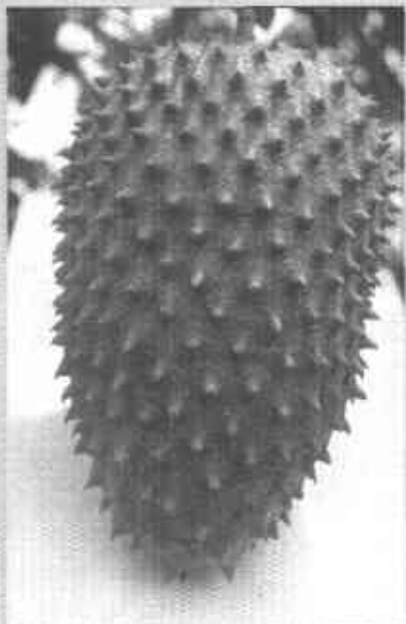


MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO



ANTONIO MARIA CAICEDO
DIEGO MIRANDA LASPRILLA
RAMIRO LOZANO CESPEDES
JOSE ARBONEY GUZMAN
JESÚS VALDERRAMA



MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO

Aspectos generales

Las investigaciones sobre las relaciones hídricas de las plantas involucran el estudio individual de los componentes agua-suelo-planta- ambiente, de los elementos que los conforman, sus interacciones y sus respuestas a las condiciones ambientales predominantes.

Las respuestas en rendimiento y productividad del cultivo de la guanábana por efecto de estas relaciones, han sido poco estudiadas en nuestro país y aún en el ámbito mundial. Algunos estudios realizados han determinado efectos del suministro de volúmenes de agua sobre parámetros de magnitud en la planta (ejemplo: efecto del riego sobre la altura de la planta, grosor del tallo, rendimiento.), (7); otros tendientes a determinar las técnicas de suministro más apropiados, (4, 8, 9). Con éste trabajo, se pretende aportar al estudio de las relaciones hídricas del cultivo, analizando los diferentes componentes.

El Componente agua

El agua es un elemento supremamente importante para el crecimiento y desarrollo de la planta, debido al hecho de que sirve como vehículo de transporte de los minerales del suelo y de los fotosimilados, como regula-



dor térmico debido a su elevado calor específico y latente de evaporación, como sustrato en las reacciones metabólicas de hidrólisis, en la fotosíntesis, como donador de electrones, como elemento sostén de los tejidos jóvenes debido a su incomprensibilidad y otra serie de funciones vitales, (1)

Es un factor que afecta el crecimiento vegetal y su desarrollo y altera los procesos fisiológicos y las condiciones internas de la planta. La actividad metabólica por tanto, se encuentra estrechamente relacionada con el contenido de agua en los tejidos de la planta y en el suelo. (Barceló, J et al 1987)

Existen dos tipos de agua en los tejidos vegetales, una denominada el agua de constitución, que es aquella que contiene el tejido vegetal en un momento dado y se estima que puede llegar a representar el 95% del peso total, aunque este porcentaje varía según el período vegetativo (Vozmediano, J.,1982), y el agua de vegetación, que es la que sirve como vehículo de transporte de las sustancias minerales tomadas del suelo y que una vez depositadas como elementos nutritivos en las diferentes partes de la planta salen a la atmósfera por el proceso de transpiración. Este tipo de agua actúa como factor limitante de la producción y está en función del agua de que dispone el suelo, pues la intensidad de la transpiración regula la cantidad de agua absorbida por las raíces.

El Componente suelo

El suelo está compuesto de tres fases, la sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida comprende los materiales orgánicos y minerales constructivos del suelo y que son clasificados de acuerdo con su diámetro. La fase líquida del suelo hace relación a la llamada solución del suelo, una mezcla de agua y minerales disueltos. La fase gaseosa se refiere al aire del suelo.

Características del suelo tales como el tamaño, la forma, la naturaleza y el arreglo de las partículas que lo constituyen, son algo intrínseco al suelo. La acción sobre las características del suelo de factores externos como el agua, el aire, las fuerzas de tracción mecánica, propician la manifestación de las llamadas propiedades del suelo; el drenaje, la porosidad, el color y la densidad.

