

TALLER SOBRE ROYA DEL CAFETO

MICROCLIMA EN CAFETALES A LIBRE EXPOSICION SOLAR Y BAJO SOMBRIO

Alvaro Jaramillo Robledo *

La información registrada en las estaciones climatológicas permite determinar bajo condiciones normalizadas las condiciones climáticas medias de una región, permitiendo la comparación de grandes áreas.

A nivel de cultivo el clima general se encuentra modificado en su radiación, temperatura, vientos, tasas de evaporación, es decir, ocurren unas condiciones climáticas propias en el cultivo (un microclima), que depende del clima general.

Los primeros trabajos sobre microclima en cafetales se realizaron en Kenya en la década de los 30. Posterior a esta fecha han sido realizados numerosos estudios en los cuales se reportan las condiciones climáticas que ocurren a nivel de cultivo y árbol, dando énfasis al conocimiento de la temperatura del aire, humedad atmosférica, temperatura de hojas, ramas, frutos, vientos, duración de película de agua sobre las hojas. La información anterior se relaciona principalmente con el comportamiento de enfermedades limitantes del cultivo.

A continuación se describirán las condiciones microclimáticas en cafetales a libre exposición solar y bajo sombrero; la información anterior ha sido obtenida en Cenicafé a partir del año de 1974.

MICROCLIMA EN CAFETALES A LIBRE EXPOSICION SOLAR.

Radiación solar

El régimen de la radiación solar en un cultivo está determinado por las condiciones de radiación incidente (radiación directa o radiación difusa); por las propiedades ópticas del follaje como son tamaño de hoja y edad; arquitectura de la planta.

En estudios realizados en Coffea arabica L. variedades Catuai y

* Asistente Sección Agroclimatología - CENICAFE - Chinchiná,

Borbón amarillo, se observó que los árboles de café adultos forman una capa externa de hojas la cual retiene gran proporción de la radiación incidente, quedando un porcentaje mínimo de radiación solar disponible para las hojas internas de la planta.

Se observa que el follaje de la variedad Catuai intercepta un 96% de la radiación solar que incide en la parte externa, transmitiendo solamente un 4% a la superficie del suelo. El primer estrato de hojas intercepta el 88% de la radiación, quedando disponible para las demás capas un 8%. La variedad Borbón amarillo intercepta un 95% de la radiación solar, siendo un 93% interceptado por el primer estrato de hojas y quedando disponible para el interior de la planta un 2%; del flujo total de radiación incidente solamente un 5% alcanzó la superficie del suelo (figuras 1, 2).

Un índice utilizado en el balance de radiación en plantaciones es el albedo que se define como la relación entre la radiación reflejada por una superficie y el total de radiación incidente sobre la misma. Este flujo de energía no es aprovechado en los procesos de transpiración y fotosíntesis.

Los valores de albedo tienen una variación diaria, presentando los máximos valores al nacer y ponerse el sol y el menor valor al medio día; esta variación está asociada con la variación en la reflexión de la superficie rugosa para diferentes ángulos de incidencia de los rayos solares.

El albedo observado en Coffea arabica variedad Catuai presenta un valor de 18,9% con valores extremos entre 26,2% y 14,4%. La variedad Borbón amarillo presenta un valor del 18,1 con valores extremos que varían entre 23,5% y 16% (figura 3).

Las tasas de absorción de la radiación solar debidas al follaje se expresan mediante un coeficiente, denominado coeficiente de extinción por Monsi-Saeki quienes demostraron que el logaritmo de la intensidad luminosa relativa a una determinada altura dentro de la plantación decrece linealmente con el incremento del índice de área foliar acumulado. Los coeficientes de extinción tienden a ser mayores en plantas de hojas anchas y horizontales que para especies de hojas pequeñas y erectas.

El coeficiente de extinción para radiación global en la variedad Catuai es de 0,41 y para Borbón amarillo un valor de 0,40 estos valores son similares a los obtenidos en forestales, los cuales varían entre 0,35 y 0,79. Los coeficientes obtenidos en café presentan una gran variación (coeficientes de variación del 35%) explicable para la gran variabilidad de la arquitectura de la planta.

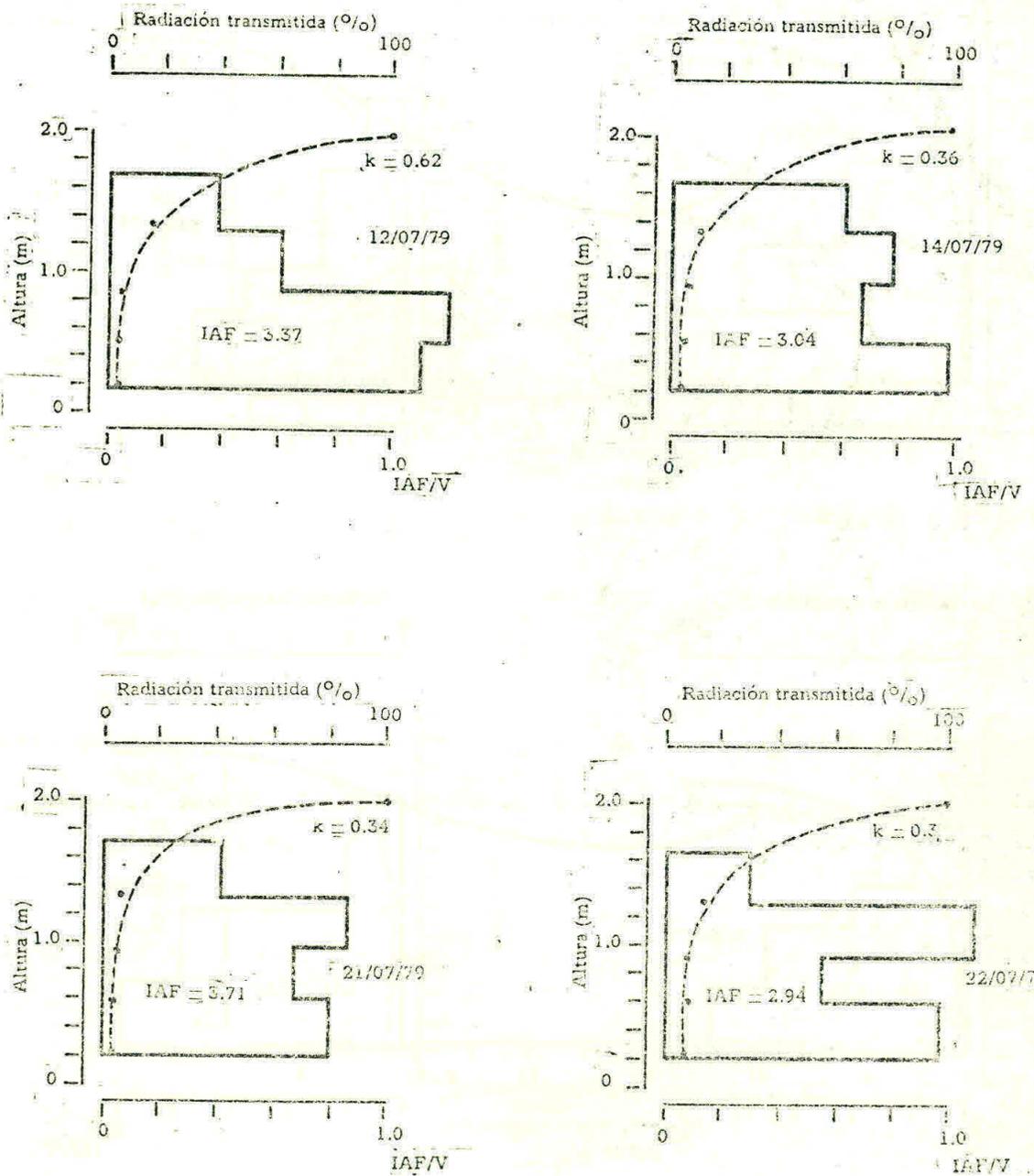


FIGURA 1. Variación en porcentaje del flujo de radiación solar transmitida en el interior de la planta para la variedad Catuai.

