 1.38 g / ml

Contenido de Humedad

Se realizó un estudio detallado de la parcela, tanto en análisis de laboratorio como determinación de humedades a nivel de campo, para caracterizar la parcela y hacer una correcta aplicación de los tratamientos experimentales.

Se tomó como medida de capacidad de campo (CC) de 0.1 atmósferas por ser un suelo arenoso, y tomando lectura de los tensiómetros. Los resultados se resumen en la siguiente figura.

HG%		Surco		HG%
27.77	_____	8	_____	26.57
26.43	_____	7	_____	20.06
26.30	_____	6	_____	31.56
16.53	_____	5	_____	18.63
16.62	_____	4	_____	17.23
19.10	_____	3	_____	27.78
23.43	_____	2	_____	14.56
17.70	_____	1	_____	13.98

FIGURA 2: Esquema de los valores de Capacidad de Campo (CC) para los diferentes laterales, con una lectura del tensiómetro de 0.1 atm. a 40 cm. de profundidad.

CALIBRACION DE EQUIPO

Los métodos indirectos de medición de humedad en el suelo, requirieron de una calibración de las lecturas que ellos proporcionan, contra la humedad obtenida por el método gravimétrico (método estándar), esta calibración es específica para cada tipo de suelo.

Se presentó mucha imprecisión en los bloques de yeso y la sonda de neutrones. En los bloques de yeso se justifica por ser un suelo muy arenoso; mientras que por la gran variabilidad de suelos dentro de la parcela, resulta impráctico la utilización de la sonda de neutrones, además también presentó un poco de imprecisión para ciertos ámbitos de humedad.

Tensiómetros

Ante la poca precisión de los métodos anteriores, o lo impráctico de algunos métodos, se fundamentó en el principio de la tensión del agua en el suelo o potencial mátrico.

Trabajar con niveles de agotamiento en cada lateral, se tornó difícil por la variabilidad de propiedades físicas del suelo en la parcela experimental como se explicó anteriormente, por lo que se utilizaron las medidas proporcionadas por el tensiómetro que determinaron los agotamientos con base al potencial mátrico.

Disponiendo de tensiómetros distribuidos en los laterales y tratamientos, fue factible trabajar con ámbitos de tensión de 10 a 80 centibares (cb), que se aplicaron en los tratamientos con intervalos cortos de riego.

RESULTADOS

Preparación de la Parcela

Una vez que se revisó el sistema de riego y quedó en perfectas condiciones de funcionamiento, se procedió a alcanzar el punto de capacidad de campo.

Aplicación de los tratamientos

Ante los inconvenientes que presentaron algunos de los métodos expuestos anteriormente, y las lluvias intermitentes que se dieron durante la aplicación de los tratamientos (Cuadro 3), los tensiómetros fueron herramientas indispensables.

Los tratamientos, iniciaron el 21 de Marzo con el estado de floración de la plantación y finalizó el 3 de Mayo, cuando se consideró la entrada del invierno.

Las lluvias se convierten en una variable que puede afectar los resultados de la investigación, sin embargo, su efecto no se puede medir por lo que únicamente se menciona. Además, los aportes de la lluvia fueron considerados implícitamente en las mediciones de potencial mátrico que registraron los tensiómetros.

Los tratamientos consistieron en partir de un suelo a capacidad de campo (equivalente a 10 centibares), se deja agotar humedad en el suelo hasta que llegue a un agotamiento, correspondiente a una succión predefinida para cada tratamiento (Cuadro 3.1), y volver a irrigar llevándolo nuevamente a capacidad de campo.

CUADRO 3 Datos de precipitación que se presentaron en la etapa de aplicación de los tratamientos.

FECHA	PRECIPITACION (mm)
23 Marzo	7.7
24 Marzo	1.7
06 Abril	0.5
07 Abril	6.9
08 Abril	0.5
10 Abril	24.9
18 Abril	2.1
19 Abril	8.7
20 Abril	1.1
24 Abril	7.6
28 Abril	4.1
30 Abril	0.9
02 Mayo	24.3

En el cuadro 3.1 se muestran los tratamientos y sus respectivos intervalos de riego o la duración de la aplicación.

