



PRODUCCIÓN DE FITOMASA POR *Coffea canephora* Pierre ex Froehner EN DOS CICLOS PRODUCTIVOS

Biomass production by *Coffea canephora* Pierre ex Froehner in two productives cycles

Carlos Bustamante González^{1✉}, Alberto Pérez Díaz², Rolando Viñals³, Gloria M. Martín Alonso⁴, Ramón Rivera⁴ y Maritza I. Rodríguez¹

ABSTRACT. In areas of the Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao located in La Mandarina, Tercer Frente municipality, Santiago de Cuba province, and La Alcarraza, municipality Sagua de Tánamo, Holguín province, the biomass production of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta was assessed from planting until the fourth year in both locations and after pruning until the fourth year in Alcarraza. The coffee trees were planted at 3 x 1,5 m in Cambisol under *Samanea saman* Jerr shade in the first town and *Leucaena leucocephala* Lam de Wit in the second. The biomass was separated into: leaves, branches, stems, fruits and roots. From 24 months and one year after pruning, leaf litter was collected monthly. For the study of the root system soil blocks of 25 x 25 x 25 cm were extracted, in an area formed by 1,5 m (distance to the street) and 0,75 m (between plants), centered relative to the coffee plant and up to a meter deep. The extracted soil represented ¼ of the volume occupied by the plant. The dry mass of each organ was determined. Dry matter production reached values of 25 t dry mass ha⁻¹ regardless of the stage of the plantation. Until the fourth year the root system dominated the biomass, followed by the leaves and then the stems. The participation of the fruits in the biomass increased in the crop stage and when concluding the experiment the coffees had dedicated for its formation among the 16-20 % of the total dry mass, independently of the development cycle.

Key words: *Coffea canephora*, biomass, growth

RESUMEN. En áreas de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao ubicadas en La Mandarina, municipio Tercer Frente, provincia Santiago de Cuba y La Alcarraza, municipio Sagua de Tánamo, provincia Holguín, se evaluó la producción de biomasa de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta desde la plantación hasta el cuarto año en ambas localidades y luego de la poda baja y hasta el cuarto año en la Alcarraza. Los cafetos fueron plantados a 3 x 1,5 m en suelos Pardos bajo sombra de *Samanea saman* Jerr en la primera localidad y *Leucaena leucocephala* Lam de Wit en la segunda. La fitomasa se separó en hojas, ramas, tallos, frutos y raíces. A partir de los 24 meses y al año después de la poda se recolectaron mensualmente las hojas del cafeto caídas. Para el estudio del sistema radical se extrajeron bloques de suelo de 25 x 25 x 25 cm, en un área formada por 1,5 m (distancia hacia la calle) y 0,75 m (entre plantas), en todos los casos centrado en relación con la planta y hasta un metro de profundidad. El volumen del suelo extraído representó ¼ del volumen ocupado por la planta. Se determinó la masa seca de cada órgano. La producción de fitomasa alcanzó valores de 25 toneladas de masa seca ha⁻¹ independientemente de la fase de la plantación. Hasta el cuarto año el sistema radical predominó en la fitomasa, seguido de las hojas y luego los tallos. La participación de los frutos se incrementó en la etapa de cosecha y al concluir el experimento los cafetos habían destinado para su formación entre el 16-20 % de la masa seca total, independientemente del ciclo de desarrollo.

Palabras clave: *Coffea canephora*, biomasa, crecimiento

INTRODUCCIÓN

El paradigma que dominaba las relaciones suelo-planta se concentraba en los procesos exógenos del suelo y ponía menos atención en los procesos endógenos, que deben ser mejor conocidos y utilizados más extensamente (1).

Durante las últimas dos décadas, un nuevo paradigma para la producción vegetal ha evolucionado e involucra el rendimiento de los cultivos con la

¹ Instituto de Investigaciones Agroforestales. UCTB Tercer Frente Santiago de Cuba. CP 92700.

² Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal de Montaña, carretera a Santiago de Cuba, km 2 ½, Guantánamo. CP 95 300.

³ Instituto de Investigaciones Agroforestales. UCTB Velasco. Holguín.

⁴ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera Tapaste, km 3 ½, gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32700.

✉ marlonalejandro2012@gmail.com; nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

integración de los recursos, los factores productivos y las interacciones entre los procesos que manejan el sistema suelo-planta. En este se le brinda especial importancia a los procesos biológicos que pueden servir para perfeccionar el reciclaje de los nutrientes, minimizar las entradas externas y aumentar al máximo la eficacia de su uso^A (2, 3).

La genética trabaja en la búsqueda de plantas más productivas y adaptadas a los diferentes tipos de suelos y tecnologías de explotación que respondan a las características de los ecosistemas de producción; sin embargo, hoy no es posible lograr un mejoramiento varietal sin un conocimiento profundo de los procesos fisiológicos y bioquímicos que gobiernan la formación del rendimiento. Se ha establecido que a mayor producción de materia seca, mayor rendimiento de los cultivos, por lo que la distribución de la masa seca dentro de la planta juega un papel importante en la determinación del rendimiento (4) y en la selección de cultivares (5).

