

**CRECIMIENTO, DESARROLLO Y POTENCIAL
PRODUCTIVO DE LA PAPAYA (Carica papaya L.)
VARIEDAD HAWAIANA EN EL CARIBE
COLOMBIANO**

ENRIQUE MARTÍNEZ BUSTAMANTE

Trabajo presentado para la Promoción a Profesor Asociado

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA**

1998

UNAL-Medellin



6 4000 00066305 7

Índice
11.11

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	5
ABSTRACT	8
INTRODUCCION	10
REVISION DE LITERATURA	14
MATERIALES Y METODOS	25
RESULTADOS Y DISCUSION	28
CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFIA	69

En el caso de un documento

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Comportamiento del sistema foliar de la papaya “Hawaiana” durante su ciclo productivo.	33
Tabla 2. Producción de biomasa por la papaya “Hawaiana” bajo las condiciones del Caribe Colombiano.	46
Tabla 3. Estadios de crecimiento y desarrollo importantes de la papaya (<u>Carica papaya</u> L.) “Hawaiana”.	51
Tabla 4. Eventos fisiológicos importantes durante el desarrollo y producción de la papaya “Hawaiana”.	57
Tabla 5. Cantidad de estructuras reproductivas formadas y cosechadas en la papaya “Hawaiana” en el Caribe Colombiano.	58
Tabla 6. Potencial productivo de la papaya (<u>Carica papaya</u> L.) variedad “Hawaiana”.	60
Tabla 7. Características de los frutos cosechados en la papaya “Hawaiana” en el Caribe Colombiano.	63

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. Crecimiento Vegetativo (Altura de la Planta: A; Diámetro del Tallo: B) de la papaya variedad “Hawaiana” durante su ciclo de producción.	29
FIGURA 2. Evolución del Índice de Area Foliar (IAF) y del Diámetro del Dosel de la Papaya variedad “Hawaiana” durante su ciclo productivo.	34
FIGURA 3. Producción de biomasa por la papaya Hawaiana bajo las condiciones del Caribe Colombiano.	45
FIGURA 4. Potencial Productivo, en Cantidad, de la Papaya (<u>Carica papaya</u> L.) variedad “Hawaiana”.	61
FIGURA 5. Potencial Productivo, en Peso, de la Papaya (<u>Carica papaya</u> L.) variedad “Hawaiana”.	62

**CRECIMIENTO, DESARROLLO Y POTENCIAL
PRODUCTIVO DE LA PAPAYA (Carica papaya L.)
VARIEDAD HAWAIANA EN EL CARIBE
COLOMBIANO**

RESUMEN

En este trabajo se definen y cuantifican las diversas etapas de crecimiento y las variaciones entre los estadios de desarrollo del árbol de papaya (Carica papaya L.) variedad "Hawaiana" y se conocen las condiciones para obtener crecimiento, desarrollo y rendimiento adecuado y su relación con la producción.

Al momento del trasplante las plantas tienen 4-5 hojas, con un Índice de Área Foliar (IAF) de 0.06. Durante el primer mes la planta se encuentra en el proceso de adaptación al campo, por lo cual las tasas de crecimiento en altura y diámetro del tronco son bajas y el desarrollo del sistema foliar es lento.

A los 147 días después del trasplante (DDT) la papaya alcanza su máximo IAF (2,89) y a partir de este momento se forman la misma cantidad de hojas que se pierden, emitiéndose una hoja cada 2,0 días, la cual tiene una vida media de 69-75 días.

A los 84 DDT se inicia el período reproductivo de la papaya "Hawaiana" en la zona bananera del Magdalena. La fructificación comienza a los 113 DDT. A los 194 DDT los primeros frutos formados alcanzan su madurez fisiológica y en los 19 días posteriores llegan a su madurez de cosecha. El tiempo de llenado del fruto es de 128 días. La madurez fisiológica de la planta se logra a los 405 DDT.

El vegetal presenta en total 12 estadios de crecimiento y desarrollo: 2 en la etapa Vegetativa (V), 7 en una etapa intermedia Vegetativa-Reproductiva (VR) y 3 en el período Reproductivo (R). En cada uno de ellos los más sobresalientes son: Vegetativo -2 (V-2), donde se desarrolla el aparato foliar; el Vegetativo-Reproductivo 3 (VR-3), dedicado al llenado de los frutos; el Vegetativo-Reproductivo-4 (VR-4) cuando se inicia la cosecha; el Vegetativo-Reproductivo-7 (VR-7), momento en el cual la planta llega a su madurez fisiológica y es el final de esta etapa de transición y el Reproductivo-1 (R-1), donde se logra la máxima producción del vegetal y se presenta una reducción del aparato foliar.

La variedad "Hawaiana", bajo las condiciones del Caribe Colombiano, tiene un potencial productivo de 95-100 frutos/planta (74-76 ton/ha). Esta producción se logra entre los 8 y los 18 meses, siendo la etapa más productiva la comprendida entre los 11 y los 15 meses de edad del vegetal.

Palabras claves: Estadios de crecimiento, rendimiento, componentes del Rendimiento.

ABSTRACT

Growth, development and the productive potential of the "Hawaiian" Papaya Variety (Carica papaya L.).

Different growth and development variations among phases of the papaya tree are defined and quantified in this study, besides, both, development and yield are studied in relationship with production.

By the transplanting time, plants have 4-5 leaves with a Leaf Area Index (IAF) of 0.06. In the first month the plant is in the process of field adaptation, by which the growth rates in height and stem diameter are low and leaf system development is slow.

The maximum IAF (2.89) is reached 147 days after transplantation (DDT). After that, leaves produced and lost by the plant are similar in number, producing one leaf every two days with a half life of 69-75 days.

At Magdalena banana growing area, the "Hawaiian" papaya reproductive stage

starts in 84 DDT. Fructification of plants start in 113 DDT. The first fruits are fully physiologically developed in 194 DDT and 19 days later, they are ready to harvest. Fruit filling takes place in 128 days. The plant physiological maturity is reached in 405 DDT.

The papaya plant has a total of 12 growth and development stages: 2 Vegetative stages (V), 7 Vegetative-Reproductive intermediate stages (VR); and 3 Reproductive stages (R). The most representative ones at each stage are: Vegetative-2 (V-2) in which leaf development occurs; Vegetative-Reproductive-3 (VR-3) when fruit filling is reached; Vegetative-Reproductive-4 (VR-4) at harvest time; while Vegetative-Reproductive-7 (VR-7) final stage is associated with the physiological maturity; and Reproductive-1 (R-1) when maximum production stage is present in the plant together with leaf reduction.

Under the Caribbean conditions, the "Hawaiian" variety has a yield potential of 95-100 fruits/plant (74-76 ton/ha.). The variety gives such yield in a period of 8 to 18 months, been the most productive time between 11 and 15 month

Additional index word: Growth stages, yield, yield components.

INTRODUCCIÓN

El Litoral Caribe, con casi un millón de hectáreas potenciales para frutales, solo contaba en 1992 con 21.500 ha. sembradas con estas especies, entre las cuales sobresalen los cítricos con 8.200 ha., mango 3.600 ha., papaya 2.800 ha., guayaba 2.300 ha., aguacate 1.200 ha y maracuyá 600 ha. Por otra parte, el 70% de la fruta producida en la Costa Atlántica proviene de patios caseros (Cárdenas et al., 1988; Corpes Costa Atlántica, 1992; Ministerio de Agricultura, 1994; Romano, 1994).

El país presenta en la actualidad un déficit de fruta de 64 kg per-capita/año y entre las regiones con una situación estratégica para la exportación, se tiene a la Costa Caribe en la cual el mango, la papaya, el maracuyá, la guayaba y el melón, entre otros, tienen ventajas naturales para su explotación técnica (Ministerio de Agricultura, 1994; Romano, 1994; Salazar et al., 1988).

Es así como, Reyes (1994), conceptuaba que la Costa Caribe es una buena zona productora de papaya, llegándose a sembrar , sólo en el Alto Sinú hasta 2.000 ha.. pero en la actualidad, por problemas fitosanitarios y de manejo agronómico el área sembrada ha disminuido a unas 800 ha..

En una explotación agrícola, es importante establecer las relaciones entre el rendimiento de los cultivos y las variaciones ambientales, especialmente aquellas que se presentan con las diferentes prácticas culturales implementadas o las interrelaciones que se manifiestan entre los factores internos y la genética.

Por lo anterior se tiene que, es necesario, en primer lugar, identificar e investigar los procesos que controlan la intensidad de los factores ambientales que afectan el crecimiento vegetal y en segundo término, las reacciones de crecimiento de la planta que determinan el mismo.

Sin embargo, el problema de precisar las variaciones del rendimiento en términos del crecimiento y desarrollo de los cultivos, es obviamente muy complejo, ya que incluye el efecto de los factores externos sobre todos los procesos fisiológicos del vegetal, lo mismo que las interrelaciones entre ellos y su interdependencia con los factores internos, determinados por la constitución genética de la planta.

Por esta relación compleja ambiente-vegetal-prácticas de manejo, las cuales interactúan entre sí, y con miras a definir el manejo de los vegetales en un ambiente determinado, se hace necesario conocer las variaciones en el rendimiento de los cultivos, con observaciones directas sobre las plantas que crecen en condiciones de campo, midiendo tantos atributos como sea posible,

para determinar los cambios simultáneos con el tiempo, a través de los diferentes períodos de crecimiento, con la finalidad de identificar aquellos más susceptibles de ser intervenidos y de esa manera definir el manejo más adecuado del cultivo, de tal manera que el agricultor pueda lograr óptimos rendimientos.

En la actualidad, puede no ser suficiente, describir el desempeño de un cultivo o variedad basado en el "rendimiento por unidad de área" convencional, por lo cual se le esta dando suficiente importancia al concepto de alto "rendimiento por unidad de área por unidad de tiempo".

En consecuencia, los estudios de crecimiento son importantes para los productores, ya que contribuyen a definir el manejo más adecuado del cultivo bajo unas condiciones ambientales dadas, pues el crecimiento y el comportamiento del árbol varían de acuerdo con estas condiciones y a las practicas culturales. Al determinar las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo de la planta, podemos conocer, entre otras cosas, las épocas críticas de utilización de nutrientes y agua, lo que permitirá hacer una programación de las diferentes practicas culturales, tales como manejo del agua, fertilización y labores de cosecha entre otras.

Por tanto, antes de enmarcarse en esquemas de manejo como los que se usan frecuentemente, se deben tener en cuenta los parámetros de crecimiento que son

los que finalmente van a incidir en la producción final de biomasa (rendimiento biológico y agronómico), factor que define los índices de cosecha del cultivo.

En este trabajo se definieron y cuantificaron las diversas etapas de crecimiento y las variaciones entre los diferentes estadios de crecimiento y desarrollo del árbol y se conocieron las condiciones para obtener crecimiento, desarrollo y rendimiento adecuado y su relación con la producción.

REVISION DE LITERATURA

Según Gardner et al. (1985), los índices de crecimiento son parámetros para describir cuantitativamente el crecimiento (división y alargamiento celular), cuyos componentes son relativamente simples y permiten analizar y comparar la habilidad de una especie vegetal para crecer y desarrollarse en un ambiente dado, explicando su comportamiento en función del tiempo.

Además Miranda (1995), afirma que, entre los factores que afectan el crecimiento de individuos o comunidades se encuentran los externos o de tipo ambiental (climáticos, edáficos, y biológicos con sus interacciones) y los internos o relacionados con el genotipo y su interrelación con el ambiente.

Uno de los primeros intentos para analizar el rendimiento en términos de antecedentes del crecimiento fueron hechos por Balls y Holton (1915) y Balls (1917), citados por Watson (1952), sobre el cultivo del algodón en Egipto. Ellos midieron el crecimiento diario en altura del tallo principal, la tasa diaria de floración (número de flores abiertas por día) y la tasa semanal de producción de cápsulas maduras, a través de la última parte del período de crecimiento, encontrando que las fluctuaciones de la floración estaban correlacionadas con las

variaciones en la tasa de expansión del tallo, que se presentan un mes antes, lo cual implica que las condiciones climáticas en cualquier tiempo, "predeterminan" la tasa de floración un mes más tarde.

Sin embargo, el primer paso para desarrollar un procedimiento con miras a analizar el crecimiento en términos de los cambios en peso seco, fue hecho por Blackman (1919), citado por Watson (1952); se señalaba que el incremento en peso seco era considerado un proceso continuo de interés compuesto, expresado para los vegetales como una tasa de crecimiento relativo, con base en el peso seco de la planta en cualquier tiempo, lo cual representa la eficiencia del vegetal como productor de nuevo material. En consecuencia, el rendimiento de materia seca de la planta puede considerarse que es dependiente de: 1) El capital inicial, que es el peso de la semilla, 2) La tasa de crecimiento relativa y 3) La longitud del periodo de crecimiento; por tanto, las variaciones en el rendimiento pueden analizarse en términos de estas tres cantidades.

El mismo Watson (1952), continua afirmando que, sin embargo, el peso seco de una planta no es el capital productivo total, ya que una parte considerable de esta consiste de un material esquelético, no activo en crecimiento; como el incremento en materia seca es atribuible a la fotosíntesis, aparte de la pequeña contribución de la toma de nutrientes minerales desde el suelo. una mejor medida del capital productivo o "material de crecimiento" de la planta es el tamaño de la hoja.

Este autor finaliza conceptuando que los rendimientos agrícolas, se miden, usualmente, en términos del peso del cultivo por unidad de área de tierra. Por tanto, en un análisis de las causas de la variación en rendimiento de la materia seca, es por esto apropiado expresar el área foliar del cultivo sobre la misma base del rendimiento ; esto es, como el área de la superficie foliar, por unidad de área de la superficie de suelo ocupada por el vegetal, más bien que como área foliar por planta. En consecuencia, propone el término de Índice de Área foliar (IAF) para esta medida de área del follaje. Ahora bien, si el área foliar y el de la superficie del suelo son expresados en las mismas unidades, el IAF es un número puro, independiente de las unidades de medida de las áreas. O sea que, el IAF es un parámetro que está correlacionado con el número y el tamaño de las hojas, en lo cual también influye la densidad de población a la que se siembra el cultivo.

