

COMPETENCIA POR AGUA ENTRE EL CAFE Y TRES COBERTURAS VIVAS (*Arachis*, *Desmodium* Y MALEZAS) EN NICARAGUA¹

Lisa Bradshaw^{2/}*, Kevin J. Rice**

RESUMEN

Se comparó el efecto sobre el recurso agua en el suelo de 2 tipos de coberturas vivas perennes, del crecimiento de malezas espontáneas y de parcelas libres de malezas en cafetales. A pesar de que el café sin malezas tuvo la humedad del suelo más baja durante dos veranos consecutivos, sufrió menos estrés hídrico debido a una densidad de raíces más alta que los otros tratamientos. Además, el crecimiento de las ramas fue mayor en el tratamiento sin malezas durante el inicio de la época lluviosa, y la tasa de aborto de frutas menor el siguiente año, pero no se encontraron otras diferencias significativas entre tratamientos. Aunque la diferencia en rendimientos de grano oro durante 4 años no fue estadísticamente significativa, hubo una tendencia a obtener rendimientos menores en el tratamiento sin deshierbar. El estrés hídrico en el café durante el verano, calculado como una integral, estuvo significativamente relacionado con el porcentaje de frutas abortadas y con el número promedio de hojas por rama al final del verano de 1992, pero no con ningún otro efecto medido en el café.

INTRODUCCION

El uso de coberturas vivas en varios cultivos ha sido una práctica común durante muchos años. Proporciona beneficios tales como un au-

ABSTRACT

Competition for water in coffee plants grown with three cover crops (*Arachis*, *Desmodium* and weeds) in Nicaragua. The effects of perennial cover crops on soil water resources compared to unweeded and clean weeded areas, and the competitive responses of coffee (*Coffea arabica*) were investigated. Despite experiencing lower soil moisture during two consecutive dry seasons, the clean weeded coffee suffered less water stress, due to greater root length densities relative to the other treatments. Shoot growth was greater in clean weeded coffee one year and fruit abortion rates were lower the following year, but no other differences were found among treatments. Although there was no statistically significant difference in yields over four years, there was an apparent trend of lower yields in the unweeded coffee treatment. The water stress in coffee, expressed as an integral, was significantly related to percent fruits aborted and to average number of leaves per branch at the end of the 1992 dry season but not with any other coffee response variables.

mento en el contenido de materia orgánica del suelo, en los niveles del N y en la tasa de infiltración del agua, así como disminución de la tasa de erosión, la escorrentía y el crecimiento de malezas; también rompe los ciclos de vida de algunos

1/ Recibido para publicación el 20 de febrero de 1998.

2/ Autora para correspondencia.

* Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis, CA, 95616, USA. Dirección actual: School for Field Studies/Centro de Estudios

sobre Desarrollo Sostenible, Apartado 150-4013, Atenas, Alajuela, Costa Rica.

** Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis, CA 95616, USA.

patógenos (Smith et al. 1987, Power 1987 y Miller et al. 1989). Estos efectos permitirían reducir la cantidad de insumos, mantener o aumentar la capacidad del suelo para retener el agua y mejorar la salud general del sistema. Por otra parte, las coberturas vivas también pueden tener desventajas, como la competencia por los recursos del suelo con el cultivo principal. Por ejemplo, Anderson et al. (1992), Schumann (1992) y Wilson (1985) afirmaron que las coberturas vivas disminuyeron los rendimientos y el crecimiento de los cultivos perennes al agotar el agua del suelo, si bien dichos autores no ofrecieron ninguna correlación estadística entre la disponibilidad del agua y la producción o el crecimiento.

Las investigaciones con coberturas vivas en el café han dado resultados contradictorios e incompletos. Robinson y Mitchell (1964) empezaron un estudio de 10 años en Tangañica que incluyó una cobertura leguminosa sembrada entre las hileras del café, pero después de 2 años cambiaron estos tratamientos debido a "efectos adversos severos" de la cobertura viva sobre el café, aunque no presentaron datos. En cambio, Chandler et al. (1969) sembraron una cobertura de zacate entre las hileras del café en Puerto Rico y no encontraron reducciones en los rendimientos; el agua disponible del suelo y los niveles de nutrimentos en las hojas del café fueron iguales entre tratamientos, aunque no se presentó prueba estadística con estos datos. Oladokun (1980) realizó un ensayo con 4 coberturas leguminosas combinado con tratamientos de sol y sombra durante el establecimiento de los cafetos. Encontró que por lo general las coberturas no afectaron la humedad del suelo, pero en algunos casos ésta era significativamente mayor o menor, dependiendo del tratamiento de sombra y de la época del año (estación lluviosa o seca); también determinó que los niveles de 6 nutrimentos en las hojas de los cafetos no fueron afectados por las coberturas, excepto el P que bajó en presencia de una de las coberturas y bajo sombra. Njoroge y Kimemia (1993) compararon una cobertura de *Desmodium intortum* con café con un "mulch" de *Pennisetum purpureum* bajo varios niveles de fertilización; la producción fue consistentemente más alta en el café con el "mulch" y 60 kg/ha o

más de fertilizante nitrogenado, en comparación con *D. intortum* más 0-240 kg/ha N; la humedad del suelo fue igual entre todos los tratamientos y la cobertura de *D. intortum* controló mejor la erosión del suelo durante el estudio de 8 años.

