

# VARIACIONES EN EL MICROCLIMA DE UN CAFETAL EN DEPENDENCIA DE LA EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN SOLAR EN LAS CONDICIONES DEL MACIZO DE LA SIERRA MAESTRA

E. Velasco<sup>✉</sup>, J. Verdecia, R. Medina y L. Rodríguez

**ABSTRACT.** Some microclimatic variations of an experimental coffee plantation, including plots under different shading management, from deep shade to open sun, were studied. Seasonal and diurnal patterns of irradiance (global solar radiation) are given for different levels of exposition, frequency histograms for mean temperature and vapor pressure deficit averages, and soil moisture are presented at different times of the annual cycle. Taking  $600 \text{ W.m}^{-2}$  as a threshold, time intervals are presented with higher irradiance scores than this threshold, for different shade treatments, including open sun. Mean values of air temperature were often higher than  $24^{\circ}\text{C}$ , mainly at open sun; no values for mean vapor pressure deficit over  $1.5 \text{ kPa}$  were found. Soil moisture levels were almost always higher than at open sun, the difference between soil moisture at open sun and general mean-all the plots- being correlated significantly with the latter value. It is concluded that, from the point of view of the climatic conditions, it is possible to manage rather small areas under high irradiance levels at Sierra Maestra mountains.

*Key words:* microclimate, *Coffea arabica*, irradiation, plantations

**RESUMEN.** Se estudiaron las variaciones en el microclima de un área experimental de café, con parcelas bajo diferentes manejos de sombra y a plena exposición solar. Se presentan los patrones estacionales y diurnos de la irradiancia (radiación solar global) para las distintas variantes de exposición, los histogramas de frecuencia de las medias de la temperatura y el déficit de presión de vapor del aire, y los registros de la humedad del suelo en diferentes momentos del ciclo anual. Tomando como referencia el valor umbral de  $600 \text{ W.m}^{-2}$  se muestran los intervalos para los cuales el valor de la irradiancia supera este valor para las distintas variantes de sombreo. Los valores medio de la temperatura del aire con frecuencia sobrepasan los  $24^{\circ}\text{C}$ , principalmente al sol; no se registraron medias del déficit de presión de vapor superiores a  $1.5 \text{ kPa}$ . Los niveles de humedad del suelo fueron sistemáticamente superiores al sol, y la diferencia entre esta variante y la media general del área se correlacionó significativamente con este último valor. Se concluye que, en las condiciones del macizo, es posible, desde el punto de vista climático, conducir pequeñas áreas bajo altos niveles de irradiancia.

*Palabras clave:* microclima, *Coffea arabica*, irradiación, plantaciones

## INTRODUCCIÓN

En el macizo de la Sierra Maestra, el café se ha cultivado tradicionalmente bajo sombra; sin embargo, en los últimos años se han llevado a escala experimental variantes a plena exposición solar (PES), asociadas con el cultivo intensivo de esta especie (1, 2). Esta variante de cultivo conduce a modificaciones importantes del microclima, las cuales deben estudiarse para comprender el efecto fisiológico de las altas irradiancias.

Los patrones de la radiación solar global han sido caracterizados para las condiciones de la caficultura colombiana (3), así como en otros trabajos (4, 5) se ha

evaluado la humedad del suelo en condiciones de sol y de sombra, no llegándose siempre a la misma respuesta. Sin embargo, la información sobre este importante aspecto en las condiciones del macizo de la Sierra Maestra es casi inexistente y, en el caso de los patrones diurnos de la irradiancia en las condiciones de cultivo bajo sombra, no se ha encontrado su caracterización en la literatura.

Es por ello que el objetivo de este trabajo fue caracterizar los patrones diurnos y estacionales de la irradiancia, tanto al sol como bajo sombra, en un área típica del macizo de la Sierra Maestra y a su vez evaluar las modificaciones de otros componentes del microclima que resultan de estas variantes de manejo de los cafetales, aportando elementos sobre los posibles efectos de dichas modificaciones sobre la fisiología de la plantación, que puedan resultar útiles para su establecimiento o manejo.

E. Velasco, Investigador Auxiliar; J. Verdecia, Especialista; Ms.C. R. Medina y Ms.C. L. Rodríguez, Investigadores Agregados del Departamento de Fisiología Vegetal, Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", CITMA, Gaveta Postal 2140, Bayamo, Granma, CP 85100.