La técnica del análisis de crecimiento ha demostrado ser importante en estudios de producción de materia seca en relación con diferencias varietales en plantas cultivadas o afectadas por prácticas agronómicas (fertilización, riego, entre otras) o sometidas a diferentes condiciones ambientales (6). En Brasil se demostró que hasta los cinco años de establecido el cafetal, el aumento de la producción de la materia seca total está condicionado al incremento de la producción de la masa seca de las hojas de los cafetos (7).

La producción de biomasa por una planta constituye una variable importante para caracterizar su productividad, pues refleja el rendimiento biológico del vegetal. El rendimiento es el resultado final de un grupo de interacciones donde intervienen el genotipo, clima, suelo y manejo del cultivo (4, 5). El impacto de los distintos parámetros que intervienen en estas variables del sistema define la fenología y el rendimiento del cultivo (5).

El *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta se introdujo en Cuba desde la década de los años 30 del siglo XX. Su cultivo se localiza en aquellas zonas donde la especie arábica no puede expresar todo su potencial productivo por limitantes ecológicas (temperatura fundamentalmente) o por estar afectado el suelo por nematodos^B.

Las primeras investigaciones sobre *Coffea canephora* Pierre ex Froehner en Cuba se orientaron hacia la fitotecnia con estudios sobre la superficie foliar (8), las densidades de plantación (9) y más reciente sobre el efecto de la conducción de vástagos (10).

Las investigaciones sobre esta temática en el mundo no son muy amplias y en Cuba solo se ha publicado un estudio sobre la producción de fitomasa por el cafeto (11) realizado con la especie arábica y en el caso del *Coffea canephora* uno relacionado con la biomasa de los restos de la poda (12) por lo que no existe información de este indicador para esta especie. Como es conocido la fitomasa aporta información sobre el funcionamiento y productividad de la plantación, y permite valorar el aprovechamiento del ecosistema por el cultivo.

El *Coffea canephora* se caracteriza por un manejo diferentes al que se le realiza al *Coffea arabica* debido a su porte diferente, su capacidad de formar múltiples tallos, la plantación en densidades menores, diferentes exigencias edafo-climáticas, por lo que se hace necesario establecer la producción de fitomasa por esta especie y su composición en dos agroecosistemas de la región oriental del país como elemento esencial para conocer sus requerimientos nutrimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para caracterizar la producción de fitomasa de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivado sobre suelos Pardos se realizaron evaluaciones en cafetos plantados en dos sitios experimentales de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao (ECICC): uno en la Finca La Mandarina (20°09'N, 76°16'W a 150 m de altitud), en el municipio Tercer Frente perteneciente a la provincia Santiago de Cuba y el otro en La Alcarraza (20°35'N, 75°15'W a 300 m de altitud) municipio Sagua de Tánamo, provincia Holguín.

Las plantaciones se realizaron a 3 x 1,5 m con esquejes procedentes de una mezcla clonal de la ECICC. Las posturas se plantaron bajo sombra de *Samanea saman* Jerr en octubre de 1995 en Tercer Frente y en diciembre de ese mismo año en La Alcarraza bajo sombra de *Leucaena leucocephala* Lam de Wit. En febrero de 2003 se realizó la poda baja de los cafetos en ambas plantaciones.

Las evaluaciones se realizaron anualmente durante el primer ciclo productivo (1995-2002) en los dos sitios, mientras que en el segundo ciclo (2003-2006) solo se realizaron en "La Alcarraza".

El área de extracción estuvo formada por 60 plantas, distribuidas en tres parcelas de 41 m². En cada parcela se sembraron 20 plantas, que se condujeron a libre crecimiento hasta el cuarto año de edad. Cada año se extrajeron dos plantas al azar por parcela, para un total de seis por año.

Las plantas se fertilizaron durante el primer ciclo con un sistema de fertilización consistente en 60, 90 y 100 kg ha⁻¹año⁻¹ de N (para el primero, el segundo

^ABlanco, A. Manejo de la sombra en la regeneración de la variedad Robusta (*Coffea canephora* Pierre). Su influencia en el desarrollo vegetativo y la producción de café oro. [Tesis de Doctorado]. Universidad Agraria de La Habana, 2005. 100 pp.