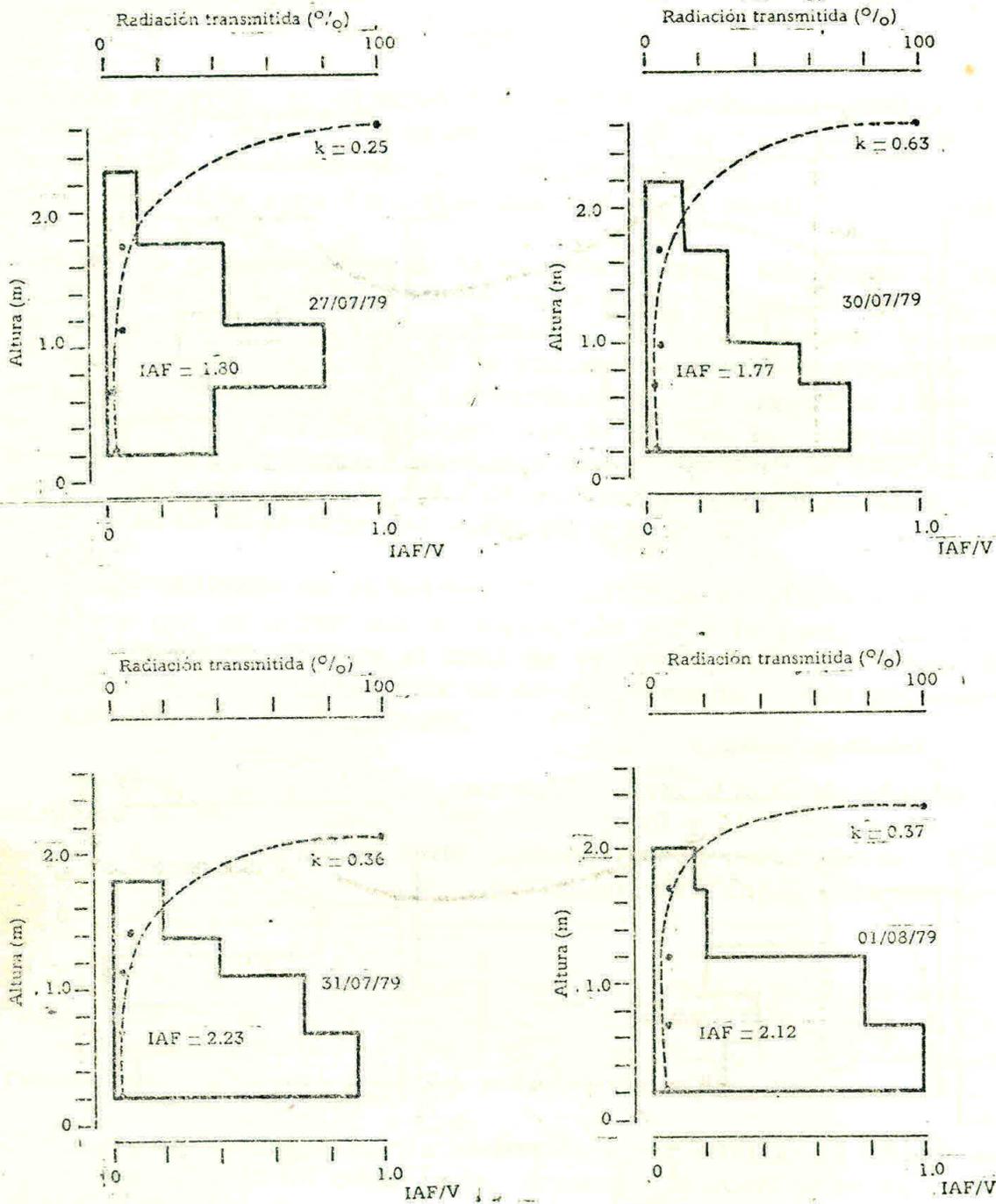


FIGURA 2. Variación en porcentaje del flujo de radiación solar transmitida en el interior de la planta para la variedad Borbón amarillo.

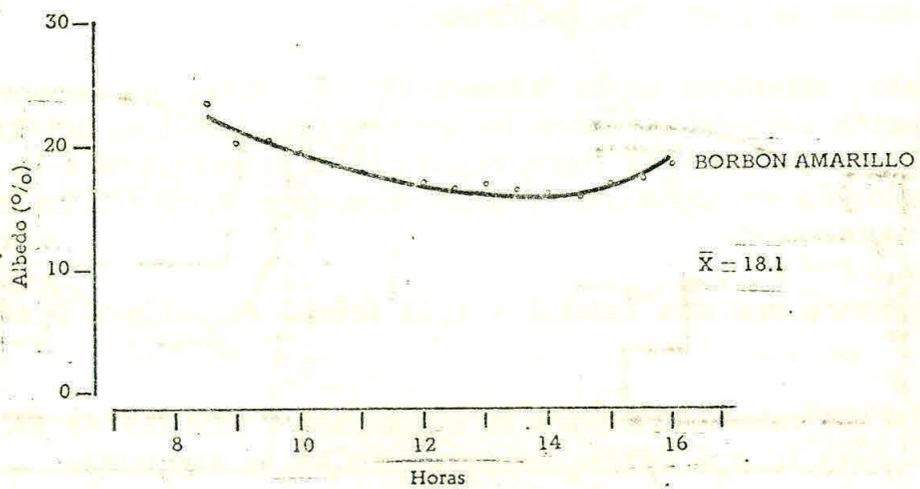
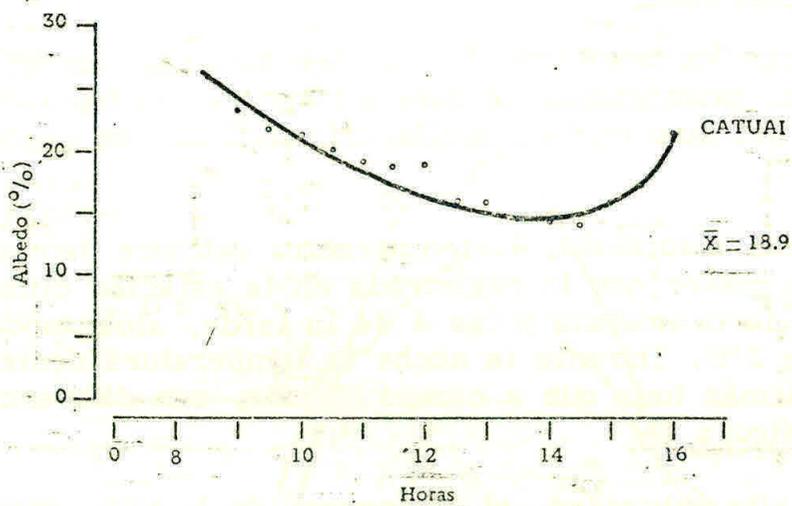


FIGURA 3. Variación horaria de los valores de albedo para radiación global en *Coffea arabica* L., variedades Catuai y Borbón amarillo (promedio de 4 días) 1979.

Temperatura del aire

Si se comparan los registros de termógrafo de la temperatura del aire dentro de plantaciones de café a libre exposición solar con la temperatura del aire en la estación climatológica se observa lo siguiente:

En días de alta insolación, la temperatura del aire dentro de la plantación es mayor que la registrada en la estación climatológica entre las 10 de la mañana y las 4 de la tarde, alcanzando diferencias hasta de 2°C. Durante la noche la temperatura dentro de la plantación es más baja que a campo abierto, con diferencias hasta de 1°C, (figura 4).

En días con alta nubosidad, el transcurso de la temperatura en el cafetal y en la estación climatológica es similar, siendo las diferenciales al medio día muy bajas o no existen diferencias.