La textura se define como la proporción relativa de los diferentes tamaños de partículas primarias que lo componen. La clasificación del tamaño de las partículas de un suelo cuando están separadas, se realiza según varias escalas, en nuestro medio la más utilizada es la del Departamento de Agricultura de EE.UU (USDA) Tabla 10.

Tabla 10. Escala del tamaño de las partículas del suelo. Tomado de DAMA-CORPOICA, 2000.

Arena					Limo	Arcilla
2.0 mm	1.0	0.5	0.25	0.10	0.05	<0.0002 mm

La composición granulométrica de las diversas fracciones determinan la textura y otras propiedades del suelo, como la infiltración, la circulación del agua y la disponibilidad de nutrimentos, que influyen en el desarrollo de la planta.

La estructura del suelo es la organización espacial de la fase sólida del suelo. El primer arreglo que ocurre es el de las partículas primarias para formar los llamados agregados o estructura primaria que son de diversos tipos. El segundo arreglo de los agregados da lugar a la estructura secundaria generándose diferentes estructuras según la forma y el tamaño de los agregados, así como sus diferentes grados de estabilidad.

Una propiedad muy relacionada con la estructura es la porosidad; la interacción entre el agua y los poros de diverso diámetro determina la capacidad de retención de agua del suelo. Los poros pequeños retienen agua por más tiempo y se denominan poros de almacenamiento (microporos dentro de los agregados); los poros grandes son denominados poros de transmisión (Macroporos entre los agregados) (URQUIAGA, 1988).

El agua disponible para la planta está en su mayoría dentro de los agregados (microporos), pues el mayor porcentaje de agua localizada en los macroporos drena muy rápidamente. A medida que el agua contenida en los macroporos se infiltra en el suelo, se dificulta su absorción por la planta. El sistema de poros del suelo puede ser considerado como un sistema de capilares de diversos diámetros, con agua retenida bajo tensión.



Cuando ocurre una lluvia, el suelo se satura de agua. Después de la saturación se presenta el drenaje causado por la fuerza de gravedad; luego de este drenaje, cierta cantidad de agua permanece retenida en el suelo y para que ocurra una nueva remoción es necesaria una tensión. Esta cantidad de agua que permanece en el suelo después de la saturación y cuando ha terminado el drenaje, se denomina "CAPACIDAD DE CAMPO" del suelo; aquí el agua es retenida con una tensión de 1/3 de atmósfera. Las plantas consiguen absorber agua que sea retenida por el suelo hasta con tensiones de 15 atmósferas, a partir de esta fuerza de retención, las plantas no pueden absorber agua y empiezan a marchitarse (punto de marchitez permanente).

El agua del suelo disponible para las plantas es la que está entre la capacidad de campo (1/3 de atmósfera) y el punto de marchitez permanente (15 atmósferas)

El sistema planta

Está conformado por la raíz, el tallo y sus ramificaciones, las hojas como unidades asimilatorias y las estructuras reproductivas que en conjunto determinan la productividad del cultivo.

La guanábana presenta una raíz poco profunda (superficial) que se distribuye en los primeros 60 centímetros de profundidad del suelo. Este factor es variable y está relacionado con la profundidad efectiva del suelo. En los suelos con profundidades superiores a 60 cm, las raíces pueden penetrar en un 80% hasta los 80 cm en árboles de 7-8 años de edad. En la zona productora se han encontrado árboles con desarrollo variable de raíces, por diferentes factores como:

- Por presencia de horizontes endurecidos.
- Por malformaciones de raíces en la fase de vivero.
- Por impedimentos físicos como presencia de afloraciones rocosas y aun por establecimiento de plantas con bolsa.

La distribución horizontal depende de la textura del suelo, pero cuando no existe ningún impedimento como los mencionados anteriormente, una planta de 7-8 años de edad extiende sus raíces hasta una distancia radial del tronco de 3-4 m.