^BDíaz W.; Bustamante, C.; Caro, P.; Cumbá, Bárbara /et al./ Establecimiento y manejo de plantaciones de *Coffea canephora* var. Robusta (Pierre ex Froehner). [Informe final Proyecto Nacional 007-03-016]. Estación Central Investigaciones de Café y Cacao, Cruce de los Baños, 2003. 352 pp.

y del tercero al cuarto año respectivamente) y de fondo 40 kg ha⁻¹año⁻¹ de P₂O₅ y 160 kg ha⁻¹año⁻¹ de K₂O. En el segundo ciclo, se aplicó un sistema de fertilización nitrogenada con dosis de 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ de N para el primer, segundo y tercer año respectivamente. El fósforo se aplicó en una única dosis de 50 kg ha⁻¹ año⁻¹ P₂O₅ en el año 2004. El potasio (K₂O) se aplicó en dosis de 160 kg ha⁻¹ año⁻¹. Como portadores se utilizaron la urea, el superfosfato sencillo y el cloruro de potasio.

Se determinó la producción de fitomasa, tanto en el sistema aéreo como el radical; el primero se separó en diferentes partes: hojas, ramas (lignificadas y en crecimiento), tallos (lignificado y en crecimiento), frutos y raíces.

Para el estudio del sistema radical se extrajeron bloques de suelo de 25 x 25 x 25 cm, en un área formada por 1,5 m (distancia hacia la calle) y 0,75 m (entre plantas), en todos los casos centrado en relación con la planta y hasta un metro de profundidad o hasta que se encontraran raíces. El volumen total del suelo extraído representó ¼ del volumen de suelo ocupado por la planta a partir de la densidad de plantación utilizada.

A partir de los 24 meses y al año después de la poda se recolectó mensualmente el material vegetal que cayó de las plantas al suelo, se establecieron mantas de poliestirano, que cubrieron ¼ del área vital del cafeto (0,75 x 1,5 x 1,0 m), en aquellas plantas que se extraerían. Los resultados se expresaron como caída de hojas (t ha⁻¹). Las muestras se limpiaron de los restos de suelo y separaron las hojas de las demás fracciones.

En todos los casos se procedió a determinar la masa seca (secado de cada órgano a 70 °C hasta obtener peso constante) y se expresó en t ha⁻¹.

Se calcularon las producciones de fitomasa (t ha⁻¹) en cada fecha de extracción de las plantas. Las extracciones anuales de la fitomasa se estimaron a través de la diferencia entre las extracciones acumulativas de los muestreos sucesivos. A todas las variables evaluadas se les determinó la media y la desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRIMER CICLO PRODUCTIVO

En los dos sitios la producción de fitomasa anual en el sistema aéreo presentó un comportamiento diferenciado, entre la etapa inicial de establecimiento de la plantación (hasta los 12 meses) y la posterior etapa productiva, lo que coincide con otros autores (13) quienes afirman que existe un efecto marcado de las condiciones edafo-climáticas en la producción de masa seca.

La producción acumulada de fitomasa en ambas localidades resultó similar y osciló entre 5,4-6,0 t ha⁻¹ de masa seca y se incrementó a 10 t ha⁻¹ en el segundo año (Tabla I). En la etapa productiva, alcanzó al tercer año 18 t ha⁻¹ en "Tercer Frente" y se incrementó a 19 t ha⁻¹ de masa seca en "La Alcarraza". En el cuarto año las plantaciones llegaron a lograr de forma acumulativa 25 t ha⁻¹ de masa seca (Tabla I).

Tabla I. Producción acumulativa de fitomasa seca (t ha⁻¹) de plantaciones de *Coffea canephora* cultivada sobre suelos Pardos.

| Fitomasa | 1996 Tercer Frente | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Hojas | 1,25 (± 0,18) | 2,25 (± 0,37) | 3,90 (± 1,18) | 3,80 (± 1,25) | 3,70 (± 1,52) |
| CH acumulada | - | 0,35 | 1,58 | 3,2 | 4,75 |
| Ramas | 1,61 (± 0,22) | 1,94 (± 0,17) | 3,60 (± 1,33) | 3,49 (± 1,16) | 3,38 (± 1,28) |
| Tallos | 1,84 (± 1,38) | 2,43 (± 1,25) | 3,50 (± 1,27) | 4,91 (± 1,37) | 4,80 (± 1,10) |
| Frutos | - | 0,71 (± 0,16) | 1,60 (± 0,66) | 1,70 (± 0,68) | 1,60 (± 0,35) |
| Frutos acumulados | - | 0,71 | 2,31 | 4,11 | 5,91 |
| Sistema aéreo | 4,70 | 8,84 | 14,89 | 19,51 | 22,54 |
| Sistema radical | 1,37 (± 0,44) | 1,47 (± 0,43) | 3,54 (± 1,21) | 4,75 (± 0,82) | 5,70 (± 0,29) |
| Fitomasa total | 6,07 | 10,31 | 18,43 | 24,31 | 27,24 |
| | La Alcarraza | | | | |
| Hojas | 1,20 (± 0,64) | 2,72 (± 1,20) | 3,80 (± 1,62) | 3,68 (± 1,73) | 3,60 (± 1,63) |
| CH acumulada | - | 0,36 | 1,72 | 3,47 | 5,12 |
| Ramas | 1,24 (± 0,55) | 2,65 (± 1,03) | 3,50 (± 1,11) | 3,38 (± 1,59) | 3,30 (± 1,24) |
| Tallos | 1,73 (± 1,48) | 2,43 (± 1,12) | 4,30 (± 1,20) | 4,85 (± 1,16) | 4,90 (± 1,61) |
| Frutos | - | 0,60 (± 0,29) | 1,95 (± 0,14) | 2,16 (± 0,26) | 1,90 (± 0,35) |
| Frutos acumulados | - | 0,6 | 2,55 | 4,71 | 6,61 |
| Sistema aéreo | 4,17 | 9,12 | 15,87 | 20,09 | 23,51 |
| Sistema radical | 1,26 (± 0,96) | 1,43 (± 0,26) | 4,10 (± 2,23) | 5,35 (± 1,63) | 5,80 (± 1,65) |
| Fitomasa total | 5,43 | 10,55 | 19,97 | 25,44 | 29,31 |