✉ ervelasco@udg.co.cu

## MATERIALES Y MÉTODOS

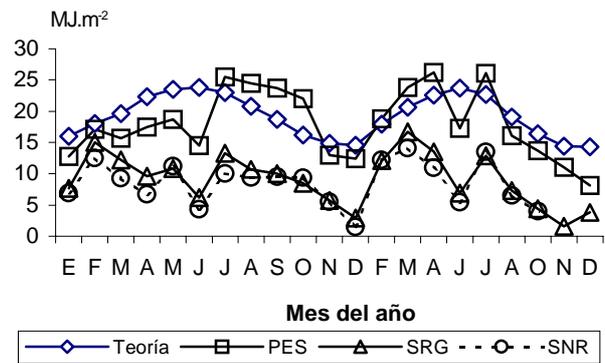
El estudio se realizó en la finca Calila, cercana a la localidad de Banco Abajo, Municipio de Buey Arriba, Provincia de Granma, situada a los 20°7'N y 76°47'W. Se establecieron, en la dirección de la pendiente, tres franjas de 20 x 60 m cada una con las siguientes variantes de sombreado: plena exposición solar (eliminación de los árboles sombreadores, PES), sombra regulada (se manejaron los árboles de sombra para dar paso al 70 % de la radiación solar, SRG), y sombra no regulada (los árboles de sombra se dejaron a libre crecimiento, SNR). Dentro de cada franja se demarcaron tres parcelas (20 x 20 m) y cada parcela se dividió en dos subparcelas, estableciéndose dos distancias entre plantas en cada subparcela: 40 y 70 cm; la distancia entre hileras fue de 2 m en toda el área y la variedad utilizada fue Caturra Rojo. Las especies de sombra fueron *Gliricidia sepium*, *Samanea saman* e *Inga vera*. El área se encuentra a 450 m snm y la dirección del azimut topográfico es aproximadamente al Norte, con una pendiente de entre 20 y 30°.

La evaluación de la radiación solar global se realizó mensualmente durante dos años. Para ello se utilizaron tres piranómetros cuyos sensores se colocaron sobre plataformas niveladas, siempre a un nivel superior al follaje de los cafetos y en el centro de cada una de las tres parcelas situadas aproximadamente en la misma curva de nivel, repitiéndose la operación durante tres días consecutivos hasta completar la evaluación en todas las parcelas. La irradiación se registró cada 15 minutos mientras duraba el brillo solar, calculándose la irradiación integral diaria manualmente. La temperatura ( $T_a$ ) y el déficit de presión de vapor de agua (dpv) del aire se determinaron con psicrómetros de Assman, cada dos horas durante el día, repitiéndose cinco veces en cada área expuesta y bajo sombra. La humedad del suelo (HS) se determinó por gravimetría, tomándose muestras a 20 y 40 cm de profundidad en tres puntos de cada subparcela, repitiéndose 15 veces durante los dos años de evaluación. El estudio abarcó el segundo y tercer años de vida de la plantación, al final del cual se registró un índice de área foliar de 1.4 a PES y 2.5 como promedio en ambas variantes de sombra.

Los patrones de la irradiación así como las frecuencias de los valores medio de la  $T_a$  y el dpv en las áreas al sol y bajo sombra se describen gráficamente. Los datos de HS se sometieron a prueba de hipótesis para estimar el efecto de la exposición a la radiación sobre esta variable, mediante un análisis de varianza bifactorial con el sombreado (muestras independientes) y la fecha de evaluación (mediciones repetidas) como causas de variación; las diferentes profundidades y distancias de plantación (dentro de la hilera) no se tuvieron en cuenta para el análisis de varianza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*Patrones estacionales y diurnos de la irradiación de la radiación solar global.* Los valores de la irradiación integral diaria en las parcelas a PES, como se muestra en la Figura 1, estuvieron entre 10 y 25 MJ.m<sup>-2</sup>, con una media general de 18.6 MJ.m<sup>-2</sup>, concordantes con lo que indica para esta localidad el Atlas Nacional de Cuba (6) y ligeramente inferiores al valor de 21.6 MJ.m<sup>-2</sup>, típico para un clima tropical (7); este valor es equivalente a una media de irradiación de 500 W.m<sup>-2</sup> durante doce horas diarias. Los registros fluctúan alrededor de la curva teórica (8); no obstante, se aprecian dos períodos durante los cuales son inferiores a lo esperado y que coinciden con el inicio de la temporada de lluvias (finales del mes de abril) y con la cercanía del solsticio de invierno. Al caracterizar el brillo solar en Colombia se encontró un comportamiento bimodal (9), atribuido al efecto de las lluvias, superpuesto sobre la variación estacional del máximo de irradiación astronómicamente posible. En las parcelas bajo sombra se registraron valores de la irradiación integral diaria casi siempre inferiores a 15 MJ.m<sup>-2</sup>, con valores muy bajos durante el último trimestre del año.