Las diferencias en la temperatura del aire ocurridas en el cultivo con respecto a la estación climatológica dependen por tanto de las condiciones de radiación incidente.

Por datos obtenidos en la Subestación de Albán, se encontró que la relación estadística entre la temperatura máxima del aire registrado en cafetales a libre exposición con respecto a la estación climatológica es altamente significativa ($r = 0,87^{**}$). La ecuación es la siguiente:

Temperatura máxima cafetal = 1,11 temp. estación - 0,48 (n = 690).

La relación estadística para la temperatura mínima es altamente significativa ($r = 0,84^{**}$). La ecuación es la siguiente:

Temperatura mínima cafetal = 1,10 temp. estación - 1,69 (n = 690).

En la figura 5, se compara la temperatura máxima y mínima registrada en un cafetal a libre exposición solar y en la estación climatológica.

Temperatura de la planta

Las temperaturas de la planta han sido hechas con termopares, puestos en contacto íntimo con el envés de hojas expuestas a insolación directa y autosombreadas, siendo las lecturas de cada termopar registradas sobre un potenciómetro registrador. Los resultados se han comparado con datos colectados en equipo convencional colocados en casetas dentro del cafetal y la estación.

Los resultados indican que las diferencias de temperatura entre

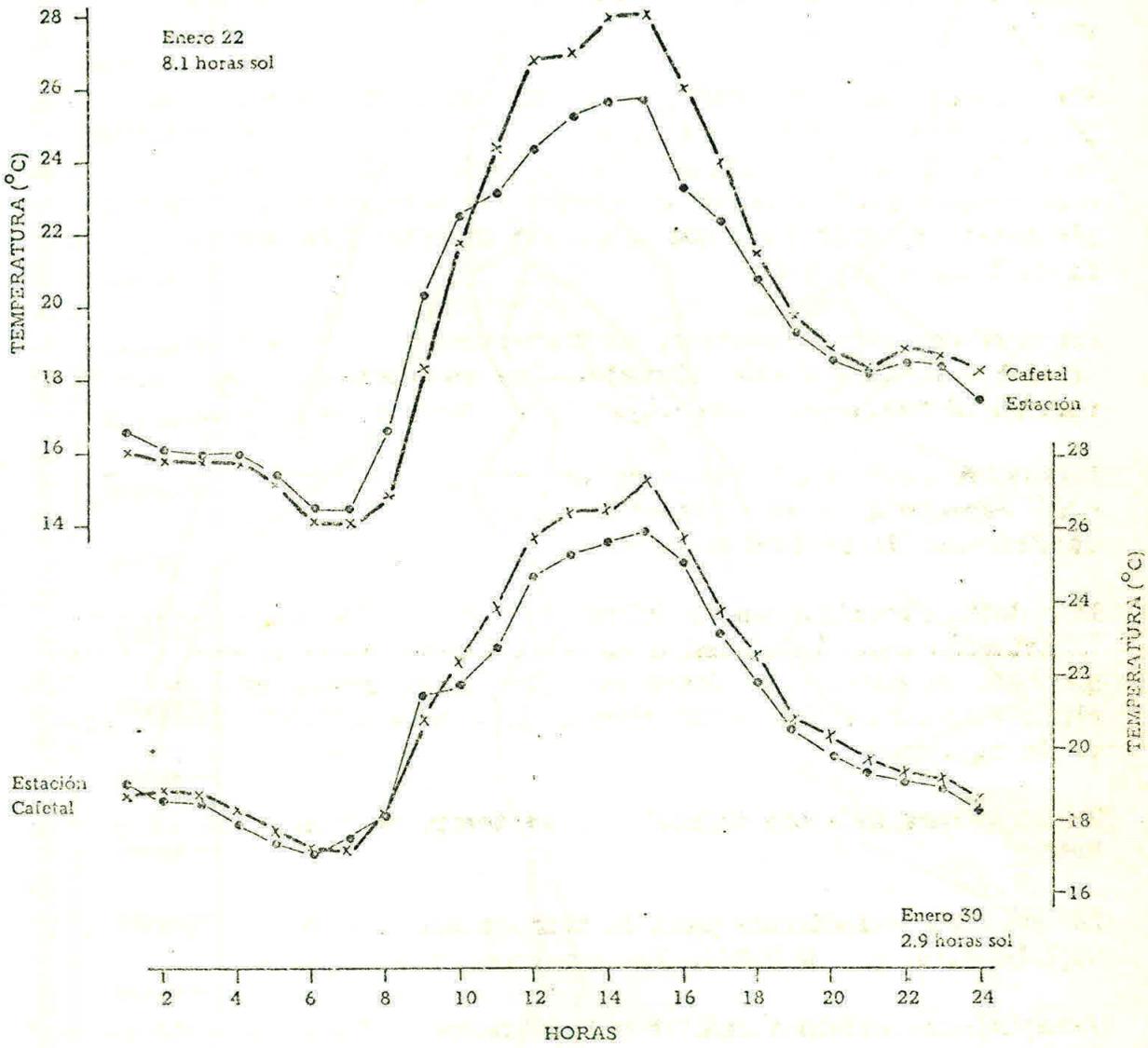


FIGURA 4. Comparación de la temperatura del aire en un cafetal a libre exposición solar y en la estación climatológica para dos condiciones de insolación. Cenicafé - 1974.