Además del anterior atributo, Boonstra (1929), citado por Watson (1952), usó el término "vitalidad" para referirse a la "continuidad de la función" de la hoja, aunque, esto, es probablemente, mejor descrito por el término "longevidad", encontrando una asociación entre la "longitud de vida" de la hoja, con altos rendimientos.

Por otra parte, Hunt (1982), conceptúa que la aproximación al análisis de los factores que afectan el crecimiento y desarrollo de la planta en términos de la acumulación integrada en el tiempo, es lo que se conoce como análisis de

crecimiento, para el cual solo se requiere la medición del área foliar y el peso seco, a intervalos de tiempo frecuentes; otras cantidades se obtienen por medio de cálculos a partir de los valores de estas variables.

Según Shibles y Weber (1965), las plantas con mayor área foliar, arquitectura adecuada y ambiente favorable, son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente, dando teóricamente, mejores rendimientos económicos.

Loomis y William (1969) y Chandler (1969), opinaron que para un IAF dado, un mayor número de hojas más pequeñas podría permitir mejor penetración de la luz; sin embargo, implicaría una mayor inversión en tejidos de soporte.

Respecto al ciclo biológico de una planta originada de una semilla, Hartman y Kester (1997), dicen que comprende, primero, el crecimiento vegetativo de la planta desde las diversas regiones de crecimiento (puntos apicales y el cambium) y, segundo, la formación de flores y la producción de semilla. Además las variaciones que se presentan en esas fases son adaptaciones a ciclos estacionales o climatológicos naturales.

Según Brink (1962), con la germinación de la semilla, el embrión se desarrolla para formar una planta, iniciando la fase juvenil. A medida que la plántula crece,

en sección transversal, predomina el crecimiento vegetativo. Las plantas juveniles continúan en este estado durante cierto tiempo y normalmente no responden a estímulos inductores de la floración. Luego se inicia la fase transicional, en la cual la planta pierde sus características juveniles. La fase siguiente es conocida como de planta adulta o madura; cuando la planta perenne (herbácea o leñosa) llega a su fase adulta, por lo regular, produce flores y continua regenerándose mediante la producción de brotes vegetativos.

Por otra parte Hacket (1982), conceptúa que el cambio del estado juvenil al adulto o maduro se le llama cambio de fase o maduración. Una vez que ha pasado por la fase juvenil, la planta madura inicia el proceso de floración, el cual responde a varios estímulos de inducción de la misma. Estos pueden ser señales ambientales, como fotoperíodos específicos, o regímenes de temperatura determinados. Las condiciones que hacen más lento o reducen el desarrollo vegetativo, como la disminución del nitrógeno, pueden causar iniciación floral, mientras que el crecimiento en exceso vigoroso lo contrarresta. Estos efectos son opuestos a aquellos que favorecen la transición de la fase juvenil a la madura.

En general, entre los investigadores, hay un concepto ampliamente concordante sobre el antagonismo entre las fases de crecimiento vegetativa y reproductiva (Fisher y Loomis, 1994; Wellensiek et al., 1954). Además, la inhibición del crecimiento vegetativo inducida a través del uso de retardadores del crecimiento u

otras prácticas culturales, como la supresión del riego, para inducir la floración, a través de los déficits hídricos, también ha sido presentado como exitosa para lograr ese cometido (Nakata, 1955.)

Miranda (1995) planteó el hecho de que los trabajos de análisis de crecimiento en papaya en el país son muy escasos, por lo tanto la tecnología que se ha generado, con base en esos criterios, es casi nula. Se requiere que la generación de conocimiento, en lo sucesivo, involucre los aspectos fisiológicos del cultivo que permitan explicar y profundizar en el crecimiento y desarrollo del mismo. Sin embargo, tanto el mencionado autor, como Méndez (1994) dan una serie de recomendaciones sobre el manejo de huertos comerciales de papaya, sin considerar claramente las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo de este vegetal.

Torres, en 1984 afirmaba que la variedad "SOLO" de Hawaii era la que más se conocía en el país y en el mundo, pues en esa época tenía casi 60 años, con aproximadamente 30 generaciones de cruzamientos y selecciones. Igualmente, planteaba el hecho de que esta variedad presentaba muchas líneas como: "Línea 5", "Línea 10". "Sunrise Solo", "Kapoho", "Waimanalo", con rendimientos de 40 - 60 ton/ha/año y terminaba diciendo que la variedad "Solo" no se ha adaptado bien en Colombia, sin detallar los limitantes que había tenido su explotación en el país.

Pero ya en 1988, Salazar conceptuaba que la variedad "Solo", producida en Hawaii, era la más conocida mundialmente, por su calidad y tamaño de fruta y que la línea "Sunrise Solo", de pulpa anaranjada, ha sido sembrada en varias localidades de Colombia, en especial la Costa Atlántica y la Zona Cafetera del Viejo Caldas. Las primeras siembras no fueron las mejores en estas zonas, pero se han venido seleccionando plantas y ya en esa época los cultivos presentaban buenas características y adaptación. Es así como Reyes (1995), afirmaba que en la Costa Caribe, zona de Córdoba, se empezó a sembrar la variedad criolla conocida como "Zapote", de pulpa roja que luego fue remplazada por la variedad "Hawaiana" para exportación y para el mercado nacional.

Chan y Toh (1984), en Malasia, realizaron un estudio, con tres variedades, entre las cuales estaba incluida la "Sunrise Solo", sobre la fase de crecimiento vegetativo en papaya, como un primer paso para entender el comportamiento juvenil de este cultivo, con miras a desarrollar el concepto de alto rendimiento por unidad de área, por unidad de tiempo. Ellos conceptúan, que en tales trabajos es importante estudiar el patrón de cambio de varios atributos del crecimiento, como el diámetro del tallo, altura de planta, desarrollo del dosel y subsecuentemente la producción de frutos tomada como un todo, lo cual suministra una visión de la competitividad natural y la distribución de los fotoasimilados entre los diferentes órganos, en varios estados de su desarrollo. Tal información es de gran significancia para impartir una guía con miras a definir un programa dinámico de

la fertilización del cultivo, del manejo del agua o de otras prácticas culturales.

Al respecto, Awada (1977), informó que altos niveles de nitrógeno conducen a excesivo follaje, lo cual convierte la planta, más susceptible al volcamiento ; y el fósforo, sostenido a altos niveles causa excesivo desarrollo del tallo, lo que conduce a gran número de frutos pequeños no comercializables. En la India, Reddy et al., (1989), hallaron que la papaya debe fertilizarse con 250 g. de N., 250 g. de P. y 500 g. de K. por planta por año. Por tanto, es más importante buscar un incremento de la tasa de crecimiento vegetativo, de tal manera que las plantas puedan alcanzar un tamaño mínimo necesario, para un cambio de fase precoz, de la juvenilidad a la madurez, en vez de sostener un crecimiento vegetativo máximo. Un estado juvenil más corto, es importante con miras a la obtención de altos rendimientos sobre la base de unidad de área y tiempo (Awada, 1977).

Además de lo anterior, en diversos trabajos sobre el manejo del agua de riego en este cultivo, se ha demostrado su efecto en el crecimiento y rendimiento de la papaya (Agnew, 1968; Srinivas y Prabhakar, 1993). Aiyelaagbe et al., (1986) encontró efecto negativo de los déficits hídricos en el suelo sobre el rendimiento y sus componentes (número, peso y tamaño del fruto) en este vegetal. Srinivas y Prabhakar (1993), observaron, en papaya, incrementos en el contenido relativo del agua, así como en la tasa de transpiración, con una reducida resistencia

estomática a la difusión, con tasas de reabastecimiento de la evaporación del 75% a 100%. Similares resultados han sido presentados por Srinivas y Hegde (1992) para este cultivo.

Srinivas (1996) planteó que, el nivel óptimo de reabastecimiento de las pérdidas por evaporación, era del 60% cuando se utilizaba el riego por goteo, lo cual se reflejaba en una alta producción de frutos de papaya. Por otra parte, el uso del agua (calculada al dividir el rendimiento de frutos por el agua total usada) se incrementó con el aumento de las tasas de abastecimiento de la evaporación y fue más alta a 120% de reabastecimiento.

Guzmán y Martínez (1994), en una investigación adelantada en el Caribe Colombiano, teniendo en cuenta diferentes estadios del crecimiento de la papaya y con tratamientos de riego por goteo, con diversos coeficientes de agotamiento de la humedad del suelo, encontraron que, en términos generales la humedad consumida por la planta y por ende su factor de cultivo va disminuyendo a medida que el nivel de agotamiento es más alto. Así se tiene que, al inicio de la floración (66-126 días después del trasplante, DDT) la humedad consumida fluctuó entre 131.8 mm. y 157.9 mm.. Ello es debido, posiblemente, a que la planta a medida que reduce la humedad disponible en el suelo, va cerrando los estomas para disminuir la transpiración y evitar la deshidratación de los diferentes órganos, consumiendo por tanto menos humedad, cuando el coeficiente de agotamiento es

alto.

Igualmente, ellos encontraron que la papaya presenta un factor de cultivo de 0.32 hasta los 65 DDT y de 0.65 para los estadios posteriores de crecimiento y desarrollo del cultivo. Esto equivale, de acuerdo a la evaporación promedio registrada (4.8 mm/día) a una demanda de riego de 1.6 mm./día y 3.2 mm./día para los periodos anteriormente anotados. En términos de volumen de agua, serían equivalentes de exigencias de 3.0 l./día hasta los 65 DDT, incrementándose a un volumen de 9.0 l./día al final del cultivo. En cuanto a producción, en la fruta para exportación se obtuvo un mínimo de 18.481 frutos/ha. (50% de agotamiento de humedad del suelo), con un máximo de 22.118 papayas/ha. (35% agotamiento de humedad). De la misma manera, para el mercado nacional se cosecharon 119.171 frutos/ha. (50% de agotamiento de humedad) a 128.740 papayas/ha. (20% agotamiento de humedad). Finalmente, de rechazo se lograron entre 61.702 frutos/ha. (35% de agotamiento de humedad) y 88.529 papayas/ha. (50% de agotamiento de humedad); ello significa que el mayor porcentaje de fruta recolectada, tanto para la exportación (10.8%) como para el mercado nacional (59.0%) se recogió con el 35% de agotamiento de humedad del suelo. La mayor cantidad de fruta de rechazo (39.1%) se obtuvo con un 50% de agotamiento de la humedad del suelo.

Finalizan planteando que, la mayor producción de fruta para exportación (9,2 ton./ha.) se cosechó cuando al suelo se le permitió un 35% de agotamiento de la humedad; en cambio, en el nivel del 50% de agotamiento de la humedad, únicamente se recogieron 6.7 ton./ha. de fruta para exportación, y con el 20% de agotamiento de humedad del suelo se comercializaron 8.7 ton./ha.. Para el mercado nacional se obtuvieron 33.7 ton./ha. con el 35% de agotamiento de la humedad del suelo, cuando con el 50% de agotamiento se recolectó 28.9 ton./ha. de fruta y 32.8 ton./ha. con el 20% de agotamiento de humedad del suelo.

Ellos llegaron a la conclusión de que, en el Caribe Colombiano, el agua para riego por goteo en papaya se puede manejar con el 35% al 50% de agotamiento de la humedad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se efectuó en el Centro de Investigación Caribia (Sevilla, Magdalena) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, cuyas coordenadas geográficas son: 74° 08' 30" longitud oeste y 10° 11' 00" latitud norte, y el cual se encuentra en la zona de vida bosque seco tropical (bs-T), con suelos franco-arenosos, fertilidad media, con bajo nivel de N y K y alto de P, temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa del 83%, precipitación de 1250 mm anuales y altura de 18 msnm.

El trabajo se realizó entre julio de 1993 y enero de 1995, donde la temperatura mínima fue de 19,4°C en enero de 1994, máxima de 34.3°C en abril de ese mismo año y promedio de 27.5°C; la precipitación entre julio y diciembre de 1993 fue de 1.060.4 mm. y la de 1994 de 1.197.5 mm., para un total de 2.257.9 mm. en los 18 meses de experimentación ; siendo los meses de enero, febrero y marzo de 1994 y enero de 1995, completamente secos. La evaporación fue mínima en octubre de 1994 (120.7 mm.) y se obtuvo un máximo de 171.1 mm, en marzo de 1994, con una evaporación promedio mensual de 125.6 mm. y total de 2.261.2 mm.. En consecuencia, hubo déficits hídricos, con respecto a la precipitación en los meses

de diciembre a enero y en julio, en los cuales se debió utilizar riegos suplementarios. La humedad relativa fue mínima (72%) en marzo y abril, y máxima, de 86%, en octubre, con un promedio de 77%. El brillo solar fue mínimo en septiembre de 1993 (137.6 horas-luz/mes) y máximo de 245.8 horas-luz/mes, en enero de 1994, con un promedio de 200.1 horas-luz/mes y total de 2.401.4 horas-luz anuales y 3.583.4 horas-luz en los 18 meses de la investigación.

En un diseño completamente al azar se plantaron 400 plántulas (2200 m²), en surcos dobles, con una distancia de siembra de 3.5 x 2,0 x 2,0 m. (1.818 plantas/ha.), en un lote adecuado con riego por goteo, aplicando el mismo con un 35% de agotamiento de humedad del suelo, de acuerdo con lo recomendado por Guzmán y Martínez (1994).

En el centro de la parcela se marcaron diez plantas a las cuales se les tomó, quincenalmente los datos de crecimiento y desarrollo no destructivo:

- ◆ Altura de planta, desde la base hasta el ápice, donde se forma el primer nudo foliar.
- ◆ Diámetro del tallo, a 40 cm. de altura, utilizando un nonio.
- ◆ Fecha y cantidad de hojas emitidas, contando las hojas por encima del marbete colocado en la lectura previa ; lo mismo que las hojas caídas, contabilizando aquellos nudos sin hojas, ubicados en la sección del tallo marcado con las

etiquetas de las dos últimas lecturas.