**Figura 1. Variaciones anuales de la irradiación integral diaria para los distintos manejos de sombra. Se incluye la curva teórica para las coordenadas del punto de evaluación**

En la Figura 2 se muestran patrones de variación diaria registrados en distintos meses. El patrón de febrero (Figura 2A) corresponde a un día despejado, en el cual la irradiación en la parcela expuesta varía suavemente y los registros en las parcelas bajo sombra denotan la interceptación –muy variable– de la radiación por los árboles sombreadores. Se ha demostrado que la radiación transmitida a través de los árboles muestra gran variabilidad en el espacio y el tiempo (10), lo cual tiene gran implicación para la vegetación de los estratos inferiores y se debe principalmente al tamaño de la sombra que proyectan los árboles y a la distribución de la irradiación dentro del área sombreada.

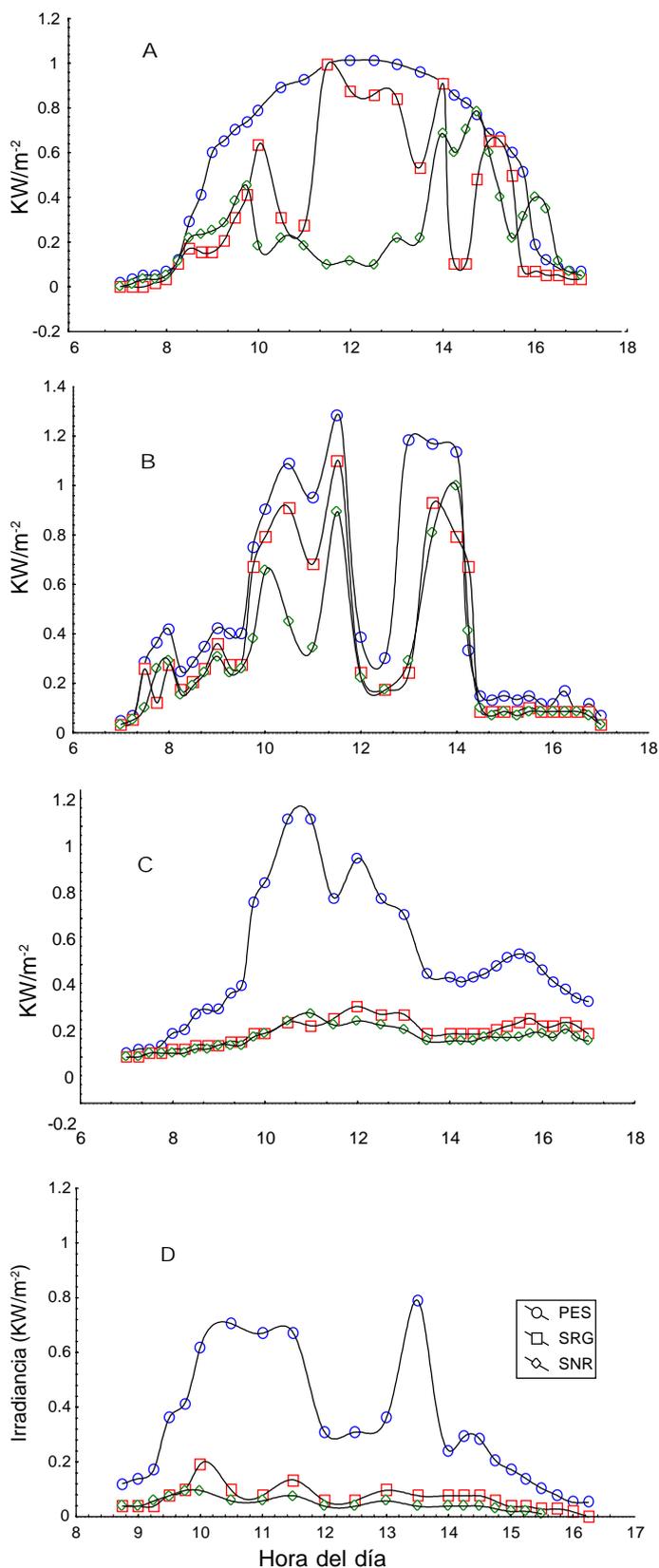
En marzo se tiene un día con nubosidad variable (Figura 2B); para este registro la interceptación es mínima. Los valores de la irradiación en las parcelas a PES en horas cercanas al mediodía se aproximan notablemente

a la máxima radiación astronómicamente posible ( $1.36 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Al caracterizar la radiación solar global en Colombia, también se han encontrado picos cercanos a este valor (3); estos registros, considerados excepcionales, pueden resultar de ciertas combinaciones con un aporte sustancial de la radiación difusa o asociados a determinados valores del azimut topográfico.