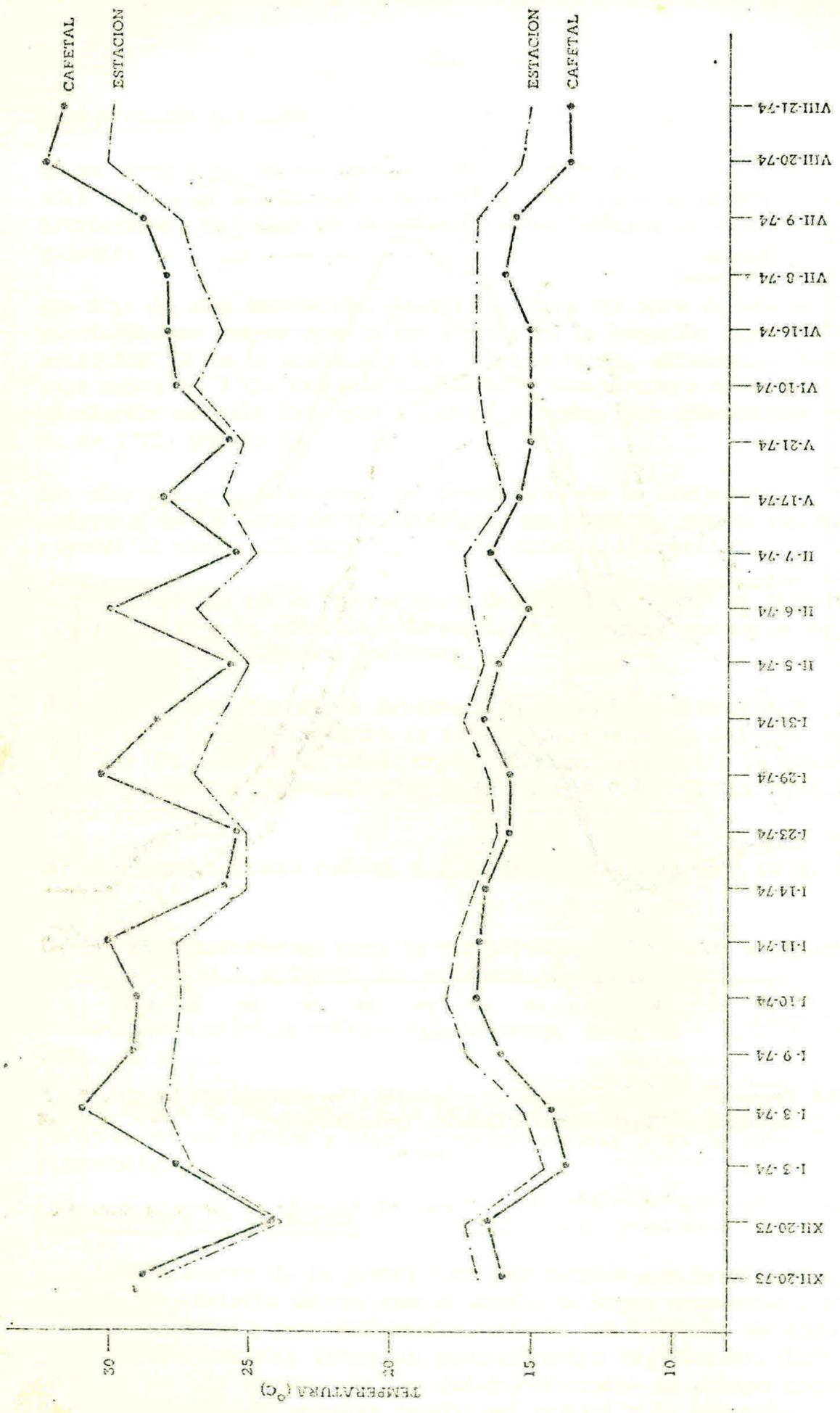


FIGURA 5. Comparación de la temperatura máxima y mínima registradas en un cafetal a libre exposición solar y en la estación climatológica. Cenicafé - 1974.

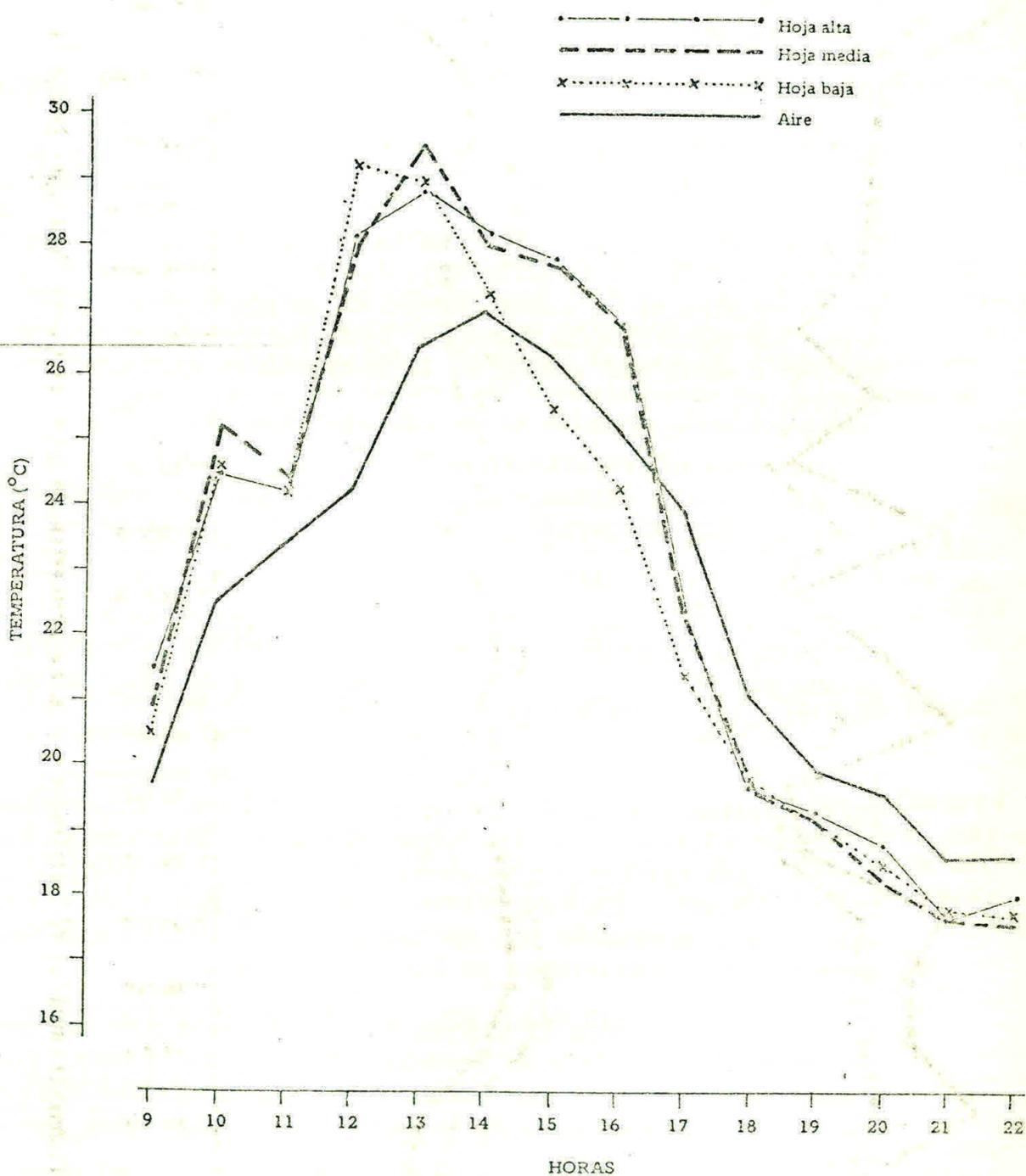


FIGURA 6. Temperaturas foliares de hojas expuestas a diferentes niveles del árbol dentro de un cafetal a libre exposición solar. Cenicafé - 9/6/74.

el aire del cultivo y la hoja dependen primero que todo de la cantidad de radiación incidente durante el día, ocurriendo mayores diferencias en tiempo cálido y seco. En tiempo lluvioso y frío las temperaturas tienden a igualarse.

Las temperaturas foliares hacia el amanecer y en las primeras horas del día son iguales o inferiores a la temperatura de caseta en 1.0 ó 2.0 °C, para valores individuales y entre 0.65 °C y 1.2 °C para valores promedios. Al aumentar la radiación, las hojas externas elevan su temperatura alcanzando valores promedios entre las 11 y las 17 horas de 2.4 °C en la parte alta, 2.1 °C, en la parte media y 0.7 °C en la parte baja de la planta por encima de los valores registrados en caseta dentro de la plantación. Hacia el atardecer las temperaturas foliares, tanto hojas externas como internas vuelven a estar por debajo de la temperatura registrada en caseta. (Figura 6).

Se presentan diferencias entre la temperatura del aire del cafetal de una hoja alta expuesta hasta de 10,2 °C. Las hojas sombreadas presentan temperaturas similares a la temperatura del aire (figura 7).

Las fluctuaciones de temperatura de una hoja expuesta a radiación son bastante grandes, debidas a la variación en la radiación originada por la nubosidad y cambio en la tasa de calentamiento debido al movimiento del aire.

La nubosidad baja bruscamente los valores de temperatura de hojas expuestas a valores similares a los de hojas autosombreadas. Se observa también que las hojas autosombreadas tardan en reaccionar a los cambios en la energía térmica si se comparan con hojas expuestas. La temperatura foliar para hojas altas y medias expuestas a insolación son aproximadamente iguales con tendencia a un mayor calentamiento en las superiores.

Las diferencias entre la temperatura de la hoja y la del aire dependen de la especie y el contenido de agua de la hoja. En Coffea canephora las diferencias son mayores que en Coffea arabica y a menor contenido de agua en la hoja, estas diferencias son mayores.

Las ramas siguen durante el día un comportamiento semejante al de las hojas pero permanecen calientes un mayor número de horas más calientes un mayor número de horas que las hojas. Las ramas presentan una temperatura máxima más alta que las hojas y un enfriamiento más lento.

Tanto las ramas como las hojas están más calientes durante el día y más frías durante la noche, que el aire de la plantación; la temperatura mínima del aire se presenta después que la tempera-

tura mínima de las hojas y de las ramas (aproximadamente 15 minutos).