El árbol es robusto y puede alcanzar de acuerdo con el manejo de podas hasta 11 m de altura; presenta una ramificación ascendente con diferentes alturas de copa, según el manejo dado en la fase de vivero. Las ramas son redondeadas, arrugadas, ásperas pero sin presencia de pubescencia.

Las hojas son alternas, de pecíolos cortos, de formas variables (elíptica, oblonga, oblonga lanceolada), de ápice corto agudo, con longitud variable que dependen de las características del cultivar, con colores verdes, brillantes y de textura coriácea. En diferentes zonas los árboles se presentan como semicaducifolios, renovando su follaje por factores climáticos, presencia de plagas, como el chinche de encaje, por estrés hídrico (por déficit) o por el uso de sustancias a niveles tóxicos para la planta. Se carece de información sobre tasas de fotosíntesis para el cultivo en las regiones productoras.

Estudios determinaron la unidad fuente demanda (UFD) para guanábana, entendiendo la UFD como el conjunto de órganos, incluido el fruto, que se relacionan directamente con el llenado, actuando como fuente las hojas, tallos, la epidermis del fruto y como demandas la pulpa (carpelos) y las semillas. Soriano J, 1995, Se generó un modelo de la relación fuente-demanda en el llenado del fruto de guanábana, encontrándose que: El peso final del fruto es explicado en 89% como resultado del área foliar inicial y que las modificaciones del área foliar si inciden en el crecimiento y el desarrollo normal del fruto.

Requerimientos hídricos de las plantas

El requerimiento hídrico de la planta es algo no muy fácil de identificar. Depende de las condiciones edafoclimáticas y de la propia fisiología de la planta que varía a su vez con su ontogenia. En realidad solamente se puede llegar a una aproximación más o menos confiable, pero importante por su aplicabilidad práctica.

Los requerimientos de agua por un cultivo, "requerimientos hídricos", son definidos como: La lámina de agua necesaria para satisfacer la pérdida de agua a través de la evapotranspiración (ET), de un cultivo libre de enfermedades, que crece en áreas grandes bajo condiciones de no restricciones de suelo, incluyendo la humedad del suelo y fertilidad, para alcanzar su máximo potencial de producción. (5).



El uso consuntivo es la suma de los volúmenes de agua utilizados para el desarrollo de la vegetación en una área dada, para la transpiración y la edificación de los tejidos de las plantas y la precipitación interceptada sobre el área en un tiempo dado, dividido entre la superficie de dicha área (Criddle, citado por Oliver (1979). El agua depositada por rocío, lluvia o riego por aspersión y que se evapora sin entrar al sistema de las plantas, es parte del uso consuntivo. Este término puede ser aplicado a los requerimientos de agua de un cultivo, una finca o un lote.

El sistema ambiente

En la determinación de las necesidades de agua por los cultivos hay que tomar en consideración el clima, el tipo de cultivo la intensidad y el comportamiento del cultivo, el medio ambiente y la situación (ubicación), los suelos, su humedad y su fertilidad y los métodos de cultivo y de riego.

Se considera que el clima es uno de los factores más importantes que determinan el volumen de las pérdidas de agua por transpiración de los cultivos. Prescindiendo de los factores climáticos la evapotranspiración correspondiente a un cultivo dado queda también determinada por el propio cultivo, al igual que sus parámetros de crecimiento. Se utilizan diversos métodos para predecir la evapotranspiración a partir de variables climáticas, debido a la dificultad de obtener mediciones directas y exactas en condiciones reales. La mayoría de la fórmula de predicción recurre a una diferenciación entre los elementos del clima y el cultivo.

El método seguido consistió en relacionar la magnitud y la variación de la evapotranspiración con uno o más factores climáticos (horas de luz, temperatura, humedad, viento, insolación). Para ello se utilizaron datos medidos de evapotranspiración de una cubierta de gramíneas, suponiendo que la evapotranspiración de estas es provocada en gran medida por las condiciones climáticas. Se introdujo el valor de referencia (*E₀*), que se definió como "la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que cubren totalmente el suelo y que no presentan escasez de agua".