El tratamiento T3 se encuentra fuera del ámbito de la medición del tensiómetro, se utilizó tres días más que el tratamiento T2 como intervalo de riego. En promedio el intervalo representa un agotamiento de aproximadamente 50 %.

CUADRO 3.1 Descripción de los intervalos de riego o formas y horas de aplicación de los tratamientos de la parcela.

TRATAMIENTO	LECT. TENSIOMETRO (CB)	INT. DE RIEGO	HORAS TOTALES DE RIEGO
T1	30	3 a 4 días	143
T2	60	6 a 7 días	121
T3	Fuera de rango	c / 10 días	122
T4	Lectura diaria	2 hrs diarias	64
TESTIGO	sin medida	2 hrs diarias	64

La interpretación de los intervalos de riego presentados en el cuadro anterior (T1 especialmente), se refiere a los días después de que los tensiómetros marcan 10 cb. Debido a problemas operacionales del sistema, así como la presentación de eventos de precipitación durante el experimento y a la imposibilidad de bombear agua durante las horas de alta demanda energética, la aplicación de los tratamientos se realizó mayormente durante la noche. Esta situación originó, en algunos casos, que se aplicaran dosis superiores a las requeridas por la dificultad para el cierre de las llaves en horas de la madrugada (Ver Cuadro 3.1). Sin embargo, tal como se indicó, la contabilidad del intervalo inicia con la lectura de 10 centibares del tensiómetro a 40cm. de profundidad.

El tratamiento T4 reproduce la programación de riego que utiliza la finca. Existen dos variaciones, una dentro de la parcela en la cual se inicia a CC y continua con riegos diarios de 2 horas de duración. La otra consiste en testigos fuera de la parcela utilizando el mismo intervalo que el T4 dentro de la parcela, con la diferencia que no se inicia el experimento a CC., sino de un valor más bajo.

Profundizando en el tratamiento T4, es importante indicar que los tensiómetros iban aumentando su lectura diariamente, lo que indica que 2 horas no era suficiente para cubrir el uso consuntivo diario. Estos tensiómetros alcanzaron su rango máximo de operación (90 cb) en 14 días, después de lo cual la succión del suelo superó el ámbito de medición del instrumento. Ello implica que éste fue un tratamiento con riego deficitario.

Crecimiento Vegetativo

Una de las primeras consecuencias visibles de abastecer suficiente agua para llevar la parcela a capacidad de campo, en contraposición con el resto de la finca, fue el crecimiento vegetativo que se dio en las partes del árbol que no tenían floración. Las mediciones de los porcentajes de crecimiento se hicieron 10 y 17 días después de alcanzar capacidad de campo.

CUADRO 4 Porcentajes de crecimiento vegetativo con el inicio del riego.

DIAS DESPUES DE ALCANZAR CC	% CRECIMIENTO	VEGETATIVO
	PARCELA	TESTIGOS
DIA 10	16.67	4.37
DIA 17	58.62	11.38

La diferencia entre las mediciones de la parcela con los testigos es significativa, y prácticamente hubo follaje nuevo en donde no había flor.

En investigaciones realizadas en Mango Tico S.A., en 1989, se encontró que el ciclo en que un follaje tierno llega a su madurez tarda aproximadamente 95 días, y se requiere que al llegar el período de estrés del mango este follaje se encuentre en su estado de madurez. Por lo tanto, la formación de un crecimiento vegetativo temprano favorece la siguiente producción.

Una consecuencia negativa del crecimiento vegetativo tempranamente en la cosecha es la falta de coloración roja del fruto del mango, puesto que el follaje nuevo tiende a tapar el fruto y no hay incidencia solar sobre el mismo, lo que produce un color verde en el mango en lugar del rojo deseado para el mercado de destino.

Evaluación de la Producción

Calidad

Los resultados del análisis de calidad para los tratamientos dentro de la parcela dieron altos coeficientes de variabilidad, con una desviación estándar alta por lo que no se consideran sus promedios representativos a la muestra. Sin embargo, la incidencia en los tratamientos no excedió en un diez por ciento.