Las ramas presentan un calentamiento y un enfriamiento intermedio entre las hojas y el aire dentro de la plantación. La temperatura de frutos fue similar a la registrada en ramas.

Humedad del aire

La humedad del aire expresada como tensión de vapor presenta dos condiciones sobresalientes: Para períodos secos no se encontró diferencia entre las condiciones de humedad del aire registrado en la estación climatológica con respecto a cafetal libre exposición solar. Para períodos lluviosos la tensión vapor dentro de la plantación presenta valores de aproximadamente 3 milímetros por encima de los registros en la estación climatológica.

Viento

El comportamiento turbulento dentro de las plantaciones está determinado por la arquitectura del árbol, el índice de área foliar, la distancia de siembra y prácticas de cultivo tales como el sombrero, orientación de los surcos y otros.

La velocidad del viento tiende a aumentar con la altura en forma logarítmica debido a la disminución de la rugosidad.

En el interior de plantaciones de Coffea arabica variedad Caturra a libre exposición solar la velocidad del viento se encuentra muy reducida al compararse con las velocidades registradas en la estación climatológica. Un ejemplo de esta situación se puede apreciar en la figura 8.

MICROCLIMA EN CAFETALES BAJO SOMBRA

Radiación

En Cenicafé las medidas de radiación solar en cafetales bajo sombrero fueron iniciadas por Schroeder, Trojer y Bonilla en la década de 1950.

Schroeder realizó mediciones de la distribución de la luminosidad en tres niveles (sobre sombrero, bajo las copas del sombrero y a nivel de los cafetos) y en días con diferentes condiciones de luminosidad. En observaciones realizadas en Chinchiná se encontró la siguiente relación: sobre el sombrero 100%, debajo de las copas 20% y a nivel del cafeto 15%.

Bajo el sombrero de plátano, Trojer encontró un 25% de la radiación registrada en la parte externa y en promedio encontró valo-

res que variaron 50% y 75% para toda la plantación. Bajo sombrío de guamo (*Inga sp.*) el valor de radiación fue de 25% para la plantación y 12% junto al tronco del guamo.

Precipitación

Al analizar las características de precipitación dentro de una plantación de café bajo sombrío, se encontró lo siguiente: precipitaciones inferiores a 0,3 mm, sobre el árbol no llegan hasta el suelo y apenas humedecen las hojas.

Se requieren de 1,0 a 2,0 mm de lluvia para que el agua alcance a llegar bajo el cafeto.

Las lluvias inferiores a 8,0 mm presentan en los registros cifras inferiores debajo del árbol de sombrío y el cafeto, con respecto a la registrada en la parte externa del follaje.

Las lluvias superiores a 10,0 mm causan grandes diferencias respecto al diámetro de las gotas llegándose a duplicar su tamaño.

Temperatura del aire

En observaciones de temperatura del aire realizadas entre la superficie del suelo y 15 metros de altura se encontró que los valores más altos se presentan en las copas de los árboles de sombrío y son semejantes a los observados en la estación meteorológica. Las temperaturas disminuyen debajo de las copas de los árboles y en la parte baja de los cafetos, siendo más alta en la zona correspondiente a los troncos. Las diferencias son sin embargo, poco apreciables, tanto para la temperatura mínima como para la temperatura media. La mayor variación se observa en el perfil de la temperatura máxima.

Como se observa en la figura 9, las variaciones de la temperatura del aire en el interior de un cafetal bajo sombrío son diferentes según el nivel del suelo, permaneciendo más frías las capas inferiores. Las mayores diferencias se encuentran entre la superficie del suelo y a un metro de altura; estas diferencias son hasta de 4°C, a las horas de mayor radiación solar. Entre los 2 y los 4 metros de altura las diferencias en temperatura son más pequeñas de 1,0°C a 1,5°C.

La temperatura del aire registrada a un metro de altura en medio de los árboles y dentro del follaje es similar, aunque en las hojas de mayor radiación el interior del follaje, la temperatura del aire tiende a ser más baja.

La temperatura máxima dentro de la plantación fue menor que la registrada a campo abierto a 1,5°C aproximadamente y presenta

una mayor duración de 1,5 a 2,0 horas más; lo anterior se explicaría por la menor radiación solar que recibe la plantación de café bajo sombrero.

La temperatura mínima dentro y fuera de la plantación es sensiblemente igual en magnitud y duración. Los valores más altos de la temperatura mínima ocurren en días húmedos y nublados y los más bajos en días secos y despejados. La menor amplitud de la temperatura del aire dentro de una plantación de café bajo sombra se debe a una disminución de la temperatura mínima prácticamente igual a la registrada en la estación climatológica (figura 10).

Los registros de temperatura tomados a 1,20 metros de altura son muy representativos de los niveles desde la superficie del suelo hasta 4 metros de altura.

Evaporación

La evaporación registrada en la plantación bajo sombra, fue inferior a la registrada en la estación meteorológica en un 50% (figura 11).

La poca variación registrada en un cafetal a la sombra implicaría una mayor duración tanto de la película de agua en las hojas como de la humedad dentro de la plantación.

Dentro de la plantación bajo sombra se observó agua líquida en las malezas y hojas inferiores del árbol, condición que no se observó en los niveles superiores del cultivo, con excepción de los árboles situados en los bordes en donde ocurrió condensación hasta el nivel medio.

Viento

La velocidad del viento dentro de la plantación se redujo notablemente, en comparación con la registrada a campo abierto. La velocidad del viento registrada a 4 metros dentro de la plantación es comparable con la registrada a un metro en la estación meteorológica (figura 12).

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BONILLA, E. Estudio comparativo de la distribución de la luz y el viento en dos regiones cafeteras (Caldas y Antioquia). Boletín Informativo Cenicafé (Colombia) 3 (25):29-35. 1952
- BONILLA, E. Estudio de la distribución vertical de la humedad relativa, de la temperatura del aire y del suelo en una plantación de café. Boletín Informativo Cenicafé (Colombia) 3(34): 19-37. 1952.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. Informes anuales y archivos de la Sección de Agroclimatología de Cenicafé.
- GOMEZ G., L; JARAMILLO R., A. Temperatura de árboles de café al sol. Cenicafé (Colombia) 25(2):61-62. 1974.
- JARAMILLO R., A. Condiciones micrometeorológicas en un cafetal bajo sombrío. Cenicafé (Colombia) 27(4):180-184. 1976.
- JARAMILLO R., A; J.M. dos SANTOS. Balance de radiación solar en Coffea arabica L. variedades Catuai y Borbón amarillo, Cenicafé (Colombia) 31(3):86-104. 1980.
- OROZCO C., F.J.; JARAMILLO R., A. Efecto del déficit de humedad en el suelo sobre la temperatura del suelo y de las hojas en plantas de Coffea canephora y C. arabica. Cenicafé (Colombia) 29(4):121-134. 1978.
- SCHROEDER, R. Distribución de la luz y el viento en un cafetal. Boletín Informativo Cenicafé (Colombia) 2(18):33-43. 1951.
- SCHROEDER, R. Distribución de la temperatura en una plantación de café. Boletín Informativo, Cenicafé (Colombia) 2(23):21-30. 1951.
- TROJER, H. Distribución horizontal de la luminosidad en cafetales y almacigos. Boletín Informativo, Cenicafé (Colombia) 4(45): 20-32. 1953.
- TROJER, H. Distribución y características de la precipitación en un cafetal bajo sombrío. Boletín Informativo, Cenicafé (Colombia) 6(67):256-264. 1955.