C.H.: Caída de hojas. Densidad de plantación 2222 plantas ha⁻¹
Números entre paréntesis: desviación estándar de las medias

Estos resultados fueron superiores a los de *Coffea arabica* L. variedad "Isla 5-16" en las mismas condiciones edafo-climáticas de Tercer Frente, donde la fitomasa en el segundo año fue de 4,16 t ha⁻¹ y se incrementó hasta 8,12 t ha⁻¹ de masa seca al tercer año (13). En Brasil, al estudiar el desarrollo de 13 clones élitos de la variedad "Vitoria Incaper 8142" encontraron valores inferiores de masa seca (14).

A partir del cuarto año se encontraron disminuciones de masa seca anual respecto al tercer año, lo que pudiera estar en correspondencia con la disminución del número de ramas primarias y con el hecho de encontrarse tres años consecutivos con cosechas relativamente altas.

La masa seca anual se incrementó paulatinamente y alcanzó en el segundo año 4,24 t ha⁻¹ en Tercer Frente y 5,12 t ha⁻¹ en "La Alcarraza". En el tercer año, el incremento fue de 8 y 9 t ha⁻¹ respectivamente, mientras que en el cuarto año disminuyó a 7,03 y 5,47 t ha⁻¹, influenciado por la disminución de la participación de las hojas y las ramas en la composición total de la biomasa de la planta, lo que pudiera relacionarse con el nivel productivo de la plantación. En la especie *C. canephora*, la producción de hojas se relaciona directamente con la formación de nudos en las ramas (15).

De manera general los incrementos anuales absolutos de fitomasa fueron similares en ambas localidades pero el análisis del incremento anual relativo contra la biomasa del año base reflejó que el crecimiento de este indicador en "La Alcarraza" fue superior al alcanzado en Tercer Frente y al cuarto año era de 368 % con respecto al primer año en la primera localidad y de 321 % en la segunda. Este comportamiento pudiera estar relacionado con las diferentes condiciones climáticas de estas localidades.

En Tercer Frente la temperatura media anual (promedio de 13 años) fue 24,5 °C, y la precipitación fue 1 654 mm en 112 días con lluvia. Mientras que en "La Alcarraza" la temperatura media anual fue inferior 24,1 °C, y la precipitación mayor 1 773 mm y un mayor número de días de lluvia 120.

Está establecido que el crecimiento de la planta muestra diferentes comportamientos en respuesta a las condiciones climáticas y que estas varían de lugar a lugar (16). La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son factores muy importantes para el buen desarrollo del café. Con una precipitación inferior a los 1000 mm por año, se limita el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, la cosecha del año siguiente (17). Las temperaturas altas inhiben el crecimiento del café, porque a los 24 °C, la fotosíntesis comienza a decrecer y se hace casi imperceptible a los 34 grados Celsius (18).

La producción de masa seca anual encontrada en *Coffea arabica* L. (13) en un suelo Pardo de Tercer Frente, se incrementó por año, pero lo hizo en menor magnitud que la especie *C. canephora* con

sólo 3,96 t ha⁻¹ al tercer año. Esto está relacionado con las exigencias edafoclimáticas de cada especie. Es conocido que la especie *Coffea canephora* es originaria de las zonas bajas y calientes de las selvas de Guinea y el Congo (18) con condiciones similares a la de esta localidad respecto a la lluvia y a la temperatura, mientras que la especie arábica, al ser oriunda de Etiopía, requiere de temperaturas inferiores para su óptimo desarrollo.

Las ramas representaron al cuarto año entre el 13 y 14 % de la fitomasa total de las plantaciones y los tallos el 19 %. Estos valores son similares a los valores de 15 y 20 % respectivamente, encontrados en Colombia para *Coffea arabica* L. (6). La contribución de las hojas (incluyendo las hojas caídas) representó entre el 26 y el 27 % de la producción total de la fitomasa de las plantaciones. En Costa Rica la participación de las ramas de los cafetos en la biomasa total en un sistema agroforestal y en uno a plena exposición solar fue de 22 %, mientras que la de las hojas fue de 16 % (19).