Los testigos presentan un índice de bacteria y latex viejo alto con respecto a los tratamientos de la parcela. El aumento en el porcentaje de bacteria se debe en gran parte al momento de corta y su criterio de corta. Entre la primer corta y la segunda se dio un

intervalo mayor a lo normal lo que, ayudado con la entrada de las lluvias, afectó significativamente la calidad de la fruta. Además, el criterio de corta utilizado fue igual a la primera corta, y no se tomó en cuenta que con la entrada de la época lluviosa el criterio se cambia a una corta de mango en un estado de madurez inferior.

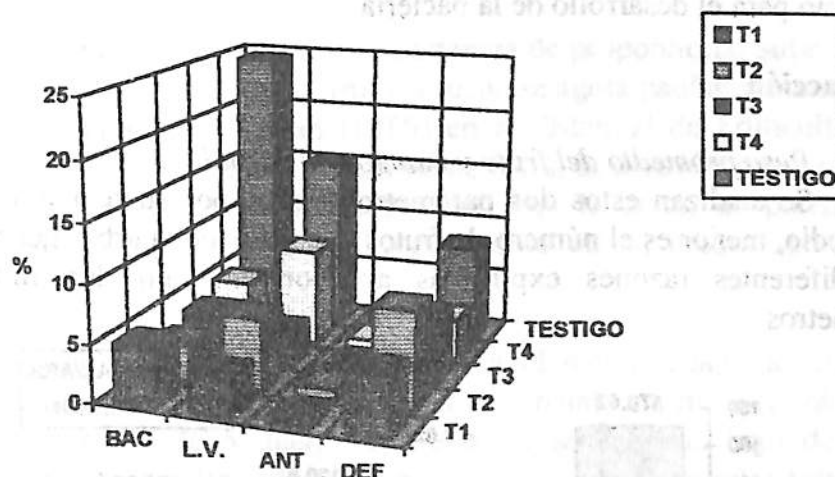


GRAFICO 2: Incidencia de diferentes enfermedades y defectos del mango a los diferentes tratamientos.

Producción

En este análisis de producción se evaluaron aspectos como tamaño, peso promedio, número de frutos por árbol y producción por árbol. En este caso se presentaron coeficientes de variabilidad más bajos al igual que sus desviaciones estándar. A continuación se analizarán ciertos aspectos evaluados.

Tamaño del mango

Un estudio relacionado con el crecimiento de las frutas de mango, realizado en Mango Tico S.A. en los años 1989, cuando no se utilizaba riego y en 1992, cuando si se contaba con sistema de riego, muestra que el diámetro final es muy similar independientemente del riego.

Es importante señalar, para el caso del estudio realizado, que con la entrada de la época lluviosa, hubo un cambio en el criterio de corta, por lo que se encuentran diferencias entre los diámetros de la corta uno y la corta dos. El estado de madurez de la fruta en la corta 2 es menor, puesto que se tiene menor incidencia de bacteria que si se cortara con el mismo criterio de la primer corta.

En la corta uno no se aprecia una diferencia significativa, sin embargo, para la corta dos se muestra un diámetro mayor en los testigos, y esto explica una de las razones por qué se encontró una mayor incidencia de bacteria en éstos. Esta relación tamaño del mango-bacteria se atribuyó a que la entrada de la época lluviosa al final del experimento favoreció la ganancia en tamaño de las frutas, pero trajo consigo un ambiente más propicio para el desarrollo de la bacteria.

Producción

Peso promedio del fruto y mangos por árbol

Se analizan estos dos parámetros juntos por su relación inversa, a mayor peso promedio, menor es el número de frutos que produce el árbol generalmente. Los testigos por diferentes razones explicadas anteriormente no dan mucha certeza de esos parámetros.

