

## Condiciones microclimáticas en dos sistemas de producción de café

*Microclimatic conditions in two coffee production systems*

Paulo C. Parada-Molina <sup>a</sup>  
Carlos R. Cerdán-Cabrera <sup>b</sup>  
Gustavo C. Ortiz-Ceballos <sup>c</sup>

**Recibido:** 13 de agosto de 2021

**Aceptado:** 6 de octubre de 2021

---

<sup>a</sup> Estudiante de Posgrado en Ciencias Agropecuarias. Observatorio de la Cafecultura Veracruzana, Universidad Veracruzana, Xalapa, México. Contacto: [pparada@uv.mx](mailto:pparada@uv.mx) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9567-7142>

<sup>b</sup> PhD. en Agroforestería. Observatorio de la Cafecultura Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Xalapa, México. Contacto: [ccerdan@uv.mx](mailto:ccerdan@uv.mx) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0498-2617>

<sup>c</sup> Doctor en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Observatorio de la Cafecultura Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Xalapa, México. Contacto: [gusortiz@uv.mx](mailto:gusortiz@uv.mx) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4979-0520>

**RESUMEN:** Uno de los propósitos alcanzados por el Observatorio de la Cafeticultura Veracruzana (OBSERVA-CAFÉ) es el monitoreo y la generación de información de las condiciones agroclimáticas de sistemas de producción de café. El objetivo de este trabajo fue analizar las condiciones microclimáticas a diferentes escalas temporales en dos sistemas productivos. Se encontró que existen diferencias en las condiciones microclimáticas (temperatura máxima y mínima, amplitud térmica y déficit de presión de vapor) entre sistemas de producción de Café-Chalahuite y Café-Nacaxtle. El análisis a distintas escalas temporales permite identificar lapsos de condiciones microclimáticas adversas para el desarrollo del cultivo de café que, de acuerdo a los valores diurnos del déficit de presión de vapor, se ve sometido a periodos de déficit hídrico.

**Palabras clave:** *Coffea arabica*; déficit hídrico; microclima; escalas temporales.

**ABSTRACT:** *One of the purposes achieved by the Coffee-Production Observatory of Veracruz (OBSERVA-CAFÉ) is the monitoring and the generation of information on the agroclimatic conditions of coffee production systems. The objective of this work was to analyze microclimatic conditions at different time scales in two production systems. Differences in microclimatic conditions (maximum and minimum temperature, thermal amplitude and vapor pressure deficit) were found to exist between Coffee-Chalahuite and Café-Nacaxtle production systems. The analysis at different time scales allows to identify lapses of adverse microclimatic conditions for the development of coffee cultivation which, according to the daytime values of the vapor pressure deficit, is subjected to periods of water deficit.*

**Keywords:** *Coffea arabica*; water deficit; microclimate; timescales.

## Introducción

EL café es uno de los agroproductos más comercializados a nivel mundial, siendo de gran valor económico, social y cultural. De manera tradicional, el café (*Coffea arabica*) se ha cultivado en sotobosque, bajo árboles nativos y variados. Sin embargo, entre las prácticas para incrementar la producción de este cultivo se encuentra la reducción de la cobertura arbórea. Esta reducción altera las condiciones ambientales en las que se desarrollan las plantas y las exponen a diversos factores que podrían incidir de manera negativa en su desarrollo y producción. Entre estos, los cambios en las condiciones microclimáticas podrían conducir a un desarrollo limitado de este cultivo, afectando las cosechas; sin dejar de lado la generación de condiciones favorables para la proliferación de plagas y enfermedades. Es por esto que con la creación del Observatorio de la Cafeticultura Veracruzana (OBSERVA-CAFÉ) se planteó monitorear las condiciones agroclimáticas (Ortiz et al., 2017).