En estudios de acumulación de nutrientes en esta especie en Brasil se informó que las hojas a los 72 meses de plantados los cafetos, representaban el 17 % del total de la biomasa de las plantas (20), mientras que en Nicaragua, Balladares y Calero^c en estudios de sistema de manejo de cafetal, encontraron que las hojas representaron entre el 25 y el 27 % de la biomasa, independientemente del manejo y el momento de muestreo.

La participación de los frutos como reservorio de la fitomasa aérea anual reflejó incrementos en la medida que el café entró en la etapa de cosecha. En el segundo año representó del 6-8 % de la masa seca aérea producida por las plantaciones. Al tercer año la contribución de los frutos estuvo entre 11 y 12 % en ambas plantaciones, mientras que el cuarto año representó el 9 % en el sitio Tercer Frente y alcanzó el 10 % en "La Alcarraza". Ambas condiciones presentaron similitud en la distribución de la masa seca para la cosecha, la plantación situada en Tercer Frente destinó hasta el cuarto año del primer ciclo productivo el 17 % de la masa seca total a la formación de los frutos; mientras que en "La Alcarraza" fue del 19 %.

Las plantaciones de *canephora* situadas en las condiciones de "La Alcarraza" produjeron de forma más eficiente en esas condiciones. La contribución de los frutos a la fitomasa anual de la plantación en el tercer año del segundo ciclo fue similar al primer ciclo, con un 21 %; sin embargo, en el cuarto año se incrementó y alcanzó el 45 % de la fitomasa anual de las plantaciones.

^cBalladares, D. D. y Calero, J. M. Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento, estructura productiva, rendimiento y calidad del café (*Coffea arabica*) vr. Costa Rica 95. [Tesis de Ingeniería]. Managua. Universidad Nacional Agraria. 2005. 82 pp.

Los resultados fueron similares a los obtenidos en *Coffea arabica* L. en Kenia (21), donde se reportó que el café destinado hacia la formación de los frutos hasta un 36 % de la masa seca.

En *Coffea arabica* L. en Cuba, se encontró que la contribución de la masa seca a la formación de los frutos fue del 32,5 % en plantaciones sobre suelo Ferralítico Rojo de San José de las Lajas y en el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de montaña de Topes de Collantes alcanzó el 45,8 % (22), lo que demostró que este indicador (producción/fitomasa) refleja la eficiencia obtenida entre plantaciones de café situadas en condiciones más favorables para el desarrollo de la especie.

La contribución del sistema radical a la producción de fitomasa total de la plantación osciló entre 18-20 %, superior a los valores de 3,8 t ha⁻¹ de masa seca (10 % de la fitomasa total producida en *C. arabica* (23). Se ha afirmado que la actividad radical de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner es superior a la de *C. arábica* y por lo tanto facilita una utilización más efectiva de los fertilizantes aplicados y de los nutrientes del suelo (24).

En condiciones de laboratorio en Brasil la participación del sistema radical en 13 clones élites de *Coffea canephora* osciló entre 18 y 22 % (14), mientras que en ese mismo país en experimentos en campo con dos genotipos de *C. canephora*, la especie fue capaz de producir el 77,39 % de masa seca en la parte aérea y el 22,61 % en la radical (25). En Costa Rica al comparar el cultivo de *Coffea arabica* en condiciones de sol y en un sistema agroforestal encontraron que la participación de las raíces de cafetos en la biomasa total de la planta osciló entre 21 y 22 % (19).

El crecimiento radicular de *Coffea canephora* fue superior a los obtenidos con *Coffea arabica* en Tercer Frente para plantaciones con altas densidades y semejantes características edafoclimáticas, indicativo de la mejor adaptación de la especie a estas condiciones^D.

^DBustamante, C. *et al.*. Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento e índices agroquímicos en el período. Proyecto Nacional 003-046. [Informe final de etapa]. Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, Cruce de los Baños, 1989. 30 pp.

El sistema radical de *Coffea canephora* varía acorde a los clones, al mismo tiempo la extensión, distribución, arquitectura, profundidad y la eficiencia de la absorción del agua pueden ser afectados por diversos factores, entre ellos los genéticos (15). En Togo encontraron valores de biomasa de la raíz de *Coffea canephora* que oscilaron entre 4 y 5 t ha⁻¹ (26).

El equilibrio entre las raíces y la parte aérea está estrechamente relacionado con el desarrollo del café y su productividad. Los clones ideales son aquellos que presentan una alta producción de biomasa aérea seguida por un gran desarrollo de sistema de raíz.

La relación masa raíces/masa aérea de 13 clones en Brasil osciló entre 0,23 y 0,32 (14), mientras que en las condiciones experimentales mostraron valores similares que oscilaron entre 0,16 y 0,3.