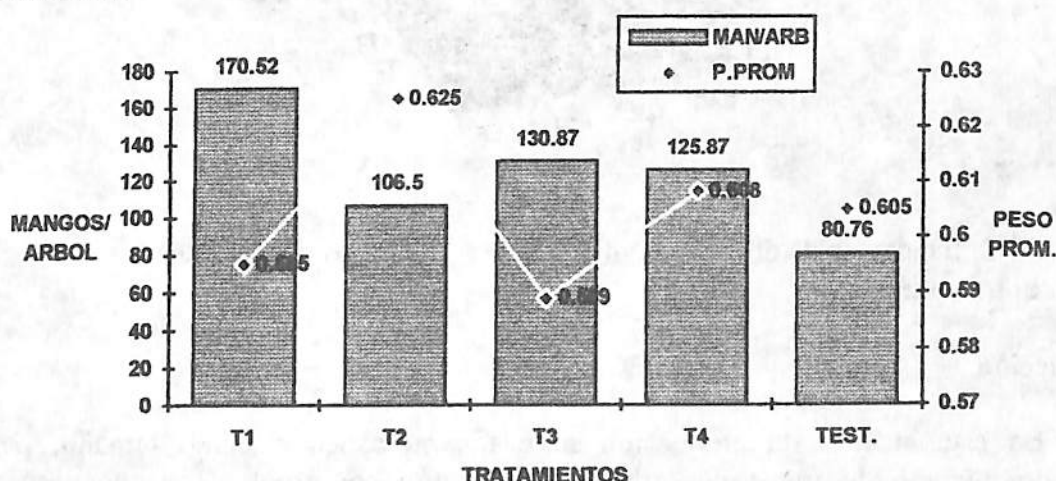


GRAFICO 3: Comportamiento de los parámetros de mango por árbol y peso promedio por fruta y su respectiva relación.

La gráfica 3 muestra que a mayor número de frutas que "cuajan", menor es el peso promedio. Este peso promedio, a pesar de ser más bajo no significa que sea un mango pequeño, puesto que con el peso promedio de 0.595 Kg que presenta el tratamiento T1, siendo el valor más bajo, se clasifica como un empaque de siete mangos por caja, lo cual está sobre el empaque más común en la finca, para la variedad Tommy Atkins, de ocho mangos por caja.

Comparando los tratamientos y los testigos, se puede concluir que la diferencia en el peso promedio no es considerable, puesto que todos se acercan al empaque de 7 unidades por caja, por lo tanto no es una diferencia determinante.

En lo que respecta al número de frutos por árbol se observa una amplia diferencia entre el tratamiento T1 (más favorecido con el riego) y el resto, con una producción promedio de 170.52 frutos por árbol. Esta es una considerable diferencia y se ve reflejada en el volumen de la producción.

Los tratamientos T3 y T4 presentan comportamientos similares entre ellos, uno con 130.87 y otro con 125.87 frutos por árbol, respectivamente. El primero tiene un agotamiento alto antes del riego, sin embargo se lleva a capacidad de campo cuando se irriga. El segundo inicia a capacidad de campo y recibe 2 horas diarias de riego, y se va agotando lentamente a lo largo de los estados de crecimiento del fruto.

Con respecto al T4 se puede mencionar la importancia de proporcionar suficiente agua en los primeros estados de crecimiento del fruto, y luego se agota paulatinamente en los estados avanzados de maduración. Avilán (1989) en su "Manual de Fruticultura" muestra que el crecimiento del fruto se da en las primeras fases, la división celular y la elongación celular, mermando en la etapa de maduración, por lo tanto, un potencial mátrico mayor en las últimas fases no es tan determinante en su efecto sobre la producción.

Curiosamente el tratamiento T2 es el que presenta el menor cuaje de frutos, donde se dejaba agotar la humedad del suelo a un potencial mátrico de 60 cb (equivalente a intervalos de riego de 6 días). A pesar de ser el más bajo de los tratamientos dentro de la parcela, con 106.5 mangos por árbol, es mayor que los testigos fuera de la parcela, con 80.76 frutos, esta diferencia entre los tratamientos de la parcela con los testigos se puede explicar con el cuidado especial que se tuvo para con la parcela, de llevarla a capacidad de campo y a partir de ahí aplicar los diferentes intervalos de riego.