Atendiendo este objetivo planteado por el OBSERVA-CAFÉ, el grupo de trabajo realiza el monitoreo de las condiciones climáticas y microclimáticas en las que cultiva y produce el café, en una finca localizada en la región cafetalera de Coatepec, Veracruz, México. Con ello se genera información sobre las condiciones en las que se desarrolla este cultivo, y su análisis permitirá identificar condiciones y factores adversos para su producción. Esto posibilitará planificar estrategias para la adaptación y mitigación de los factores adversos relacionados con las condiciones ambientales. Por ello, el objetivo de este trabajo fue analizar las condiciones microclimáticas a diferentes escalas temporales en dos sistemas de producción de café.

## 1. Materiales y métodos

Este estudio se realizó en una finca cafetalera localizada a 19° 25' 52.3" N y 96° 53'44.3" W, en el municipio de Coatepec, Veracruz, México. En esta finca el café se cultiva bajo árboles de sombra, principalmente *Inga vera* (Chalahuite) y *Enterolobium cyclocarpum* (Nacaxtle). Estos sistemas productivos, Café-Chalahuite (CI) y Café-Nacaxtle (CE), se equiparon para evaluar las condiciones ambientales en las que se desarrolla el cultivo de café.

Se instalaron dos sensores para medir la temperatura del aire (T) y la humedad relativa (RH) (U23 Pro v2, Onset), al interior de cada sistema, por arriba de las plantas de café. Ambas variables se midieron cada 5 s, registrando el promedio cada 15 min, de julio de 2018 a enero 2021. El déficit de presión de vapor (DPV) se calculó como la diferencia entre la presión de vapor de agua actual y la presión de vapor de saturación (Barradas, 1994). Se determinaron las variables microclimáticas a escala diaria, temporal (DEF, MAM, JJA y SON) y horaria. Las diferencias de las variables entre sistemas de producción se determinaron mediante la prueba de t-student ( $\alpha= 0.05$ ).

## 2. Resultados y discusión

La temperatura mínima ( $T_{min}$ ), la amplitud térmica diaria y el déficit de presión de vapor (DPV) presentaron diferencias significativas entre CE y CI durante todo el periodo evaluado ( $p<0.05$ ) (**Tabla 1**) y en cada temporada analizada (**Tabla 2**).

**Tabla 1**

*Valores diarios medios de temperatura máxima ( $T_{max}$ ), mínima ( $T_{min}$ ), amplitud térmica ( $\Delta T$ ) y déficit de presión de vapor (DPV) en dos sistemas de producción de café (Café-Chalahuite, CI y Café-Nacaxtle, CE)*

Variable	CI	CE
$T_{max}$ (°C)	28.2±5.9	28.3±4.6
$T_{min}$ (°C)	15.3±2.6	15.9±2.4
$\Delta T$ (°C)	13.0±5.5	12.5±4.6
DPV (kPa)	0.5±0.3	0.6±0.3

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2**

Valores diarios medios de temperatura máxima ( $T_{max}$ ), mínima ( $T_{min}$ ), amplitud térmica ( $\Delta T$ ) y déficit de presión de vapor (DPV), por temporada, en dos sistemas de producción de café (Café-Chalahuite, CI y Café-Nacaxtle, CE). DEF (diciembre a febrero); MAM (marzo a mayo); JJA (junio a agosto); SON (septiembre a noviembre)

Variable	DEF		MAM		JJA		SON	
	CI	CE	CI	CE	CI	CE	CI	CE
$T_{max}$ (°C)	23.7±4.9	26.4±5.8	31.2±4.7	31.1±4.7	32.4±4.5	29.3±2.4	27.3±4.8	27.0±3.2
$T_{min}$ (°C)	12.7±2.3	13.4±2.2	15.7±2.5	16.5±2.5	17.1±1.3	17.6±1.2	16.0±2.2	16.4±2.0
$\Delta T$ (°C)	11.0±5.3	13.0±6.2	15.5±4.8	14.6±5.1	15.2±4.7	11.7±2.6	11.3±5.3	10.6±3.8
DPV (kPa)	0.37±0.41	0.28±0.27	0.82±0.35	0.88±0.36	0.60±0.26	0.61±0.19	0.34±0.17	0.43±0.17

Fuente: elaboración propia.