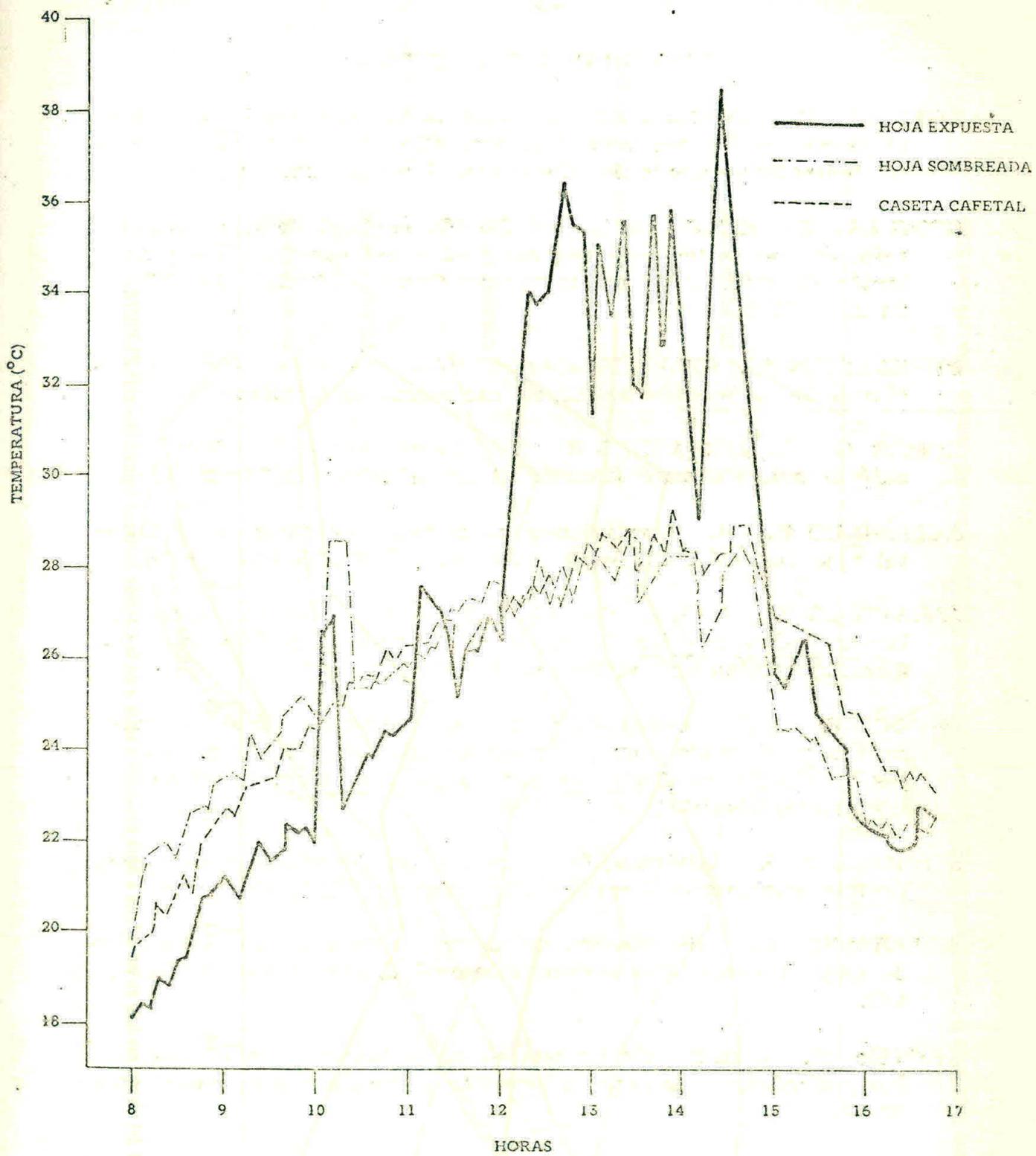


FIGURA 7. Temperaturas foliares y del aire en un cafetal a libre exposición solar - Cenicafé 16/07/74.

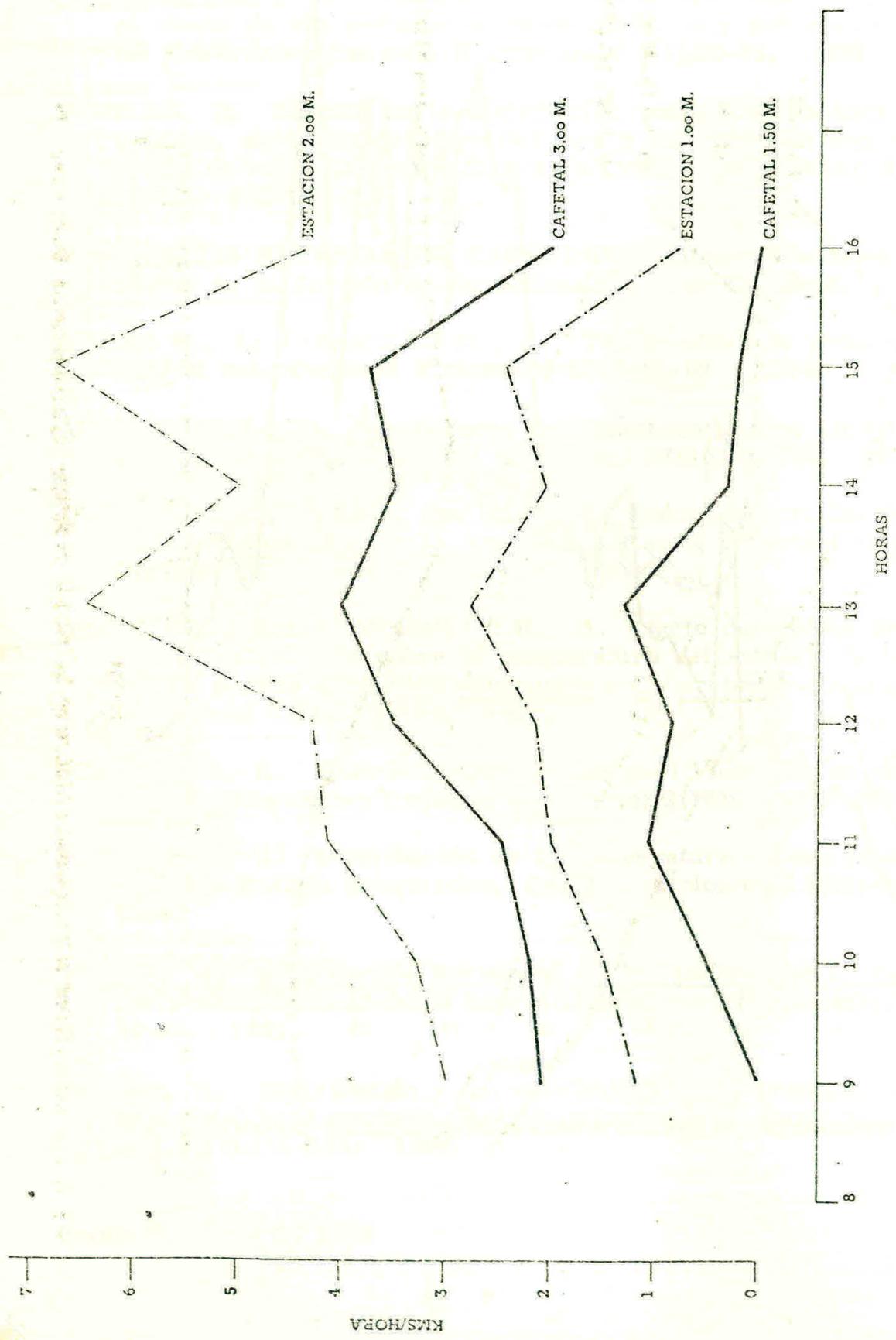


FIGURA 3. Velocidad del viento medida en un cafetal a libre exposición solar y en la estación meteorológica. Cenicafé 21/06/74.