Como se ha visto, los resultados de añadir una cobertura viva a un cafetal varían entre sistemas. La especie usada, así como las condiciones específicas del clima y otros factores bióticos, determinarán los efectos que tendrá la cobertura sobre la disponibilidad de los recursos del suelo y por consiguiente modificará el comportamiento del café, especialmente en su producción.

La presente investigación se realizó en el sur-oeste de Nicaragua para examinar los efectos de 2 coberturas vivas perennes sobre la humedad del suelo y la respuesta fenológica y productiva del café, con el fin de determinar los mecanismos de competencia.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación

El estudio se realizó en una finca en la región de Carazo, Nicaragua, ubicada aproximadamente a 12° latitud norte y 86° longitud oeste, a una elevación de 600 msnm. La precipitación promedio anual entre 1980 y 1992 fue de 1395 ± 323 mm, cayendo mayormente entre mayo y noviembre. El "verano" se refiere a la época seca de aquí en adelante; durante los años del estudio los veranos fueron típicamente secos. Las temperaturas promedio mensuales tuvieron un mínimo de 22°C y un máximo de 27°C. La topografía de la finca es plana, con suelos del orden Andisol, antiguo subgrupo Typic Durandep (Castillo 1990). La textura es franca a franco-arenosa, con un pH promedio de 6.6, y un porcentaje promedio de materia orgánica y N total de 15 y 0.6 respectivamente. La presencia de un duripan a aproximadamente 80 cm de profundidad inhibe mayormente el crecimiento de raíces. La capacidad de retención del agua es 76% a 0.03 MPa y 42% a 1.5 MPa.

Las plantas de café (*Coffea arabica*, cv. Catuai Amarillo) fueron transplantadas del vivero en 1988 a 3.5 m entre hileras y 0.5 m entre

plantas (5714 plantas/ha). Anteriormente la finca había sido sembrada con café. Algunos arbolitos de sombra temporal (*Ricinus communis* y *Gliricidia sepium*) estaban presentes al momento de la siembra, pero la mayoría del cafetal estaba a pleno sol.

Tratamientos y diseño experimental

En junio de 1990 se establecieron parcelas con 2 especies de coberturas vivas leguminosas, *Arachis pintoii* (CIAT 18744 y 18748) y *Desmodium ovalifolium* (CIAT 350) y parcelas testigo que no recibieron ningún manejo de malezas a partir de la fecha de siembra de las coberturas (testigo sin deshierbar). Se sembraron 5 surcos de coberturas a una distancia de 0.5 m entre las hileras del café, usando estolones de *Arachis* y semillas de *Desmodium*. Areas adyacentes, rodeando las parcelas, fueron marcadas como parcelas testigo bajo el manejo típico de malezas del productor (testigo del productor), las cuales recibieron una aplicación de glifosato, una aplicación de paraquat mezclado con simazina, y por lo menos un corte con tractor por año, todo a criterio del productor. Cada parcela consistió de 2 entrecalles rodeando una calle de café de 8 m de largo, de la que se usaron 14-18 plantas para tomar mediciones. Las parcelas fueron repetidas 3 veces, en un diseño de bloques completos al azar. Después de sembradas, las parcelas con las coberturas vivas fueron deshierbadas a mano cada 4 semanas durante 3 meses, hasta que alcanzaron cobertura total.

VARIABLES EVALUADAS

Se midió la humedad del suelo, el potencial hídrico de las hojas del cafeto, su crecimiento y los rendimientos en fruto. Las relaciones entre los efectos de las coberturas vivas y los parámetros evaluados fueron analizadas estadísticamente, para determinar las interacciones competitivas entre el café y las coberturas.

Humedad del suelo. Durante la época seca (verano) de 1991 y 1992 se midió la humedad a 0-30 cm y 30-60 cm profundidad, con el método gravimétrico, a intervalos mensuales, aproximadamente. Las muestras fueron tomadas

bajo el dosel del café. En 1993 se midió la humedad del suelo en 3 ocasiones durante el verano (8 de enero, 3 de febrero y 10 de mayo), tanto en la calle como en el centro de la entrecalle y a una distancia media entre el centro y el tronco del cafeto.