- ◆ Longitud de los entrenudos, la cual fue estimada dividiendo la altura del tallo entre el número de hojas (nudos) encontradas en esa longitud.
- ◆ Diámetro del dosel, promedio, de la medida de este, con una cinta métrica, en los sentidos norte-sur y este-oeste
- ◆ Cantidad y fechas de aparición de estructuras reproductivas, flores y frutos, formados por encima de la etiqueta colocada en la evaluación anterior ; y los frutos cosechados en el período evaluado.
- ◆ Cosecha semanal, cantidad y peso de frutos.

Además de lo anterior, en el resto de la parcela, se marcaron 100 plantas para la toma quincenal de la información de los parámetros destructivos:

- ◆ Área foliar, con el medidor de área foliar LICOR, LI 3100, Lincoln, Neb.
- ◆ Biomasa de todos los órganos (promedio de tres plantas), secados en una estufa Memmert a 70°C por 72 horas o más, si era necesario, hasta lograr peso constante de los mismos.

El Índice de Área Foliar se calculó de acuerdo a Watson (1952), el cual es una relación entre el área de la superficie foliar por unidad de área de superficie de suelo ocupada por la planta, por lo cual es un número puro, independiente de las unidades de área medidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Crecimiento y Desarrollo de Organos Vegetativos Aéreos

El crecimiento vegetativo de la papaya "Hawaiana", tanto en altura de planta como en el diámetro del tallo, sigue la típica curva sigmoide del crecimiento de los seres vivos, lo cual coincide con lo encontrado por Chan y Toh (1984), quienes estudiaron en Malasia algunas características del crecimiento vegetativo en tres variedades de papaya, entre las cuales estaba incluida la "Sunrise Solo".

En la figura 1 se puede observar que, en el momento del transplante, la papaya tiene 36 cm. y 0,8 cm. de altura de planta y diámetro del tallo respectivamente. Durante el primer mes, la planta se encuentra en el proceso de adaptación al campo, por lo cual la tasa de crecimiento es de 0.4 cm./día en altura y de 0.01 cm/día en diámetro. Entre el segundo y el cuarto mes (60-120 días) el crecimiento se acelera, llegándose a tasas de 2.1 cm/día en la altura de planta a los 92 días y 0.13 cm./día en diámetro del tallo a los 106 días, fechas en las cuales el vegetal tiene casi 180 cm. de altura y 8.2 cm de diámetro del tallo. A partir de este momento se desacelera el crecimiento vegetativo, haciéndose las tasas cada vez mas bajas, hasta llegar a estar por debajo de 1.0 cm./día

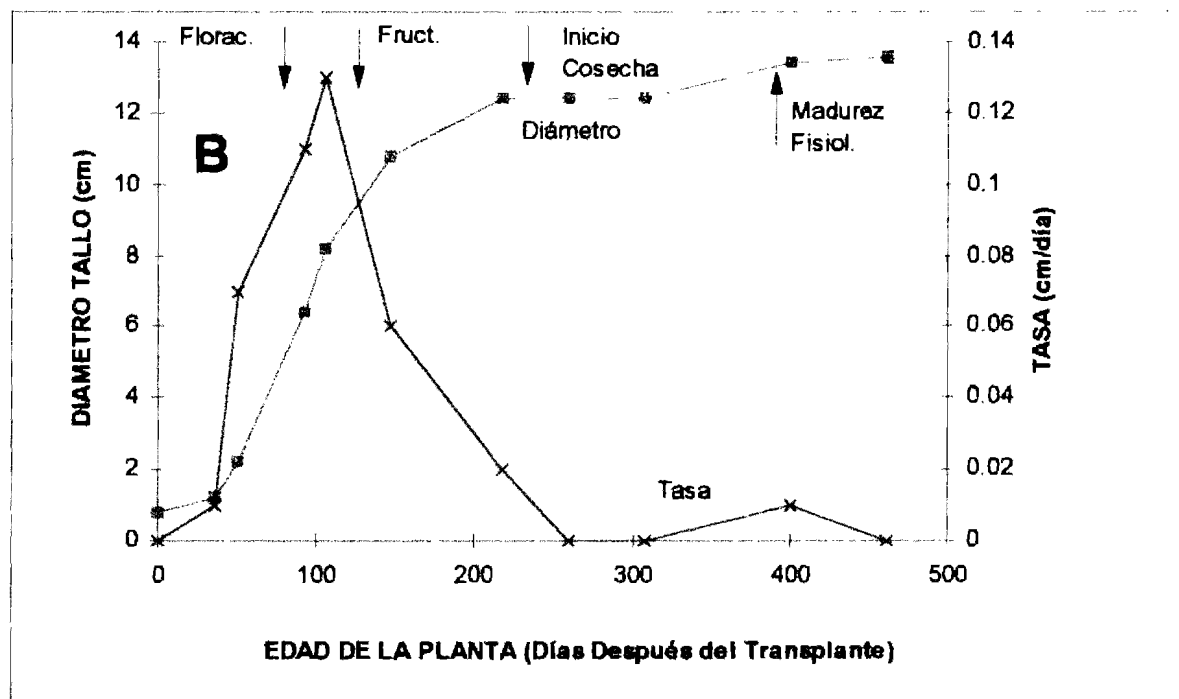
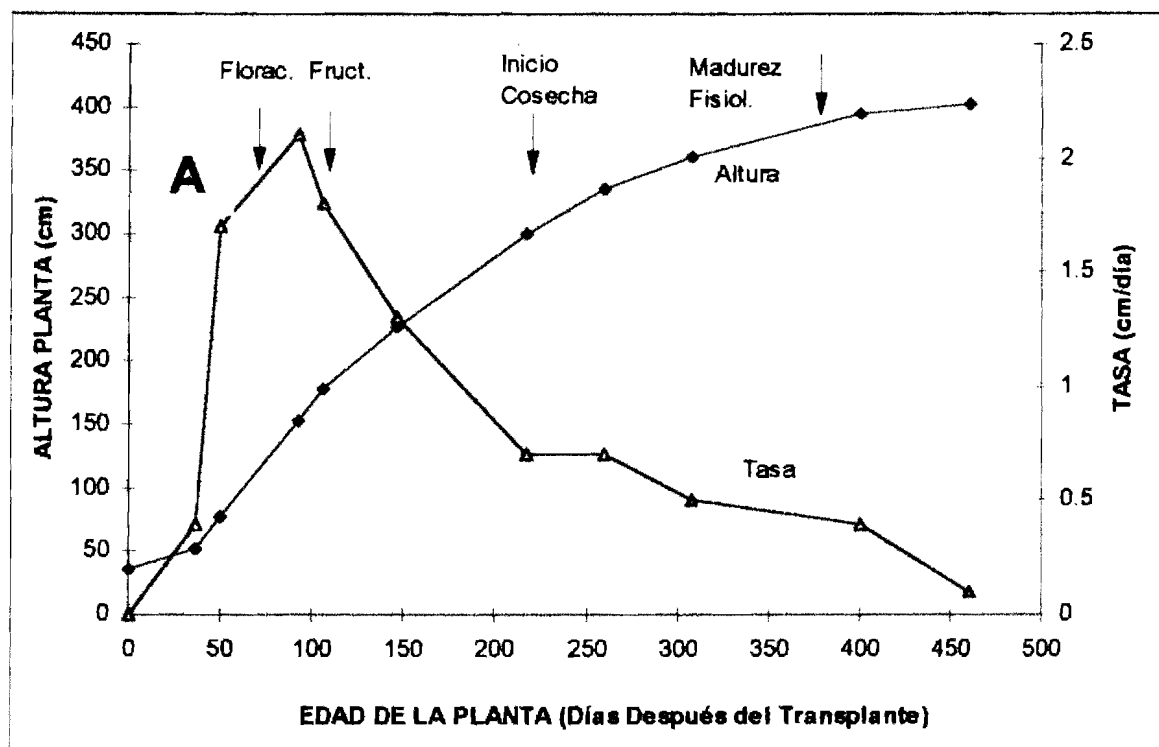


FIGURA 1. Crecimiento Vegetativo (Altura de la Planta: A; Diámetro del Tallo: B) de la papaya variedad Hawaiana durante su ciclo de producción.

del crecimiento en altura de la planta y alrededor de 0.2 cm /día el del diámetro del tallo a los 217 días (casi 7 meses) después del transplante (DDT), cuando la planta tiene, en promedio, 300 cm. de altura y 12 cm. de diámetro del tallo.

Luego de este período, la tasa de crecimiento del diámetro se estabiliza y la de altura se hace cada vez mas lenta, observándose que a los 400 días el vegetal tiene 395 cm. de altura y 13 cm. de diámetro del tallo con tasas de crecimiento de 0.4 cm./día en altura y casi nula en diámetro del tallo.

De acuerdo a lo anterior, se tiene que la altura de la planta y el diámetro del tallo, mostraron 3 etapas distintas de crecimiento. Una fase de muy lento desarrollo, que se presenta antes de los 50 DDT, momento a partir del cual se inicia un estado de rápido crecimiento, donde se alcanzan las máximas tasas en altura (92 DDT) y diámetro (106 DDT, 15 semanas), luego de lo cual se desacelera el mismo siendo este más lento, por lo tanto las tasas llegan a lograr valores correspondientes a casi la mitad (1.3 cm./día y 0.06 cm./día en altura y diámetro respectivamente) del valor máximo alcanzado por ellas. Después de los 150 DDT (22 semanas) se estabiliza el crecimiento, lo que es más notorio en el diámetro del tallo (donde se observan tasas de 0 cm/día a los 260 DDT y posteriormente), que en la altura de la planta, cuya tasa se va reduciendo lentamente, por lo que continuamente se va incrementando su valor absoluto de 336 cm. a los 260 DDT

a 402 cm, a los 461 DDT.

En consecuencia, la altura de la planta y el diámetro del tallo tienen una fase I de crecimiento lento durante las primeras 7 semanas (49 DDT), una fase II de muy rápido crecimiento entre las semanas 8 y 21 (50-147 DDT) y una fase III después de las 22 semanas (155 DDT) donde el crecimiento vuelve a ser lento. Todo ello correspondiendo a un comportamiento sigmoide.

Resultados semejantes fueron encontrados por Chan y Toh (1984), quienes igualmente observaron estas tres fases en la variedad "Sunrise Solo", aunque en edades diferentes, pues la fase I se extendió durante las primeras 15 semanas, lo cual fue el doble del tiempo de la variedad "Hawaiana" en esta investigación; de la misma manera, la fase II se prolongó hasta la semana 31, cuando en el presente trabajo fue hasta la 21, y finalmente la fase III desde estas últimas fechas hasta terminar el ciclo del cultivo. O sea que la variedad "Hawaiana" en el Caribe Colombiano, mostró una precocidad de 8 semanas en la fase I, y 10 semanas en las fases II y III con respecto a la variedad "Sunrise Solo" en Malasia. Sobre estas diferencias se profundizará más adelante.

Por otra parte, en la figura 1 también se observa que la floración se inició a los 84 DDT (12 semanas) y la fructificación a los 113 DDT (16 semanas). Ahora bien, el periodo de crecimiento vegetativo antes de la floración y maduración de la planta

es generalmente conocido como período juvenil (Chan y Toh, 1984; Nakata, 1955 y Visser y De Vries, 1970). Ello significa que estos dos estadios importantes del vegetal se presentaron en la fase II del crecimiento de la planta en altura y diámetro del tallo. Además, las tasas más altas de estos parámetros (2.1 cm./día y 0.13 cm./día respectivamente) se presentaron en medio de estos dos eventos a las 13 y 15 semanas, y la fecha de iniciación de la fase III (22 semanas) marca el punto medio entre la fructificación y la primera cosecha: complementario a ello se tiene que la cosecha se inició a los 219 días (31 semanas). Chan y Toh (1984), igualmente encontraron que en la fase II de rápido crecimiento, también se presenta la floración (21 semanas) y el inicio de la cosecha (43 semana) en la fase III cuando el crecimiento vegetativo es lento.

El comportamiento del sistema foliar de la papaya "Hawaiana" se puede apreciar en la tabla 1 y en la figura 2, observándose, en esta, que el dosel, al igual que el tallo, presenta un crecimiento sigmoide. Al momento del transplante la planta cuenta con 4 hojas que tienen un Índice de Área Foliar (IAF) de 0.06. En el primer mes son emitidas 5 hojas, lo cual significa que en este período la velocidad de emisión foliar es de 1.0 hoja cada 7.2 días y ellas solo alcanzan un IAF de 0.06 lo cual le representa al vegetal un dosel de casi 80 cm. Al igual que en los dos parámetros anteriores (altura de planta y diámetro del tallo), el desarrollo del sistema foliar es lento en este período (fase I), pues es una etapa donde el vegetal, está adaptándose a las condiciones del campo

Tabla 1. Comportamiento del sistema foliar de la papaya "Hawaiana" durante su ciclo productivo.

EDAD PLANTA (DDT*)	CANTIDAD DE HOJAS (No.)				VELOCIDAD EMISION FOLIAR (1) (días)	DURABILIDAD HOJAS (2) (días)	LONG. ENTRENUDO (cm)
	TOTAL FORMADAS	EN EL PERIODO					
		EMITIDAS	CAIDAS	PERMANECEN EN LA PLANTA			
0	4	4	-	4	-	-	9.0
36	9	5	-	9	7.2	-	5.8
50	20	16	4	16	1.2	14	3.8
91	34	14	3	27	2.9	55	4.5
106	42	8	4	31	1.9	63	4.2
147	63	21	15	37	2.0	69	3.6
217	94	31	30	37	2.2	89	3.2
260	114	20	20	37	2.1	85	2.9
308	135	21	24	34	2.3	89	2.7
400	173	38	40	32	2.3	89	2.3
461	199	26	31	27	2.3	91	2.0
518	223	24	26	25	2.3	88	1.8
PROM.	-	-	-	-	2.3	77	-
TOTAL	223	223	198	25	-	-	-

*DDT = Días después del transplante.