Las fórmulas de predicción para calcular la *E₀* son cuatro: Una adaptación de la de Blaney - Criddle, la de la radiación, la de Penman y la del evaporímetro de cubeta. La *E₀* se expresa en mm diarios y representa el valor medio de un período de 30 ó 10 días.

La evapotranspiración del cultivo ET (cultivo) se refiere a la evapotranspiración de un cultivo, exento de enfermedades, que crece en un campo extenso (una o más hectáreas) en condiciones óptimas de suelo, incluida su fertilidad y agua suficiente en el que se llega al potencial de plena producción de ese cultivo.

Para obtener el ET del cultivo se estudió la relación entre la Eto y la ET (cultivo) utilizando datos correspondientes a distintos puntos y climas. Con respecto al cultivo seleccionado, su fase de desarrollo y las condiciones climáticas predominantes estas vienen dadas por los coeficientes de cultivo "Kc". Se obtiene La ET (cultivo) para un período de 30 ó 10 días mediante la fórmula:

$$ET \text{ (cultivo)} = Kc \text{ Eto.}$$

Como se han calibrado las cuatro fórmulas de predicción para calcular la Eto con la misma evapotranspiración del cultivo de referencia, los coeficientes de cultivo presentados se aplican a todos los métodos.

El procedimiento de cálculo de la ET (cultivo) incluyen:

1. El cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia: ET.
2. La elección del coeficiente de cultivo Kc
3. El cálculo de la evapotranspiración del cultivo ET (cultivo)
4. El análisis de los factores que inciden en la ET (cultivo) en las condiciones locales predominantes.

Problemática actual sobre el manejo del recurso hídrico en guanábana en zonas productoras del Tolima.

El cultivo de la guanábana en las zonas productoras del Tolima, ha venido perdiendo importancia en los últimos cinco años, a pesar de los esfuerzos realizados por grupos de productores o por productores individuales quienes han hecho grandes inversiones en estos huertos.

Dentro de los problemas fisiológicos detectados en la zona el relacionado con el manejo del agua ha tenido gran importancia. Primero, porque fueron muchas las expectativas que se centraron en cuanto al uso del riego y de su relación directa con la productividad del cultivo; en segundo lugar por las altas inversiones realizadas por los productores de guanábana en sistemas de riego desde el más simple riego por gravedad, hasta el más sofisticado riego por microaspersión de manejo sistematizado.



Los criterios empleados por los productores a pesar de la relativa oferta tecnológica existente sobre el tema fueron producto de su conocimiento, de su experiencia con otros cultivos y de la necesidad de conseguir retornos a sus grandes inversiones. El desconocimiento sobre los requerimientos del cultivo, sobre la fisiología del mismo, hacen que los volúmenes aplicados sean excesivos en algunos casos, deficitarios en otros y que la respuesta de los árboles a este recurso sea errática.

Además en aquellas regiones donde se utiliza el agua como un recurso de poco valor en el proceso de producción, las aplicaciones indiscriminadas de agua no se fundamentan en requerimientos reales, trayendo como consecuencia el deterioro de los suelos. (3)

Alternativas de solución desde el punto de vista de la investigación.

Dentro de las alternativas de solución planteadas se priorizó la necesidad de definir las necesidades de agua por el cultivo.

Metodología

Se partió de la información disponible sobre el tema, para el diseño de protocolos experimentales con el fin de determinar las necesidades reales de riego por el cultivo, de acuerdo con su etapa de desarrollo.

Se planteó un diseño experimental completamente al azar, con dos árboles como unidad experimental para determinar contenidos de humedad del suelo según el patrón de distribución de raíces de los árboles utilizando el método gravimétrico. Las determinaciones se hicieron con una frecuencia semanal y para cada profundidad.

Para el cálculo de la evapotranspiración o consumo se agua se utilizó la metodología del balance de humedad o balance hídrico, semanal empleando la siguiente ecuación:

$$ETr = Pe + R +/- AH \quad \text{donde,}$$

ETr= Es la evapotranspiración real (mm)

Pe= Es la lluvia efectiva (mm)

R= Es el riego aplicado (mm)

AH= Cambio en el contenido de humedad del suelo, expresado como lámina en mm.

