

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE *Ananas Comosus* (L.) MERR. POR EL METODO DE β -SPLINES

Michelena, V. A. * y J. J. San José **

PALABRAS CLAVES: *Ananas*, CAM, crecimiento.

RESUMEN

Se realizó un experimento de análisis en crecimiento de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. 'Española Roja', sembrada en una finca de los aldeaños de Jusepín, Edo. Monagas. Se cosecharon mensualmente, al azar, 10 muestras de la fitomasa de la comunidad y se separaron el follaje asimilatorio y no asimilatorio, los tallos, las raíces, los retoños axilares, el tejido precursor de la inflorescencia, los hijos basales, la corona y los hijos de la corona, el pedúnculo y el fruto. Se secaron las muestras en una estufa a 85°C hasta peso constante. Se midió el área foliar y se procesaron las características de crecimiento de las plantas de piña a partir de los datos primarios de peso seco y área foliar de las muestras, mediante las técnicas de análisis funcional de crecimiento de Hunt. El peso seco total de la planta de piña a los 600 días después de la siembra (DDS) fue de 3.940 g m⁻², de los cuales 53 % correspondieron a follaje asimilatorio y 2 % a follaje no asimilatorio. El resto (45%) estuvo representado por el peso seco de tallos, de raíces, de hijos y de otras estructuras. El peso promedio de los frutos frescos (sin corona ni hijos) fue 1.050 g con un rendimiento promedio de 35,03 tm ha⁻¹ de frutos. El índice de área foliar asimilatoria (IAF) máximo fue de 8,14 m²m⁻² (96 %) y el de no asimilatorio 0,30 m²m⁻² (4 %) a los 600 DDS. Para esa misma fecha las mayores tasas absolutas (C) y relativa de crecimiento del peso seco total (TRCW) fueron de 33,8 g m⁻²d⁻¹ y de 0,02 g g⁻¹d⁻¹ respectivamente. La tasa neta de asimilación (TNA) mostró valores amplios de varianza durante el ciclo general del cultivo y la variación del cociente de superficie foliar (CAF) no fue significativamente diferente.

ABSTRACT

In a field of Spanish red pineapple, ten random samples of phytomass were collected at monthly intervals. The material was separated as to assimilatory and non - assimilatory foliage, stems, roots, axillary shoots, precursor inflorescence tissue, basal shoots, crown and crown shoots, peduncle, and fruit. The samples were oven-dried at 85°C to constant weight. Leaf area was measured and the growth characteristics of the plants were determined using the primary data on dry matter and leaf area of the samples, using Hunt's technique of functional growth analysis. The total dry matter of a pineapple plant, 600 days post-planting (DDS) was 3.940 gm⁻², of which assimilatory foliage constituted 53%, non-assimilatory foliage 2%, while stems, roots, sprouts and other structures represented 45%. The mean fresh weight of pineapple fruits (without crown) was 1.050 g and the mean yield of fruits was 35,03 tm ha⁻¹.

The maximum assimilatory leaf area index (LAI) was 8,14 m²m⁻² (96%); non-assimilatory being 0,30 m²m⁻² (4%) at 600 DDS. At the same date, the highest absolute (C) and relative rates of growth of total dry mass (TRCW) were 33,8 gm⁻²d⁻¹ and 0,02 gg⁻¹d⁻¹ respectively. The net rate of assimilation (TNA) showed wide variance values during the general growing cycle; the variation of foliage surface coefficient (CAF) was not significant.

KEY WORDS: *Ananas*, CAM, growth.

INTRODUCCION

La aparente discrepancia entre altas tasas de crecimiento y bajas tasas de asimilación instantánea de CO₂ en plantas CAM, se atribuye a la habilidad que algunas

*Centro de Postgrado del Núcleo Monagas. Laboratorio de Ecofisiología Vegetal. UDO. **Laboratorio de Productividad Vegetal. Centro de Ecología y Ciencias Ambientales. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas. Venezuela.

de ellas tienen de asimilar CO_2 durante todas, o casi todas, las 24 horas del día. Plantas CAM como la piña presentan, además, un elevado índice de área foliar, lo cual podría en cierto modo, compensar las bajas tasas de asimilación neta (Sale y Neales, 1980 y Neales *et al.*, 1980).

El rendimiento fotosintético de plantas de piña en largos períodos de tiempo es difícil de estimar. La producción de materia orgánica por *Ananas comosus* es más o menos continua durante todo el año en el trópico, por lo que se logran valores de producción de materia seca de 12 g m^{-2} (de suelo) d^{-1} o aproximadamente 43 tn ha^{-1} año^{-1} .

Los efectos del medio físico en el crecimiento y en el desarrollo de plantaciones de piña, han sido objeto de estudios e interpretaciones de análisis temporales de peso (Py *et al.* 1968, 1984). Sin embargo, no han sido investigadas las implicaciones ecológicas y agronómicas del metabolismo CAM de la piña y la adaptabilidad del cultivo a las condiciones ambientales de los Llanos Venezolanos. Es conveniente, por lo tanto, estudiar las funciones de crecimiento a largo plazo. En el presente trabajo se analiza la producción de materia orgánica en piña mediante las técnicas de análisis funcional de crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

A. Establecimiento del Cultivo.

Se realizó el experimento en la finca "Los Mulatos" a 5 Km de la población de Jusepín, Municipio Autónomo San Simón, Distrito Maturín, Estado Monagas, ubicada geográficamente al Norte del punto $9^\circ 45' \text{ LN}$ y $23^\circ 27' \text{ LO}$, con una altitud aproximada de 147 msnm. La temperatura media anual de la zona es 26°C y la precipitación media anual de 1.050 mm (Martínez, 1977). El suelo, un Oxipaleustult de la serie Maturín (Espinoza, 1966), es de textura franco-arenosa, pH ligeramente ácido (4,8) y baja capacidad de intercambio catiónico efectiva ($2,07 \text{ c moles kg}^{-1}$).