Potencial hídrico. Se utilizó una cámara de presión (Scholander et al. 1965) para medir el potencial hídrico de una hoja de la parte superior de cada uno de 3 arbustos de café por parcela. Las muestras fueron tomadas una hora antes de la salida del sol una vez al mes, en marzo, abril y mayo de 1991, y a intervalos de 4 semanas desde noviembre 1991 a mayo 1992, así como en enero y febrero de 1993. Para las mediciones de noviembre 1991 a mayo 1992 se calculó una integral del estrés hídrico (IEH) con la fórmula derivada por Myers (1988):

$$IEH = | \sum [(\psi_i + \psi_{i+1})/2 - c]n |$$

donde:

$(\psi_i + \psi_{i+1})/2$ = potencial hídrico promedio de cualquier intervalo i a $i+1$;

c = potencial máximo (menos negativo) durante la estación entera y;

n = longitud del intervalo en días.

Densidad de raíces. En mayo de 1993, se tomaron muestras del suelo de 0-30 cm y 30-50 cm de profundidad, bajo el dosel del café y al centro de la entrecalle, para medir la densidad de las raíces del café. Se utilizó un "scanner" de raíces Comair (Hawker De Havilland) para medir la longitud de las raíces de 12 muestras, que después se secaron a 65°C por 48 h antes de pesarlas. Se encontró una alta correlación entre largo de las raíces y su peso ($r = 0.97$), por lo que las demás muestras fueron secadas, pesadas y su longitud estimada usando la ecuación de la regresión. Los Andeva se hicieron para cada profundidad en cada sitio del muestreo, con el fin de determinar con más precisión donde se podía estar dando la competencia.

Fenología. A partir de octubre de 1990, y durante 2 años completos, se midió la fenología

del café a intervalos de aproximadamente un mes, en 5 ramas previamente marcadas por parcela. Se anotó el largo total (de lo cual se calculó el porcentaje del incremento por tiempo) y el número de hojas, flores y frutas, desde la formación hasta el momento de la cosecha. De estos últimos recuentos se calculó la tasa del aborto de las frutas.

Rendimiento. Se cosecharon y se pesaron las frutas del café en múltiple cortas entre diciembre y febrero durante 4 años a partir de 1991. En 1991 y 1992 se tomaron muestras de las frutas de cada parcela para procesarlas y calcular el peso del café oro y el porcentaje del oro de calidad exportable, definido como los granos con un tamiz mayor que 0.67 cm.

Nutrientos foliares. Se tomaron muestras de hojas de café en enero y agosto de 1991, así como en enero y junio de 1992, para monitorear los niveles de nutrientes (NPK). Un par de hojas nuevas de 5 arbustos por parcela fueron cortadas y secadas a 65°C antes de molerlas. Las muestras se analizaron en el laboratorio DANR, de la Universidad de California en Davis, para el contenido de N, P y K, por métodos estándares.

Análisis de datos

Se realizaron pruebas estadísticas usando el análisis de varianza. En algunos casos, indicados en la sección de resultados, los datos fueron transformados por rango para acomodar las distribuciones no normales (Conover e Iman 1981). Para los datos de humedad del suelo, potencial hídrico de las hojas en el segundo año y rendimientos durante los 4 años, se empleó el Andeva de mediciones repetidas. Los promedios de los tratamientos fueron comparados usando contrastes ortogonales. Las relaciones entre las diferentes variables fueron analizadas por medio de regresiones lineales.

RESULTADOS

Humedad del suelo

A ambas profundidades, durante los 2 años, hubo una disminución significativa en la

humedad del suelo en el transcurso del verano. En el verano de 1990-91, hubo una interacción significativa entre el tratamiento y la fecha de muestreo para los datos del contenido de humedad del suelo a 0-30 cm de profundidad. La humedad del suelo fue menor en el testigo del productor que en los otros tratamientos en las fechas de muestreo de marzo y abril (Figura 1); a 30-60 cm de profundidad en el mismo verano, la interacción entre el tratamiento y la fecha fue casi significativa ($p=0.06$), también debido a una humedad menor en el testigo del productor en los muestreos del 31 de enero y del 10 de abril.