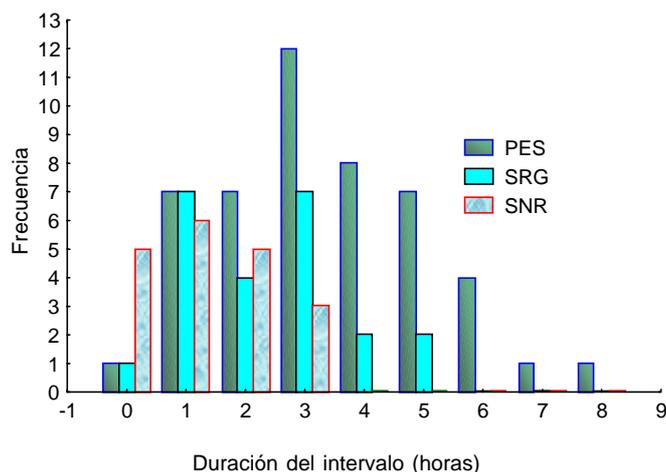
Los patrones registrados en junio y diciembre (Figura 2 C y D) contrastan con los anteriormente mencionados, ya que en ellos se puede observar cómo la cantidad de energía que alcanza el follaje de los cafetos bajo sombra es muy baja, manteniéndose inferior a los  $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . Esta diferencia, en relación con los patrones de febrero y marzo, se debe a las características de crecimiento de la especie *Gliricidia sepium* (11), predominante en el área experimental, la cual pierde sus hojas entre los meses de enero y marzo, pero al brotar posteriormente su follaje, contribuye notablemente a atenuar la radiación sobre las parcelas sombreadas.

Tomando como referencia el valor de  $600 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , como valor umbral por encima del cual se afecta el intercambio gaseoso en *Coffea arabica* (12), en la Figura 3 se muestra la frecuencia con la cual se presentan intervalos con irradiancia superiores a dicho umbral; como se observa dichos intervalos se presentan con una frecuencia que está en relación con el manejo de la sombra que se ha realizado. En la variante a PES se presentaron valores superiores al umbral en un total de 48 ocasiones (de un total de 52 evaluaciones), con una duración promedio de 3.70 horas y un registro de ocho horas de duración como máximo. La utilización de la sombra no impide la ocurrencia de intervalos con irradiancia excesiva, aunque reduce notablemente su frecuencia, con 22 en la variante de SRG y 19 en la SNR. La duración de los intervalos también se reduce en comparación con el área a PES, con medias de 2.73 y 1.62 horas respectivamente bajo SRG y SNR respectivamente.

El hecho de que aún en cafetales sombreados se presenten intervalos de tiempo con irradiancia que, de acuerdo con la generalización de los estudios ecofisiológicos sobre intercambio de gases, resulta excesiva, está relacionado con las características del estrato sombreador, conformado principalmente por árboles de copa no muy ancha (como es el caso de *Gliricidia sepium*) bien separados dentro del campo, esquema al que algunos denominan *arborización*. Sin embargo, se ha demostrado que al menos la especie *Coffea arabica* posee características que le permiten disminuir los daños por radiación excesiva, especialmente cuando el suministro de nitrógeno es elevado (13). En efecto, se ha verificado que con flujos fotónicos típicos de la PES, en las hojas del cafeto se establecen mecanismos de disipación energética, como el amortiguamiento no fotoquímico y el aumento de las concentraciones de xantofilas (zeaxantina y luteína) y carotenos, que ayudan a disminuir la sobrecarga energética de los fotosistemas (14).



**Figura 2. Selección de patrones de la variación diaria de la irradiancia (radiación solar global) correspondientes a distintos meses del año. A: febrero, B: marzo, C: junio y D: diciembre PES: plena exposición solar; SRG: sombra regulada y SNR: sombra no regulada**