Producción por árbol

La producción por árbol tiene una íntima relación con el número de frutos cuajados por árbol, el tratamiento T1 por encima del resto, seguido de T3 y T4 con semejante producción y luego el tratamiento T2, y terminando con la producción más baja presentada por los testigos.

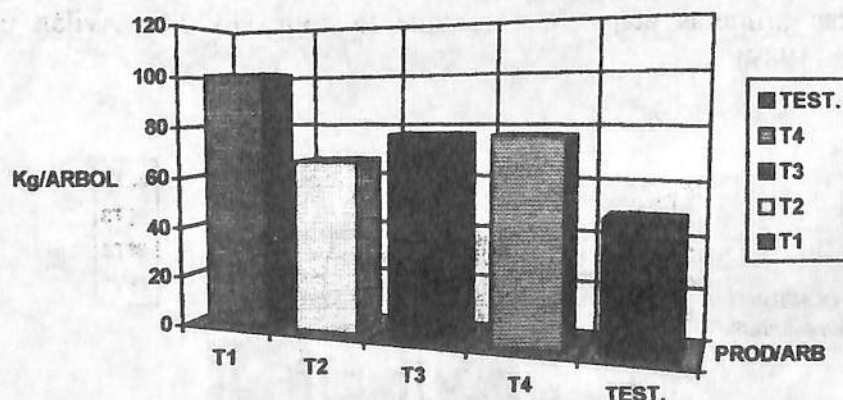


GRAFICO 4: Producción por árbol para los diferentes tratamientos y testigo.

Consumo Energético

CUADRO 15: Horas de operación, costo energético y consumo por producción para cada uno de los tratamientos dentro de la parcela.

TRATAMIENTO	HORAS DE OPERACION	PRODUCCIÓN kg/árbol	GASTO DE OPERACION (kw'h)	CONSUMO kw-h/kg/arb
T1	143	100.68	1104.87	10.97
T2	121	66.56	934.89	14.05
T3	122	76.89	942.61	12.26
T4	64	76.73	494.49	6.44

Las horas contabilizadas parten de la parcela a capacidad de campo. Para llegar a capacidad de campo, se utilizó el mismo suministro de agua para todos los tratamientos.

El mayor costo energético por unidad de producción lo presenta el tratamiento T2, seguido del tratamiento T3 y luego el T1. Aunque tienen diferentes intervalos de riego, tienen la característica que siempre se les supe el agua agotada.

Lo que diferencia T4 de los otros tratamientos es que a partir de capacidad de campo se va agotando leve y paulatinamente, y como no se le repone el uso consuntivo diario en su totalidad, su costo energético resulta menor. Así mismo, presenta el menor consumo por unidad de producción, reafirmando así la importancia en mayor grado del riego en las primeras etapas de crecimiento como lo dice Avilán en Manual de Fruticultura (1989).

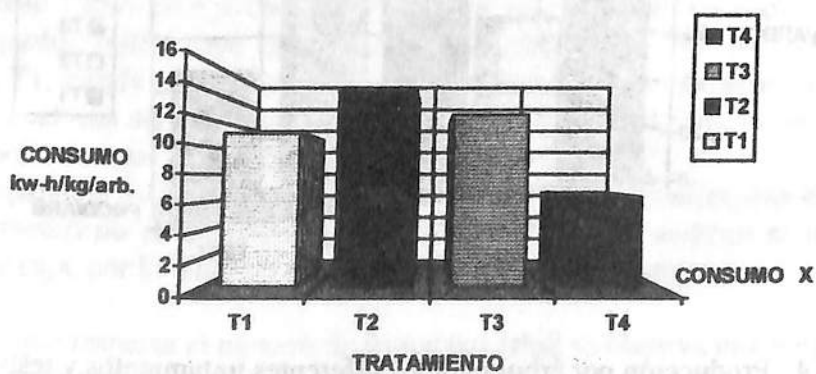


GRAFICO 5 Consumo energético por unidad de producción por árbol.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La importancia de alcanzar el punto de capacidad de campo en los primeros días de riego es evidente en la producción. La parcela experimental superó en producción por árbol a los testigos fuera de la misma, que aunque recibieron bastante humedad en la etapa inicial, no alcanzaron el punto de humedad óptimo para el cultivo (CC). En cuanto al tamaño y peso individual de los frutos no se encontraron diferencias considerables entre tratamientos.