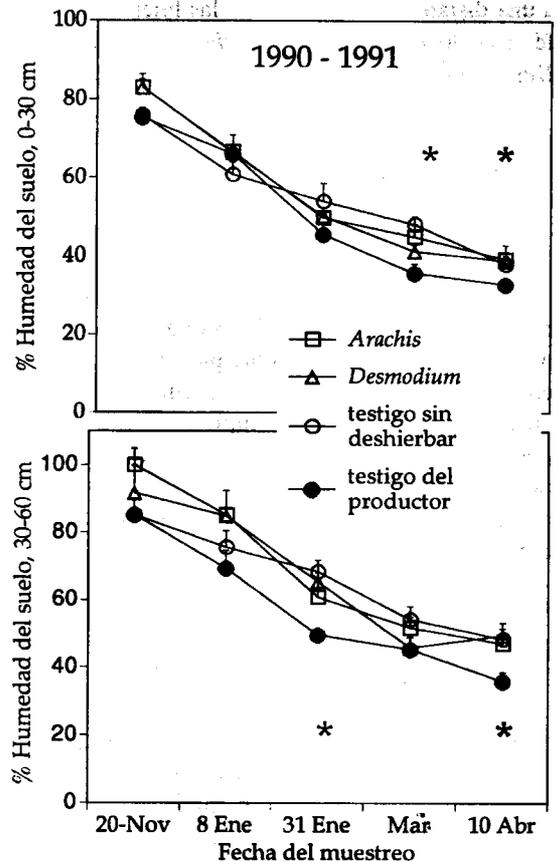


Fig. 1. Porcentaje promedio de humedad del suelo durante el verano de 1990-91. Las barras en los símbolos señalan errores estándares. Los asteriscos indican fechas cuando la humedad del suelo fue significativamente menor ($p<0.05$) en el testigo del productor.

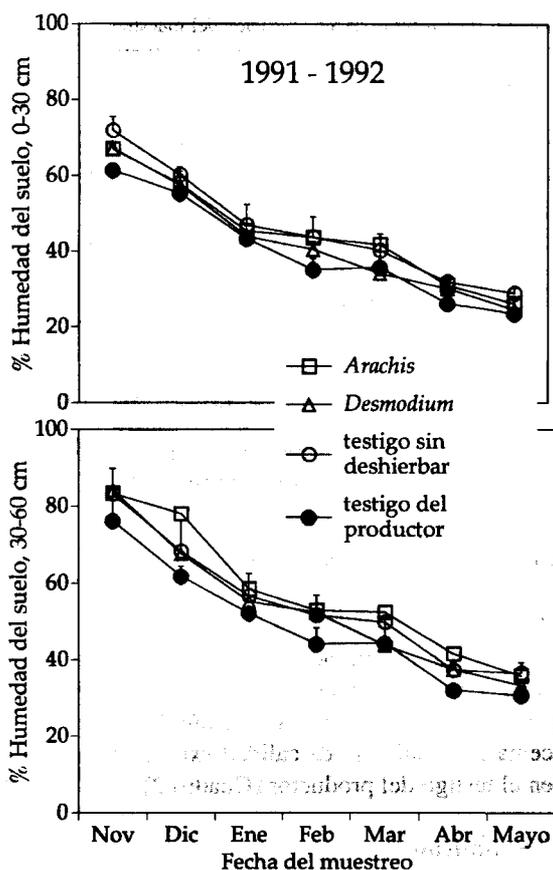


Fig. 2. Porcentaje promedio de humedad del suelo durante el verano de 1991-92. Las barras en los símbolos señalan errores estándares. Hubo una humedad del suelo significativamente menor ($p < 0.05$) en el tratamiento del productor a la profundidad de 0-30 cm durante todo el verano.

Durante todo el verano de 1991-92 hubo menos contenido de humedad del suelo en el testigo del productor, aunque la diferencia fue significativa solamente a 30-60 cm de profundidad (Figura 2). No hubo diferencias significativas entre tratamientos en ningunas de las fechas ni sitios del muestreo en las mediciones de humedad del suelo de 1993.

Potencial hídrico

El potencial hídrico de las hojas en todos los tratamientos bajó con el avance del verano. El Andeva para el potencial hídrico

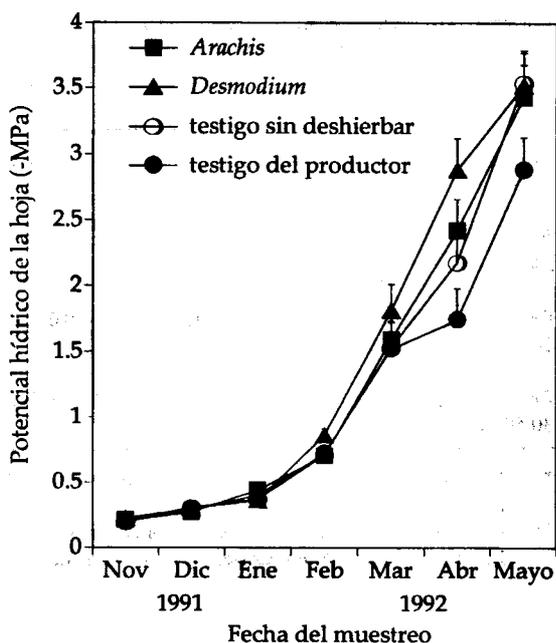


Fig. 3. Promedio de potencial hídrico de la hoja del café (MPa) al amanecer durante el verano de 1991-92. Las barras en los símbolos señalan errores estándares. El café en el testigo del productor tuvo el potencial hídrico significativamente menos negativo ($p < 0.05$).

de las hojas del café en el verano 1991-92 indicó un efecto significativo del tratamiento ($p < 0.05$) y de la interacción entre tratamiento y fecha ($p < 0.01$). El café en el testigo del productor tenía el potencial hídrico menos negativo (i.e. estuvo bajo menos estrés) que los otros tratamientos, y esta diferencia aumentó en el transcurso del verano (Figura 3). Las IEH transformadas por rango dieron los mismos resultados (datos no presentados). En todas las fechas de mediciones del verano 1990-91 y 1993 tampoco hubo diferencias entre tratamientos (datos no presentados).