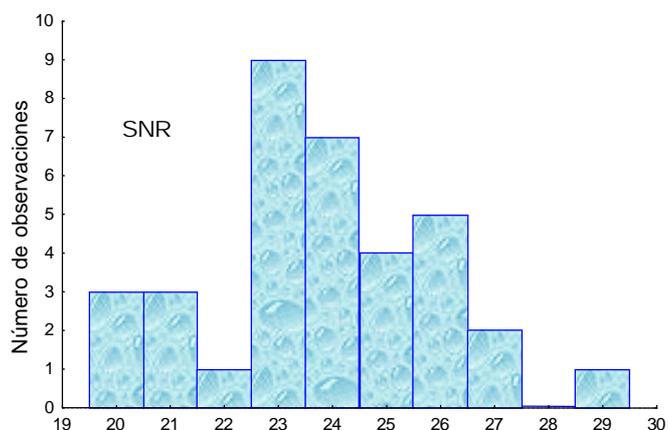
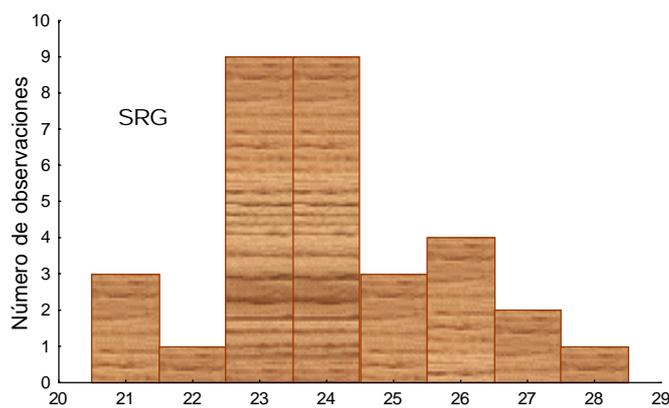
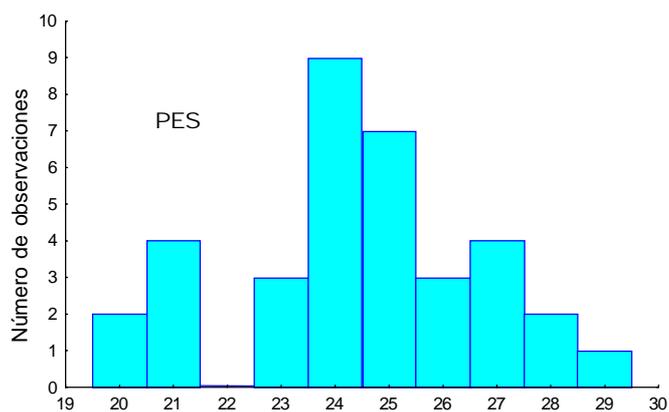


**Figura 3. Duración de los intervalos de tiempo con irradiancia superior a 600 W.m<sup>-2</sup> para las distintas variantes de exposición**

*Temperatura y déficit de presión de vapor del aire en las áreas al sol y bajo sombra.* La Figura 4 incluye los histogramas de los valores medio de la T<sub>a</sub> durante los intervalos de evaluación para las distintas variantes de sombreado, los cuales incluyen las horas más calientes del día, por lo que resultan de interés para valorar en qué medida la plena exposición solar eleva la T<sub>a</sub> a niveles perjudiciales para el cultivo. Para ello se considerará el valor umbral de 24°C, ya que se ha demostrado que a partir de ese valor resulta afectada la asimilación de carbono en el café (15). Efectivamente, en los histogramas se evidencia que, tanto al sol como a la sombra, existe una notable proporción de períodos de evaluación con temperaturas superiores a 24°C, los que alcanzan el 51 % del total a PES y 33 % a la sombra. Debe aclararse que esto no significa medias diarias superiores a 24°C, las cuales son típicas de áreas no aptas para el cultivo del café (16), sino medias dentro del intervalo de duración del brillo solar.

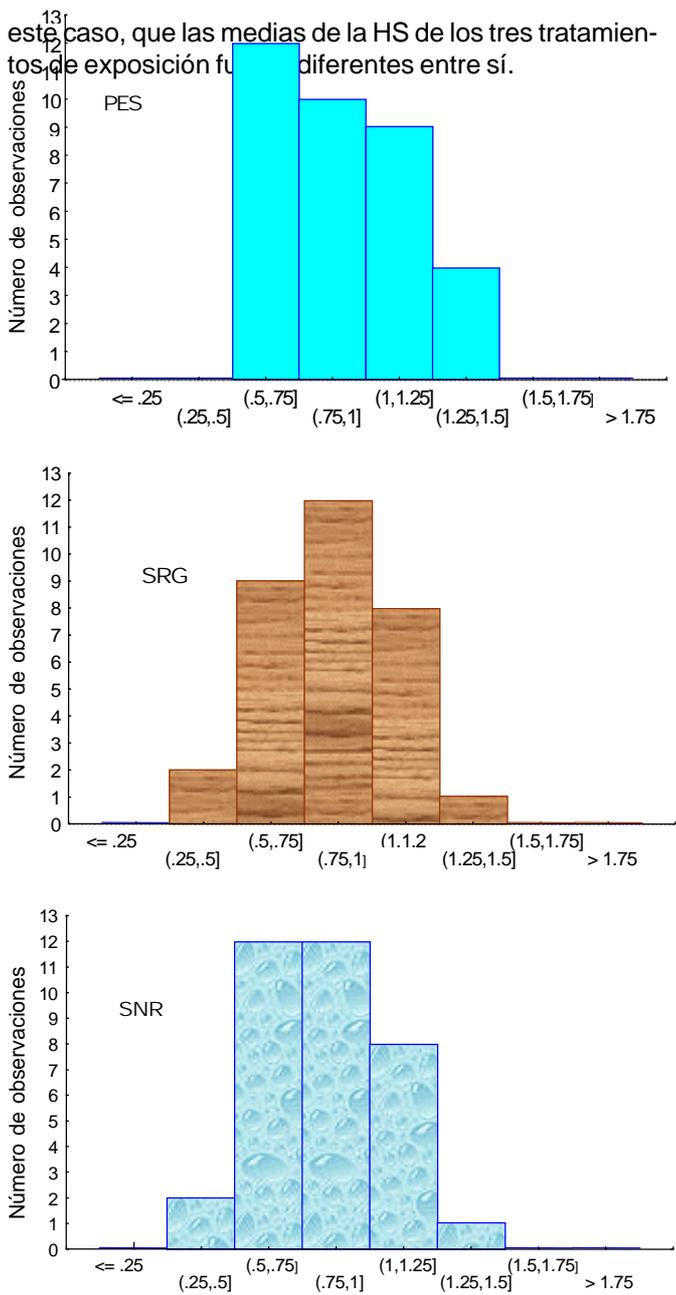
En relación con el dpv se ha fijado el valor de 1.5 kPa por encima del cual se comienza a afectar notablemente la capacidad fotosintética del café (12). La revisión de los histogramas de esta variable (Figura 5) patentiza que esta no alcanza, en ninguna de las variantes de sombreado, a valores nocivos para el cultivo.