- (1) Tiempo necesario para formarse una hoja.
- (2) Tiempo que permanece una hoja en la planta.

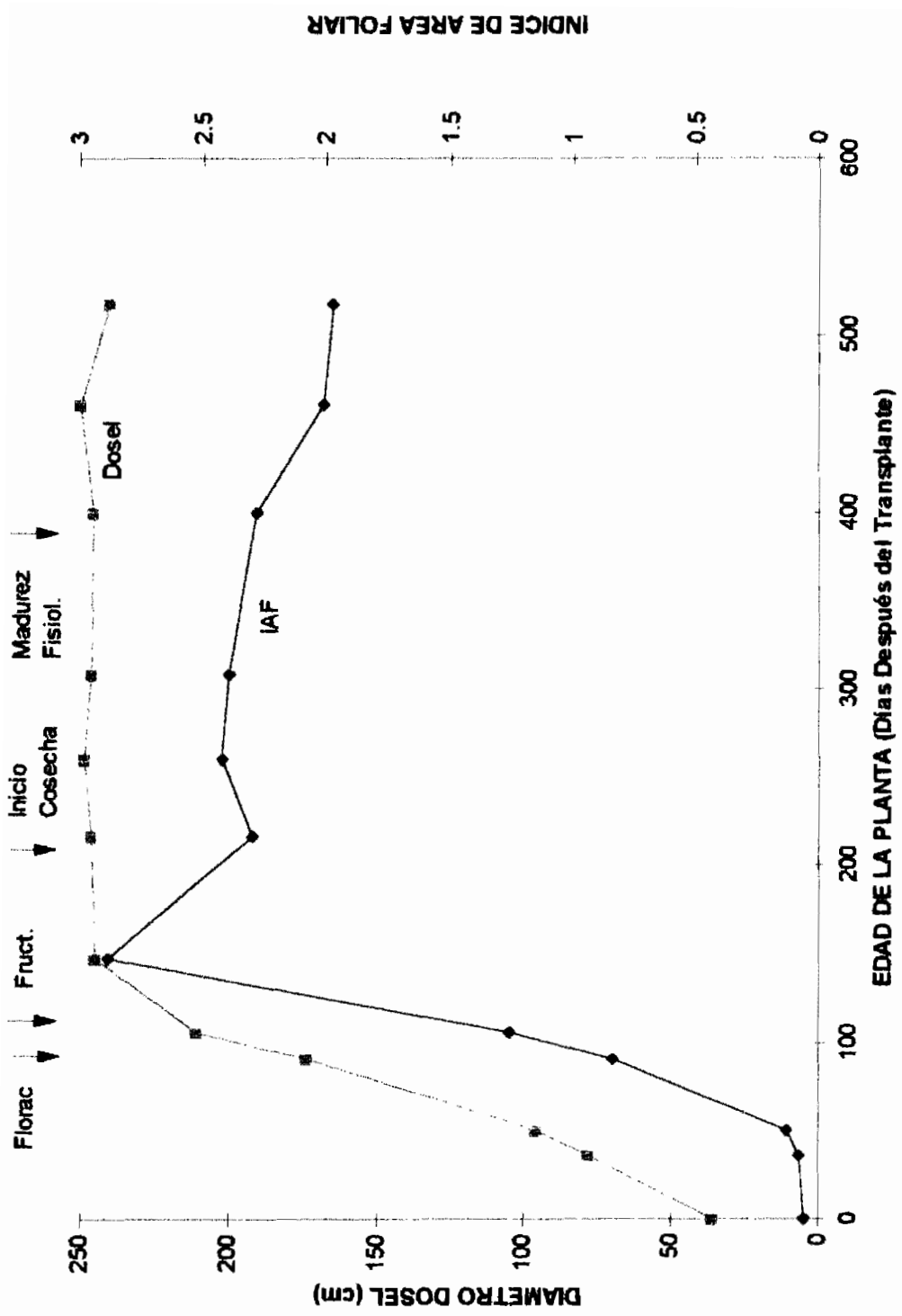


FIGURA 2. Evolución del Índice de Área Foliar (IAF) y del Diámetro del Dosel de la Papaya variedad "Hawaiana" durante su ciclo productivo.

En el segundo mes la planta alcanza a formar hasta la hoja número 20, ya que emite 1.0 hoja cada 1.2 días, aunque en esta época se caen las primeras hojas, las cuales solo alcanzan a permanecer, en el vegetal, 14 días, pero el IAF casi se duplica (0.13), y el dosel esta alrededor de los 100 cm. (mitad de la distancia de siembra entre plantas), iniciándose un acelerado crecimiento, semejante y coincidente con la fase II de las anteriores variables.

A partir de este momento se estabiliza la emisión foliar, formándose una hoja en casi 2.0 días (mínima de 1.9 días y máximo de 2.9 días). La durabilidad de la hoja se incrementa, permaneciendo la lámina foliar, en la planta, 55 días a los 91 DDT (13 semanas), hasta casi 70 días a los 147 DDT (21 semanas) del vegetal. Teniendo en cuenta que las plantas están separadas 2.0 m., el dosel foliar de la una se toca con la otra a los 106 días (15 semanas), cuando éste llega a tener en promedio 211 cm. y comienza a limitarse su desarrollo.

En esta fecha (147 DDT), la papaya alcanza su máximo IAF (2.89), lo cual le representa una superficie foliar casi 3 veces superior al área de suelo ocupado por la planta. De la misma manera el dosel se encuentra en su máxima expansión (245 cm.) y suspende su crecimiento.

En consecuencia se tiene que el máximo IAF y el mayor crecimiento del dosel lo logra el vegetal en la misma fecha que finaliza la fase II del crecimiento en altura

y diámetro (21 semanas). Ello nos está indicando que, en los primeros 150 días, los cuales incluyen la fase juvenil y se inicia la transición entre la etapa vegetativa y reproductiva, se tiene un alto crecimiento del tallo y del aparato foliar; este último llega a mostrar el máximo IAF y el mayor diámetro del dosel, alrededor de 60 días después de la aparición de la primera flor y 35 días de iniciada la fructificación. Además, en la fase I del crecimiento del tallo hay una velocidad de emisión foliar lenta (1.0 hoja cada 7.2 días), pero tan pronto se inicia la fase II se caen las primeras hojas, hay una muy rápida emisión foliar (1.0 hoja cada 1.2 días), con una baja durabilidad de las hojas (14 días). En esta misma fase, después de la floración, pero antes de la fructificación, la emisión foliar se reduce a casi la mitad (1.0 hoja cada 2.9 días), y la durabilidad de la hoja (55 días) se incrementa en casi 4.0 veces, aunque tan pronto se forman los primeros frutos se emite una hoja cada 2.0 días y éstas permanecen en la planta por casi 70 días.

A los 147 DDT la planta ha formado 63 hojas, pero sólo permanecen en la misma, 37 hojas, número máximo que alcanza este órgano en cualquier etapa de crecimiento de la papaya. Ello quiere decir que se han caído las 26 primeras hojas formadas. O sea que a partir del cuarto mes, hay una sincronización en el sistema foliar de la papaya, debido a que se forma la misma cantidad de hojas que pierde, emitiéndose una hoja cada 2.0 días, con una durabilidad de 69 días. Aclarándose que las hojas inferiores senescentes tienen una lámina foliar más

grande, por ser más largas que las hojas superiores en formación.

Cuando se ha iniciado la fase III del crecimiento en altura y diámetro del tallo (147 DDT), el IAF comienza a disminuir hasta llegar a ser del orden de 2.3 a los 217 DDT (7.2 meses), e igualmente el diámetro del dosel se estabiliza entre 245 y 250 cm.. Esto debido a que las nuevas hojas formadas son más pequeñas y por ende el área de la lámina foliar, ya que la cantidad de hojas que permanecen en la planta continua siendo constante: de 36-37. La durabilidad de las hojas se incrementa, pues pasa de 69 días en el periodo anterior a casi 90 días en esta etapa del crecimiento del vegetal, lo cual se convierte en el tiempo máximo que una hoja permanece en la planta.

A partir de este momento el IAF se mantiene entre 2.3 y 2.4 hasta los 12 meses (356 DDT), siendo más lenta la emisión foliar, pues, pasa de un tiempo de 2.0 días para formarse una hoja. a los 8 meses, a 2,3 días /hoja a los 308 DDT (10 meses). De la misma manera la durabilidad de la hoja se incrementa, respectivamente, de 90 días (a los 8 meses) a 96 días (datos no presentados) a los 12 meses.

Por otra parte, desde este momento (12 meses) y hasta el final del ciclo productivo (18 meses) de la papaya. se le van cayendo más hojas de las que emite, ya que a los 400 días (13 meses) solo permanecen en la planta 32 hojas,

cuya durabilidad ha disminuido a 89 días. aunque la velocidad de emisión foliar se mantiene constante, en una hoja cada 2,3 días, lo cual incide en que el IAF disminuya por debajo de 2.3 y el diámetro del dosel se reduzca lentamente. en la medida que las hojas bajas senescentes de mayor longitud se caen. Esta tendencia se mantiene hasta el final del ciclo, 518 DDT (17,3 meses), cuando sólo permanecen en la planta 25 hojas, en comparación a las 24 hojas emitidas, con la misma velocidad de emisión foliar (2,3 días/hoja) y con una menor durabilidad de las hojas (88 días). Ello le reporta al vegetal la disminución del IAF por debajo de 2,0 y a que el diámetro del dosel sea de 240 cm..

En consecuencia se tiene, que durante toda su vida productiva (17-18 meses) la papaya ha formado 223 hojas, de las cuales permanecen en la planta 25 hojas. Ellas se han emitido, en promedio, a una velocidad de 1,0 hoja cada 2,3 días, con una permanencia media. de la hoja. de 77 días.

De acuerdo a Watson (1952), el análisis fisiológico de la variación en área foliar debe tener en cuenta los efectos internos y externos sobre los siguientes aspectos del crecimiento foliar:

- a) La actividad meristemática, relacionada con la división celular y por tanto del incremento en el número de los puntos de crecimiento, la tasa de producción de los primordios foliares y la inducción de la floración, por intermedio de la

cual termina la producción de hojas en estos puntos.

- b) La expansión foliar, o sea la tasa de elongación de las células del follaje.
- c) Senescencia y muerte de las hojas.

Por otra parte, Chan y Toh (1984) conceptúan que, para una especie de tallo simple y erecto como la papaya, el incremento en altura de este órgano está influenciado por la tasa de producción foliar, así como por la longitud de los entrenudos.

En la tabla 1 se aprecia que cuando la planta es sacada de los semilleros para ser transplantada en el campo, presenta unos entrenudos largos (9.0 cm.), pero en la medida que el vegetal crece, estos se van acortando paulatinamente, pasando de 5.8 cm. a los 36 días (5 semanas), fase I, de crecimiento lento del tallo, a 4.5 cm. (a los 91 DDT) después de la floración y antes de la fructificación (fase II, de crecimiento rápido del tallo), llegando a ser de 3.6 cm. al final de la fase II del crecimiento del tallo e inicio de la fase III (lenta) hasta ser de 1.8 cm., cuando llega a término el ciclo productivo. Ello nos está indicando que de la fase I al inicio de la fase II, la longitud del entrenudo se reduce en un 36%, durante esta etapa sigue disminuyendo su tamaño hasta llegar a ser 38% más corto al acabar la fase II y de este punto al final del ciclo productivo se reduce en otro 50%.

Chan y Toh (1984) encontraron esta misma tendencia, aunque, por ser la variedad "Sunrise Solo" en Malasia, de menor altura (230 cm., a los 12 meses) que la variedad "Hawaiana" en las condiciones del Caribe Colombiano (395 cm., a los 13 meses), los entrenudos del "Sunrise Solo" son más cortos. Así se tiene que, la "Sunrise Solo" presentó entrenudos de 1.33 cm. a los 12 meses y de 0.66 cm. a los 24 meses, mientras que la variedad "Hawaiana" tuvo entrenudos de 2.3 cm. a los 13 meses (400 DDT) y 1.8 cm. a los 17 meses (518 DDT).

Por otra parte se tiene que, al igual que la variedad "Hawaiana" en el Caribe Colombiano (figura 1), la "Sunrise Solo" en Malasia presentó un incremento permanente en la altura del árbol, extendiéndose desde la fase vegetativa y continuando en la etapa de desarrollo de los frutos, después de lo cual esto fue menos notorio, a una tasa mínima pero permanente. Sin embargo, Awada (1976) encontró que bajo las condiciones de Hawaii, la variedad "Solo" mostró incrementos en altura de planta solamente durante la fase vegetativa y la tasa de crecimiento disminuyó desde la formación de yemas, a través del desarrollo de los frutos jóvenes, hasta cuando esta llega a ser nula. Estas diferencias las explican Chan y Toh (1984) porque las condiciones de Malasia son más adecuadas para crecimiento y desarrollo continuo, mientras que en Hawaii, la disminución en el crecimiento durante el desarrollo de yemas y frutos, como lo observado por Awada (1976) coinciden con los períodos de otoño e invierno cuando se

suspende el crecimiento. De la misma manera, el Caribe Colombiano tiene condiciones semejantes a las de Malasia, lo cual permite que la papaya presente también, crecimiento permanente hasta el final de la cosecha.

Además de lo anterior, Chan y Toh (1984) encontraron que la tasa de producción foliar mostró una respuesta lineal sobre el tiempo, y consistentemente produjo aproximadamente 3.0 hojas/ semana, a través de todo el estudio. Igualmente, en el presente trabajo, la emisión foliar promedio (tabla 1) fue de 2.3 días para formarse una hoja, lo que significa que también se forman, en promedio, 3.0 hojas/semana, lo cual es bastante estable en la fase III del crecimiento del tallo, presentando una bajísima emisión en la fase I, donde se forma una hoja semanal, y muy alta al inicio de la fase II, con casi 6.0 hojas semanales, pero estabilizándose al final de este período en 3.5 hojas semanales.