Se preparó el terreno mediante cuatro pases de rastra cruzados. Se seleccionó el cultivar de piña 'Española Roja' y se sembró una hectárea con hijos basales y axilares a una distancia de 0,5 m entre plantas y de 0,6 m entre hileras (aproximadamente $33.000 \text{ plantas ha}^{-1}$).

Previo a la siembra, se les eliminó a las unidades dispersantes (hijos) varias de las hojas inferiores a fin de

facilitar el brote de las raíces. Se preparó una mezcla del insecticida Malathion ($0,5 \text{ l}$) y fungicida Ridomil MZ-58 (2 kg), disueltos en 200 l de agua y se sumergieron los hijos durante dos minutos para prevenir los daños por *Dysmicoccus brevipes* CKL (cochinilla), *Phytium* sp, *Phytophthora* spp y *Thielaviopsis paradoxa* (De Seynes von Hohn).

A los 35 días después de la siembra se fertilizó el suelo con la fórmula comercial 12-24-12 SP a razón de 300 kg ha^{-1} . Posteriormente se reabonó, durante el ciclo del cultivo, dos veces con urea a razón de 250 kg ha^{-1} y un último reabono con la fórmula completa 12-24-12 SP (200 kg ha^{-1}), aproximadamente 3 meses antes de la cosecha final.

Se controlaron las malezas al momento de la siembra, con el herbicida Dual (4 l ha^{-1}) y los insectos del suelo con Parathion (1 l ha^{-1}). Posteriormente, se eliminaron las malezas manualmente a medida que aparecían. Se controlaron los bachacos (*Atta sexdens* L.), con el cebo granular atacida "Tatucito" (Aldrín al 2 %).

B. Datos Primarios para el Análisis de Crecimiento.

Se cosecharon mensualmente, al azar, 10 muestras ($1,50 \text{ m}$ de largo y $0,60 \text{ m}$ entre hileras) de la fitomasa de la comunidad. Se extrajeron las plantas con su sistema radical y se separaron el follaje asimilatorio y no asimilatorio, los tallos, las raíces, los retoños axilares, el tejido precursor de la inflorescencia, los hijos basales, la corona y los hijos de la corona, el pedúnculo y el fruto. Se secaron las muestras en una estufa a 85°C hasta peso constante. En la última cosecha se valoró la acidez total del jugo mediante titulación con $\text{NaOH } 0,2875 \text{ N}$, y los sólidos solubles mediante un refractómetro de mano, para el cálculo de la relación sólidos solubles/acidez total. También se determinó el peso fresco de frutos de piña cosechados a madurez fisiológica.

Se midió inicialmente el área foliar con un planímetro fotoeléctrico (Lambda Instruments, modelo 3050 A) y posteriormente se realizaron las mediciones de área foliar transformando pesos en áreas.

Se obtuvieron las características de crecimiento de las plantas de piña a partir de los datos primarios de peso seco y área foliar de las muestras mediante las técnicas de análisis funcional de crecimiento de Hunt (1982). Los datos se procesaron a través del programa computarizado "HP Curves" (Hunt y Parsons, 1994) el cual es un programa de ajuste de funciones con spline, especial-

mente diseñado para el estudio de análisis de crecimiento. El programa ejecuta una secuencia de funciones splines asociado con un control automático de los nudos y obtención de las diversas derivadas. El spline provee una curva continua a través de todos los datos, cada uno de los cuales es tanto diferenciable como integrable en todas las partes del dominio específico. El spline transfiere una relación empírica y fenomenológica a una fórmula matemática definida, en la cual la fórmula de la verdadera función es desconocida. La función spline no es un método estadístico y no tiene significación estadística.

En la obtención de la función de la tasa absoluta de crecimiento de la plantación (C), el programa relaciona la variable Y, representada como materia seca total de la planta, contra X que es el tiempo ($C = dw/dt$).

La tasa absoluta de crecimiento del área foliar (TCS) se obtiene al relacionar la variable área foliar total de la planta con el tiempo.

La tasa relativa de crecimiento de la masa seca total (TRCW) se obtuvo con la transformación logarítmica de la masa seca total (Y) contra el tiempo (X).

Para la evaluación de la tasa relativa de crecimiento de la superficie foliar (TRCS) de nuevo el programa realizó la transformación logarítmica de los datos primarios contra el tiempo.

El índice de área foliar (IAF) se calculó relacionando el área foliar (variable Y), contra el tiempo (variable X).

En la evaluación del cociente de Area Foliar (CAF), el programa de spline asigna a la variable Z el área foliar total y a Y la masa seca total de la planta, determinando la relación Z/Y. Como resultado de la primera derivada se obtiene la tasa neta de asimilación ($TNA = (1/Z) dY/dX$).