Los parámetros estadísticos indican la falta de representatividad de los datos en el análisis de calidad, sin embargo, una incidencia mayor de bacteria y mancha de látex viejo se presenta en los testigos fuera de la parcela, que no alcanzaron capacidad de campo al inicio del experimento.

La humedad óptima en los primeros estados de crecimiento del mango, es fundamental desde el punto de vista productivo. Es conveniente llevar a capacidad de campo la plantación y luego mantener niveles de agotamiento bajos. En el presente proyecto de investigación, se demostró como los tratamientos que iniciaron con potenciales mátricos inferiores a 0.1 bares, lograron mejor productividad que aquellos que iniciaron con nivel de agotamiento mayor. Estas diferencias fueron en algunos casos superiores al 50%.

Entre los tratamientos que iniciaron con potenciales mátricos bajos (inferiores a 10 cb.), y sus intervalos de riego estaban sujetos a diferentes lecturas del tensiómetro, se encuentran diferencias substanciales.

- Se muestra mayor productividad en el tratamiento T1, puesto que su momento de riego se ubicó a los 30 cb de potencial del suelo, una producción de 100.68 Kg / árbol y un total de 143 horas de riego durante el período que se aplicó agua.
- En el tratamiento T2, con riego a un potencial de 60 cb. y un total de 121 horas de riego, se obtuvo una producción de 66.56 Kg / árbol.
- El tratamiento T3, con 122 horas de riego, y un intervalo de riego de 10 días (4 días más que el T2), produce un promedio de 76.89 Kg / árbol.
- El tratamiento T4 tenía dos horas de riego diarias, su agotamiento aumentaba lentamente, superó los 90 cb. de lectura del tensiómetro en 14 días, tiene una producción de 76.73 Kg / árbol. El total de horas de riego es de 64.

La producción más alta la presentó T1, seguido de T3 y T4, finalizando con T2. Aunque el tratamiento T4 no proyecta la máxima productividad, su costo energético por unidad de producción es el menor (6.44 kw-h / kg/árb.), seguido del T1 (10.97), T3 (12.26) y T2 (14.05).

PATOLOGIA

Una limitante importante a considerar antes de tomar una decisión, es el costo energético durante las horas de máxima demanda. Si se riega durante esas horas, el precio del kw-h aumenta significativamente. En muchas ocasiones será indispensable disponer de esas horas para llevar la plantación a capacidad de campo, ya que ésta es la etapa más importante en el período de riego del mango en la época de cosecha.

Dado que todos los tratamientos iniciaron desde el período de floración, con muy buenos resultados de producción, se recomienda investigar el momento oportuno de inicio del riego. Paralelo a ello será conveniente cuantificar la caída de los frutos como consecuencia del momento de aplicación del agua, así como de la cantidad suministrada y fenología o crecimiento de la fruta.

El inicio del riego en las primeras fases de crecimiento, y desde capacidad de campo, mostró como primera consecuencia visible un aumento en el crecimiento vegetativo de la plantación. Este crecimiento temprano favorece la producción del siguiente año, puesto que el follaje se encontrará en estado de madurez cuando se presente el estrés necesario para la floración. Anualmente se dan tres flujos de crecimiento, con 95 días de duración para cada crecimiento completo.

Una repercusión que tiene este brote de follaje nuevo, es que el mismo tiende a cubrir el fruto y evita la incidencia directa del sol sobre los mismos, lo que provoca la falta de coloración roja, siendo esta coloración muy apreciada en los mercados de destino. El inconveniente de la coloración verde puede disminuirse con poda apropiada.