Esta respuesta de 3.0 hojas/semana en el estudio de Chan y Toh (1984), consistente en las tres variedades estudiadas por ellos, los hacen concluir que las diferencias intervarietales, en altura de planta, son explicadas por las diferencias en la longitud del entrenudo. De la misma manera, en el presente trabajo, donde se encontró igual velocidad de emisión de nudos (3.0 hojas/semana), pero las diferencias en altura de planta (230 cm., la "Sunrise Solo" en Malasia y 408 cm., la "Hawaiana" en el Caribe Colombiano), son igualmente explicadas por las diferencias en la longitud de los entrenudos, ya que la "Sunrise Solo" presentó

una longitud de este órgano máximo de 2.77 cm. y mínimo de 0.66 cm. cuando la "Hawaiana" tuvo entrenudos de 9.0 cm. de largo al inicio del ciclo y de 1.8 cm. al final del mismo.

Se señala, sin embargo que, de acuerdo a Chan y Toh (1984), aunque la longitud del entrenudo gobierna la altura del vegetal, puede no tener influencia sobre la altura de formación del primer fruto debido a que, según Nakasone y Storey (1955), este carácter está relacionado, más bien, con el número de nudos antes de la floración, que con la longitud de los entrenudos. La variedad "Hawaiana" del presente estudio, el primer fruto lo formó alrededor de los 100 cm. de altura y en la variedad "Sunrise Solo", en Malasia, este fruto fue formado casi a los 120 cm..

Complementario a lo anterior se tiene que, en el estudio de Chan y Toh (1984), la fase juvenil de la variedad "Sunrise Solo" se extendió por un período de aproximadamente 22 semanas y en la variedad "Hawaiana", del presente trabajo, esta misma fase juvenil se prolongó, solamente, por 12 semanas. Al respecto se sabe, por varios estudios, entre ellos el de Visser y De Vries (1970), que para que ocurra el paso de la etapa juvenil a la fase madura, se requiere que el vegetal alcance un cierto desarrollo. A la variedad "Sunrise Solo" en Malasia (Chan y Toh, 1984) en la floración se le observó un diámetro del tallo de 6-7 cm., el cual

viene a ser el diámetro de la presente investigación (6 cm.) En consecuencia, si la longitud del periodo juvenil en papaya está asociado con un diámetro tallo mínimo (6 cm.), entonces puede esperarse que la precocidad productiva en las variedades de papaya, se puede lograr con la manipulación de las prácticas culturales, tales como el uso de fertilizantes para alcanzar este diámetro mínimo del tallo en el tiempo más corto posible. Aunque, al respecto, Chan y Toh (1984) anotan que, no es deseable sostener un crecimiento excesivo continuamente con una alta fertilización. Awada (1977) encontró que altos niveles de nitrógeno conducen a excesivo follaje, lo cual convierte a la planta en susceptible al volcamiento, y el fósforo sostenido a altos niveles ocasiona el excesivo desarrollo del tallo, resultando en demasiados frutos pequeños, no mercadeables.

2. Acumulación de Materia Seca en el Vegetal

Como se aprecia en la Figura 3, la producción de fitomasa por la papaya es también, una curva típica sigmoide, con un lento crecimiento en las primeras etapas de desarrollo (0-100 DDT), momento a partir del cual se presenta una acelerada acumulación de materia seca (100-300 DDT) para posteriormente desacelerarse, la misma, hasta el final del ciclo productivo (300-518 DDT).

Al transplante, la biomasa total es de 2.4 gramos (tabla 2), distribuidos en un 8% en raíz, 54% en el tallo y 38% en las hojas. A los 71 DDT (2.3 meses), cuando

aun el vegetal se encuentra en su etapa juvenil. la papaya acumula 224.2 gramos de fitomasa. de la cual el 19% está representada en la raíz, el 51% en el tallo y el 30% en las hojas. Si se compara esta información con los datos anteriores se tiene que en los primeros 2 a 3 meses de desarrollo de la papaya. la formación de raíces se incrementa del 8% inicial al 19% a la fecha. en detrimento del tallo y las hojas. corroborando el crecimiento lento inicial de la parte aérea. anteriormente anotado. Además. nos está indicando. igualmente. que en los primeros 40 días. el crecimiento del sistema foliar. lo mismo que el del tallo en altura y diámetro es bastante lento. pero la acumulación de materia seca en tallos y hojas es importante. correspondiéndole a estos dos órganos el 82% de la fitomasa total. Este período coincide con la fase I del crecimiento del tallo en altura y diámetro. el cual es lento. lo mismo que el del aparato foliar. con un bajísimo IAF. Ello está indicando una etapa donde la planta está dedicada a la formación de la biomasa de tallos y hojas. Entre los 40 y 71 días (fase II, de crecimiento acelerado del tallo) cuando la papaya continúa en su estado juvenil. hay también. una importante acumulación de fitomasa en la raíz.

A los 84 DDT (2.8 meses) se inicia el período reproductivo de la papaya 'Hawaiana' en la zona bananera del Magdalena. presentándose el cambio de la fase juvenil a la adulta. A esta edad el vegetal tiene 349.3 gramos de materia seca. habiéndose formado las primeras flores. las cuales le significan al vegetal

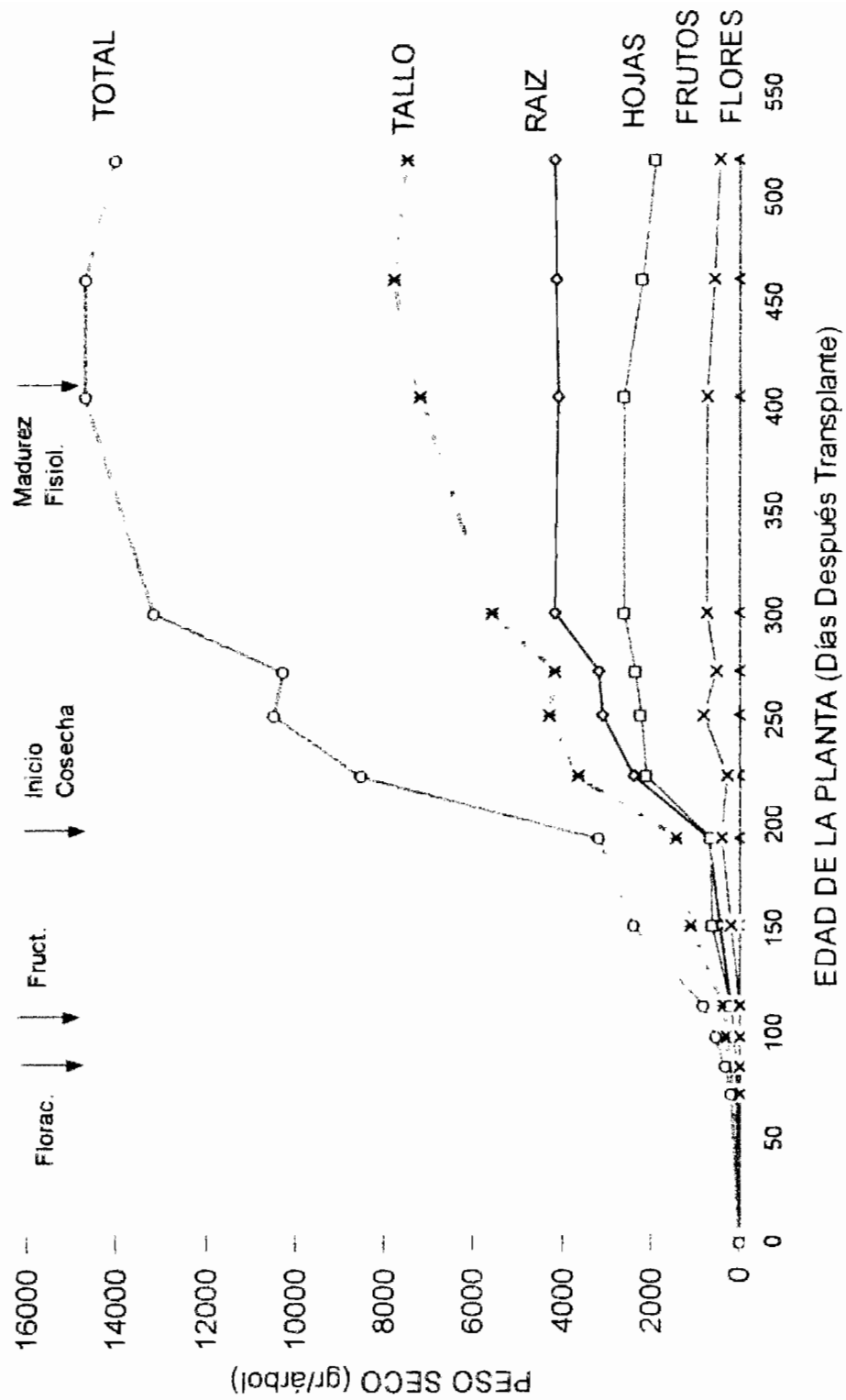


FIGURA 3. PRODUCCION DE BIOMASA POR LA PAPAYA HAWAIANA BAJO LAS CONDICIONES DEL CARIBE COLOMBIANO.

TABLA 2. Producción de biomasa por la papaya "Hawaiana" bajo las condiciones del Caribe Colombiano

EDAD PLANTA (DDT*)	BIOMASA TOTAL (g./árbol)	PROPORCIÓN DE BIOMASA (%)				
		RAIZ	TALLO	HOJAS	FLORES	FRUTOS
0	2.4	8.3	54.2	37.5	-	-
71	224.2	19.5	50.7	29.8	-	-
84	349.3	20.5	54.0	25.4	0.1	-
98	538.9	22.6	54.9	22.3	0.2	-
113	821.8	26.4	46.1	26.1	0.1	1.3
152	2.417.4	19.4	45.9	25.0	0.5	9.2
194	3.207.6	21.8	44.7	20.3	0.2	13.0
224	8.522.4	28.2	43.0	25.0	0.1	3.7
253	10.489.5	29.5	41.1	21.4	0.1	7.9
274	10.274.3	31.2	40.7	22.9	0.1	5.1
302	13.174.3	31.8	42.6	19.9	0.1	5.6
405	14.722.0	28.4	48.8	17.7	0.1	5.0
461	14.723.9	28.1	53.0	15.0	0.1	3.8
518	14.065.7	29.6	53.3	13.6	0.1	3.4

* DDT= DIAS DESPUES DEL TRANSPLANTE

el 0.1% de la biomasa, los otros órganos representan el 20.5%, 54.0% y 25.4%, para raíz, tallo y hojas respectivamente, continuando la planta con un rápido crecimiento en altura y diámetro del tallo y en el sistema foliar

De acuerdo a la figura 3, después de los 100 días antes de que aparezcan los primeros frutos, hay un incremento en la acumulación de materia seca la cual se extiende hasta los 200 DDT, previo al comienzo de la cosecha.

La fructificación se inicia a los 113 DDT (3.8 meses), o sea 30 días después de la floración. en este momento la planta tiene 821.8 gramos de materia seca (tabla 2), lo cual está representado en un 98.6% de estructuras vegetativas (26.4% de raíces, 46.1% del tallo y 26,1% de hojas) y 1,4% de estructuras reproductivas (0,1% de flores y 1,3% de frutos). Esta etapa coincide con la estabilización en la velocidad de emisión foliar de 1.0 hoja cada 2.0 días, cuando la planta no ha formado las primeras 50 hojas, permanecen en la misma , alrededor de 30 hojas, estas tienen una durabilidad de 63 días (tabla 1), y el IAF es superior a 1.0 (figura 2) además, ya el tallo ha alcanzado su máxima tasa de crecimiento en altura y grosor (figura 1).

En los tres meses posteriores, la papaya dedica muchas de sus energías al llenado del fruto. Es así como a los 194 DDT (6.5 meses), el vegetal tiene 3.207.6 gramos de fitomasa (tabla 2), representando el fruto el 13% del total (cuando anteriormente sólo significaba 1.3%), las flores el 0.2% y las estructuras vegetativas el 86.8% restante (21.8% raíz, 44.7% el tallo y 20.3% las hojas). Como se verá más adelante, la cosecha se inicia a los 215 DDT (7.2 meses), por lo cual a los 194 DDT los primeros frutos formados alcanzan su madurez fisiológica y en los 19 días posteriores estos llegan a su madurez de cosecha. Ya en este momento el tallo se encuentra en la fase III en altura y grosor el cual, como se vio anteriormente, se observa a los 155 DDT y se extiende hasta el final del ciclo productivo. Concordante con lo encontrado también, por Chan y Toh

(1984), esto puede ser el producto de la competencia de fotosintetizados entre los órganos vegetativos y reproductivos, lo cual ocasiona que los frutos en desarrollo han alcanzado un suficiente nivel que, visiblemente, producen una disminución en el crecimiento de las dos variables vegetativas.

La proporción de biomasa en los frutos, con respecto al total, se va incrementando paulatinamente del 1.3%, a los 113 DDT (3.8 meses) hasta un 13.0% a los 194 DDT (6.5 meses), 9 días después de la primera cosecha. A partir de este momento los frutos se encuentran en diferentes estados de crecimiento (desde inicio de la fructificación hasta edad de cosecha) por lo cual la proporción de biomasa de los frutos es fluctuante entre un mínimo de 3.7% (310,2 g.) a los 224 DDT (después de tres cosechas) hasta un máximo de 7.9% (831.9 g.) a los 253 DDT (8.4 meses).

Cuando se inicia la fructificación (113 DDT) el IAF está alrededor de 1.0 (figura 2), y el máximo IAF (2.9) se alcanza en mitad del primer período de fructificación y de llenado del fruto (152 DDT=5.0 meses), cuando la proporción de la biomasa del fruto se está incrementando y sólo es de 9.2% (tabla 2). El valor más bajo del IAF (2.3) en la etapa productiva del vegetal, que se presenta, según la figura 2, a los 217 DDT (7.2 meses), se logra 23 días después que la proporción de materia seca del fruto muestra su máximo, 13% de acuerdo a la tabla 2, que viene siendo a los 194 DDT (6.5 meses)

La madurez fisiológica de la planta se logra a los 405 DDT (13.5 meses), cuando la raíz presenta, en promedio, el 28,4%; el tallo el 48,8%; las hojas el 17,7%; las flores el 0,1% y los frutos el 5,0%.

