

Identificación de la cantidad y frecuencia óptimas de riego para almácigos de café (*Coffea arabica* v. castillo) en la subestación experimental de CENICAFÉ Santander

Identifying adequate watering quantity and frequency for coffee seedling nurseries (*Coffea arabica* v. castillo) in the experimental CENICAFÉ substation Santander

Fánor Casierra-Posada¹; Pedro Sánchez A.²;
Justo Castaño C.³ y Ronald Viasús P.³

Resumen

La mala distribución del régimen de lluvias causa un déficit hídrico que se hace una limitante en el desarrollo de plantas de café en la fase de almácigo. Este déficit interviene con el crecimiento, desarrollo y distribución de la biomasa de las plántulas. Se realizó un ensayo con el fin de identificar la cantidad y frecuencia de riego adecuadas para obtener almácigos de excelentes condiciones para café de la variedad Castillo, en la subestación experimental de Cenicafé en el municipio de Floridablanca (Santander), Colombia. De esta manera se evaluaron seis niveles de riego: 250; 350; 450; 550; 650 y 750 mm durante 120 días, que corresponde a tres valores por encima y tres por debajo del promedio de

Abstract

Irregular distribution of rainfall causes moisture deficit, which becomes a limiting factor in the development of coffee seedlings in the nursery. This moisture deficit has effects on plant growth, development, and biomass distribution. An experiment was carried out with the aim of identifying the ideal quantity and frequency of irrigation to provide good nursery conditions for coffee of the Castillo variety, in the Cenicafé research substation in the town of Floridablanca (Santander), Colombia. Six water levels were evaluated: 250, 350, 450, 550, 650, and 750mm over 120 days, which corresponds to three values above and three below the zone's average precipitation. Five watering frequencies were

¹ Ingeniero Agrónomo, PhD., docente asociado en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Grupo de Investigación Ecofisiología Vegetal. Correo: fanor.casierra@uptc.edu.co (Autor para correspondencia).

² Ingeniero Agrónomo, Asistente de Investigación. Experimentación. Centro Nacional de Investigaciones de café. Chinchiná, Caldas, Colombia.

³ Ingeniero Agrónomo, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.

precipitación de la zona. Se utilizaron cinco frecuencias de riego: cada 3; 6; 9; 12 y 15 días. Se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de distintas cantidades de agua, con un mejor comportamiento para 550 y 650 mm en comparación con el tratamiento de 250 mm. Estas diferencias se vieron en las variables de altura de la planta, longitud de la raíz, área foliar, peso fresco total y peso seco total. El peso específico de las hojas, relación raíz/vástago y materia seca acumulada no mostraron efectos de las distintas cantidades de agua de riego, pero sí hubo variaciones altamente significativas como resultado de las distintas frecuencias de riego.

Palabras clave: déficit hídrico, régimen de lluvias, Coffea arabica, frecuencia de riego, cantidad de riego

used: every 3, 6, 9, 12, and 15 days. There were highly significant differences caused by the total amount of irrigation water, with better plant comportment for 550 and 650mm in comparison with the 250mm treatment. These differences were seen in plant height, root length, leaf area, and total fresh and total dry weights. Specific leaf weight, root/shoot ratio, and accumulated dry matter were not affected by the different amounts of total irrigation, but they did differ significantly as a result of the different watering frequencies.

Keys words: moisture deficit, rainfall distribution, Coffea arabica, irrigation frequency, irrigation levels

Introducción

Durante el año cafetero 2007- 2008 la producción mundial de café fue de 122.400.000 de sacos, 9.000.000 menos que el año cafetero anterior debido principalmente a la caída de la cosecha en Brasil. El consumo de café en el mundo mantuvo su crecimiento a una tasa de 2,5%. Esto significa que anualmente la demanda global de café exige una oferta adicional de 3.000.000 de sacos. Colombia, con una participación cercana al 10%, sigue siendo en volumen el tercer productor de café, después de Brasil y Vietnam, así como, en valor, el segundo país exportador de café después de Brasil. Durante 2008 los principales destinos de exportación del café colombiano fueron Europa, Norte América y Japón (Red de Información Cafetera, 2008). En Colombia el área sembrada en café es de 874.000 ha, con 590 municipios cafeteros y 513.000 caficultores, que generan 640.000 empleos directos, con un aporte al PIB Agropecuario del 12,4% (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2009). En 2008 las exportaciones de café llegaron a 11.103.000 sacos de 60 kg, lo que representó un descenso del 2%. Es decir, 198.000 sacos menos vendidos al exterior, comparadas con las exportaciones de 2007 que llegaron a 11.301.000 sacos (Red de Información Cafetera, 2008).