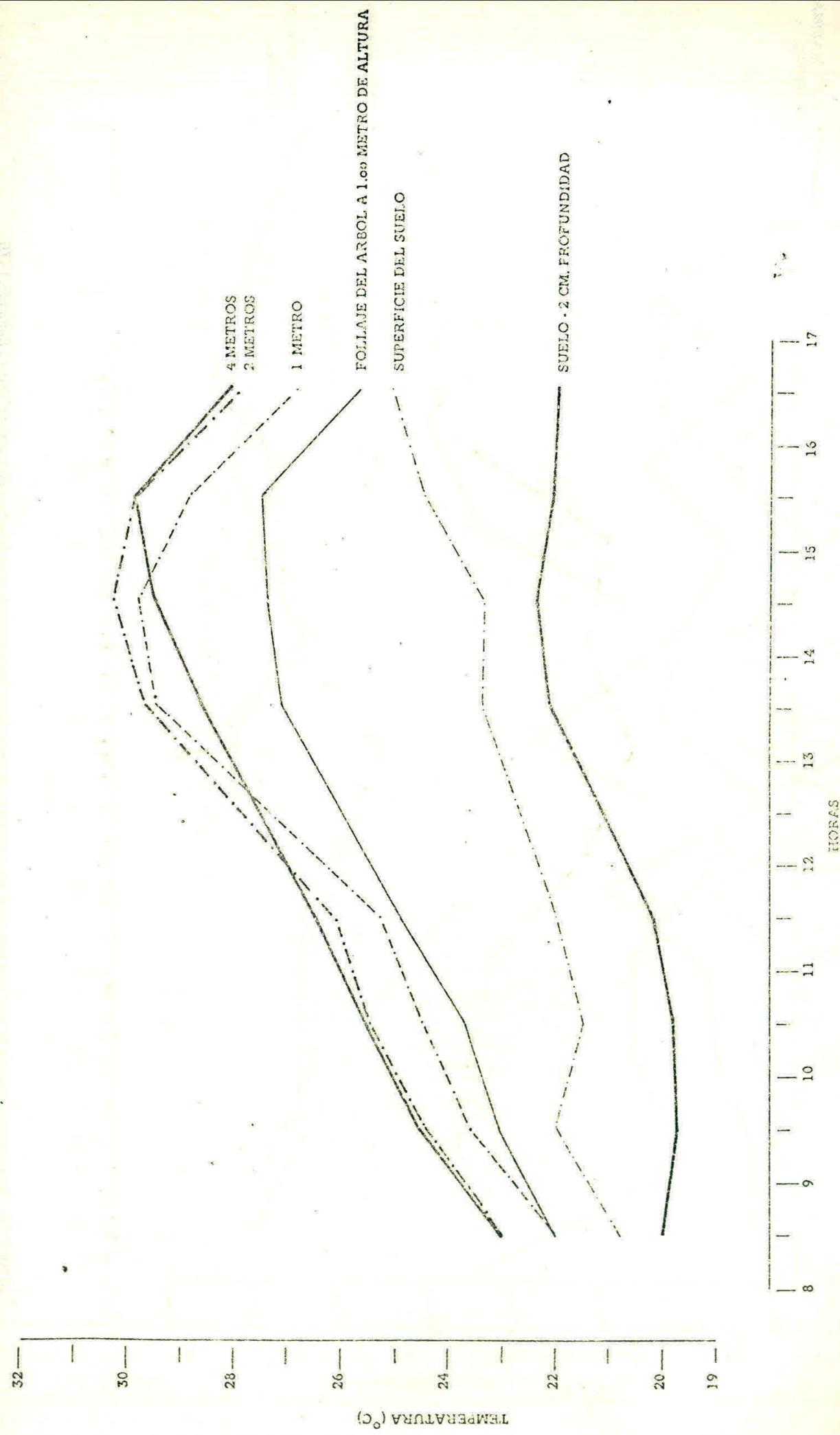


FIGURA 9. Comportamiento horario de la temperatura a diferentes niveles dentro de una plantación de café bajo sombra - Cenicaté abril 5/76.

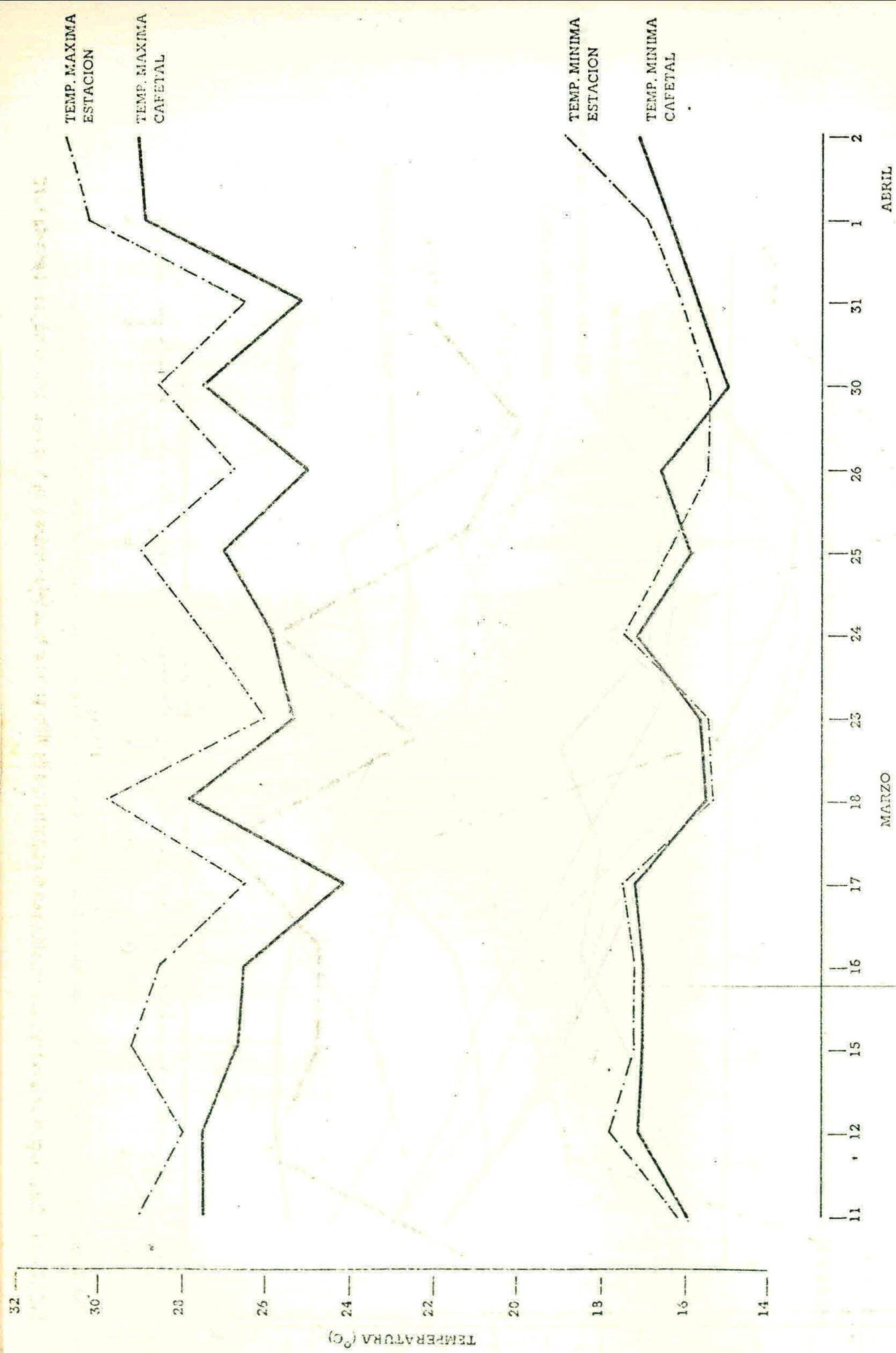


FIGURA 10. Comportamiento de la temperatura máxima y mínima en un cafetal bajo sombra, y en la estación meteorológica - Cenicafé 1976.