La mayor contribución de fitomasa la realizó el sistema aéreo respecto al sistema radical. Al cuarto año, la producción de fitomasa aérea acumulada en *C. canephora* representó entre el 77 y el 78 % de la fitomasa total (Tabla I).

Las relaciones de masa seca del sistema vegetativo/sistema radical de forma general oscilaron entre tres y cuatro y si bien caen dentro del rango para *C. arabica* (27), son indicativas de un alto desarrollo del sistema radical en *C. canephora*, ya que relaciones de tres se consideran como correspondientes a valores altos del sistema radical y de cuatro como típicas para el café. Similares resultados se observaron con la especie *C. arabica* cultivada en suelo Ferralítico Rojo (11).

SEGUNDO CICLO PRODUCTIVO

Los acumulados de fitomasa en el segundo ciclo en "La Alcarraza" fueron similares a los obtenidos en el primero, lo cual indica que los ciclos manejados de igual forma presentan un crecimiento similar.

La producción total de biomasa de la plantación en el primer año fue de 7,6 t ha⁻¹ de masa seca; en el segundo se observó un incremento en 7 t ha⁻¹ y alcanzó 23 t ha⁻¹ de fitomasa total acumulada al tercer año. Al cuarto año, la fitomasa se incrementó en 4 t ha⁻¹ y alcanzó las 27 t ha⁻¹ de masa seca (Tabla II), dos toneladas más que en el anterior ciclo.

Tabla II. Producción acumulativa de fitomasa seca (t ha⁻¹) de plantaciones de *Coffea canephora*. Sitio "La Alcarraza". Segundo ciclo productivo.

| Fitomasa | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Hojas | 1,38 (± 0,49) | 2,22 (± 0,24) | 3,00 (± 0,33) | 3,24 (± 1,14) |
| Caída de hojas acumulada | 0,24 | 1,56 | 3,09 | 4,69 |
| Ramas | 1,13 (± 0,24) | 2,02 (± 1,45) | 2,95 (± 1,24) | 2,80 (± 1,04) |
| Tallos | 1,68 (± 1,10) | 3,08 (± 1,25) | 5,41 (± 2,72) | 5,76 (± 1,18) |
| Frutos | - | 1,62 (± 0,61) | 1,93 (± 0,93) | 1,86 (± 0,59) |
| Frutos acumulados | - | 1,62 | 3,55 | 5,41 |
| Fitomasa total aérea | 4,43 | 10,5 | 18,00 | 21,9 |
| Sistema radical | 3,17 (± 1,38) | 3,65 (± 1,93) | 5,03 (± 1,61) | 5,20 (± 1,11) |
| Fitomasa total | 7,60 | 14,15 | 23,03 | 27,10 |

C.H.: caída de hojas. Densidad de plantación 2222 plantas ha⁻¹
Números entre paréntesis: desviación estándar de las medias

En Togo se informan de valores de biomasa total de *Coffea canephora* cercanos a las 20 t ha⁻¹ (26).

La contribución de los frutos en el segundo ciclo se fue incrementado y pasó de 11 % del total de la fitomasa, al 15 % al tercer año y se incrementó al 20 % de la fitomasa total de las plantaciones al finalizar el experimento (Tabla II).

Las ramas representaron al tercer año el 13 % y disminuyó a 11 % del total de la fitomasa al cuarto año. Los tallos contribuyeron del 21-23 % de la masa seca total acumulada, mientras que la participación de las hojas, incluyendo las hojas caídas, fueron responsables del 21-29 % de la producción de fitomasa total de la plantación de *C. canephora*.

La producción anual de masa seca en el primer y segundo año fue ligeramente superior al primer ciclo y estuvo en el orden de las 7 t ha⁻¹. En el tercer año el incremento anual fue inferior al del primer ciclo en aproximadamente 2 t ha⁻¹ de masa seca (Tabla II).

Las producciones de fitomasa total de ambas plantaciones fueron similares a los valores estimados en la caracterización de los bosques siempre verdes de la Sierra del Rosario en Pinar del Río, y que oscilaron entre 1,86-9,64 t ha⁻¹ de masa seca (28).

De manera general, la producción de fitomasa se incrementó en la medida que el café entró en producción. El sistema aéreo contribuyó con mayor fitomasa respecto al radical, pero ambos presentaron un comportamiento diferenciado entre la etapa inicial de la plantación y la posterior etapa productiva.

Durante el primer ciclo, la producción de fitomasa no se diferenció entre las plantaciones de los sitios experimentales. Resalta que en "La Alcarraza", en el primer y segundo ciclo, la producción anual en el tercer año fue de similar magnitud-9 t ha⁻¹ de masa seca.

La especie *C. canephora* destinó para la formación de los frutos entre el 16 y el 20 % de la masa seca total de la plantación. En el sistema aéreo, las hojas (incluyendo las hojas caídas) contribuyeron con la mayor producción de fitomasa y le siguieron en importancia los frutos > tallos > ramas.