El café es una planta perenne de la cual se espera, en un sistema agrícola, una vida productiva de por lo menos 15 años; por dicha razón es importante obtener el mejor y más vigoroso material de siembra para iniciar el cultivo. El almácigo se convierte entonces en una etapa en la cual la calidad de las plantas obtenidas es determinante para el éxito de la empresa agrícola. Las prácticas inadecuadas en este momento repercuten en un desarrollo pobre de las plantas adultas, problemas de paloteo, ataques severos de manchas de hierro en hojas y frutos, obtención de cosechas de mala calidad y un deterioro acelerado del cultivo. Dentro de las labores para la obtención de almácigos de excelente calidad están, el uso de materiales de

siembra sanos y vigorosos, el empleo de bolsa plástica adecuada, la correcta preparación del suelo mediante el uso de materia orgánica descompuesta, la regulación de sombrero, los riegos adecuados y oportunos, los controles fitosanitarios, el transporte adecuado de los materiales y el trasplante oportuno al sitio definitivo (Arcila, 2000).

El cultivo de café es uno de los renglones importantes en la economía del departamento de Santander. El área cultivada allí es de 43.278 ha, distribuidas en 34.812 predios, ubicados en 70 de los 87 municipios con que cuenta el departamento (Ávila et al., 2007). La subestación experimental de Cenicafé se encuentra ubicada en la vereda Vericute del municipio de Floridablanca, en la cual hay 128.89 ha cultivadas en café, con 90 caficultores. El manejo de almácigos en la zona de Floridablanca (Santander) por parte de los caficultores, en su mayoría, se realiza de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el servicio de extensión, el cual se encarga de enseñar la manera correcta de construir un almácigo a partir del montaje de la infraestructura hasta el momento en que la planta es transportada para el sitio definitivo.

Con el objeto de brindar una herramienta más al caficultor, se determinó la lámina de riego requerida y frecuencia óptima para la obtención de colinos de excelente calidad, en la fase de almácigo para el cultivo del cafeto (*Coffea arabica*) variedad Castillo, en condiciones de la subestación experimental descrita en el municipio de Floridablanca, Santander.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en la Subestación Experimental Santander, del Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, adscrito a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, y ubicada en el municipio de Floridablanca. La Subestación se encuentra a una latitud de 7° 06´ norte y longitud 73° 04´ oeste

de Greenwich, a una altura de 1.495 msnm, con un promedio de temperatura de 19,2°C, un promedio de precipitación anual de 1.528 mm, humedad relativa del 80,3% y un brillo solar 1.368 horas año⁻¹.

Se estudiaron dos factores experimentales, con seis láminas de riego con cinco frecuencias de aplicación, para un total de 30 tratamientos. Para lograr una distribución homogénea de tratamientos se tomó la precipitación promedio de la zona en la cual se realizó el ensayo, con un resultado de 1.528 mm. Como el tiempo en almácigo fue de aproximadamente 120 días, se obtuvo un promedio de precipitación de 502 mm, durante este periodo, determinando seis láminas de riego: tres por debajo y tres por encima del promedio tomado. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar en donde las frecuencias fueron el criterio del bloqueo, con cinco bloques y seis láminas de riego seleccionadas, en donde cada lámina tuvo quince repeticiones por bloque, con la planta como unidad experimental. La distribución de las frecuencias en el lote se realizó al azar. Cada bloque contó con 90 unidades experimentales, correspondientes a seis láminas de riego y éstas, a su vez, con 15 repeticiones.

En la preparación del sustrato, para el llenado de la bolsa, el suelo fue previamente extraído de la misma finca y se pasó por una zaranda, con el fin de eliminar materiales gruesos. Se mezcló en relación de tres partes de suelo por una de Palm-mixtex, un abono orgánico comercial. Para obtener una mezcla homogénea del sustrato, se realizaron cuatro volteos con el uso de pala; después se realizó el embolsado y el suelo se dejó en reposo por ocho días, para luego proceder a trasplantar las plántulas. La plántula o chapola se obtuvo de los germinadores existentes en la misma finca, para garantizar así su calidad. Antes de realizar esta labor se humedeció el sustrato para facilitar la siembra correcta. Luego de la

siembra se hizo una aplicación de agua para asegurar el prendimiento de la plántula.

Antes de comenzar las aplicaciones se suspendió el riego durante cuatro días, con el fin de homogenizar el contenido de agua en todos los bloques. La manera de medir el agua para la aplicación fue mediante el uso de probetas. Las respectivas aplicaciones se realizaron en horas de la mañana.