RESULTADOS

A. Cambios en el Peso Seco de la Comunidad durante el Ciclo de Cultivo.

Los datos primarios de los cambios de peso seco de la comunidad de piña en función del tiempo, fueron ajustados mediante la función spline y se graficaron en la figura 1. Después de la siembra el peso seco total aumentó gradualmente, luego bajó permaneciendo más o menos estable entre los 210 y 360 DDS y luego se

incrementa hasta alcanzar un valor promedio máximo de 3.940 g m^{-2} a los 600 DDS (Fig. 1-A). El peso seco del tejido foliar no asimilatorio aumenta ligeramente solo al final del ciclo del cultivo alcanzando $77,07 \text{ g m}^{-2}$ a los 600 DDS. El follaje asimilatorio gana peso en forma gradual desde el momento de la siembra hasta los 360 DDS y luego rápidamente a partir de esta fecha, llegando a un máximo (2.093 g m^{-2}) a los 600 DDS (Fig. 1-A).

El incremento en el peso seco de raíces se mantiene más o menos constante hasta los 420 DDS, a partir de esta fecha hay mayor producción de raíces, presentando a los 600 DDS un valor máximo de $171,73 \text{ g m}^{-2}$ (Fig. 1-B). El peso seco del tallo aumenta violentamente a partir de los 360 DDS, para alcanzar un valor máximo de $320,08 \text{ g m}^{-2}$ a los 600 DDS (Fig. 1-B). Es a partir de los 510 DDS cuando aparecen los tejidos que darán origen a la inflorescencia y a la infrutescencia. A los 540 DDS emergen, en algunas plantas, los retoños axilares, los hijos basales, el pedúnculo frutal y los frutos. A los 570 DDS todas las estructuras anteriormente mencionadas, más la corona y los hijos de la corona están presentes en la comunidad, alcanzando los máximos pesos secos a los 600 DDS (Fig. 1-C).

B. Rendimiento en frutos y relación sólidos solubles/acidez total.

El peso promedio de los frutos frescos (sin corona ni hijos), cosechados a madurez fisiológica, fue de $1.050 \pm 0,035 \text{ g}$, con un rendimiento promedio de $35,03 \pm 1,16 \text{ tm ha}^{-1}$ de frutos.

Los valores de acidez total (AT) del jugo del fruto fueron de $0,38 \pm 0,02\%$, los de sólidos solubles (SS) de $9,75 \pm 0,60\%$ y de la relación SS/AT de $25,80 \pm 2,29$.

C. Cambios en el Area Foliar durante el Ciclo del Cultivo.

Los valores del índice de área foliar (IAF), ajustados mediante la función spline se representan en la figura 2. El índice de área foliar del tejido no asimilatorio muestra una tendencia bastante uniforme durante todo el ciclo del cultivo, alcanzando un valor máximo de $0,30 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ a los 600 DDS. Por otra parte, el IAF del tejido asimilatorio mostró un crecimiento rápido a partir de los 300 DDS hasta la última cosecha del cultivo, cuando alcanza un valor de $8,14 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$.