A escala temporal,  $T_{min}$  y  $\Delta T$  presentaron diferencias significativas en las cuatro temporadas analizadas ( $0 < 0.05$ );  $T_{max}$  sólo presentó diferencias significativas durante DEF y JJA ( $p < 0.05$ ) y DPV presentó diferencias excepto durante JJA (**Tabla 2**). La temperatura máxima más baja y más alta se presentaron en el sistema productivo CI, durante DEF y JJA, respectivamente, al igual que la mínima más baja en DEF. El sistema CE (Café-Nacaxtle) presentó la temperatura mínima más alta durante JJA.

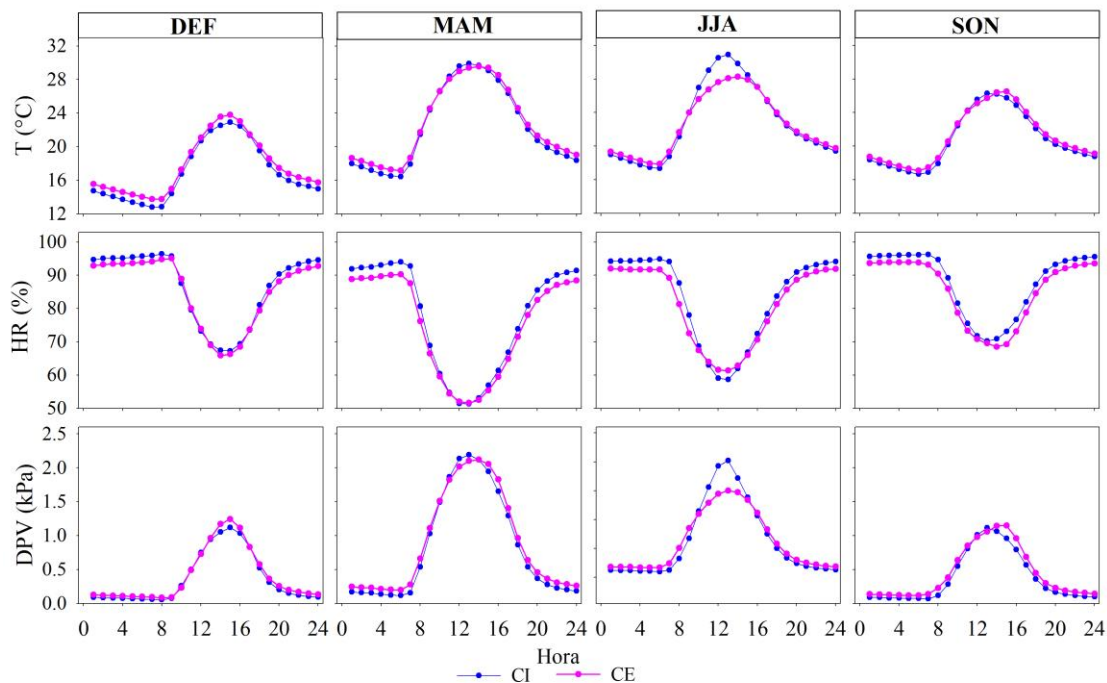
La mayor amplitud térmica ( $\Delta T$ ) se presentó en el CI durante MAM y la menor en el CE durante SON. Con relación al DPV, los más bajos se presentaron durante SON y DEF, incrementándose fuertemente y alcanzando los máximos en MAM en ambos sistemas.

Las diferencias en la  $T_{max}$  entre los sistemas evaluados alcanzan valores de hasta 3 °C durante DEF y JJA; durante DEF, que se caracteriza por ser una temporada fría, las temperaturas son mayores en el CE, mientras que en JJA temporada de calor, este mismo sistema mantiene las temperaturas más bajas, en comparación con el sistema CI. Esto puede deberse a la estructura de la copa de los árboles Nacaxtle (*Enterolobium cyclocarpum*) y su densidad de siembra, que permiten mitigar los extremos de altas y bajas temperaturas generando condiciones térmicas más favorables para las plantas de café. Las temperaturas mínimas si bien presentaron diferencias significativas en todas las temporadas, las diferencias entre sistemas son menores a 1 °C, siendo más bajas en CE. El DPV fue significativamente menor en CI, excepto durante JJA.