Los acumulados de fitomasa en el segundo ciclo en "La Alcarraza" fueron similares a los obtenidos en el primero, lo cual indica que los ciclos manejados de igual forma presentaron indicadores de crecimiento, rendimientos y eficiencia similares.

Estos resultados muestran que la especie *C. canephora* en las condiciones en estudio, presenta un ritmo intenso de producción de masa seca anual y este es superior al de la especie *C. arabica*. Este ritmo se incrementa anualmente hasta el tercer año y se estabiliza en el cuarto.

En investigaciones realizadas en Brasil, se encontró que la especie *canephora* es muy eficiente en la producción de masa seca, debido a que posee una alta absorción y transferencia de energía luminosa,

mayor área foliar para captar la luz, con una alta tasa fotosintética, de transpiración y conductancia estomática (29).

CONCLUSIONES

- ♦ Los cafetos de la especie *Coffea canephora* en las condiciones de estudio lograron producir valores de 25 t de masa seca ha⁻¹ independientemente de la fase de la plantación.
- ♦ Hasta el cuarto año de la plantación el sistema radical predominó en la fitomasa, seguido de las hojas y luego los tallos.
- ♦ La participación de los frutos en la fitomasa se incrementó con la entrada de los cafetos en la etapa de cosecha y al concluir el experimento la especie *C. canephora* había destinado para la formación de los frutos entre el 16 y el 20 % de la masa seca total de la plantación, independientemente del ciclo de desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez Viera, R. y Dibut, B. Utilización de nuevos paradigmas que permitan profundizar los conocimientos sobre las relaciones suelo-planta en condiciones tropicales. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 2, pp. 5-9. ISSN 1819-4087.
2. Maqueira, L. A.; Torres, W. y Miranda, A. Crecimiento y rendimiento de dos variedades de arroz de ciclo corto en época poco lluviosa. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 3, pp. 28-31. ISSN 1819-4087.
3. Gama, A. Soil organic matter, nutrient cycling and biological dinitrogen-fixation in agroforestry systems. *Agroforest Syst.*, 2011, vol. 81, pp. 191-193. DOI 10.1007/s10457-011-9372-9. ISSN 1572-9680.
4. Soto, F.; Plana, R. y Hernández, Naivy. Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp *aestivum*) y triticale (x *Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 3, pp. 32-36. ISSN 1819-4087.
5. Kufa, T. Biomass production and distribution in seedlings of *Coffea arabica* genotypes under contrasting nursery environments in southwest Ethiopia. *Agricultural Science*, 2012, vol. 3, no. 6, pp. 835-843. ISSN 2156-8561.
6. Riaño, N.; Arcila, J.; Jaramillo, A. y Chaves, B. Acumulación de materia seca y extracción de nutrientes por *Coffea arabica* L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera Central. *Cenicafé*, 2004, vol. 55, no. 4, pp. 265-276. ISSN 0120-0275.
7. Pereira, F. M. Crescimento e desenvolvimento do cafeeiro sob efeito da adubação nitrogenada. [Tesis Doutorado]. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luis de Querioz. 2006. 81 pp.
8. Ortiz, E. Crecimiento y desarrollo del *Coffea canephora* con diferentes marcos de plantación. *Cultivos Tropicales*, 1993, vol. 14, no. 1, pp. 48-51. ISSN 1819-4087.