Densidad de raíces

Los datos de densidades de raíces de café a 30-60 cm de profundidad bajo el dosel del café, y los de las 2 profundidades al centro de la entrecalle, fueron transformados por rango para el análisis. Debajo del dosel del café, en las 2 profundidades de muestreo, hubo una densidad de

Cuadro 1. Promedio de la densidad de las raíces del café (cm/cm³) en los tratamientos, según ubicación del muestreo.

Ubicación del muestreo	<i>Arachis</i>	<i>Desmodium</i>	Testigo sin deshierbar	Testigo del productor	p
Bajo dosel del café, 0-30 cm*	1.7 (0.1)** a†	2.9 (0.8) a	4.5 (0.9) a	6.4 (2.6) b	0.05
Bajo dosel del café, 30-50 cm*	0.7 (0.3) a	0.9 (0.2) a	0.9 (0.2) a	3.9 (2.8) b	0.05
Centro de entrecalle, 0-30 cm	0.4 (0.1) a	0.6 (0.3) a	0.8 (0.3) a	1.3 (1.0) a	NS
Centro de entrecalle, 30-50 cm	0.3 (0.1) a	0.4 (0.2) a	0.5 (0.2) a	0.4 (0.3) a	NS

* Volumen del suelo muestreado = 190 ml a 0-30 cm y 172 ml a 30-50 cm. Todos los datos fueron transformados por rango menos los de esta ubicación.

** Los números en paréntesis son desviaciones estándares.

† Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos, determinadas por contrastes ortogonales.

raíces mayor en el testigo del productor, pero en el centro de la entrecalle no hubo diferencia entre tratamientos (Cuadro 1).

Fenología

Durante el período de mayor crecimiento vegetativo (mayo-julio) de 1991, el porcentaje de incremento en el largo de las ramas del café se diferenció entre tratamientos de la siguiente manera: testigo del productor > con cobertura de *Arachis* = con cobertura de *Desmodium* > testigo sin deshierbar (Cuadro 2). No hubo diferencia en el crecimiento entre tratamientos durante el resto de 1991 ni durante 1992 (Cuadro 2). El número promedio de hojas por rama de café el 15 de mayo de 1991 (el día antes de la primera lluvia del año) fue mayor en el testigo del productor, pero no hubo una relación entre el número de hojas y el crecimiento de las ramas. No hubo diferencia en el número de hojas en ninguna otra fecha.

No se encontraron diferencias entre tratamientos en el número de flores por rama, el porcentaje de frutas abortadas o el porcentaje del café oro de calidad exportable en la cosecha de 1991 (Cuadro 2). En 1992 se comenzó con un número de flores por rama igual entre tratamien-

tos (datos transformados por rango), pero la tasa del aborto de las frutas fue menor en el testigo del productor; también en este año hubo un porcentaje del café oro de calidad exportable menor en el testigo del productor (Cuadro 2).

Rendimiento

Los rendimientos del café variaron significativamente entre años, pero no entre tratamientos (Cuadro 3), aunque este último efecto mostró un valor de $\alpha \leq 0.08$; además, la estimación del poder del análisis sobre el efecto del tratamiento (Zar 1984) fue de 0.38, indicando una alta probabilidad de error tipo II, lo cual significa que es muy posible que existan diferencias entre tratamientos.

Todas las mediciones de las variables de la "respuesta" del café en 1992 (número de hojas y flores, crecimiento de las ramas, tasa de aborto de las frutas y los rendimientos) fueron analizadas por regresión lineal contra el IEH. Se encontraron relaciones significativas con el IEH únicamente en el número de hojas por rama en mayo ($r^2 = 0.36$, $p = 0.04$) y el porcentaje de frutas abortadas ($r^2 = 0.35$, $p = 0.05$). No se observó evidencia de relaciones no lineales entre el IEH y las otras variables. Un análisis de regresión lineal del IEH contra la densidad total de las raíces del

Cuadro 2. Promedio del crecimiento y producción del café por tratamiento, 1991-92.