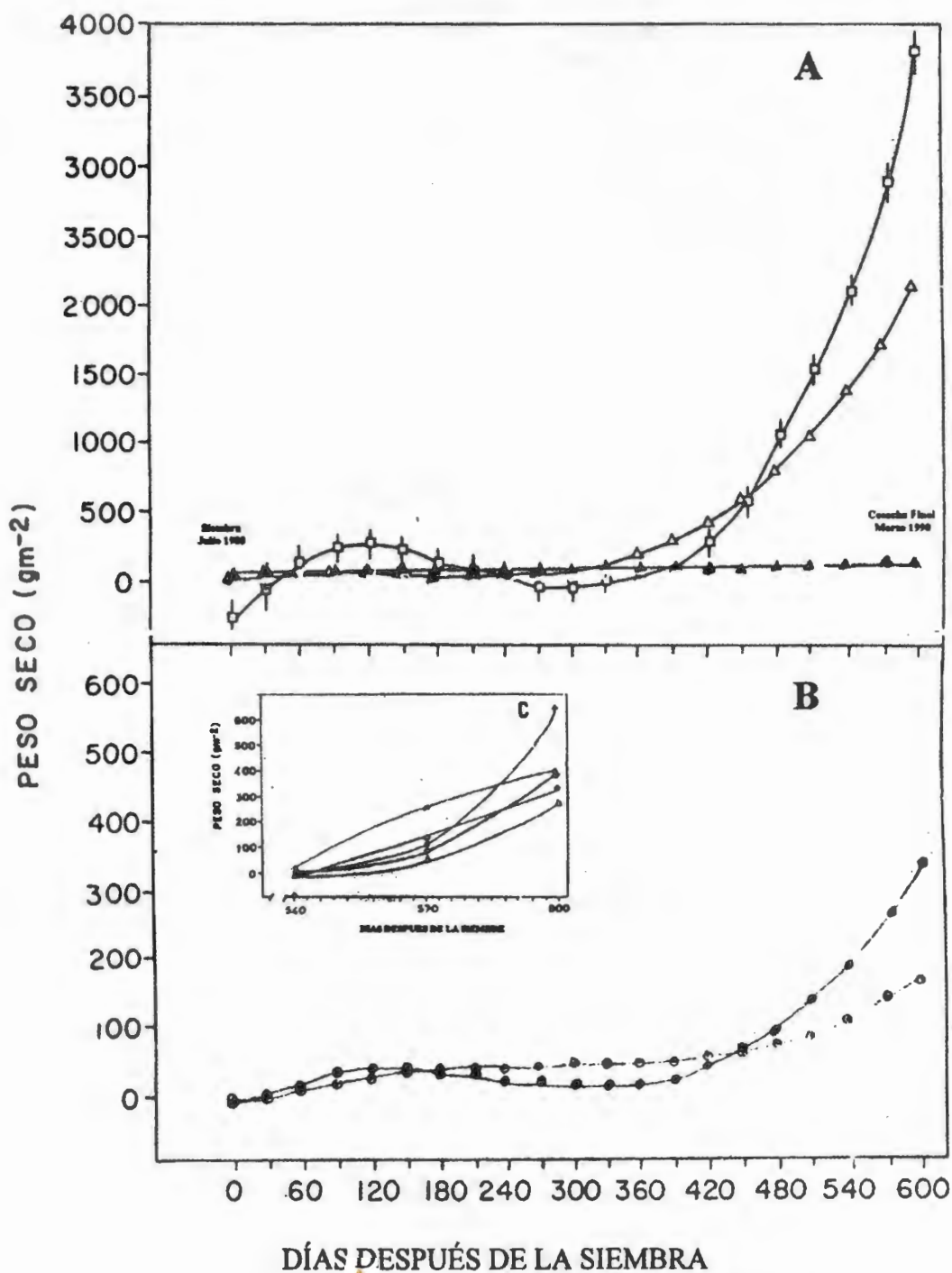


Fig. 1.- A. Pesos secos totales (□), del tejido foliar asimilatorio (Δ) y del no asimilatorio (▲). B. Pesos secos de las raíces (○) y tallos (●). C. Pesos secos de los retoños axilares (●), del pedúnculo (○), de los hijos basales (Δ), de la corona y de los hijos de corona (▲) y del fruto (*) de plantas de piña.

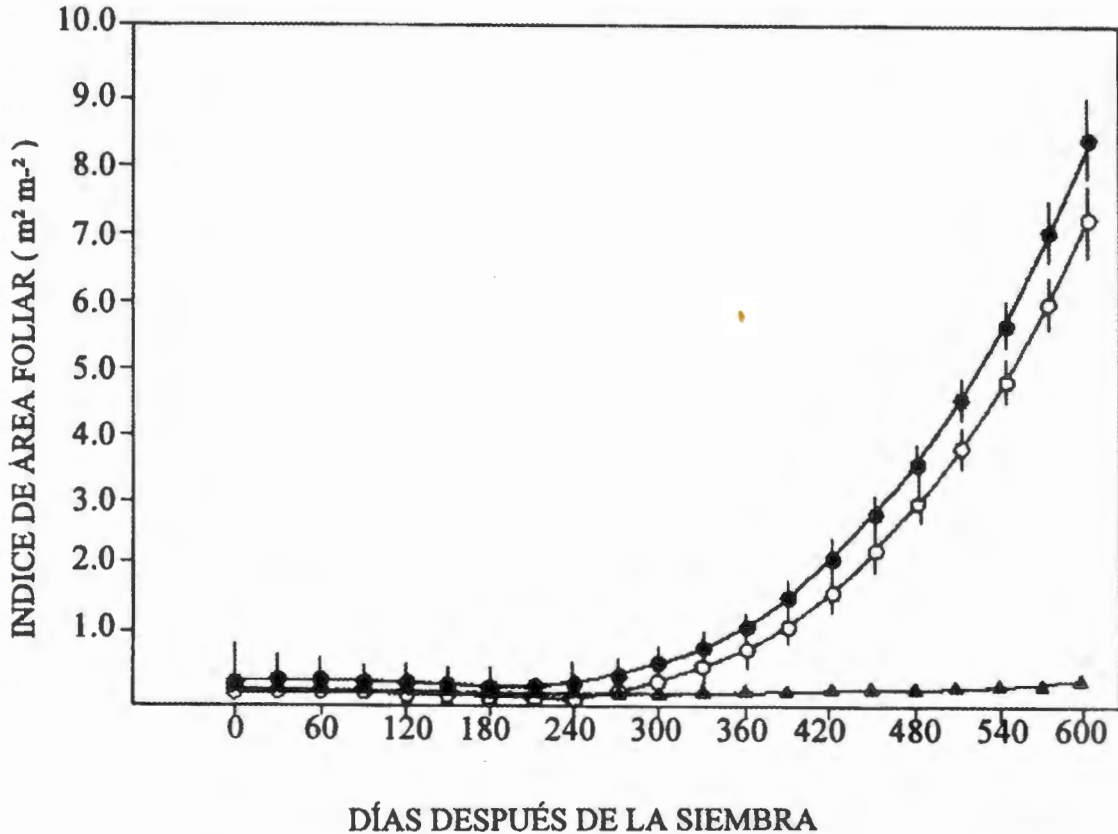


Figura 2.- Índice de área foliar total (●), del tejido asimilatorio (○) y del no asimilatorio (▲) de plantas de piña. Límite de confianza 95%.

D. Características del Crecimiento en el Cultivo de Piña.

La tasa absoluta de crecimiento del área foliar (TCS) (Figura 3-1), presentó valores por debajo de $0,010 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ hasta los 270 DDS y fue positiva y casi constante entre los 300 y los 600 DDS.