Transcurridos los 120 días del almácigo se procedió a la obtención de la información. Se realizó el lavado del sustrato para retirar la totalidad de las raíces, una vez obtenida la planta sin residuos, se cortó en la intersección del tallo y la raíz para tomar las longitudes y pesos de los mismos, y se separó el tallo de las hojas para obtener su peso y área foliar. Los datos anteriores se tomaron directamente en campo. El material vegetal se empacó en bolsas de papel identificadas; luego se secó el material durante 24 horas a 104°C en la mufla, con el fin de determinar el peso seco de manera individual para tallos, hojas y raíces. Todos los datos obtenidos en las diferentes pruebas a lo largo del ensayo se consignaron en la libreta de campo y se examinaron mediante un análisis de varianza y se les aplicó la prueba de comparación de promedios de Tukey ($P < 0,05$). Los datos se analizaron con la aplicación SPSS, versión 11.5.1.

Resultados y discusión

Altura de las plantas

En cuanto la altura de las plantas, las frecuencias de aplicación evaluadas no mostraron diferencias estadísticamente significativas al igual que la interacción. Por el contrario, el factor correspondiente a láminas de riego aplicadas mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre las cantidades de 250 y 650 mm (figura 1).

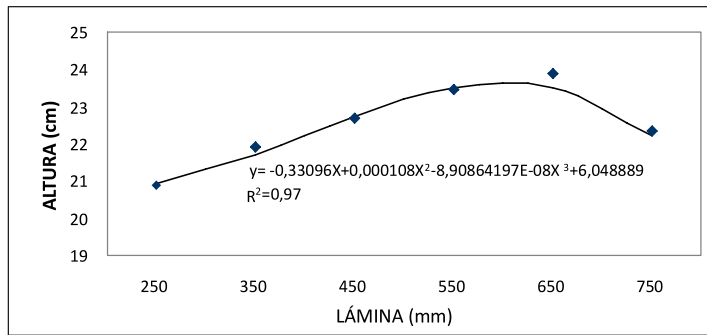


Figura 1. Altura de las plantas de café de acuerdo con las láminas aplicadas para la obtención de almácigos de café variedad Castillo, en condiciones de la subestación experimental de Cenicafé.

La lámina de 250 mm presentó la menor elongación del tallo, como resultado de la baja cantidad de agua suministrada durante el periodo del ensayo. Según Kramer (1974), la fotosíntesis se reduce con el cierre de los estomas, lo cual reduce el abastecimiento en dióxido de carbono, pero la tensión hídrica reduce también la capacidad del protoplasma para verificar la fotosíntesis y un traslado reducido puede obstaculizarla por acumulación del producto terminal. La reducción de la fotosíntesis, un traslado reducido de carbohidratos y reguladores de crecimiento, y el trastorno del metabolismo nitrogenado, junto con una menor turgencia, generan la reducción del crecimiento. A su vez, un crecimiento menguado significa una reducción de la superficie fotosintetizadora, lo cual reduce más aún la cantidad relativa de carbohidratos disponibles para el crecimiento.

Además, Sharp y Davies (2008) reportan que el menor crecimiento de la parte aérea en comparación con la raíz se debe a la exposición de estos a la deshidratación por efectos atmosféricos. De igual manera, Fournier (1987)

menciona que el crecimiento de los vástagos vegetativos no se puede mantener en condiciones de alta luminosidad y alta temperatura así como con un bajo potencial hídrico. Lo que indica que en el presente ensayo, las plantas para obtener un crecimiento adecuado requieren la aplicación de una lámina superior al promedio de precipitación de la zona del realización del ensayo, que fue de 502 mm en el periodo de 120 días, lo cual se vio reflejado en la lámina que obtuvo mejor comportamiento la cual corresponde a las unidades experimentales que tuvieron una aplicación de 650 mm.

Longitud de raíz

Para el caso de la longitud de la raíz se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en los factores frecuencia de aplicación y lámina de riego, al igual que su respectiva interacción. En cuanto las frecuencias de aplicación las diferencias se observaron en los periodos de 6, 9 y 15 días, destacándose el mejor comportamiento en la frecuencia de 9 días (figura 2).