Variable	<i>Arachis</i>	<i>Desmodium</i>	Testigo sin deshierbar	Testigo del productor	p
1991					
% crecimiento de ramas (mayo-julio)	18.9 (0.6)* b†	14.9 (0.2) b	11.5 (0.5) a	24.4 (0.3) c	0.003
# hojas por rama (15 mayo)	2 (0.4) a	2 (0.9) a	5 (3.1) a	8 (4.0) b	0.054
flores por rama	92 (30)	71 (21)	82 (32)	118 (34)	NS
% frutas abortadas	47 (6)	43 (11)	52 (5)	47 (12)	NS
% exportable	45 (9)	50 (2)	38 (6)	53 (12)	NS
1992					
% crecimiento de rama (mayo-julio)	13.8 (8.2)*	16.1 (8.4)	13.1 (4.8)	23.5 (11.6)	NS
flores por rama	14 (5)	38 (46)	27 (17)	18 (2)	NS
% frutas abortadas	82 (3) a	88 (7) a	80 (8) a	75 (4) b	0.02
% exportable	50 (10) a	51 (2) a	57 (12) a	34 (12) b	0.02

* Los números en paréntesis son desviaciones estándares.

† Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos determinadas por contrastes ortogonales a la probabilidad, p indicada.

Cuadro 3. Promedio de rendimientos del café en g oro/árbol.

Cosecha	<i>Arachis</i>	<i>Desmodium</i>	Testigo sin deshierbar	Testigo del productor	Todos los tratamientos
91/92	110 (9)*	96 (15)	113 (57)	182 (63)	125 (51) a†
92/93	116 (35)	92 (26)	68 (26)	124 (50)	100 (38) a
93/94	235 (239)	222 (91)	62 (50)	357 (126)	219 (165) b
94/95	274 (126)	343 (67)	183 (59)	191 (24)	248 (96) b
todos los años	184 (139)	188 (119)	106 (66)	213 (111)	

* Los números en paréntesis son desviaciones estándares.

† Las letras indican diferencias significativas entre años determinadas por la prueba Fisher a $p < 0.05$.

café medida en 1993 indicó una relación débil ($r^2 = 0.26$, $p = 0.09$).

Nutrientes foliares

Los niveles de nutrientes en las hojas del café en todos los tratamientos y fechas del muestreo tuvieron los siguientes rangos: N:

2.65-3.60%; P: 0.13-0.25% y K: 1.48-3.50%. Todos estos rangos caben dentro, o exceden levemente, los rangos óptimos para los nutrientes respectivos definidos por Carvajal (1984). Aunque hubieron algunas diferencias significativas entre tratamientos en algunas fechas y elementos, no se encontró ningún patrón de tratamientos ni deficiencias.

DISCUSION

En los años 1991-92, en que se tomaron mediciones de humedad del suelo durante todo el verano, se observó un patrón de suelo más seco en el tratamiento testigo del productor (con control de malezas). Sin embargo, las mediciones del potencial hídrico de las hojas del café durante este verano de 1991-92 indicaron que los arbustos sufrieron menos estrés hídrico bajo este tratamiento.

Los datos de la densidad de las raíces del café del presente estudio en el tercer verano, igual que en otros estudios (Sáiz del Río et al. 1961, Garriz 1978) mostraron que las raíces del café se concentran en el suelo a 0-30 cm, lo cual sugiere que el café en el testigo del productor no aprovechó el agua de otras profundidades del suelo para disminuir el estrés. Además, no se encontraron diferencias entre tratamientos en la humedad del suelo a 30-60 cm, y no hubo mucho crecimiento de raíces a una profundidad mayor de 80 cm. La densidad de las raíces del café se midió, en 1993 (fue la única medición), para determinar si las diferencias entre tratamientos en distribución de las raíces, y por ende en el aprovechamiento del agua del suelo, podían explicar los resultados de estrés hídrico. Se encontró una densidad de raíces mayor bajo el dosel del café en el testigo del productor a los 0-30 cm, de manera que, a pesar de experimentar el suelo más seco, el café en este tratamiento desarrolló más raíces en esta capa superficial, para obtener agua; la relación casi significativa entre el IEH y la densidad de raíces respalda la hipótesis de que la menor densidad de raíces en el café de los otros tratamientos resultó en una menor explotación del agua del suelo. Vale la pena señalar que las diferencias en el estrés hídrico aumentaron hacia el final del verano de 1991-92 (en los otros veranos no se encontraron diferencias, posiblemente porque las mediciones no se tomaron desde el comienzo hasta el fin de los veranos). Aparentemente, cuando se llega por debajo de algún umbral en la humedad del suelo, la mayor densidad de raíces podría conferir una ventaja relativa ante los valores cambiantes de la conductividad y difusividad hidráulica, los cuales disminuyen el movimiento del agua en suelos no saturados.

Se pueden emplear manejos alternativos de las coberturas vivas para fomentar densidades de raíces mayores en el café. Se debe investigar el efecto de cortar las coberturas vivas en los primeros meses del verano, para desalentar su rebrote hasta la siguiente época lluviosa. Dado que las raíces finas del café crecen relativamente más durante las épocas secas (Cannell 1971), podrían proliferar en las zonas del suelo donde antes estaban excluidas por la presencia de las coberturas.