3. Estadios de Crecimiento y Desarrollo

De acuerdo con el comportamiento vegetativo y reproductivo detallado previamente, y a lo planteado sobre las etapas del ciclo biológico de las plantas, donde se sabe que hay una fase juvenil, una transicional y finalmente la madura o planta adulta (Brink, 1962; Hackett, 1982 y Hartman y Kester, 1997), se concluye que la papaya "Hawaiiana", tiene tres estadios importantes durante su desarrollo:

a) Un período Vegetativo (V) donde la planta está dedicada exclusivamente a la formación de estos órganos. Comprende la fase juvenil del vegetal.

b) Una etapa de transición, que se ha denominado Vegetativa-Reproductiva (VR), donde se inicia la floración y fructificación del vegetal. se consolidan las estructuras vegetativas, se forman los frutos y se inicia la cosecha. Son las fases de transición y parte de la adulta de la papaya en el Caribe Colombiano.

c) Una etapa eminentemente Reproductiva (R), es la fase eminentemente adulta, donde se presenta la senescencia del follaje, principalmente, y de todos los

órganos. en la cual se logra la máxima producción de la planta, para luego mostrar una fuerte declinación.

En la Tabla 3 se presentan los detalles, de cada uno de los estadios de crecimiento y desarrollo de la papaya "Hawaiiana", observados en el presente estudio.

Allí se aprecia que son dos estadios vegetativos, 7 vegetativos- reproductivos y 3 reproductivos. para un total de 12 estadios de crecimiento y desarrollo por los cuales pasa este vegetal.

De cada uno de ellos se puede resaltar lo siguiente:

1. VEGETATIVO- 1 (V-1): Etapa de adaptación de la planta en el campo, en la cual el crecimiento de la parte aérea es bajo, dedicándose el vegetal a desarrollar su aparato radical, con una acumulación importante de materia seca en raíces, tallo y hojas. Los entrenudos son largos. Son los primeros 40 días en el nuevo ambiente.
2. VEGETATIVO -2 (V-2): Comprendido entre 41 - 83 DDT (1,4- 2,8 meses). Rápido crecimiento del tallo (altura y grosor) y del follaje, llegando a tener hasta 25 hojas. con un IAF de 0,8 y durabilidad de las hojas de 55 días. Este marca el final de la fase juvenil de la papaya

Tabla 3. Estadios de crecimiento y desarrollo importantes de la papaya (*Carica papaya* L.) "Hawaiana".

ESTADIO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO	EDAD (DDT*)	CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES
Vegetativo-0 (V-0)	Semillero (0-30 días antes del transplante)	Germinación Semillas Formación de 4-5 primeras hojas.
Vegetativo-1 (V-1)	0-40 (0-1,3 meses)	Hojas emitidas: 10-12 7,2 días para formarse una hoja IAF: menor de 0.1 Alrededor de 10 g de fitomasa (15% raíz, 48% tallo y 37% hojas).
Vegetativo-2 (V-2)	41-83 (1,4-2,8 meses)	Hojas formadas: 30 Caída primeras hojas: 50 días. Hojas en la planta: 20-25 IAF: inferior a 0,8 Velocidad emisión foliar: Una hoja cada 2,0 días. Durabilidad hojas: 15 días Fitomasa: 220-250 g (19% raíz, 51% tallo, 30% hojas)
Vegetativo-Reproductivo-1 (VR-1)	84-110 (2,8-3,7 meses)	Hojas formadas: 45 Hojas caídas: 15 Hojas en la planta: 30 Velocidad emisión foliar: Una hoja cada 2,0 días Durabilidad hojas: 55 - 65 días IAF: 1,3 Fitomasa 540 g (23% raíz, 55% tallo, 22% hojas: menos del 1% en flores) INICIO FLORACIÓN: Alrededor de 10 flores / planta Caída primera flor: 97 días.
Vegetativo-Reproductivo-2 (VR-2)	111-150 (3,7- 5,0 meses)	Hojas emitidas: 65 Hojas caídas: 29 Hojas en la planta: 36 Velocidad de emisión foliar: Una hoja cada 2,0-2,3 días Durabilidad hojas: 60-70 días IAF: 2.9 MAX. ÁREA FOLIAR: 147 días Fitomasa: 2000 g (19% raíz; 49% tallo; 25,6% hojas; 0,4% flores y 6% frutos). INICIO FRUCTIFICACIÓN: Alrededor de 30 flores y 30 frutos/planta. Caída primer fruto: 113 días.
Vegetativo -Reproductivo -3 (VR-3)	151 -190 (5,0-6,3 meses)	Hojas emitidas: 80 Hojas caídas: 44 Hojas en la planta: 36 Velocidad de emisión foliar: Una hoja cada 2,0-3,0 días Durabilidad hojas: 70-75 días IAF: 2,4 Fitomasa: 3000 g (22% raíz, 45% tallo, 20% hojas, 0,3% flores, 12,7% frutos). Flores formadas: 145 Frutos formados: 105

ESTADIO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO	EDAD (DDT*)	CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES
Vegetativo-Reproductivo-4 (VR-4)	191 - 220 (6,4 -7,3 meses)	Hojas emitidas: 100 Hojas caídas: 63 Hojas en la planta: 37 Velocidad de emisión foliar: Una hoja cada 2,0-2,2 días MÁXIMA DURABILIDAD HOJAS: 85-89 días. IAF: 2,4 (ESTABLE) Fitomasa: 3.500 g (21,8 % raíz, 45% tallo, 20% hojas, 0.2% flores y 13% frutos). INICIO COSECHA: 219 días Flores formadas: 120 Frutos formados: 180 Frutos cosechados: 0,05.
Vegetativo-Reproductivo-5 (VR-5)	221 - 270 (7,4 - 9 meses)	Hojas emitidas: 114 Hojas caídas: 77 Durabilidad hojas: 85 días Fitomasa: 10.500 g (29.9% raíz, 41% tallo, 21% hojas, 0,1% flores y 8% frutos). Flores formadas: 155 Frutos formados: 155 Frutos cosechados: 1,2. ESTABILIZACIÓN EN: *Hojas en la planta: 37 *Velocidad emisión foliar: Una hoja cada 2.1 días *Durabilidad hojas: 85 días *IAF: 2.4
Vegetativo-Reproductivo-6 (VR-6)	271 - 300 (9,0-10,0 meses)	Hojas emitidas: 130 Hojas caídas: 93 Hojas en la planta : 37 Fitomasa: 11.500 g (31% raíz, 41% tallo, 22% hojas, 0.1% flores y frutos 5.9%). Flores formadas: 230 Frutos formados: 140 Frutos cosechados: 7 INICIO PLENA PRODUCCIÓN.
Vegetativo-Productivo-7 (VR-7)	301 -405 (10-13,5 meses)	Hojas emitidas: 175 Hojas caídas: 143 Hojas en la planta: 32 SE CAEN MAYOR CANTIDAD DE HOJAS QUE LAS EMITIDAS IAF: 2,3 (leve reducción) Fitomasa: 14.500 g (28% raíz, 49% tallo, 18% hojas, 0,1% flores y frutos 5.0%) MADUREZ FISIOLÓGICA DEL VEGETAL. 405 días Flores formadas: 210 Frutos formados: 140 Frutos cosechados 18.

ESTADIO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO	EDAD (DDT*)	CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES
Reproductivo-1 (R-1)	406-460 (13,5 -15,3 meses)	Hojas emitidas: 200 Hojas caídas: 172 Hojas en planta: 27 (REDUCCIÓN) IAF: 2.0 (REDUCCIÓN) Flores formadas: 350 Frutos formados: 240 Frutos cosechados: 38 MÁXIMA PRODUCCIÓN.
Reproductivo -2 (R-2)	461-510 (15.4-17 meses)	PARÁMETROS VEGETATIVOS: ESTABLES EN SU MAYORÍA. Flores formadas: 70 (REDUCCIÓN) Frutos formados: 50 (REDUCCIÓN) Frutos cosechados 26 (REDUCCIÓN) CAÍDA DE LA PRODUCCIÓN.
Reproductivo- 3 (R-3)	511-540 (17-18 meses)	REDUCCIÓN FITOMASA Flores formadas: 65 (REDUCCIÓN) Frutos formados: 45 (REDUCCIÓN) Frutos cosechados: 10 (GRAN REDUCCIÓN. DECLINACIÓN PRODUCCIÓN.

*DDT = Días después del transplante.

3. VEGETATIVO-REPRODUCTIVO -1 (VR-1): Se extiende entre los 84 y 110 DDT (2.8-3,7 meses). Está identificado por el inicio de la floración y por ende de la fase adulta de la planta. Hay un rápido crecimiento del tallo en altura y diámetro (fase II de su crecimiento) y el IAF comienza a tomar valores importantes.

4. VEGETATIVO-REPRODUCTIVO-2 (VR-2): Desde los 111 hasta los 150 DDT (3.7-5,0 meses). Se caracteriza por iniciarse la fructificación, presentarse la máxima área foliar, el tallo (en fase III de crecimiento) presenta desaceleración del mismo, y hay fuerte acumulación de biomasa en el vegetal..

5. VEGETATIVO-REPRODUCTIVO-3 (VR-3): Entre los 151 y los 190 DDT (5,0-6,3 meses). Su característica más sobresaliente es que esta dedicado al llenado de los frutos en formación y se comienza a reducir el sistema foliar.

6. VEGETATIVO-REPRODUCTIVO-4 (VR-4): Comprendido entre los 191 y 220 DDT (6,4-7,3 meses). En este estadio se presenta la máxima durabilidad de las hojas, se inicia la cosecha, apareciendo pintas claras amarillas en los primeros frutos formados. Hay una importante acumulación de biomasa, principalmente en los órganos reproductivos.

7. VEGETATIVO-REPRODUCTIVO-5 (VR-5): Se extiende desde los 221 hasta los 270 DDT (7,4-9,0 meses). Como característica notable se observa la estabilización de:

* Hojas en la planta:	37.0
* Velocidad emisión foliar:	1.0 cada 2.1 días
* Durabilidad hojas :	85.0 días
* IAF:	2.4
* Biomasa foliar:	730.0 g.

8. VEGETATIVO -REPRODUCTIVO -6 (VR-6): Desde los 271 hasta los 300 DDT (9,0-10,0 meses). Su característica más notable es la de encontrarse el vegetal

en plena producción, la cual alcanza a ser (como se verá mas adelante) de 3.145 frutos/semana, con un peso de 800 kg./semana. Aquí se logra la más alta tasa de acumulación de fitomasa, sobre todo en los frutos.

9. VEGETATIVO. REPRODUCTIVO-7 (VR-7): Comprendido entre los 301 y 405 DDT (10,0-13,5 meses). Etapa durante la cual se cae la mayor cantidad de hojas y la planta llega a su madurez fisiológica.

10. REPRODUCTIVO- 1 (R-1): Este primer estado reproductivo se extiende entre los 406 y 460 DDT (13,5-15,3 meses). Período donde se logra la máxima producción (11 - 15 ton/ha./mes) y hay una reducción del aparato foliar.

11. REPRODUCTIVO-2 (R-2): De los 461 a 510 DDT (15,4- 17,0 meses). Como consecuencias de la reducción del aparato fotosintético hay una caída de la producción, por una disminución de los órganos vegetativos.

12. REPRODUCTIVO-3 (R-3): Entre los 511 y los 540 DDT (17,0-18,0 meses). Hay una completa reducción de la fitomasa con una declinación de la producción, encontrándose la planta en una etapa senescente.

Un resumen de los eventos fisiológicos importantes durante el desarrollo vegetativo y reproductivo de este vegetal, se presentan en la tabla 4. Los más

sobresalientes son: Emisión de una hoja cada 2.3 días, con una durabilidad promedio de 77 días; aparición de la primera flor a los 84 DDT y el primer fruto a los 113 DDT. El tiempo de flor a fruto es de 12 días y el llenado del fruto de 102 días. La plena producción se logra a los 272 DDT, la madurez fisiológica de la planta a los 405 DDT. Con una máxima producción a los 407 DDT.

4. Comportamiento Reproductivo de la Papaya Hawaiana

Detalles del comportamiento reproductivo de la papaya "Hawaiana", se observan en la tabla 5. Las primeras flores aparecen en la planta a los 84 DDT, y 19 días más tarde, o sea a los 113 días DDT, se encuentran los primeros frutos. En datos de la tabla 4 se identificó que el tiempo de llenado del fruto es de 102 días. A las flores no se les detectó detalladamente su durabilidad, por la cual la cantidad total de flores (429,4) consignadas en la tabla 6 es inferior a la cantidad de frutos que aparecen en la misma (914.5 frutos formados hasta los 518 DDT). En el período de cosecha analizado, de los 224 DDT (7,5 meses) hasta los 518 DDT (17.3 meses), lo cual comprende un tiempo de 294 días (42.0 semanas), se alcanzaron a recolectar 101.2 frutos/árbol. Ello quiere decir que en promedio se recogieron 3 frutos/semana/árbol.

Tabla 4 Eventos fisiológicos importantes durante el desarrollo y producción de la papaya "Hawaiiana".