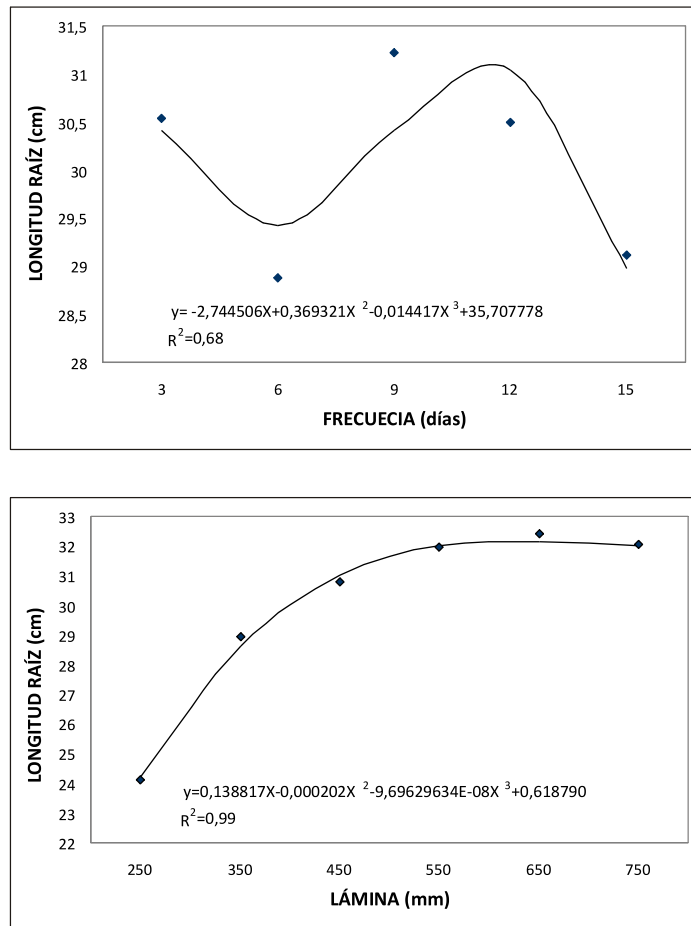


Figura 2. Longitud de la raíz con respecto a las frecuencias de aplicación y láminas aplicadas para la obtención de almácigos de café variedad Castillo, en condiciones de la subestación experimental de Cenicafé.

Los cultivos de sistema radicular superficial requieren riegos más frecuentes que aquellos cuyas raíces son más profundas, pero en suelos encharcados o mal drenados la concentración de oxígeno es escasa y las plantas se desarrollan pobremente o mueren por las condiciones poco favorables para la respiración y el crecimiento de su raíz. De igual manera los tejidos de las plantas presentan ciertas adaptaciones para evitar la pérdida de agua ya sea en situaciones que tienden a reducir la transpiración o aumento de la absorción de agua (Barrera, 1998).

Para el factor láminas de riego se observó que las

de mejor comportamiento fueron las de 650, 750 y 550 mm, mientras que la lámina de 250 mm fue la que presentó el desempeño más bajo; lo que indicó que, al igual que en las anteriores variables, hay una relación directa entre los efectos que produce el desbalance hídrico, ya sea por exceso o por defecto. Para el caso de la raíz, cuando la alta tasa de transpiración acentúa el gradiente de potencial hídrico en la planta, el potencial hídrico de la raíz disminuye y, finalmente, la turgencia. En esta situación, se presenta un encogimiento de la raíz, lo cual no sólo provoca la reducción de su crecimiento, sino también la pérdida de contacto con las partículas

de suelo. Bajo estas condiciones la absorción se hace cada vez más difícil debido a la resistencia hidráulica del suelo (Azcon-Bieto y Talón, 2008).

En cuanto la interacción de los factores frecuencia de aplicación y lámina de riego, para la longitud de la raíz, se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre los tratamientos de seis días y 250 mm, y tres días y 750 mm, donde se resalta el mejor comportamiento de este último.

Área foliar

Para la variable área foliar se obtuvo diferencias

altamente significativas ($P < 0,01$) en cuanto la frecuencia y lámina aplicada, lo que indica que las frecuencias con mayor área foliar correspondieron a 3 y 12 días, y la frecuencia de menor área foliar fue la frecuencia de nueve días. Para el factor lámina de riego se observó que las láminas de 450, 550, 650 y 750 mm, fueron estadísticamente similares en cuanto los valores de área foliar obtenidos, destacándose la cantidad de 650 mm que presentó el mejor promedio de área foliar. Contrario a esto, en las láminas de 250 mm y 350 mm las cuales fueron estadísticamente similares, se presentaron los promedios más bajos de área foliar (figura 3).