En las mediciones del crecimiento del café en 1991 hay algunas dificultades en separar los efectos del tratamiento de los efectos de un brote del minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) que ocurrió en marzo de 1991. Esta infestación provocó una defoliación severa en el café y estuvo notablemente más concentrada en algunas parcelas. Por consiguiente la diferencia en el número promedio de hojas por rama encontrada el 15 de mayo (Cuadro 2) se confunde con una posible interacción entre el estrés hídrico y el efecto del minador. El crecimiento vegetativo inmediatamente después de ese verano fue mayor en el testigo del productor, pero no estuvo significativamente relacionado con el número de hojas. Por eso no se puede atribuir con seguridad la diferencia en el crecimiento a una menor área foliar, ya que el daño provocado por el minador a las hojas podría haber contribuido al menor crecimiento. Se sugiere que el estrés hídrico mayor en el café bajo los otros tratamientos no fue lo que afectó el crecimiento durante la época lluviosa siguiente. Akunda y Kumar (1982) y Kumar y Tieszen (1980) determinaron que el crecimiento en las hojas del café se paró, y la fotosíntesis disminuyó fuertemente, respectivamente, cuando el potencial hídrico de las hojas fue menor que -2.0 MPa; sin embargo, en ensayos de invernadero Drinnan y Menzel (1994) registraron aumentos de 2.0 MPa en un día después de regar los arbustos sometidos a un estrés de -2.5 MPa, y subsecuentemente estos arbustos mostraron un crecimiento vegetativo mayor que los arbustos mantenidos a un potencial hídrico de -0.5 MPa. En este estudio se encontró que el potencial hídrico de las hojas aumentó entre 0.2 y 0.3 MPa en menos de 11 días después de la primera lluvia de la estación. Se puede suponer, entonces, que con una sola lluvia

fuerte el café se recuperó del nivel de estrés hídrico mayor de -2.0 MPa y comenzó a crecer, y que las diferencias en el tiempo total que sufrió el nivel de estrés mayor no afectaron el crecimiento posterior.

Dado que el crecimiento vegetativo genera los nudos para la producción de frutos el año siguiente, se anticipó que los rendimientos de 1992 reflejarían las diferencias entre tratamientos en el crecimiento de 1991. Los tratamientos empezaron con igual número de flores por rama, pero el porcentaje de frutas abortadas entre junio y octubre de 1992 fue menor en el testigo del productor (Cuadro 2). La tasa de aborto se relacionó significativamente con el IEH. No se sabe el mecanismo por el cual un estrés hídrico mayor podía haber provocado mayor caída de frutas meses después, pero puede ser un efecto acumulativo. El desarrollo y retención de las frutas dependen, en parte, de las reservas de carbohidratos (Cooil y Nakayama 1953, Janardhan et al. 1971). El haber mantenido el crecimiento vegetativo en 1992, a pesar de un área foliar relativamente menor en el año anterior, podría haber empobrecido las reservas del café en los tratamientos con coberturas y el testigo sin deshierbar, causando la caída de frutas que los arbustos no pudieron mantener.

El tamaño del grano del café es controlado por la disponibilidad de agua durante el período del crecimiento de la fruta antes de la lignificación del endocarpo (Wrigley 1988). La precipitación en el mes de agosto y las primeras 3 semanas de setiembre de 1992, después de que habían caído la mayoría de las frutas abortadas, fue poca. Dado que el café en el tratamiento testigo del productor cargó más frutos, la distribución de agua por fruto podría haber disminuido durante este tiempo relativamente seco. Esto puede explicar el menor porcentaje del oro de tamaño exportable en este tratamiento.

La gran variabilidad en rendimiento entre los años del estudio no fue inusual, ya que el café estaba joven y aún aumentando su producción. El bajo poder del Andeva para evaluar los rendimientos indica que hubo una probabilidad alta de no rechazar la hipótesis de ningún efecto del tratamiento, aún cuando fuera falsa. Tomando en cuenta ésto y que el valor de α fue 0.08, se puede señalar una tendencia a rendimientos más bajos en el testigo sin deshierbar que en los otros trata-

mientos. No se detectó ninguna diferencia consistente entre el testigo del productor y los tratamientos con coberturas de *Arachis* o *Desmodium*.