Los valores encontrados por otros autores, al evaluar los incrementos de la T<sub>a</sub> y su dpv cuando se dejan los cafetales a PES, son mayores que los encontrados en estas evaluaciones (17, 18). Esto guarda relación con las dimensiones del área expuesta, o sea, las variaciones en las variables microclimáticas debido a la mayor irradiancia deben presentarse con mayor intensidad en áreas más extensas, debido a que la circulación del aire tiende a neutralizar el efecto de la radiación neta sobre el microclima en las capas de la atmósfera más cercanas a la superficie del suelo.



**Figura 4. Frecuencias esperadas de la temperatura media del aire (°C) durante el intervalo de medición para los distintos manejos de sombra: PES: plena exposición solar, SRG: sombra regulada y SNR: sombra no regulada**

*Efecto de la eliminación de la sombra sobre la humedad del suelo.* La interacción de los factores exposición a la radiación solar y fecha de muestreo tuvo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la HS (Tabla I); no obstante, la comparación múltiple de medias basada en la prueba de Duncan se aplicó a medias de las variantes de sombreado, por lo engorroso que resulta la aplicación de esta prueba a un número elevado de valores medio. Se comprobó, en



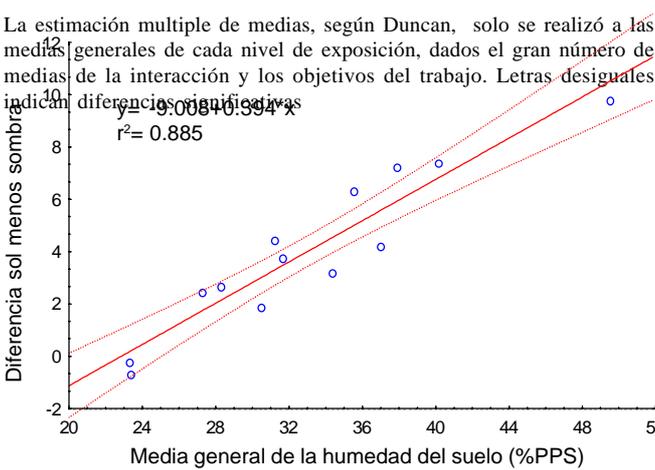
**Figura 5. Frecuencias observadas para el déficit de presión de vapor (DPV, kPa) durante el intervalo de medición para los distintos manejos de sombra: PES: plena exposición solar, SRG: sombra regulada y SNR: sombra no regulada**

La dependencia del efecto del sombreado sobre la HS, definida por la interacción entre ambos efectos, se investigó más detalladamente trazando el diagrama de dispersión de la diferencia entre la HS a PES y el promedio de las dos variantes sombreadas contra la media general (todas las variantes). Aquí se perfila (Figura 6) una dependencia lineal con pendiente positiva entre estas

magnitudes, con un  $r^2$  cercano a 0.9, lo cual quiere decir que a medida que aumenta el nivel de humedad general, aumenta también la diferencia a favor de la PES.