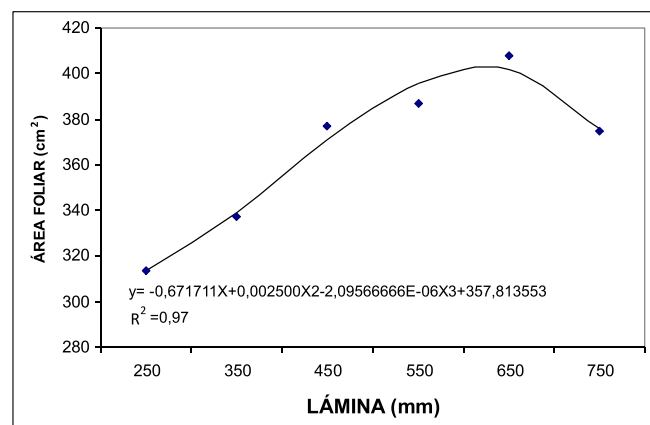


Figura 3. Efecto las láminas de riego sobre el área foliar para la obtención de almácigos de café variedad Castillo, en condiciones de la subestación experimental de Cenicafé.

Según Fournier (1987), la tensión hídrica puede afectar la fotosíntesis en varias formas: cierre de los estomas, aumento en la resistencia a la conductividad en los estomas y en las células del mesófilo, disminución de la actividad enzimática y acumulación de almidones. El estrés hídrico no sólo disminuye la turgencia sino también disminuye el alargamiento de la pared celular; por esta razón, el crecimiento de las hojas depende ampliamente de la expansión celular. La inhibición en la expansión celular conlleva un retraso en el desarrollo del área foliar de la planta y, además, en determinadas plantas el estrés hídrico no sólo limita el tamaño sino

también el número de hojas originado por una disminución en la tasa de crecimiento del tallo (Taiz y Zeiger, 2002). En concordancia con las evaluaciones, se evidenció que la variable área foliar se vio afectada en las unidades experimentales que fueron sometidas a bajas láminas de riego, lo cual generó reducción del área foliar, con disminución de la transpiración con el fin de evitar la deshidratación de las hojas.

Peso fresco total

La variable peso fresco total presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre las

frecuencias de aplicación y las láminas de riego, pero no en su interacción. El comportamiento del factor frecuencia de aplicación mostró que las frecuencias de 3 y 6 días presentaron un

comportamiento estadísticamente similar, al igual que las de 9 y 15 días. La frecuencia de 12 días arrojó el promedio más alto de peso fresco total (figura 4).

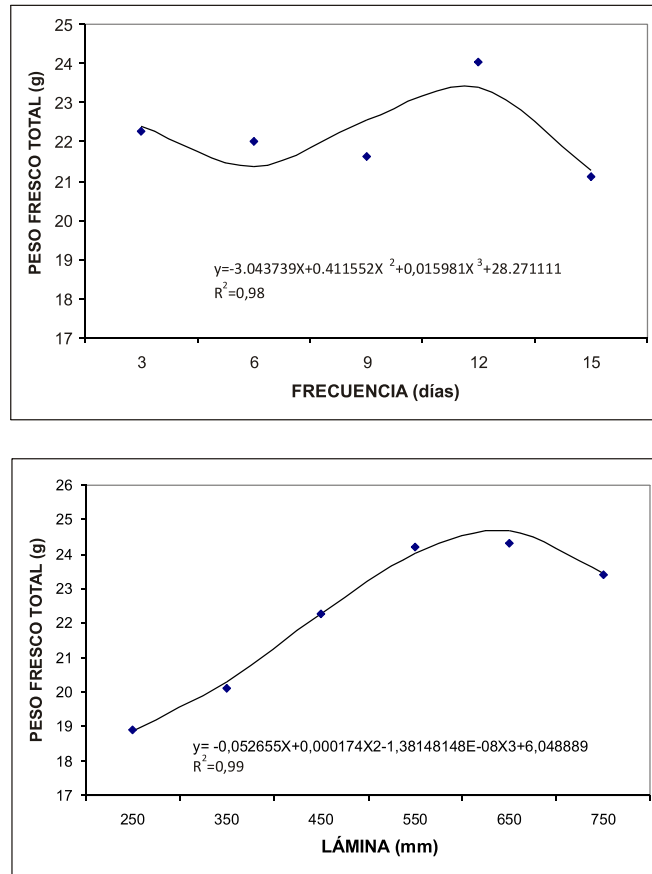


Figura 4. Efecto de las frecuencias y láminas de aplicación sobre peso fresco de la planta para la obtención de almácigos de café variedad Castillo, en condiciones de la subestación experimental de Cenicafé.