EVENTO FISIOLÓGICO	UNIDAD DE MEDIDA	RESPUESTA	ESTADIO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO
Transplante	días	30.0	Vo
Velocidad de Emisión Foliar	días/hoja	2.3	--
Durabilidad promedia hojas	días	77.0	--
Primera caída de hojas	DDT*	50.0	V2
Aparición Primera Flor	DDT	84.0	VR-1
Caída primera estructura floral	DDT	97.0	VR-1
Formación Primer Fruto	DDT	113.0	VR-1
Caída Primer Fruto	DDT	123.0	VR-2
Máxima Área Foliar	DDT	147.0	VR-3
Tiempo de Flor a Fruto	días	12.0	--
Máxima durabilidad hojas	días	89	VR-4
Primera Cosecha	DDT	215.0	VR-5
Tiempo de Llenado del Fruto	días	102.0	--
Estabilización Biomasa Foliar	DDT	224.0	VR-5
Plena Producción	DDT	272.0	VR-6
Madurez Fisiológica Planta	DDT	405.0	VR-7
Máxima Producción	DDT	407.0	R-1
Caída de la producción	DDT	470	R-2
Declinación Producción	DDT	518.0	R-3

DDT = Días después del transplante.

El peso total de la producción en el período mencionado (294 días = 42.0

semanas), fue de 40.904.8 g o sea que el peso promedio de los frutos fue de 404.2 g. Teniendo en cuenta que este cultivo se sembró a una densidad de 1818 árboles/ha, se llega a que el potencial productivo de este vegetal, entre los 7,5 meses y los 18 meses después del transplante es de 74.2 ton/ha, o sea 1.8 ton/ha/semana.

Tabla 5. Cantidad de estructuras reproductivas formadas y cosechadas en la papaya "Hawaiana" en el Caribe Colombiano.

EDAD PLANTA (DDT*)	CANTIDAD (No.)			POTENCIAL PRODUCTIVO	
	FLORES	FRUTOS		POR ARBOL (g)	POR HECTAREA (1) (ton)
		FORMADOS	COSECHADOS		
84	2.3	-	-	-	-
98	9.3	-	-	-	-
113	6.3	6.7	-	-	-
152	76.8	97.5	-	-	-
194	14.3	78.3	-	-	-
224	41.4	105.0	2.4	602.6	1.1
274	59.0	156.0	7	1788.9	3.2
302	58.0	142.0	17.8	4525.6	8.2
407	127.0	235.0	37.8	17547.5	31.9
461	20.0	49.0	25.9	12017.6	21.8
518	15.0	45.0	10.3	4422.6	8.0
TOTAL	429.4	914.5	101.2	40904.8	74.2

*DDT Días después del transplante

(1) Se sembró a una densidad de 1818 árboles / ha.

Complementario a lo anterior, se tomaron datos productivos semanales y mensuales sobre 50 plantas marcadas logrando el potencial productivo detallado

en la tabla 6, donde aparecen los registros semanales en cuanto a cantidad y peso. De la misma manera se tiene en la figura 4, el potencial productivo en cantidad, por árbol y por superficie y en la figura 5, la potencialidad en peso, igualmente por planta y por área. En ambas figuras se aprecian las ecuaciones ajustadas, las cuales vienen a ser del cuarto orden, con un R^2 superior a 0.96. Esta variedad de papaya tiene un potencial productivo de casi 100 frutos/árbol, con una producción muy baja en los primeros dos meses (8 y 9 meses de edad del cultivo), donde se alcanzan a cosechar, según las figuras 4 y 5, alrededor de 1,2 frutos/árbol (2.145 frutas/ha), lo cual significa una producción de 200 g./árbol (540 kg./ha).

De acuerdo a la tabla 6, se recolectan, a los 8 meses, 32 frutos/ha./semana, con una producción semanal de 7.5 kg./ha.; ello se incrementa a los 9 meses, a 505 frutos/ha./semana, que pesan 102.5 kg./ha./semana. En el décimo mes hay un fuerte incremento de la producción (figuras 4 y 5), lográndose casi 7,0 frutos/árbol (alrededor de 13.000 frutos/ha), con un peso de casi 2,0 kg./planta (más de 3,0 ton./ha.), lo que significa una producción semanal de 3.145 frutos/ha., con un peso de 797.5 kg./ha. (tabla 6). El período más productivo del árbol está comprendido entre los 12 y los 15 meses de edad, con una máxima producción a

Tabla 6. Potencial productivo de la papaya (*Carica papaya* L.) variedad "Hawaiana".

EDAD DEL CULTIVO (meses)	PRODUCCION SEMANAL*	
	CANTIDAD (Frutos/ha./semana)	PESO (Kg./ha./semana)
8	32	7.5
9	505	102.5
10	3.145	797.5
11	4.577	2.125.0
12	6.490	3.012.5
13	7.927	3.677.5
14	6.195	2.875.0
15	5.972	2.772.5
16	5.268	2.262.5
17	3.500	1.500.0

*Se consideró una población de 1818 plantas por hectárea

los 13 meses, donde se cosechan (figuras 4 y 5) más de 17 frutos/árbol (aproximadamente 32.000 frutos/ha) con un peso por encima de los 8,0 kg./árbol (alrededor de 15 ton/ha), o sea casi 8.000 frutos/ha./semana que pesan alrededor de 3.700 kg./ha./semana (tabla 6). En esta etapa se pueden cosechar mensualmente, un mínimo de 24.000 frutos/ha y un máximo de 32.000 frutos/ha. (figura 4), lo cual representa un potencial productivo entre 11 ton./ha./mes y 15 ton./ha./mes (figura 5). Ello significa que entre los 12 y los 15 meses, la papaya "Hawaiana" tiene un productividad potencial de casi 50 ton./ha., lo cual representa 64% del total que es de 74,2 ton./ha.(tabla 5).

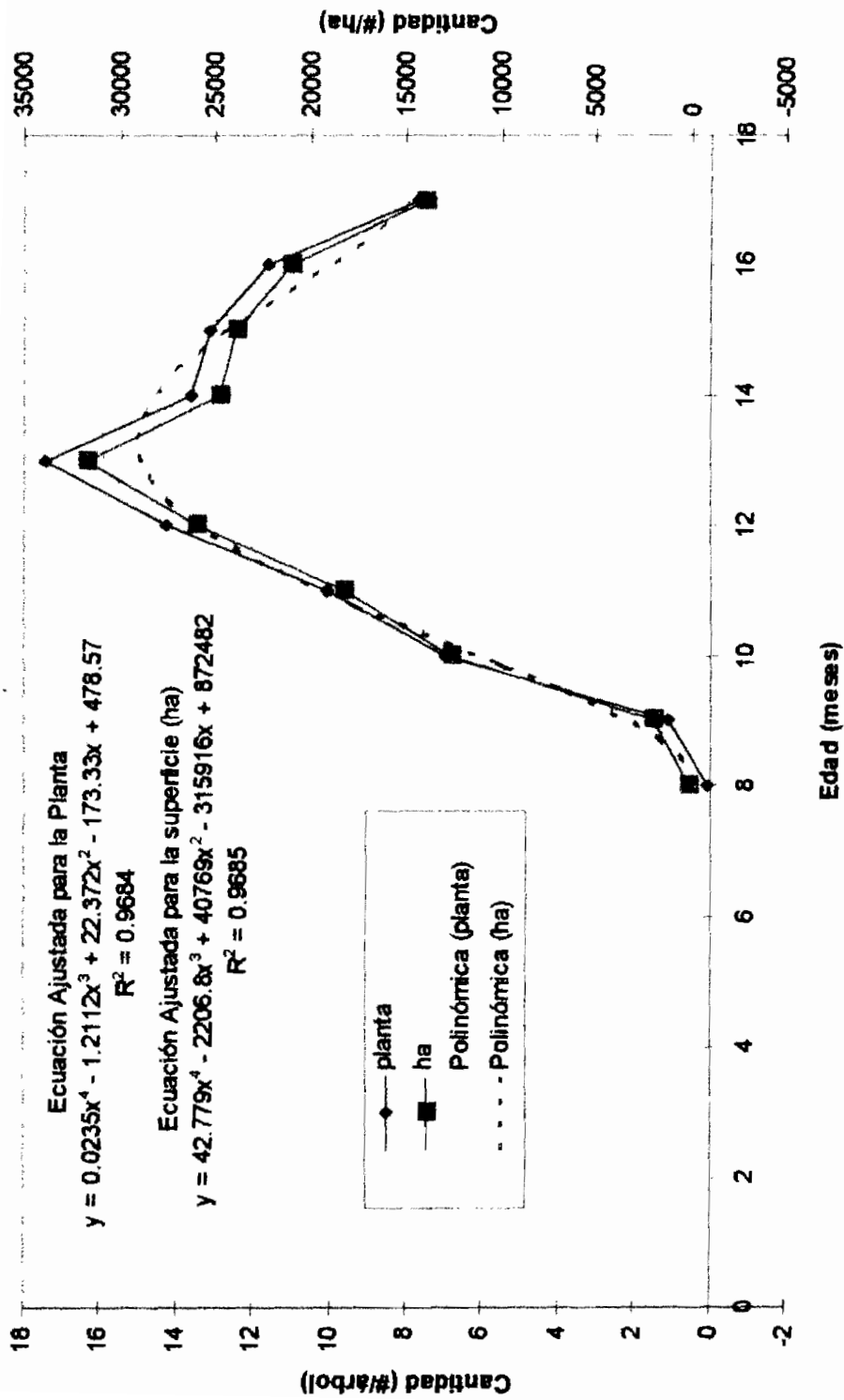


FIGURA 4. Potencial Productivo, en Cantidad, de la Papaya (Carica papaya L.) variedad "Hawaiana".

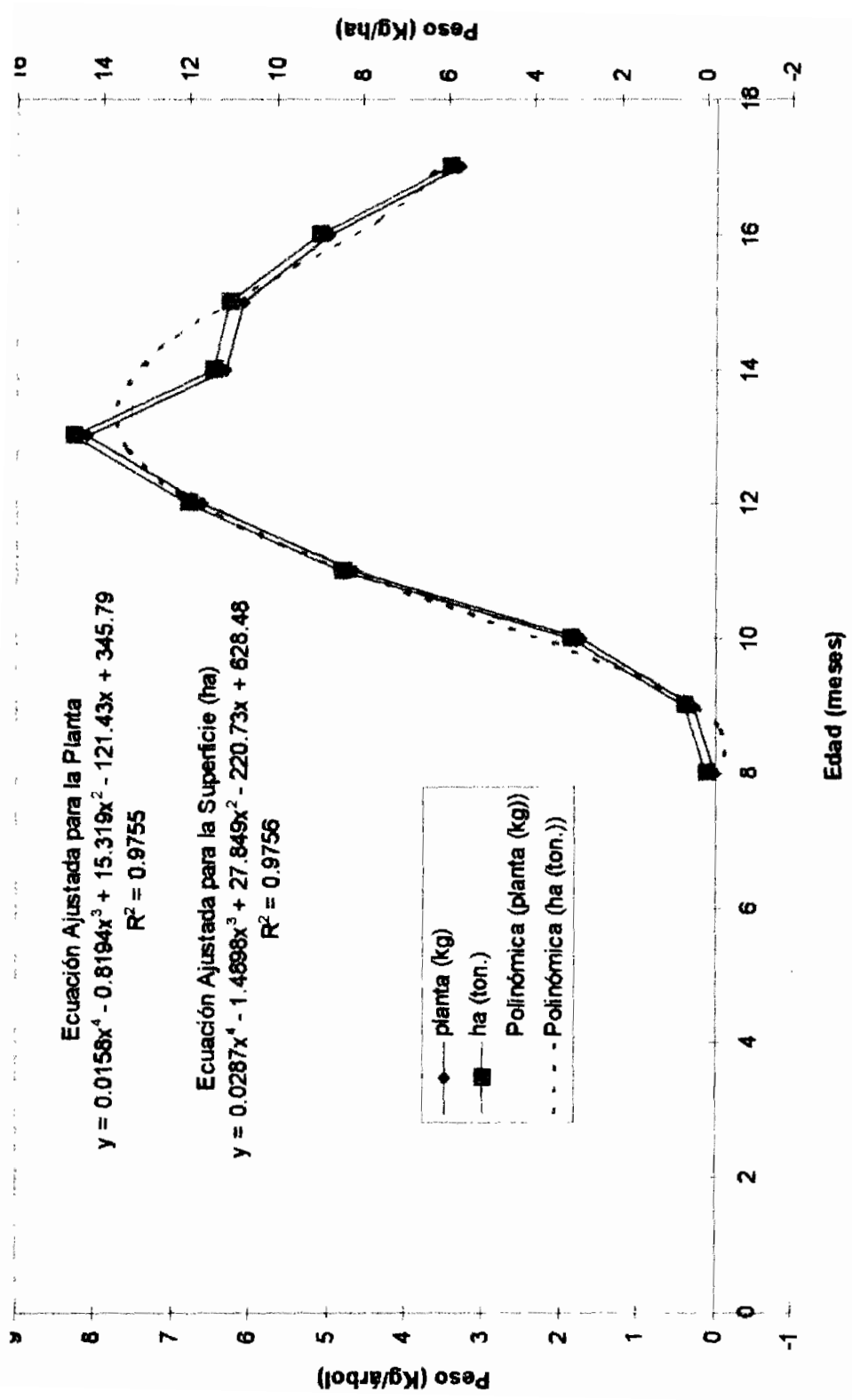


FIGURA 5. Potencial Productivo, en Peso, de la Papaya (Carica papaya L.) variedad "Hawaiana".

Las características más sobresalientes de los frutos de papaya "Hawaiana" están consignadas en la tabla 7 donde se aprecia que el fruto presenta un diámetro de 10 x 7 cm, con un peso húmedo promedio de 353.1 g, de los cuales el 95% corresponde a mesocarpio más la epidermis, ya que el peso de las semillas es mínimo.

Tabla 7. Características de los frutos cosechados en la papaya "Hawaiana" en el Caribe Colombiano.

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR*
Diámetro Longitudinal	cm	10.1
Diámetro axial	cm	7.0
Peso Fruto		
-Húmedo	g	353.1
-Semilla	g	15.9
-Mesocarpio + Epidermis	g	337.2
-Seco	g	50.5
-Semilla	g	0.7
-Mesocarpio + Epidermis	g	49.8
Sólidos solubles totales	°Brix	14.1

*Promedio de 500 frutos.