La tasa absoluta de crecimiento (C) de la plantación de piña (Figura 3-2), disminuyó desde el inicio del desarrollo y permaneció constante entre los 120 y los 300 DDS. Es a partir de los 330 DDS que C aumenta en forma casi lineal para alcanzar un máximo de $33,75 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, no existiendo diferencia significativa entre los valores reportados para 570 y 600 DDS.

Los valores iniciales de la tasa relativa de crecimiento de la superficie foliar (TRCS) (Figura 3-3) fueron similares hasta los 300 DDS, luego aumentaron hasta los 510 DDS.

Los valores de la tasa relativa de crecimiento de el peso seco total (TRCW) (Figura 3-4) no fueron estadísticamente diferentes desde el momento de la siembra hasta los 90 DDS. Luego, entre los 90 y los 270 DDS, TRCW alcanzó su menor valor y posteriormente aumentó hasta alcanzar un máximo de $0,020 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ a los 600 DDS.

La tasa neta de asimilación (TNA) (Figura 3-5), presentó valores altos de varianza en cada una de las cosechas, siendo estadísticamente diferentes los valores entre 540 y 600 DDS, cuando la TNA alcanzó un valor de $9,49 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

El valor del cociente de superficie foliar (CAF) (Figura 3-6) no fue estadísticamente diferente durante todo el ciclo de crecimiento de la plantación.

DISCUSION

Se consideraron, de acuerdo a los registros pluviométricos, a Febrero, Marzo, Abril y Septiembre, Octubre, Noviembre, como meses de escasa o ninguna precipitación. La estacionalidad de las lluvias en la zona de cultivo acentuó durante algunos meses del año el déficit hídrico, lo cual restringió el crecimiento de la piña. Ello a pesar, en primer lugar, de la baja tasa de uso consuntivo de agua por la piña debido a la apertura nocturna de los estomas, que no coincide con los máximos de demanda evaporativa atmosférica, y en segundo lugar, a la escasa transpiración de las plantas de piña, aun con los estomas abiertos.

Es probable que la temperatura ambiental no haya ejercido algún efecto negativo en el desarrollo vegetativo, debido a que la piña crece muy bien en una gama de temperaturas entre 20 y 32 °C, siendo aproximadamente 28 °C la temperatura media para la zona en estudio.

En el momento de ser plantadas, las unidades dispersantes poseen una velocidad de crecimiento potencial, relacionada directamente con sus pesos. Mucha de la variabilidad observada durante todo el ciclo de desarrollo de las plantas de piña se explica, en parte, por la heterogeneidad del material sembrado, ya que los pesos secos promedio de los hijos basales y axilares plantados oscilaron entre 5,3 y 10,3 g. El ciclo de vida también depende del tipo de material usado en la siembra, de las condiciones favorables de humedad, importantes para la iniciación de las raíces del material recién plantado, y de la temperatura y humedad para el crecimiento y desarrollo de la planta una vez que las raíces han empezado a crecer.

Py *et al.* (1984), distinguen tres etapas de desarrollo en una plantación de piña: el desarrollo vegetativo (raíces, tallos y hojas); el desarrollo del fruto, de su corona y eventualmente de los hijos basales, de corona y axilares; y el desarrollo de los hijos que pueden conducir a un nuevo fruto (segunda, tercera cosecha) si los retoños no son replantados. En el presente trabajo se evaluó el crecimiento de la plantación de piña hasta los frutos alcanzar la madurez fisiológica. El máximo peso seco total obtenido mediante el método de cosecha, y sometidos los datos a un análisis funcional de crecimiento, fue de 3.940 g m⁻² a los 600 DDS. Al ajustar la curva de crecimiento de peso seco total con una función spline, ésta presenta inicialmente un aspecto bastante regular, y después de los 420 DDS el crecimiento es acelerado, debido al aumento en peso tanto de las partes vegetativas

como de las estructuras florales y frutales. Hasta los 480 DDS el crecimiento es sólo la suma de los pesos secos de las raíces, tallos y hojas. A partir de los 480 DDS empieza a desarrollarse el tejido que dará inicio a la inflorescencia y al pedúnculo floral, ya han aparecido algunos retoños axilares y posteriormente comenzarán a desarrollarse los hijos basales, axilares, de corona y el fruto, cuyos pesos secos se sumarán a los pesos secos de las otras partes vegetativas. Un comportamiento similar en el crecimiento de plantas de piña es descrito por Py *et al.* (1984). Estos mismos autores señalan una estabilización en el peso seco total de las plantas un poco antes de la madurez del fruto, para aumentar posteriormente el peso con el surgimiento de los hijos y de los retoños. Esta estabilización se logró en éste caso cuando no se detectó diferencia significativa en la tasa absoluta de crecimiento (C), entre los 570 y 600 DDS (Figura 3-2). El follaje asimilatorio siguió una tendencia similar al peso seco total, con un máximo de 2.093 g m⁻² a los 600 DDS, producto tanto del aumento en el número de hojas en la planta como del crecimiento individual de la hoja. Por otra parte, el tejido foliar no asimilatorio se incrementó solo al final del ciclo del cultivo. La biomasa epígea foliar representó 67,25 % del peso seco total a los 510 DDS, antes de la aparición de las estructuras florales y reproductivas. Al alcanzar el fruto la madurez fisiológica, la biomasa epígea foliar representó tan sólo el 55,0 % de el peso seco total de la planta. Un valor de 50,0 % de biomasa foliar fresca, al momento de la cosecha, fue encontrado por Py (1959), en una plantación de piña en Guinea.