Analizando la oscilación diurna durante cada temporada (Figura 1), las bajas temperaturas parecen no ser una limitante para el cultivo de café; sin embargo, durante MAM y JJA, de las 10:00 y las 18:00 h se presentan por temperaturas medias por arriba de la óptimas (23 °C) para *Coffea arabica* (Granados-Ramírez et al., 2014).

El DPV presentó valores máximos entre las 13:00 y las 16:00 h en todas las temporadas, en ambos sistemas productivos. Durante DEF y SON los valores estuvieron por debajo de 1.3 kPa, mientras que en MAM y JJA entre las 11:00 y las 18:00 se presentaron valores mayores 1.5 kPa (Figura 1). Valores de DPV mayores a 1.5 kPa está relacionado con el cierre de las estomas como respuesta de

las plantas de café al déficit hídrico, evitando o reduciendo la pérdida excesiva de agua (DaMatta & Ramalho, 2006; De Oliveira et al., 2009; Molina et al., 2016).



**Figura 1.** Oscilación media diaria de temperatura media (T, °C), humedad relativa (HR, %) y déficit de presión de vapor (DPV, kPa) durante 4 épocas del año períodos: diciembre a febrero (DEF), marzo a mayo (MAM), junio a agosto (JJA) y septiembre a noviembre (SON) en café cultivado bajo *Inga vera* (Chalahuite) y *Enterolobium cyclocarpum* (Nacaxtle).

Fuente: elaboración propia.

Estos avances resaltan la importancia de analizar el microclima a diferentes escalas temporales para identificar los momentos en que el cultivo de café se ve sometido a condiciones estresantes. La duración e intensidad de estas condiciones podrían influir en la capacidad de respuesta de la planta para afrontarlas; además de implementar estrategias de adaptación para reducir los efectos de dichas condiciones estresantes.

### 3. Conclusiones

Los árboles de sombra permiten mitigar los extremos de temperatura, siendo más evidente el efecto amortiguador de *Enterolobium cyclocarpum* (Nacaxtle) sobre *Inga vera* (Chalahuite). Las distintas escalas temporales de análisis permiten identificar con mayor precisión los momentos en que el cultivo de café es sometido a condiciones ambientales adversas. En el sitio de estudio, de acuerdo a los valores diurnos del DPV, las plantas de café experimentan periodos de déficit hídrico durante MAM y JJA. Esto podría ayudar a planear estrategias de mitigación específicas en cada sistema productivo. En principio, el aumento en la densidad de árboles de *Inga vera* ayudaría a reducir los efectos de las temperaturas en este sistema productivo.

## Referencias

- Barradas, V. L.** (1994). *Instrumentación biometeorológica*. Fondo de Cultura Económica-UNAM.
- DaMatta, F.,** y Ramalho, C. J. D. (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 55–81. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006>
- De Oliveira, L. F. C.,** Oliverira, R. Z., y de Aquino Portes E Castro, T. (2009). Comportamiento fisiológico de cafeeiros submetidos a diferentes disponibilidades de água no solo. *Bioscience Journal*, 25(3), 83–91. <https://bit.ly/300SJIV>
- Granados-Ramírez, R.,** Medina, B. M. de la P., y Peña, M. V. (2014). Change and climate change in the slope of the Gulf of Mexico. Impacts on coffee production. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 473–485. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n3/v5n3a11.pdf>
- Molina, V. D. M.,** Ramírez-Builes, V., y Cortina, G. H. A. (2016). Comportamiento de accesiones de *Coffea arabica* sometidas a déficit de humedad del suelo. *Cenicafé*, 67(1), 41–54. <https://www.cenicafe.org/es/publications/2.Comportamiento.pdf>
- Ortiz, G.,** José, C., Martínez, L., Pablo, R., Hernández, C., y Cabrera, C. R. C. (2017). Creación del Observatorio de la Cafeticultura Veracruzana (Observa-café). *UVserva*, (3), 127–130. <https://uvserva.uv.mx/index.php/Uvserva/article/view/2526/4408>