Un factor a considerar para investigaciones futuras es la importancia de suministrar agua a toda la superficie de exploración radicular. En la actualidad ello no se logra, por lo que se recomienda investigar la incorporación de un microaspersor más por árbol, con lo cual se subsana esta deficiencia.

Para procurar la mejor programación de riego de una plantación de mango, es fundamental iniciar a capacidad de campo en las primeras etapas de crecimiento de los frutos, desde la floración. En el caso de Mango Tico, se requiere de una gran coordinación en el manejo integral de la finca, puesto que está íntimamente ligado a las fechas de inducción de la floración en la etapa previa al estrés hídrico que sufre el cultivo. También hay que tomar en cuenta las variedades precoces (como Haden Amarillo), y otras que se retardan más como la Tommy Atkins y Keitt.

El efecto climático presentado durante el desarrollo de la investigación, precipitaciones intermitentes durante la estación seca, no es típico de la zona, por lo que se recomienda dar continuidad a la investigación considerando los resultados obtenidos. Esta continuidad permitirá eliminar los efectos no cuantificables de las lluvias en los resultados, a la vez que brindarán una mayor precisión de los datos.

BIBLIOGRAFIA

- AVILAN, L., et. al. 1989. "Manual de Fruticultura. Cultivo y Producción". Editorial América. Caracas, Venezuela. pp 378-380 , 146-150
- CRAWFORD, R. 1994. "Selección de Bombas para Irrigación". Artículo de la Revista AQUA internacional No.6, Noviembre 1994. IMR Publicidad. San José, Costa Rica.
- DOORENBOS J., PRUITT W.O. 1986. "Las necesidades de Agua de los Cultivos". F.A.O. Roma. 191 p.
Italia
- ELIZONDO M., R., et.al. 1983. "El Mango". Editorial EUNED. San José, Costa Rica. 117 p.
- FARRE, J.M. Y HERMOSO, J.M. 1992. "Mulching and Irrigation Effects on Growth, Cropping and Fruit Quality of the Mango". In Cuarto Simposio Internacional de Mango. Miami, U.S.A. pp 295-302
- FERNANDEZ A., E. 1988. "Informe de Pozo, Propiedad de Mango Tico S.A.". Informe realizado por Hidro-Consultores S.A. Aragonés y CIA. en Liberia, Guanacaste. Costa Rica. 8 p.
- KLUTE, A. 1986. "Methods of Soil Analysis". Part I, Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A. pp 503-504
- LEITON S., J.S. 1985. "Riego y Drenaje". Editorial EUNED. San José, Costa Rica. 177 p.
- LITTLE, T.M., et. al. 1978. "Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura". Editorial Trillas. México D.F., México. pp 22-34
- 7 MALO, E. 1986. "El Mango". Revista Agricultura de las Américas, Abril 1986. Honduras.
- MILLAR, A. A. 1985. "Relaciones Hídricas del Sistema Suelo-Planta-Atmósfera. Enfoque Agronómico". IICA. Santo Domingo, República Dominicana. 43 p.
- NUÑEZ S., J. 1985. "Fundamentos de Edafología". Editorial EUNED. San José, Costa Rica. 170 p.

PIZARRO C., F. 1990. "Riegos Localizados de Alta Frecuencia". Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 21-72

POPENOE, W. 1920. "Manual of Tropical and Subtropical Fruits". Hafner Press. Nueva York, U.S.A.

RAMIREZ A., C. M. 1983. "Relaciones Hídricas en Mangifera indica L. Cultivares Irwin y Tommy Atkins en el Estado de Veracruz". Tesis de Maestría. Veracruz, México. 93 p.

RAMIREZ A., C. "El Riego en el Cultivo del Mango". Reportaje de la Escuela de Ciencias Agrarias de La Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

SING, L.B. 1977. "Mango. En Ecophysiology of Tropical Crops". Academic Press. Nueva York, U.S.A.

WHILEY, A.W. 1992. "Environmental Effects on Phenology and Physiology of Mango". In. Cuarto Simposio Internacional del Mango. Miami, U.S.A. pp. 168-176