El peso seco de raíces fue de 172 g m⁻² a los 600 DDS. Las primeras raíces se observaron a los 30 DDS y el incremento del sistema radical prosiguió a todo lo largo de la vida de la planta, particularmente después de la aparición de las estructuras florales a los 510 DDS. Resultados similares son descritos por Bonzon (1969), en el cultivar de piña 'Cayena Lisa'. Sin embargo, el crecimiento de las raíces depende en parte de las características físicas del medio donde se desarrollan, y su tiempo de vida está limitado por su sensibilidad a condiciones desfavorables.

El tallo siguió una tendencia similar a la raíz, siendo el incremento en peso seco bastante lento durante los primeros meses de desarrollo vegetativo, aumentando abruptamente antes de la emergencia de las estructuras reproductivas.

Las estructuras vegetativas (hijos basales y retoños axilares) que emergen casi simultáneamente con las estructuras florales representaron tan solo una pequeña

fracción del peso seco total de la planta. Las plantas con mayor peso seco, produjeron frutos de mayor tamaño. El peso promedio de fruto fresco por planta (sin corona, hijos basales ni de corona) fue de 1.050 g, con un rendimiento de 35,03 t m^{-2} , similar al peso de frutos y al rendimiento del cultivar 'Española Roja' obtenidos en otras latitudes (Galan-Sauco *et al.* 1988 y Py *et al.* 1984), y en varias regiones de Venezuela (Sánchez, 1969; FUDECO, 1973; Antoni y Leal, 1981 y Muñoz, 1984). Los valores de acidez total del jugo del fruto ($0,38 \pm 0,02$ %), sólidos solubles ($9,75 \pm 0,60$ %) y de la relación sólidos solubles/acidez total ($25,80 \pm 2,29$) fueron semejantes a los valores conseguidos por Neild y Boshell (1976), para piña cultivada en diferentes regiones de Colombia y por Antoni y Leal (1981) en Venezuela.

La tasa absoluta de crecimiento de la plantación de piña para el mes de enero, medido por el método de cosecha fue de 19,10 g (peso seco) m^{-2} (suelo) d^{-1} la más alta reportada para piña es de 15 g m^{-2} d^{-1} , la cual fue mantenida por más de 250 días (Marzola y Bartholomew, 1979), lo que demuestra la capacidad de las plantas de piña de mantener una tasa alta de productividad por largos períodos de tiempo. La baja tasa de intercambio de CO_2 por la piña ($0,4$ a $2,0$ g CO_2 m^{-2} (hoja) d^{-1}) (Bartholomew y Kadzimin, 1977), contrasta con la elevada tasa de crecimiento del cultivo, explicable por: el alto IAF (>8), una gran proporción del peso seco total de la planta son hojas (67 %) y por mantener la masa foliar fotosintética por más de un año (55 % del peso seco total de la planta al momento de la última cosecha fue tejido fotosintético). Valores de asimilación neta (P^w) de 2,8 a 6,9 g (peso seco) m^{-2} d^{-1} en una sabana de *Trachypogon* fueron obtenidos por San José *et al.* (1991), usando el método de cosecha; de 5,75 g (peso seco) m^{-2} d^{-1} por Mazorra (1986), en un morichal de playón y de 20 g (peso seco) m^{-2} d^{-1} en yuca (*Manihot esculenta* cv. 'Cubana'), por San José y Berrade (1983).

Si la tasa relativa de crecimiento de la superficie foliar (TRCS) excede a la tasa relativa de crecimiento del peso seco total (TRCW), entonces el cociente de área foliar (CAF) debe aumentar. Por otra parte, si la TRCS es igual a la TRCW, el CAF es constante (Parson y Hunt, 1981). Como puede apreciarse en la figura 3-3, la tasa relativa de crecimiento de la superficie foliar (TRCS) es menor desde el momento de la siembra hasta los 180 DDS y desde los 450 DDS hasta los 600 DDS, que la tasa relativa de crecimiento del peso seco total (TRCW) (Figura 3-4), por lo que el cociente de área foliar (CAF)