9. Arias, L.; Sánchez, O. y Aldazabal, M. Influencia de diferentes densidades de plantación sobre el rendimiento y algunos de sus componentes en el cultivo de *Coffea canephora* Pierre. *Revista Alimentaria, Tecnología e higiene de los alimentos*, 2002, Año XXXIX, no. 332, pp. 49-51. ISSN 0300-5755.
10. Molina, G.; Díaz, W.; Vázquez, E. y Reyes, R. Influencia de la poda en el número de vástagos de *Coffea canephora* Pierre. *Café Cacao*, 2002, vol. 3, no. 2, pp. 23-25. ISSN 1680-7685.
11. Rivera, R. Crecimiento y producción de fitomasa de una plantación de cafeto a plena exposición solar sobre suelo Ferralítico Rojo Compactado. *Cultivos Tropicales*, 1982, vol. 13, no. 2-3, pp. 60-68. ISSN 1819-4087.
12. Bustamante, C. y Grave de Peralta, G. Producción de biomasa y retorno de nutrientes al ecosistema por *Coffea canephora* Pierre bajo diferentes sistemas de poda. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov 12-15, La Habana) Memorias, CD ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27x.
13. Rodríguez, Maritza I.; Bustamante, C. y Grave de Peralta, G. Crecimiento y requerimientos nutrimentales del cafeto (*Coffea arabica*) var. Isla 5-16 hasta el tercer año de plantación en suelo Pardo sin carbonatos. *Café Cacao*, 1998, vol. 1, no. 1, pp. 10-15. ISSN 1680-7685.
14. Contarato, C. C.; Moreira, S. F.; Tomaz, M. A.; Cintra de J. J., Waldir; Almeida da Fonseca, A. F.; Gava F., Maria Amélia y Gava F., R. Evaluation of the initial development of conilon coffee clones (*Coffea canephora*). *Scientia Agrária*, 2010, vol. 11, no. 1, enero-febrero, pp. 65-71. ISSN 0103-9016.
15. Da Matta, F. M. /et al./ Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 2007. vol. 19, no. 4, pp. 485-510. ISSN 1677-0420.
16. Nortcliff, S. y Gregory, P. J. The historical development of studies on soil-plant interactions. En: *Soil Conditions and Plant Growth*. Edited by Gregory, Peter J. and Nortcliff, Stephen. Published by Blackwell Publishing Ltd. 2013. 21 pp.
17. Duicela, L. A. Manejo sostenible de fincas cafetaleras. Buenas prácticas en la producción de café arábigo y gestión de la calidad en las organizaciones de productores. Portoviejo: Fondo Común para los productos básicos y Consejo Cafetalero Nacional. 2011. 306 pp.
18. Coffee: growing, processing, sustainable production-a guidebook for growers, processors, traders, and researchers. Nicolas, Jean. Wintgens (Ed). Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2004. 976 pp, ISBN 3-527-30731-1.
19. Siles, P.; Harmand, J. M. y Vaast, P. Effects of Inga densiflora on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. *Agroforest Syst.*, 2010, vol. 78, pp. 269-286. ISSN 1572-9680. DOI 10.1007/s10457-009-9241-y.
20. Bragança, Scheilla Marina; Prieto, Herminia Emilia; Garcia, H.; Pereira, L.; Sigueyuki, C.; Alvarez, V. y Lani, J. Accumulation of Macronutrients for the Conilon Coffee Tree. *Journal of Plant Nutrition*, 2008, vol. 31, pp. 103-120. ISSN 1532-4087.
21. Cannell, M. G. R. Production and Distribution of Dry Matter in Trees of *Coffea arabica* L in Kenya as affected by seasonal climate differences and the presence of fruits. *Ann. Appl. Biol.*, 1971, vol. 67, pp. 99-120. ISSN 1744-7348.
22. Rivera, R. Nutrición y fertilización de *Coffea arabica* en Cuba. En: Rivera, R. y Soto, F. (editores). El Cultivo del cafeto en Cuba. Investigaciones y Resultados. 2006. pp. 500. ISBN 959-7023-37-7.
23. Rivera, R.; Bustamante, C. y Ochoa, M. La fertilización nitrogenada del cafeto en diferentes condiciones edafoclimáticas de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 1994, vol. 15, no. 1, pp. 5-11. ISSN 1819-4087.
24. Jayarama, R. P.; Ananda, A. y Naidu, R. Latest concept of fertiliser usage in coffee plantations with respect to Nitrogen, Phosphorus and Potassium. *Indian Coffee*, 1994, vol. LVIII, no. 9, pp. 9-12. ISSN 0975-2404.
25. Mattiello, J. B.; Gervasio, E. M.; Zonta, E.; Mauri, J. y Matiello, J. B. Produção de material seca, crescimento radicular em absorção de calcio, fósforo e aluminio por *C. canephora* e *C. arabica* sob influenciada da atividade do aluminio. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 2008, vol. 32, pp. 425-434. ISSN 0100-0683.
26. Dossa, E. L.; Fernandes, E. C. M.; Reid, W. S. y Ezui, K. Above- and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation. *Agroforest Syst.*, 2008, vol. 72, pp. 103-115. DOI 10.1007/s10457-007-9075-4. ISSN 1572-9680.
27. Muller, L. E. Coffee Nutrition. En: Temperate to Tropical Fruit Nutrition. Sommerville: Somerst Press. 1966. pp. 685-776.
28. Menéndez, Leda /et al./ Estructura y productividad del bosque siempre verde de la Sierra del Rosario, Cuba. Proyecto MAB, No.1. 1974-1987. La Habana: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe. 1988. 212 pp.
29. Marques de Calvalho, Luciana; Monteiro da Silva, E.; Azevedo, A.; Mosquin, P y Cecon, P. R. Aspectos morfosiológicos dos cultivares de cafeeiro Catuai-Vermelho e conilon. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2001, vol. 36, no. 3, marzo. ISSN 1678-3921.

Recibido: 25 de diciembre de 2013

Aceptado: 9 de septiembre de 2014

¿Cómo citar?

Bustamante González, Carlos; Pérez Díaz, Alberto; Viñals, Rolando; Martín Alonso, Gloria M.; Rivera Espinosa, Ramón y Rodríguez, Maritza I. Producción de fitomasa por *Coffea canephora* Pierre ex Froehner en dos ciclos productivos. [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 1, pp. 29-35. ISSN 1819-4087. [Consultado: ____]. Disponible en: <-----/>