La precipitación efectiva se estimó con la metodología de Palacios y Zierold. Se determinaron los coeficientes de cultivo "Kc" por cultivar de acuerdo con la edad del cultivo.

Para cinco cultivares de guanábana (TC-STBT-9, TF-PAOSST-206, TF-PAOMT-645, HS-SATT-1443 Y HY-GADMT-112) durante los primeros tres años de su período vegetativo se determinaron los requerimientos hídricos. Los resultados obtenidos muestran que las necesidades hídricas fueron estadísticamente iguales para los cinco cultivares evaluados en cada uno de los tres años de evaluación, al igual que los valores del coeficiente del cultivo "Kc". Tabla 11.

Tabla 11. Evapotranspiración "ET" (mm/día) y valores de coeficiente de cultivo "Kc" de cinco cultivares de guanábana. C.I Nataima. 2000.

Cultivar	Año 1		Año 2		Año 3	
	ET	Kc	ET	Kc	ET	Kc
TC-STBT-9	3.18	0.45	3.41	0.62	4.85	0.90
TF-PAOSST-206	3.15	0.44	3.42	0.63	4.80	0.89
TF-PAOMT-645	3.16	0.45	3.40	0.62	4.82	0.89
HS-SATT-1443	3.18	0.45	3.40	0.62	4.85	0.90
HY-GADMT-112	3.12	0.44	3.38	0.61	4.75	0.88

Los coeficientes de cultivo para el año 1 fueron en promedio 0,45 con una evapotranspiración de 3,17 mm; para el año 2, el coeficiente de cultivo fue en promedio 0,62 con una evapotranspiración de 3.41 mm; para el año 3, fue 0,89 en promedio con una evapotranspiración de 4,82 mm . Una lámina de agua de 1mm equivale a 10 metros cúbicos por hectárea.

Los resultados indican que al cultivo se debe suministrar mínimo la cantidad de agua que se pierde en el proceso de evapotranspiración y que los coeficientes de cultivo de incrementan a medida que aumenta el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta.

Técnicas de suministro

Antes de tomar una decisión sobre cuál sistema de irrigación utilizar en el cultivo de guanábana es necesario primero conocer acerca de los requeri-



mientos del cultivo y sobre la relación que existe entre el suelo (tipo, estructura, fertilidad) y los factores climáticos mencionados anteriormente.

Experiencias en Colombia desarrolladas por Agrifim, Colguanábana y algunos productores particulares, indican recomendaciones sobre volúmenes de suministro de riego que oscilan entre 30 - 80 l/árbol/día y definen que los mejores sistemas de suministro son el goteo y la microaspersión, siendo este último de mejores resultados cuando las técnicas de aplicación y los criterios para definir cuando regar están presentes. (6). Sin embargo, en las zonas productoras actuales, los resultados de la implementación de sistemas y técnicas de aplicación ha conducido a resultados poco consistentes, cuando se relaciona el efecto de riego y el incremento en la productividad del cultivo.

Según una evaluación del efecto del suministro de diferentes volúmenes de agua 4, 8, 16, 32 l/árbol/día sobre algunos parámetros de magnitud de los árboles, altura de las plantas, diámetro del tronco y diámetro de la copa, el volumen de 16 l/árbol/día representa las mejores tasas de incremento de estos parámetros. (7). Sin embargo poco o nada se analizó su efecto sobre los estados de prefloración, floración y avance de los frutos en este cultivo cuyo comportamiento fisiológico es tan complejo.

El riego se puede realizar en forma superficial o subsuperficial a través de un sistema de tubería y/o mangueras sobre las que van instalados los goteros que emiten caudales pequeños y uniformes de agua. La aplicación del agua en forma puntual desarrolla un área húmeda alrededor de la raíz la cual se denomina bulbo de humedecimiento; al suministrar el agua en la zona radical de la planta se provoca una condición potencial muy cercana al valor de la capacidad de campo haciendo que la planta tenga que hacer un mínimo esfuerzo para absorber el agua y un gran ahorro de energía.