Para el factor lámina aplicada, las cantidades 450, 550, 650 y 750 mm fueron estadísticamente similares; sin embargo, 750 mm fue el valor con más alto peso fresco. Las láminas 250 mm y 350 mm fueron estadísticamente similares y mostraron los promedios más bajos en peso fresco total. El descenso del crecimiento en plantas produce una disminución en la biomasa. Las láminas de riego aplicadas durante el ensayo tuvieron comportamiento similar en las variables

altura de la planta, longitud de la raíz y área foliar, directamente proporcional con el peso fresco total obtenido. Según Azcon-Bieto y Talon (2008) y Taiz y Zeiger (2002), la biomasa total del vegetal no es sólo materia orgánica sino también depende de la absorción de elementos nutritivos inorgánicos (sales minerales). La materia inorgánica, en peso, es cuantitativamente poco importante, pero lo es cualitativamente porque su déficit impactaría negativamente el vegetal.

Peso seco total

La variable peso seco total presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre las láminas de riego, mientras que las frecuencias

de aplicación y la interacción de estos dos factores no mostraron diferencias significativas, al realizar el análisis estadístico (figura 5).

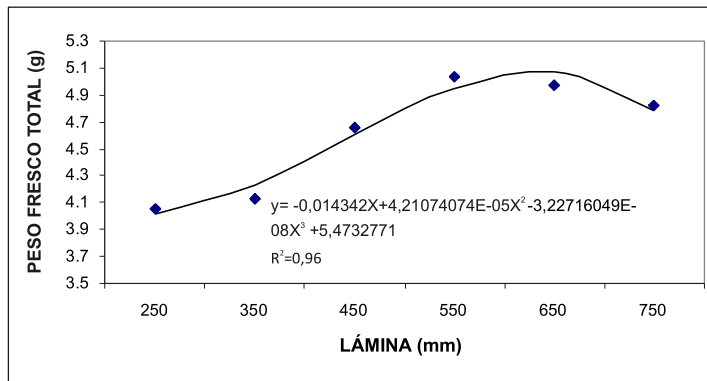


Figura 5. Efecto de las láminas de aplicación sobre peso seco de la planta para la obtención de almácigos de café variedad Castillo, en condiciones de la subestación experimental de Cenicafé.

Para el factor de lámina aplicada, las cantidades 450; 550; 650 y 750 mm fueron estadísticamente similares. La lámina que promovió la mayor producción de peso fresco fue la de 550 mm. Las láminas 250 y 350 mm, fueron estadísticamente similares y mostraron los promedios más bajos en peso seco total. Reiterando los resultados de las anteriores variables, existe una correlación en la respuesta positiva de las plantas con la aplicación de láminas de riego cercanas y superiores al promedio de precipitación de la zona donde se realizó el ensayo. El descenso en el crecimiento de las plantas produce disminución en la biomasa y no sólo viene determinado por la disminución en la expansión de las células, sino que también intervienen otros factores. Si se considera la planta como un sistema de entradas y salidas de energía y materia, las entradas vienen determinadas por el área de asimilación (órganos fotosintéticamente activos) que absorben energía lumínica y CO_2 , lo que determina la producción de materia orgánica total de la planta (Azcon-Bieto y Talon, 2008; Taiz y Zeiger, 2002),

Distribución de materia seca en la planta

Para el caso de la distribución de materia seca en raíz, tallo y hojas se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en cuanto las frecuencias de aplicación evaluadas. En el caso de las láminas de riego, no se presentaron diferencias estadísticas, al igual que en la interacción de estos dos factores (figura 6).

El déficit hídrico leve también afecta el desarrollo del sistema de la raíz. La relación de la biomasa entre la raíz y la parte aérea se ve determinada por un balance funcional entre la respuesta de absorción del agua por la raíz y la fotosíntesis efectuada en el filoplano, es decir, la parte aérea crece hasta cuando la raíz sea capaz de absorber agua, de igual manera las raíces sólo crecerán hasta cuando el la parte aérea pueda suministrar los fotosintatos necesarios a la raíz. Este balance funcional puede verse afectado si el suministro de agua disminuye (Taiz y Zeiger, 2002).

En investigaciones realizadas por Wouter et al. (2009), demostraron que las plantas cultivadas en

abastecimiento limitado de agua presentan un cambio en la biomasa y en su respectiva asignación de masa seca a hojas, tallos y raíces. Para la variable materia seca de la raíz, las frecuencias 3; 6; 9 y 12 días presentaron un comportamiento similar, como las de menor rendimiento, mientras que la frecuencia

de 15 días, presentó el mejor comportamiento. Las variables materia seca en tallos y hojas presentaron un comportamiento similar, en donde las frecuencias de mayor rendimiento fueron las de 3 y 12 días, mientras que en las frecuencias 6; 9 y 15 días, el rendimiento fue menor.