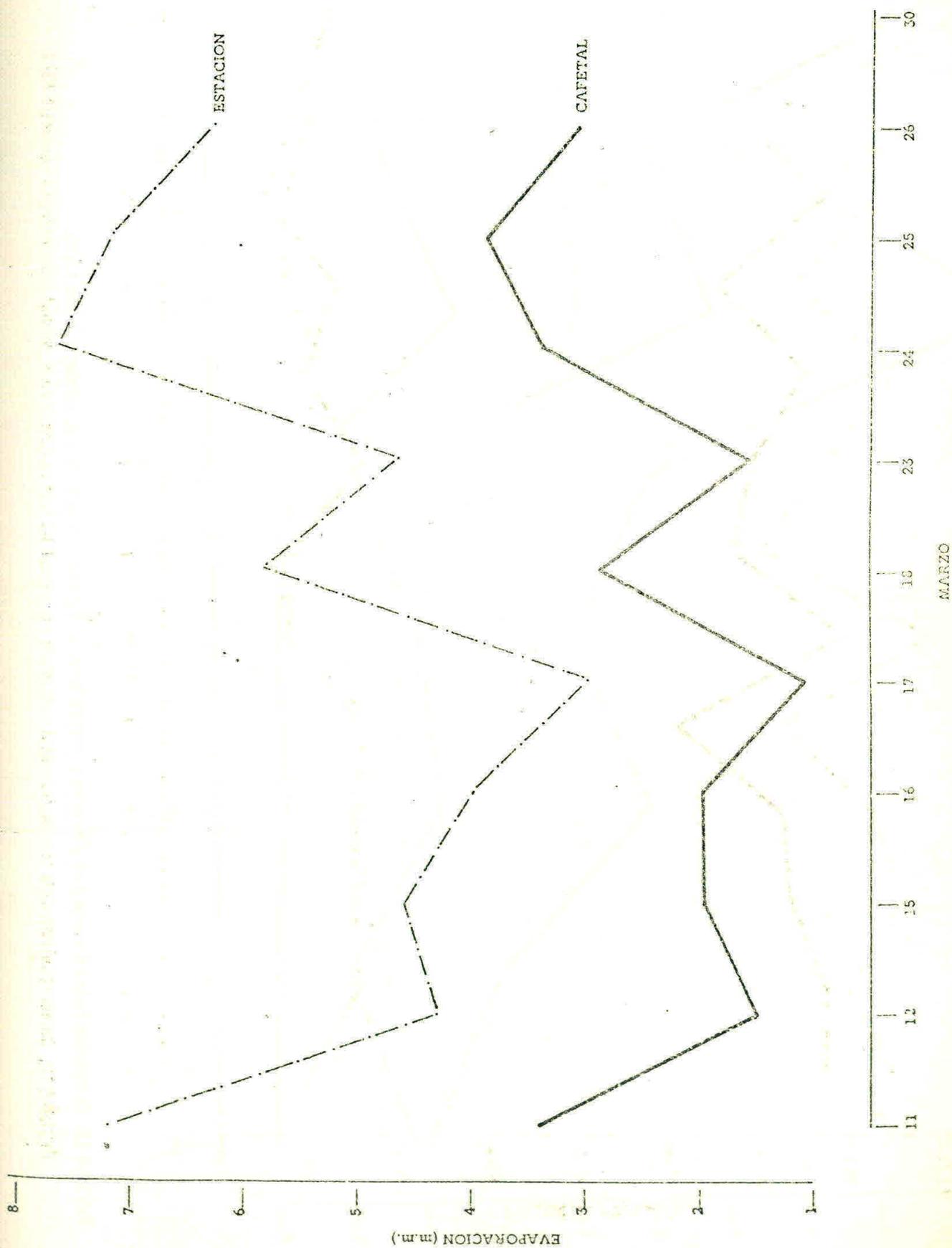


FIGURA 11. Comparación de la evaporación registrada en el evaporímetro de Piche en un cafetal bajo sombra y en la estación meteorológica - Conicafé 1976.

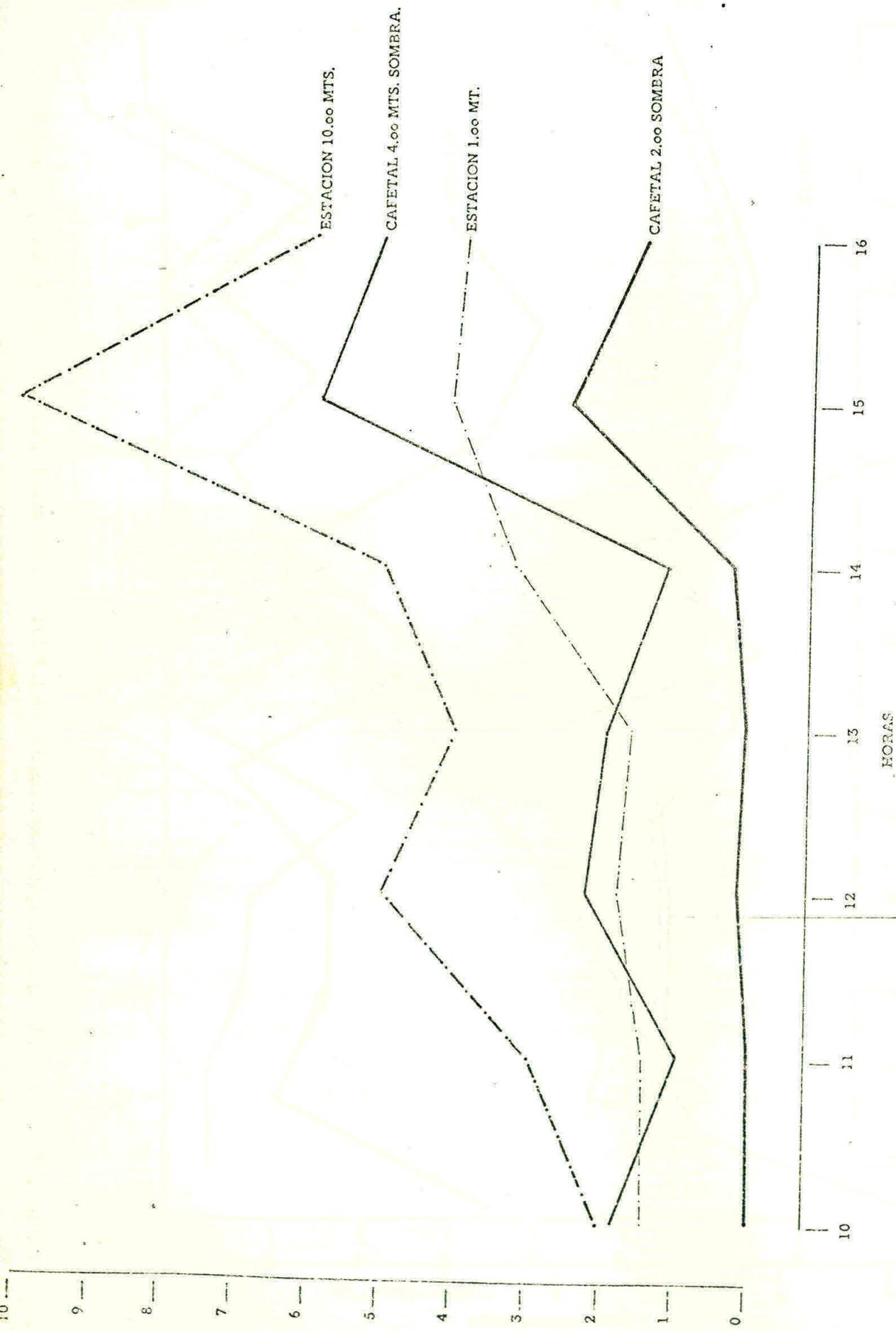


FIGURA 12. Comportamiento del viento para diferentes alturas en la estación y un cafetal a la sombra. Cenicafé marzo 1976.