Características del riego por goteo

El aplicar el agua gota por gota permite una mayor infiltración y un movimiento horizontal y vertical formándose bulbos de humedecimiento "anchos" en terrenos arcillosos y delgados y profundos en suelos arenosos, en la zona húmeda en donde la planta concentra la mayor cantidad de raíces y donde la tensión del agua es mínima lo que facilita su absorción por las raíces.

Tiene como ventajas suministrar solo las cantidades de agua, de acuerdo con las necesidades de la planta, disminuyendo la pérdida por escorrentía o por percolación.

Sistema de riego por microaspersión

Este es un sistema de aplicación de agua dirigida hacia la zona de mayor actividad radical del cultivo mediante diferentes tipos de emisores o aspersores, utilizando diferentes sistemas de ubicación de la microaspersión que buscan suministrar el agua en la zona de raíces de los árboles y presenta menores riesgos de obstrucción.

Conclusiones

El diseño del sistema óptimo de riego para la etapa de establecimiento y la fase productiva del cultivo de guanábana, se debe realizar teniendo en cuenta la demanda diaria de agua por el cultivo y conociendo el desarrollo de la zona de mayor actividad radical, con el fin de suministrar y ubicar en esta zona los volúmenes requeridos; de lo contrario se estaría suministrando volúmenes deficitarios no acordes con la demanda.

La técnica de suministro de riego debe ser acorde con la oferta disponible de agua en las diferentes zonas productoras, recomendando no sobredimensionar sistemas de riego y descartar desde el inicio, zonas con problemas de déficit hídrico que nunca serán óptimas para el guanábano.



BIBLIOGRAFÍA

1. ALMEIDA, L.F. 1997. Determinación del estado hídrico de suelos y plantas. En curso taller "Técnicas experimentales para la cuantificación del estado hídrico en las plantas y en el suelo". CORPOICA. 12 p.
2. ALMEIDA, L.F. 1997. Requerimiento hídrico de plantas. En: Curso taller "Técnicas experimentales para la cuantificación del estado hídrico en las plantas y en el suelo". CORPOICA. 15 p.
3. CAICEDO, A. 1994. Manejo del agua. En: Memorias Frutas Tropicales, Plan de capacitación a extensionistas. ICA-CORPOICA. Espinal, Tolíma. pp 61-69.
4. DEVIA, J. 1991. Microirrigación en guanábana. . En: Memorias del primer curso nacional de guanábana. Ibagué, Colombia. Asociación de Ingenieros Agrónomos. Sector Frutícola. Ibagué, Colombia. pp.211-214.
5. DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. Roma. 193 p.
6. GOMEZ, R.A. 1991. Uso y manejo de riego. En: Memorias del primer curso nacional de guanábana. Ibagué, Colombia. Asociación de Ingenieros Agrónomos. Sector Frutícola. Ibagué, Colombia. pp.23-36.
7. PAVA, B.H.; RIVERA, P. 1994. Efecto de diferentes volúmenes de agua en guanábano *Annona muricata* L., aplicado mediante dos sistemas de riego (goteo y microaspersión). Universidad Nacional de Colombia. Santa fe de Bogotá. Colombia. 104 p.
8. VELANDIA, R.E.; FLOREZ, R.G. 1988. Unidad modelo de riego por goteo en cultivos de tomate, papayo y guanábano en la zona de Socorro de Santander. En: Memorias perfiles de proyectos agropecuarios de inversión. Segundo seminario taller planificación y formulación de proyectos agropecuarios en formas empresariales. Bogotá Colombia. pp. 252-301.
9. VILLALOBOS, R.R. 1991. Riego por goteo y microaspersión en el cultivo de guanábana. En: Memorias del primer curso nacional de guanábana. Ibagué, Colombia. Asociación de Ingenieros Agrónomos. Sector Frutícola. Ibagué, Colombia. pp.120-125.