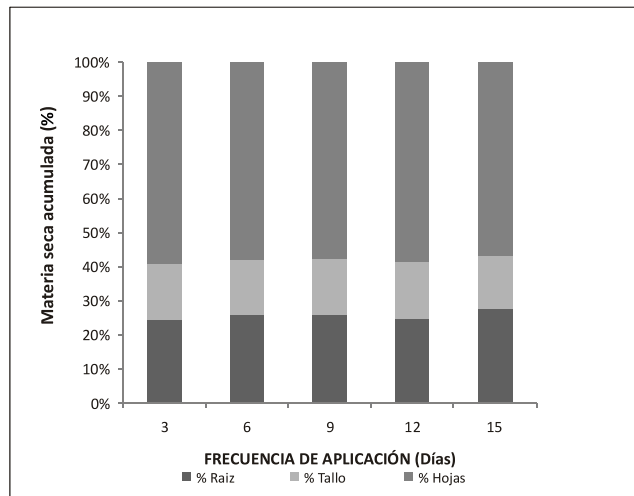


Figura 6. Distribución de materia seca de acuerdo con las frecuencias de aplicación usadas para la obtención de almácigos de café variedad Castillo, en condiciones de la subestación experimental de Cenicafé.

Peso específico de las hojas

En cuanto peso específico de las hojas, se observó que el factor láminas de riego y la interacción de éste con las frecuencias aplicadas no afectaron el comportamiento de la variable. Sin embargo, al observar el factor frecuencias de aplicación, se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre la frecuencia de 9 días, que obtuvo el mayor peso específico de hojas, y las demás frecuencias.

Según Taiz y Zeiger (2002), en relación con la tasa fotosintética (expresada en función del área foliar), en algunas ocasiones la expansión de la hoja responde a un estrés hídrico leve, porque la fotosíntesis es mucho menos sensible a la turgencia que en la expansión de las hojas. No obstante para un estrés hídrico leve, usualmente afecta la fotosíntesis en la hoja y la conductancia estomática. Cuando un estoma se mantiene

cerrado como consecuencia del estrés hídrico en etapas tempranas, se puede incrementar la eficiencia en el uso del agua a causa del cierre estomático, inhibiendo la transpiración, con disminución de las concentraciones de CO_2 intercelular. Para un estrés severo, la deshidratación de las células del mesófilo inhibe la fotosíntesis, altera su metabolismo y disminuye la eficiencia en el uso del agua. El estrés hídrico disminuye la fotosíntesis y el consumo de asimilados en la expansión de las hojas, a su vez, como consecuencia indirecta, se disminuye la cantidad de fotosintatos elaborados por las hojas al igual que el movimiento de asimilados por el floema. Además, Barrera (1998) afirma que una de las adaptaciones usadas por las plantas para disminuir el efecto de un déficit hídrico es su tendencia a reducir la transpiración, lo cual origina pequeñas hojas coriáceas con cutícula gruesa, estomas hundidos, alta concentración osmótica de las células, disposición compacta de

células pequeñas y menor crecimiento aéreo en relación con la parte subterránea.

Relación raíz / vástago

En cuanto la frecuencia de aplicación, se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre la frecuencia de 15 días que mostró la mejor relación con respecto a las frecuencias de 3; 6; 9 y 12 días, mientras que en lámina de riego no se encontraron diferencias, ni tampoco en su interacción.

De acuerdo con investigaciones realizadas sobre las respuestas fisiológicas y morfológicas de dos progenies de café, según la disponibilidad de agua en el suelo, se concluyó que aquellas plantas sometidas a sequía presentaban una mayor asignación de la biomasa por debajo que por encima del suelo, generando así un aumento en la relación raíz / vástago. Sin embargo, cuando las plantas presentaron una alta tasa relativa crecimiento (TCR), originada por condiciones de buen riego, tendían a disminuir la tolerancia a la baja disponibilidad de agua, lo cual refleja que debe existir un equilibrio entre el potencial de crecimiento y la tolerancia a la sequía. (Días et al., 2006).

Los resultados obtenidos en esta investigación se evidencian también en los estudios realizados por Wouter et al. (2009), quienes se concluyeron que plantas en semillero sometidas a déficit hídrico sufren cambios drásticos en el número de hojas, área foliar, longitud de raíz y, a su vez, aumento en el valor de la relación raíz / vástago.

Conclusiones

Para la variable altura de las plantas, se concluye que los tratamientos y frecuencias de aplicación evaluadas no ejercen influencia en su comportamiento, en tanto que la aplicación de una lámina de riego de 650 mm, genera plantas con mayor altura y mejor desarrollo.

En cuanto la longitud de la raíz, se observó que

su comportamiento durante el ensayo está influenciado directamente por las frecuencias de aplicación y láminas de riego, al igual que la interacción de estos dos factores, demostrándose que con frecuencias de aplicación de 9 días y una lámina de riego de 650 mm, se producen plántulas con un sistema radicular bien desarrollado.