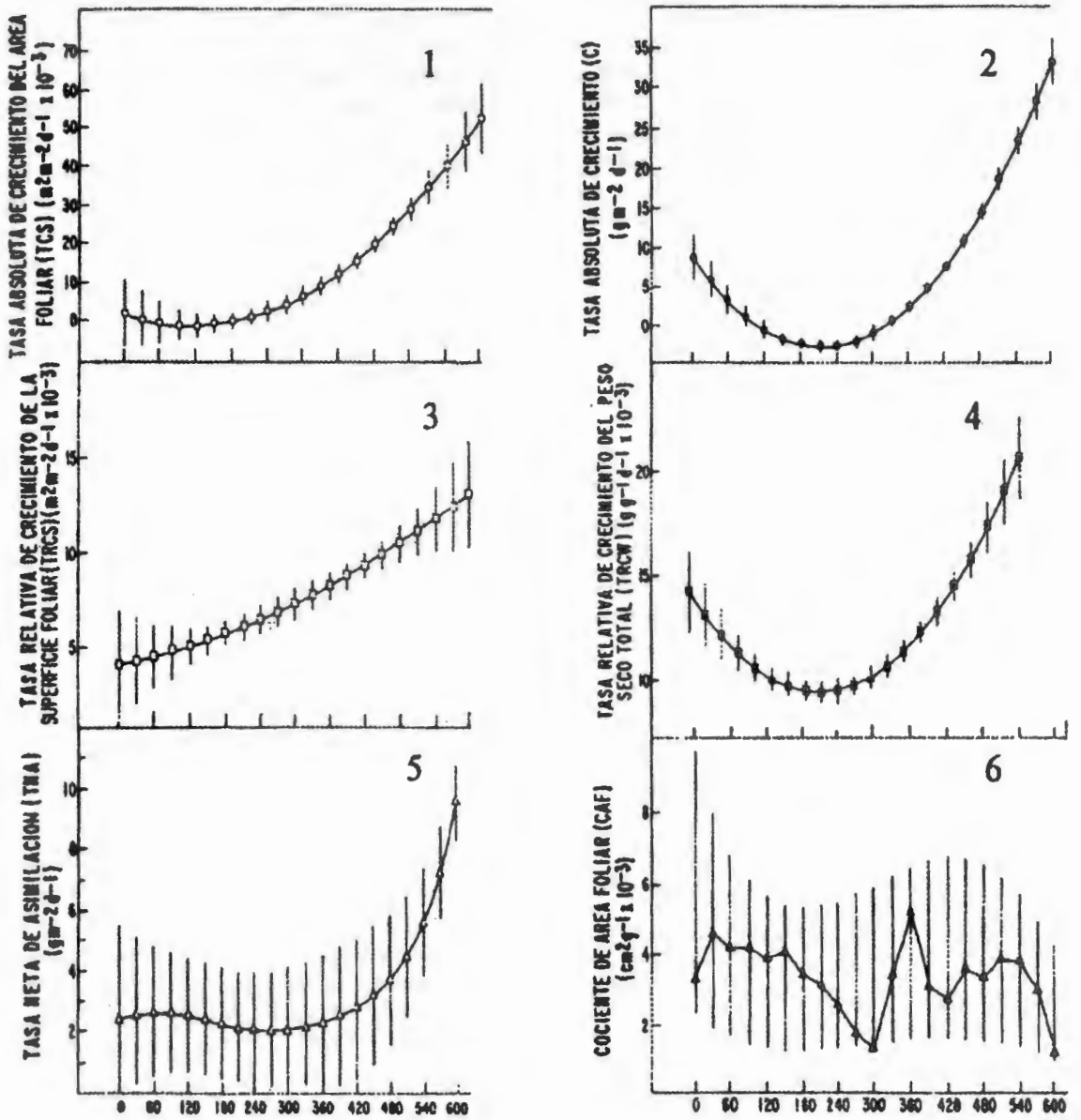
(Figura 3-6) tiende a disminuir en estos períodos de tiempo. Sin embargo, entre 210 y 420 DDS, TRCS es mayor que TRCW, y CAF aumenta, a pesar de que la varianza en cada uno de los meses muestreados indica que no hay diferencia estadísticamente significativa.

Los datos obtenidos proveen una clara evidencia de que el crecimiento de la plantación está determinado ampliamente por los patrones de desarrollo del área foliar (IAF y TRCS) y no por variaciones ontogénicas en la eficiencia de las hojas como productoras de materia seca. Por otra parte, la plantación mantuvo una tasa de crecimiento más o menos constante al incrementar el área foliar. Es probable que al aumentar el índice de área foliar, la TNA disminuya al producirse sombreado entre las hojas. Sin embargo, a partir de los 300 DDS el incremento en C (Figura 3-2) se debe al aumento en el IAF (Figura 2) y posteriormente, a la emergencia de los retoños axilares y de las estructuras florales y reproductivas. La particular disposición de las hojas en la planta de piña, casi verticales en el tope del dosel y luego horizontales en la base de la planta, les permite mayor eficiencia en la intercepción de la luz por unidad de área foliar. Las plantas con hojas grandes, enteras, horizontales y gruesas, interceptan más luz por unidad de área que aquellas que presentan características opuestas, y causarían mayor sombreado mutuo a un mismo IAF (Black, 1964).

Numerosas plantas anuales, de diferentes familias y preferencias ecológicas presentan similares TRCW y TRCS, al menos durante las etapas iniciales de crecimiento (Hunt y Evans, 1980). Sin embargo, lo anterior no es el caso de la piña, la cual mostró una amplia diferencia en los valores de TRCW y de TRCS (Figura 3-3 y 3-4) a lo largo del ciclo de desarrollo de la plantación.

CONCLUSIONES

La tasa promedio de crecimiento y el peso seco total obtenido en la plantación de piña demuestran la habilidad del cultivo en mantener una alta tasa de crecimiento durante las etapas vegetativa y reproductiva. Por primera vez se describe el comportamiento de una comunidad con metabolismo CAM a través de mediciones *in situ* realizadas durante períodos prolongados de tiempo.



DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA

Figura 3.- (1) Tasa absoluta de crecimiento del área foliar (TCS) y (2) de la plantación (3), tasa relativa de crecimiento de la superficie foliar (TRCS) y (4) de la masa seca total (TRCW), (5) tasa neta de asimilación (TNA) y (6) cociente de área foliar (CAF) de la plantación de piña. Limite de confiabilidad 95%.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANTONI, M. y LEAL, F. 1981. Influencia de niveles de N, P, K, sobre el rendimiento y la calidad de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) var. Española Roja. In: Investigaciones sobre piña (*ANANAS COMOSUS*), en la Facultad de Agronomía de la UCV. Rev. Fac. Agron. Maracay, Venezuela. Alcance 29: 25-42.
- BARTHOLOMEW, D.P. y KADZIMIN, S.B. 1977. Pineapple. In: Ecophysiology of Tropical Crops. Alvim, P.T. y Kozlowski T.T. (ed.). Acad. Press Inc. New York. pp. 153-156.
- BLACK, J. N. 1964. An analysis of the potential production of swards of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) at Adelaide, South Australia. J. Appl. Ecol. 1:3-18.
- BONZON, B. 1969. Observations preliminaires sur la croissance et le development racinaire d'*Ananas comosus* (L.) Merr var. Cayenne Lisse. J. West African Sci. Ass. 14 (1-2): 73-78.
- ESPINOZA, J. 1966. Pedología de algunos suelos de sabana del Oriente Venezolano. Sociedad Venezolana de Ingenieros Agrónomos. VI Jornadas Agronómicas. (Memoria). Tomo II:1-6.
- FUDECO. 1973. Producción de Piña "Española Roja" con poblaciones superiores a las 20.000 plantas/ha. Fundación para el Desarrollo de la región Centro Occidental de Venezuela. Lara. 92 pp. Mimeografiado.
- GALAN-SAUCO, V.; CABRERA, J. y RODRÍGUEZ, C. 1988. El cultivo de la piña tropical (*Ananas comosus* (L.) Merr.) en Canarias. II. Experiencias realizadas. Fruits 43 (2): 87-96.
- HUNT, R. 1982. Plant growth analysis: second derivatives and compounded second derivatives of splined plant growth curves. Ann. of Botany 50: 317-328.
- HUNT, R. y EVANS, G. C. 1980. Classical data on the growth of maize: Curve fitting with statistical analysis. New Phytol. 86: 155-180.
- HUNT, R. y PARSONS, I.T. 1994. HP Curves. An IBM-compatible PC edition of the popular Hunt and Parsons program for plant growth analysis and related applications: Originally published in the J. of App. Ecology. 1974. 11: 297-307.
- MARTÍNEZ, L. 1977. Clima del área de Jusepín, Estado Monagas. Trabajo de Ascenso. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. Jusepín. Monagas. Venezuela. 66 p.
- MARZOLA, D. L. y BARTHOLOMEW, D. P. 1979. Photosynthetic pathway and biomass energy production. Science 205: 555-559.
- MAZORRA, M. A. 1986. Estructura y funcionamiento de morichales en los Llanos del Orinoco. Venezuela. Trabajo de Grado M. Sc. IVIC. CEA. Caracas. 95 pp.
- MUÑOZ, M. Y. 1984. Efectos de sustancias reguladoras de crecimiento en la estimulación de la floración en piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) cv. "Española Roja". Trabajo de Grado. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. Jusepín. Monagas. Venezuela. 64 pp.
- NEALES, T. F.; SALE, P. J. y MEYER, C. P. 1980. Carbon dioxide assimilation by pineapple plants (*Ananas comosus* (L.) Merr.) II. Effects of variation of the day/night temperature regime. Aust. J. Plant Physiol. 7:375-385.
- NEILD, R. E. y BOSHELL, F. 1976. An agroclimatic procedure and survey of the pineapple production potential of Colombia. Agric. Meteorol. 17: 81-92.
- PARSON, I. T. y HUNT, R. 1981. Plant growth analysis: A program for the fitting of lengthy series of data by the method of β -splines. Ann. Bot. 58: 341-352.
- PY, C. 1959. Etude sur la croissance de l'ananas en Guinée. Fruits 14 (1): 3-24.
- PY, C.; LOSSOIS, P. y KARAMKAN, M. 1968. Contribution a l'etude du cycle de l'ananas. Fruits 23: 403-413.
- PY, C.; LACOEUILHE, J. J. y TEISSON, C. 1984. L'ananas. Sa Culture, ses Produits. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. XXIII. G. P. Maisonneuve et Larose et A. C. T. T. París. pp: 253-255.
- SALE, P. J. y NEALES, T. F. 1980. Carbon dioxide assimilation by pineapple plants, *Ananas comosus* (L.) Merr. I. Effects of daily irradiance. Aust. J. Plant Physiol. 7: 363-373.

SAN JOSE, J. J. y BERRADE, F. 1983. Transfer of mass and energy in a cassava community (*Manihot esculenta* Crantz cv. Cubana) 2. CO₂ exchange in a savanna climate. *Ann. of Bot.* 52: 521-533.

SAN JOSE, J. J.; MONTES, R. y NIKONOVA-CRESPO, N. 1991. Trachypogon savannas of the Orinoco Llanos. *Ann. of Bot.* 68: 321- 328.

SANCHEZ, C. 1969. Respuestas de varios cultivos a la aplicación de fertilizantes en suelos de sabana del Estado Monagas. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. Jusepín. Monagas. Venezuela. Bol. Tec. N 1.51 pp. N° 1,51 pp.