**Tabla I. Medias correspondientes al efecto de la interacción exposición x fecha de muestreo sobre la humedad del suelo (% peso suelo seco), efecto que resultó significativo para  $p < 0.05$**

	SRG	SRG	SNR
Enero	39.70	33.80	32.93
Febrero	36.51	35.92	30.71
Mayo	28.88	27.18	25.69
Junio	39.78	38.13	33.02
Julio	30.03	28.78	25.92
Septiembre	42.68	36.96	34.00
Octubre	34.16	30.17	30.64
Febrero	23.12	23.46	23.23
Marzo	45.06	38.54	36.80
Abril	31.71	30.27	29.46
Junio	22.93	23.75	23.49
Julio	35.93	26.88	23.63
Octubre	34.18	32.03	27.41
Noviembre	33.88	23.93	24.18
Media General	34.18a	30.71b	28.65c



**Figura 6. Diagrama de dispersión para la diferencia de la humedad del suelo (% PPS) entre la variante expuesta al sol y el promedio de las dos sombras contra la media general de las tres variantes**

Hasta el momento no se ha demostrado que el cultivo del cafeto a PES tenga un efecto definido sobre la HS, cuando se le compara con áreas sombreadas. En estudios realizados en México (19) y Colombia (20), se ha encontrado mayor humedad del suelo en las áreas bajo sombra, con la particularidad de que en estos ensayos las áreas bajo diferente manejo no han sido contiguas, o sea, se han encontrado en sitios separados espacialmente. En Cuba se ha evaluado la HS en dise-

ños semejantes al de esta investigación con resultados divergentes (4, 5), apreciándose mayores niveles de humedad a la sombra (4) o al sol (5), coincidiendo estos últimos autores con la respuesta encontrada en este trabajo de mayor HS en las parcelas a PES. Llama la atención de que estos trabajos coincidentes se han realizado en condiciones de montaña, a diferencia de los obtenidos en condiciones de llano (4), por lo que podría plantearse la hipótesis de que existe una interacción entre el efecto del sombreado con la pendiente del área experimental, dado por la capacidad de escorrentía de esta última.

Existen tres términos del balance hidrológico que pueden influir en el sentido de favorecer niveles altos de humedad del suelo en las parcelas a PES. Uno de ellos es la extracción de agua del suelo que realizan los árboles sombreadores, en relación con el cual se ha encontrado que al eliminar la sombra en un cafetal disminuye la absorción de agua a profundidades mayores de 50 cm (21), lo cual puede deberse precisamente a la eliminación de la absorción de agua por los árboles sombreadores. Otro es la interceptación de la lluvia, que se ha cuantificado para distintos ecosistemas cafetaleros con y sin la utilización de sombrío (20), encontrándose que la interceptación de la lluvia en un cafetal bajo sombra podía alcanzar los 60 mm, en tanto que en un cafetal al sol sólo alcanzaba los 45 mm. Finalmente puede mencionarse la formación del rocío, la cual es más abundante en los ecosistemas abiertos, factor este que ha sido mencionado en este contexto (5). Aún más, se ha encontrado que, en el cultivo del tomate, la formación del rocío contribuye a la elevación de la humedad del suelo (22).

Esta referencia de mayor nivel de humedad del suelo en áreas expuestas en relación con las áreas sombreadas en un ecosistema cafetalero indica que, a los efectos del balance hídrico, no hay por qué necesariamente presuponer que los cafetales descubiertos son más sensibles al estrés hídrico, aunque, como se evidencia en esta discusión, tampoco debe generalizarse en sentido contrario.

Los resultados sobre las variaciones en el microclima del cafetal que aquí se exponen, demuestran que, en las condiciones del macizo de la Sierra Maestra, es factible conducir pequeñas áreas a PES sin que las condiciones microclimáticas rebasen niveles excluyentes para el cultivo, excepto las altas temperaturas que se alcanzan en horas cercanas al mediodía, las cuales se presentan tanto al sol como bajo sombra. Esta conclusión se limita a pequeñas áreas, característica propia de las fincas cafetaleras del macizo y el país.