CONCLUSIONES

Las investigaciones sobre las coberturas no se han enfocado hacia los mecanismos competitivos de las coberturas y las respuestas del cultivo principal. Por ello, el presente estudio se centró en determinar los mecanismos de la competencia, para desarrollar alternativas de manejo que evitarían las respuestas negativas del café. En el sistema bajo estudio el agua es el recurso limitante durante la época seca y cuando otras plantas están presentes en la entrecalle, los arbustos de café tienen una densidad menor de raíces para extraer el agua. La presencia de un mayor estrés hídrico no parece bajar los rendimientos en los primeros años de tratamientos con coberturas vivas, pero sí en el testigo sin deshierbar. En el sistema del productor, con un mayor control de malezas, se obtiene mayor desarrollo de raíces del café, lo que reduce el estrés hídrico. Cortar las coberturas al comienzo del verano, cuando las raíces finas del café están creciendo, podría ser una manera de contrarrestar la reducción en la densidad de las raíces del café y el subsiguiente aumento en el estrés hídrico.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo se realizó gracias al financiamiento del Proyecto CATIE/ MAG-MIP en Nicaragua (NORAD y ASDI) y National Science Foundation Predoctoral Fellowship. Agradecemos a Luis Santiago Somarriba, Elvin Navarrete Palacios y Leddy Navarrete Vallecillo, del Centro Experimental de Café en Masatepe, por el apoyo brindado en el campo y a los Drs. Charles Staver y Liana Babbar por su revisión del texto y comentarios.

LITERATURA CITADA

AKUNDA, E.M.W.; KUMAR, D. 1982. Using internal plant water status as a criterion for scheduling irrigation in

- coffee East of the Rift Valley in Kenya. Kenya Coffee 47:281-284.
- ANDERSON, J.L.; BINGHAM, G.E.; HILL, R.W. 1992. Effects of permanent cover crop competition on sour cherry tree evapotranspiration, growth and productivity. Acta Hort. 313:135-142.
- CANNELL, M.G.R. 1971. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. Annals Appl. Biol. 67: 99-120.
- CARVAJAL, J.F. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. International Potash Institute, Switzerland.
- CASTILLO, E.M. 1990. Estudio agroecológico y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario, Región IV. Informe Final. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Managua, Nicaragua.
- CHANDLER, J.V.; BONETA, E.; ABRUNA, F.; FIGARELLA, J. 1969. Effects of clean and strip cultivation, and of mulching with grass, coffee pulp, and black plastic, on yields of intensively managed coffee in Puerto Rico. J. Ag. of University of Puerto Rico 53:124-131.
- CONOVER, W.J.; IMAN, R.L. 1981. Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. American Statistician 35:124-128.
- COOIL, B.J.; NAKAYAMA, H. 1953. Carbohydrate balance as a major factor affecting yield of the coffee tree. Hawaii Ag. Exp. Station, University of Hawaii. Progress Notes. 91 p.
- DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. 1994. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. J. Hort. Sci. 69:841-849.
- GARRIZ, P.I. 1979. Distribución radicular de 3 cultivares de *Coffea arabica* L. en un suelo limo-arcilloso. Agro-nomía Tropical 29:91-103.
- JANARDHAN, K.V.; GOPAL, N.H.; RAMAIAH, P.K. 1971. Carbohydrate reserves in relation to vegetative growth, flower bud formation, and crop levels in Arabica coffee. Indian Coffee 35:145-148.
- KUMAR, D.; TIESZEN, L.L. 1980. Photosynthesis in *Coffea arabica*. II. Effects of water stress. Exp. Ag. 16:21-27.
- MILLER, P. R.; GRAVES, W. L.; WILLIAMS, W. A. 1989. Cover crops for California agriculture. University California, Davis, Publication 21471.
- MYERS, B.J. 1988. Water stress integral -a link between short-term stress and long-term growth. Tree Phys. 4:315-323.
- NJOROGE, J.M.; KIMEMIA, J.K. 1993. Current intercropping observations and future trends in arabica coffee, Kenya. Outlook-on-agriculture 22:43-48.
- OLADOKUN, M.A.O. 1980. Legume cover crops, organic mulch and associated soil conditions, and plant nutrient content for establishing Quillou coffee. Hort. Sci. 15:305-306.
- POWER, J.F. 1987. Legumes: Their potential role in agricultural production. Am. J. Alternative Ag. 2:69-73.
- ROBINSON, J.B.D.; MITCHELL, H.W. 1964. The response of *Coffea arabica* L. to mulch, compost and nitrogen fertilizer in Tanganyika. Turrialba 14:5-14.
- SAIZ DEL RIO, J.F.; FERNANDEZ, C.E.; BELLAVITA, O. 1961. Distribution of absorbing capacity of coffee roots determined by radioactive tracers. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 77:240-244.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science 148:339-346.
- SCHUMANN, A.W. 1992. The impact of weeds and two legume crops on *Eucalyptus* hybrid clone establishment. South African For. J. 160:43-48.
- SMITH, M.S.; FRYE, W.W.; VARCO, J.J. 1987. Legume winter cover crops. Adv. Soil Sci. 7:96-139.
- WILSON, B. 1985. The effects of cover crop and irrigation on vine performance. Ann. Rep. Oregon Hort. Soc. 76:112-117.
- WRIGLEY, G. 1988. Coffee. Wiley, New York, USA.
- ZAR, J.H. 1984. Biostatistical analysis, 2 ed. Prentice Hall, New Jersey, USA. p. 174.