De este peso húmedo total, el 86% es agua, pues el peso seco solo alcanza a ser de 50.5 g, correspondiéndole al mesocarpio y a la epidermis el 98,7% de la materia seca total. Los sólido solubles totales alcanzaron los 14.1° Brix, lo cual significa una buena calidad del producto.

Según Agnew (1968) y Srinivas y Prabhakar (1993), la humedad del suelo es un factor importante que influye en el crecimiento y rendimiento en papaya. Por otra parte, Aiyelaagbe et al., (1986) encontraron que los déficits hídricos del suelo disminuyen el número de frutos, el peso fresco de ellos y el tamaño de los frutos de papaya. Además, Awada (1962) también planteó reducción en el rendimiento de frutos debido a altas tensiones de humedad del suelo. Igualmente Awada (1961) expresó que aquellos niveles de humedad asociados con tasas de crecimiento normal incluyeron producción de frutos de un tipo deseable, pero niveles de desarrollo altos de humedad provocaron altas tasas de crecimiento que condujo a una producción excesiva de frutas malformadas, pero igualmente, los bajos niveles de humedad, ocasionan, en la papaya, el cambio de sexo de las flores, desencadenando la esterilidad femenina, lo cual converge en una baja producción de frutos.

Srinivas (1996) en un trabajo sobre relaciones hídricas, rendimiento y uso de agua en papaya, conceptuó que la altura de la planta y el diámetro del tallo se incrementa significativamente con el aumento, por encima del 60% de las tasas

de abastecimiento de la evaporación; además, el rendimiento de frutos/ha. se incremento significativamente con un reabastecimiento de la evaporación entre 20% y 60%, pero no entre 60% y 120%. Los reabastecimientos del 40% y 60% de la evaporación, condujeron a rendimientos 12% y 24%, respectivamente, más altos, que el tratamiento del aporte del 20% de la evaporación y explica este aumento por una respuesta ampliamente significativa en el número y peso de los frutos. Resultados semejantes, en cuanto a aumentos en el rendimiento de la papaya bajo irrigación por goteo, producto de incremento en peso y número de los frutos, fueron hallados por Srinivas y Hedge (1992), Padmakumari y Sivanappan (1989) y Awada y colaboradores (1979).

El presente estudio se realizó con riego por goteo, aplicándolo con el 35% de agotamiento de la humedad, de acuerdo con lo recomendado por Guzmán y Martínez (1994), en consecuencia se tiene que el rendimiento y sus componentes (cantidad y peso de frutos), encontrados como potencialmente productivos, detallados anteriormente, están reflejando la respuesta al riego de la papaya variedad "Hawaiiana" cultivada en el Caribe Colombiano.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del Caribe Colombiano, la variedad de papaya, conocida como Hawaiana, presenta 12 estadios de crecimiento y desarrollo, distribuidos así:

FASE VEGETATIVA:

1. Vegetativa-1 (V-1): Aclimatación en el campo (0-40 DDT)
2. Vegetativa -2 (V-2): Desarrollo de la parte aérea del vegetal (41-83 DDT)

FASE VEGETATIVA - REPRODUCTIVA

3. Vegetativa- Reproductiva- 1 (VR-1): Inicio de la floración (84-110 DDT)
4. Vegetativa- Reproductiva-2 (VR-2): Inicio de la fructificación (111-150 DDT)
5. Vegetativa- Reproductiva-3 (VR-3): Llenado de los primeros frutos formados (151-190 DDT).

6. Vegetativa-Reproductiva-4 (VR-4): Inicio de la cosecha (191-220 DDT).
7. Vegetativa-Reproductiva-5 (VR-5): Estabilización en los procesos fisiológicos, tales como: hojas en la planta (37), velocidad de emisión foliar (1 hoja cada 2,1 días), durabilidad de las hojas (85 días), IAF (2,4) y biomasa foliar (730 g.). Comprendida entre 221 y 270 DDT.
8. Vegetativa- Reproductiva- 6 (VR-6): Plena producción (271- 300 DDT).
9. Vegetativa-Reproductiva-7 (VR-7): Madurez fisiológica de la planta (301-405 DDT).

FASE REPRODUCTIVA

10. Reproductiva-1 (R-1): Máxima producción (406-460 DDT)
11. Reproductiva-2 (R-2): Reducción aparato fotosintético y caída de la producción (461-510 DDT).
12. Reproductiva-3 (R-3): Declinación de la producción, senescencia del árbol (511-540 DDT).

Teniendo en cuenta los procesos fisiológicos que realiza el vegetal, en cada uno de los estadios anteriores, se debe intervenir y realizar el manejo agronómico para cubrir los requerimientos de la planta, y de esa manera esta no sufra ningún tipo de estrés y pueda expresar todo su potencial productivo. Ello se puede lograr, evitando la competencia de malezas, manejando adecuadamente los nutrientes e interviniendo con el riego, de acuerdo a los rendimientos esperados, en cada uno de los estadios de crecimiento y desarrollo.

Finalmente, la variedad Hawaiana, bajo las condiciones del Caribe Colombiano tiene un potencial productivo de 95 - 100 frutos/planta, lo cual representa 74-76 ton./ha. Esta producción se logra entre los 8 y los 18 meses, siendo la etapa más productiva la comprendida entre los 11 y los 15 meses de edad del vegetal.

BIBLIOGRAFÍA

AGNEW, G.W.J., 1968. Growing Quality Pawpaws in Queensland, Qld. Agric. J. 94:24-36.

AIYELAAGBE, I.O.O.; M.O.A., FAWUSI; O. BABALOLA, 1986. Growth, Development and Yield of Pawpaw (Carica Papaya L.) Homestead Selection in Response to Soil Moisture Stress. Plant and Soil. 93: 427-435.

AWADA, M. 1961. Soil Moisture Tension in Relation to Fruit Types of Papaya Plants. Hawaii Farm Sci 10: 7- 8

AWADA, M. 1962. Soil Moisture Tension in Relation to Growth and Yield of Papaya. Hawaii Agric. Expt. Stn. Univ. of Hawaii Tech. Bull. 49: 15 pp.

AWADA, M. 1976. Relation of Phosphorus Fertilization to Petiole Phosphorus Concentrations and Vegetative Growth of Young Papaya Plants. Trop. Agric. 53: 173-181.

AWADA, M. 1977. Relations of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilization to Nutrient Composition of the Petiole and Growth of Papaya. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 413 -418.

AWADA, M.; R.H. SUCHISA; M.M. PADGETT. 1979. Effect of Drip Irrigation and Nitrogen Fertilization on Vegetative Growth, Fruit Yield and Mineral Composition of the Petioles and Fruits of Papaya. Tech. Bull. Hawaii Agric. Expt. Stn. 103: 20-28.

BRINK, R.A. 1962. Phase change in Higher Plants and Somatic Cell Heredity. Quar. Rev. Bio. 37 (1): 1- 22

CARDENAS, R.; J. DEVIA; F. MORENO. 1988. Situación Socioeconómica de la Costa Atlántica. Tomo II. Sector Agropecuario. Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (PESENCA). Barranquilla p.94

CHAN, Y.K.; W. K. TOH, 1984. Growth Studies on Some Vegetative Characters of Papaya (Carica papaya L.) MARDI Res. Bull. 12 (1): 46- 54.

CHANDLER, R.F. 1969. Plant Morphology and Stand Geometry in Relation to Nitrogen. In : J.D. Easting. F.A. Hankings ; C.V. Sullivan ; C.H.M. Van Bavel Eds. Physiological Aspects of Crops Yields : ASA - CSSA. Madison, Winsconsin : 265-289 p.

CORPES COSTA ATLANTICA. 1992 . El Caribe Colombiano. Realidad Ambiental y Desarrollo, Editor, Consejo Regional de Planificación de la Costa Atlántica. Santafé de Bogotá, p. 275.

FISHER, J.R. ; W.E. LOOMIS. 1954. Auxin- florigen Balance in Flowering of Soybean. Science. (119) : 71- 73.

GARDNER, F. P.; R.B. PEACE; R.L. MITCHEL. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, Ames, Iowa p. 187- 209.

GUZMAN, N.; E. MARTINEZ. 1994. Respuesta Fisiológica de la Papaya "Hawaiana" a la Interacción Riego por Densidad de Siembra. En: Informe Anual de Actividades 1994. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), C.I. Caribia, Regional N° 3. 6- 22 p.

HACKETT, W.P., 1982. Phase Change and Intra-clonal Variability. HortScience 17 (5). 13- 18.

HARTMANN, H.T.; D.E. KESTER. 1.997. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas Traducción A.M. Ambrossio. Quinta Reimpresión, Compañía Editorial Continental S.A. De C.V. México. 76 – 77 p.

HUNT, R. 1982. Plant Growth Courves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Eduard Arnold, London, 248 p.

LOOMIS, R.S. ; W.A. WILLIAMS 1969. Productivity and the Morphology of Crop Stands. In : J.D. Easting. F.A. Hankings ; C.V. Sullivan ; C.H.M. Van Bavel Eds. Physiological Aspects of Crops Yields : ASA - CSSA. Madison, Winsconsin : p. 275.

MENDEZ, R. 1994. Establecimiento de Huertos Comerciales de Papaya. En: Memorias Primer Seminario-Taller El Cultivo de la Papaya. Montería, noviembre 3.4 y 5 de 1994. CORPOICA. Comité Frutihortícola de Córdoba. Textos Ltda., Montería, p 129 - 141.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1994. Anuario Estadístico del Sector Agropecuario. Bogotá, Colombia. p. 96.

MIRANDA, D. 1995. Algunas Consideraciones sobre el Manejo Agronómico del Cultivo de la Papaya Carica papaya L. En: Seminario-Taller sobre el Manejo del Cultivo de la Papaya. Memorias. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Regional 6, Creced Norte Huila. Fondo DRI, Neiva, 7-9 junio 1995. p 85 - 101.

NAKASONE H.Y.; W.B. STOREY. 1955 Studies on the Inheritance of Fruiting Height of Carica papaya L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 66: 168 - 182.

NAKATA, S. 1955. Floral Initiation and Fruit Set in Lychee, with Special Reference to the Effect of Sodium Naphthaleaneacetate. Bot. Gaz. 117: 126 - 134.

PADMAKUMARI, D.; R.K. SIVANAPPAN, 1989. Drip Irrigation for Papaya En: Agricultural Engineering, 1. Land and Water Use. Eds. V.A. Dodd and K.M. Patric, 669- 671 p.

REDDY, Y.T.H. ; R.R. KOHLI ; B.S. BHARGAVA. 1989. Yield and Petiole Nutrient Composition of Papaya as Influenced by Different Levels of N, P and K. Progressive Hort. 21 (1 -2) : 26 - 31.

REYES C. 1994. El Cultivo de la Papaya y su Mejoramiento. En: Memorias Primer Seminario-Taller El Cultivo de la Papaya. Montería, noviembre 3, 4 y 5 de 1994. CORPOICA. Comité Frutihortícola de Córdoba. Textos Ltda. Montería p. 9-19.

REYES, C. 1995. Mejoramiento Genético. Uso de Variedades y Producción de Semilla de Papaya (Carica papaya L.). En: Seminario-Taller sobre el Manejo del Cultivo de la Papaya. Memorias. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Regional 6, Creced Norte Huila. Fondo DRI, Neiva, 7- 9 junio 1995. p 1-17.

ROMANO, L. 1994. Bases para un Plan de Desarrollo del Sector Agropecuario de la Costa Atlántica. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Bogotá. Documento de Trabajo. p. 45.

SALAZAR, R. 1988. Variedades y Tipos de Papaya. En: Memorias Curso Nacional Sobre Frutales de Clima Cálido. Vol. II. Técnicas de Cultivo.

Compilador R. Salazar. Instituto Colombiano Agropecuario. Subgerencia de Investigación. División Cultivos Industriales. Programa Nacional de Frutales. Centro Nacional de Investigaciones Palmira, octubre 24- noviembre 3 de 1988. p.95 - 99.

SALAZAR, R.; J. C. TORO; W. ESCOBAR. 1988. El ICA y la Investigación sobre Frutales en Colombia. Enfoque Realizaciones, Proyecciones y Servicios. En: Memorias Curso Nacional Sobre Frutales de Clima Cálido. Vol. I. Generalidades. Compilador R. Salazar. Instituto Colombiano Agropecuario. Subgerencia de Investigación. División Cultivos Industriales. Programa Nacional de Frutales. Centro Nacional de Investigaciones Palmira, octubre 24 noviembre 3 de 1988. p. 1 - 45.

SHIBLES, R. ; C.R. WEBER. 1965. Studies of the Phisiological Basis for Yield Differences : Growth Analysis of Six Dry Bean Varieties. *Crop. Science* 5 : 343 - 348.

SRINIVAS, K. 1996. Plant Water Relations, Yield, and Water Use of Papaya (Carica papaya L.) at Different Evaporation-Replenishment Rates Under Drip Irrigation. *Trop. Agric. (Trinidad)*. 73 (4): 264 - 269.

SRINIVAS, K.; M. PRABHAKAR, 1993. Plant Water Relations, Yield and Water Use at Papaya in Relation to Irrigation and Nitrogen Fertilization. *Singapore J. Primary Industries* 21 (1); 1 - 5.

TORRES, R. 1984. El Cultivo de la Papaya (Carica spp.). En: Fruticultura Tropical. Recopilación de las Conferencias Dictadas en el Curso de Fruticultura Celebrado en el CIAT, Palmira, agosto 1982. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras. Bogotá. Colombia. p. 295 - 299.

VISSER, T.; D.P. De VRIES, 1970. Precocity and Productivity of Propagated Apple an Pear Seedlings as Dependent on the Juvenile Period. *Euphithica* 19: 141 - 144.

WATSON, D.J., 1952. The Physiological Basis of Variation in Yield. *Ann. Botany N.S.* 16: 10 1- 145.

WELLENSIEK, S.J. ; J. DOORENBOS ; D. DEZEEUW. 1954. The Mecanism of Photoperiodism. *Proc. VIII Bot. Congr.* 12 : 307 - 315.