Con el uso de frecuencias de aplicación de 3 y 12 días, con una lámina de riego de 650 mm, se logró un aumento significativo del área foliar.

Se determinó que el peso fresco total de las plantas aumentó cuando se manejan frecuencias de aplicación de 12 días, combinadas con láminas de riego de 450; 550; 650 y 750 mm; con mayor promedio del peso fresco total en plantas con la aplicación de una lámina de 650 mm.

El peso seco total de las plantas de café presenta mayores valores cuando se aplican láminas de riego de 450; 550; 650 y 750 mm, con un aumento cuando se aplicó 550 mm. Las frecuencias y evaluadas no influyeron en el comportamiento de esta variable.

La distribución de la materia seca en la planta (raíz, tallo y hojas) es una variable que durante el ensayo se vio influenciada significativamente por un solo factor, correspondiente a las frecuencias de aplicación. Con periodos de riego de 3 y 12 días se mejoró la proporción de materia seca acumulada en tallos y hojas; mientras que con periodos de riego de 15 días favoreció la proporción de materia seca en la raíz.

Se encontró que el peso específico de las hojas presentó diferencias altamente significativas para el factor frecuencias, y cuando se mantuvieron periodos de aplicación de 9 días, esta variable mostró los mejores promedios.

En la relación raíz / vástago los mejores promedios se obtuvieron con periodos de riego de 15 días. Esta variable no se vio afectada por las diferentes láminas aplicadas.

Es necesaria la aplicación de riego en la producción de almácigos en la zona de Floridablanca (Santander) ya que las plantas sometidas a láminas de riego superiores al

promedio de precipitación de la zona (502 mm en 120 días) manifestaron un mejor desarrollo, comparadas con plantas sometidas a láminas inferiores al promedio mencionado.

Literatura Citada

- Arcila, P.J. 2000. Evite errores en el manejo de Almácigos de café. Avance Técnico. No. 274. Chinchiná (Colombia): Cenicafé. 1 p.
- Ávila, R.; K.S. Sadeghian; A.P. Sánchez M. y H.E. Castro. 2007. Producción de almácigos de café en el departamento de Santander con diferentes fuentes de materia orgánica y fósforo. Avance Técnico No. 356. Chinchiná (Colombia). Cenicafé. 1 p.
- Azcon-Bieto, J. y M. Talon. 2008. Fundamentos de Fisiología. Editorial McGraw-Hill, Segunda edición. España. 651 p.
- Barrera, R. 1998. Riegos y drenajes. Bogotá (Colombia) segunda reimpresión. Ediciones USTA. 326 p.
- Dias, C.P.; L.A. Wagner; G. Moraes; R. Barros y F.M. Damatta. 2006. Morphological and physiological responses of two coffee progenies to soil water availability. Departamento de Biología Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brazil. 1-9 p.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 2009. Caficultura Colombiana. Colombia, Sinónimo de Biodiversidad. Disponible online en: <http://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/EI%20Caf%20C3%A9%20de%20Colombia%20Contexto%20General.pdf>. Consulta: 23-05-2009.
- Fournier, L. 1987. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense* 12 (1),131-146.
- Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Editorial Edutex. México. 393 p.
- Red de Información Cafetera. 2008. Las principales cifras de la actividad cafetera colombiana durante 2008. Disponible online en: [http://mailin.cafede.com/productivo/Inscripc.nsf/792337e17cf5a4f605256d51008185f3/538347d18d0c4d3a0525750c004d4911/\\$FILE/Boletin-%20Principales%20cifras%20sector%20cafetero%202008.pdf](http://mailin.cafede.com/productivo/Inscripc.nsf/792337e17cf5a4f605256d51008185f3/538347d18d0c4d3a0525750c004d4911/$FILE/Boletin-%20Principales%20cifras%20sector%20cafetero%202008.pdf). Consulta: 14-10-2009.
- Sharp, R.E. y W.J. Davies. 2008. Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water. En: Jones, H.G.; T.J. Flowers y M.B. Jones. *Plants under stress*. Cambridge University Press. 71-94p.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2002. *Plant physiology*. Tercera edición. Sunderland, Massachusetts. Editorial Sinauer Associates. 592p.
- Wouter, H.M.; M.J. Wouter; Achten; R. Bert; R. Dirk y S. Roeland; M. Bart. 2009. Plant-water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress, *Journal of Arid Environments*, Bélgica. 1-8 p.

Fecha de Recepción: 16 de junio de 2009
Fecha de Aceptación: 21 de septiembre de 2009