## REFERENCIAS

1. Arias-Basulto, L., Llanes, A. y Viltres, E. Rendimiento del cafeto (*Coffea arabica*, L.) a la sombra y al sol bajo cultivo intensivo. En: Simposio Internacional de Café y Cacao CUBACAFÉ 99, Programa, Conferencias y Resúmenes. (1999 nov. 25-27:Santiago de Cuba), p. 49.
2. Rodríguez, L. A.; Orozco, V.; Velasco, E.; Medina, R.; Verdecia, J. y Fonseca, I. Niveles óptimos de radiación solar y su relación con el crecimiento vegetativo, desarrollo foliar y la productividad del cafeto (*Coffea arabica* L.). *Cultivos Tropicales*, 1999, vol. 20, no. 4, p. 45-49.
3. Guzmán-M., O. y L. Gómez-G. La radiación solar global en Chinchiná, Caldas. *CENICAFÉ*, 1998, vol. 49, no. 1, p. 30-43.
4. Morales, D.; Jerez, E. y Dell'Amico, J. Comportamiento de algunos indicadores fisiológicos del estado hídrico de las plantas en diferentes condiciones de cultivo. *Cultivos Tropicales*, 1991, vol. 12, no. 3, p. 31-37.
5. Dell'Amico, J.; Morales, D.; Jerez, E. y Soto, F. Evaluación del estado hídrico del cafeto en diferentes condiciones de cultivo. *Cultivos Tropicales*, 1991, vol. 12, no. 3, p. 64-67.
6. Cuba. Instituto de Geografía. Atlas Nacional de Cuba, 1989.
7. Bolle, H. J. The Climate System and Global Change. En: Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazard Course (1996 mar : Volterra), 1998. p. 13-29.
8. Forseth, J. M. y J. M. Norman. Modelling of solar irradiance, leaf energy budget and canopy photosynthesis. En Photosynthesis and Production in a Changing Environment. A field and laboratory manual. Londres. Chapman & Hall, 1993. 477 p.
9. Guzmán M. O. y Gómez-G., L. Caracterización del brillo solar en Chinchiná, Caldas. *CENICAFÉ*, 1997, vol. 48, no. 1, p. 26-39.
10. Breshears, D. D.; Rich, P. M.; Barnes, F. J. y Campbell, K. Overstorey imposed heterogeneity in solar radiation and soil moisture in a semiarid woodland. *Ecol. Appl.*, 1997, vol. 7, no. 4, p. 1201-1215.
11. Palma, J. M. /et al./ Efecto de la altura y la fecha de poda en la producción forrajera de *Gliricidia sepium*. *Rev. Cubana de Ciencia Agr.*, 1997, vol. 31, p. 97-103.
12. Rena, A. B.; Barros, R. S.; Maestri, M., y Sondhal, M. R. Coffee. En Handbook of environmental physiology of fruit crops. Subtropical and tropical crops. pp. 101-122. 1994.
13. Ramalho, J. C.; Pons, T. L.; Groeneveld, H. W. y Nunes, M. A. Photosynthetic responses of *Coffea arabica* leaves to a short term high light exposure in relation to N availability. *Physiol. Plantarum.*, 1997, vol. 101, no. 1, p. 229-239.
14. Ramalho, J. C. /et al./ Photosynthetic acclimation to light conditions in mature leaves of *Coffea arabica* L.: role of xanthophylls, quenching mechanisms and nitrogen nutrition. *Australian J. Plant Physiol.*, 2000, vol. 27, no. 1, p. 43-51.
15. Nunes, M. A., Bierhuizen, J. F. y Ploegman, C. Studies on productivity of coffee. I. Effect of light, temperature and CO<sub>2</sub> concentration on photosynthesis of *Coffea arabica*. *Acta Bot. Neerl.*, 1968, vol. 17, p. 82-93.
16. Soto, F. /et al./ Zonificación agroecológica del *Coffea arabica* en Cuba. Macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 3.

17. Camarori, P. H., Carniero-Leal, A. y Morais, H. Arborização temporaria de cafezais jovens com guandu (*Cajanus cajan*) para proteção contra geadas no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 1999, vol. 7, no. 2, p. 195-200.
18. Baradas, V. L. y Fanjul, L. La importancia de la cobertura arbórea en la temperatura del agroecosistema cafetalero. *Biotica*, 1984, vol. 9, no. 4, p. 415-421.
19. Romero, E., S.I. Mercado, H.A. Ibáñez y N.E. García-Calderón. Distribución espacial del pH, humedad y resistencia mecánica en sitios con dosel abierto y cerrado en un agroecosistema cafetalero, Pluma Hidalgo, Oaxaca, México. En: Simposio Internacional de Café y Cacao CUBACAFÉ99, Programa, Conferencias y Resúmenes. (1999 nov. 25-27 : Santiago de Cuba). p. 93.
20. Jaramillo-R. A. y Chávez-C., B. Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) al sol y bajo sombra. *CENICAFÉ*, 1999, vol. 50, no. 2, p. 97-105.
21. Jaramillo-R. A. y Chávez-C., B. Interceptación de la lluvia en un bosque y en plantaciones de *Coffea arabica* L. *CENICAFÉ*, 1998, vol. 49, no. 2, p. 129-135.
22. Dell'Amico, J.; Rodríguez, P.; Alfonso, J. L. y Morales, D. Evaluación del aporte de agua de rocío en el cultivo del tomate. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 1, p. 39-41.

Recibido: 5 de marzo del 2001

Aceptado: 17 de septiembre del 2001