

Índices de aridez para un sistema agroforestal cafetalero

Aridity indices for a coffee agroforestry system

Paulo César Parada-Molina ^a | Gustavo Ortiz Ceballos ^b |
Juan Cervantes-Pérez ^c | Carlos Roberto Cerdán Cabrera ^d

Recibido: 10 de septiembre de 2022.

Aceptado: 6 de octubre de 2022.

^a Universidad Veracruzana, Facultad de Instrumentación Electrónica, Observatorio de la Caficultura Veracruzana (ObservaCafé) Xalapa, México. Contacto: pparada@uv.mx | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9567-7142>

^b Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Observatorio de la Caficultura Veracruzana (ObservaCafé) Xalapa, México. Contacto: gusortiz@uv.mx | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4979-0520>

^c Universidad Veracruzana, Facultad de Instrumentación Electrónica, Observatorio de la Caficultura Veracruzana (ObservaCafé) Xalapa, México. Contacto: jcervantes@uv.mx | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9567-7142>

^d Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Observatorio de la Caficultura Veracruzana (ObservaCafé) Xalapa, México. Contacto: ccerdan@uv.mx | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0498-2617> *Autor para correspondencia.

Resumen: Con la finalidad de generar información útil para el sector productivo cafetalero, como parte de las actividades del Observatorio de la Cafeticultura Veracruzana (OBSERVACAFÉ), se realiza la estimación de distintos índices que permitan conocer las condiciones ambientales en las que se desarrolla el cultivo de café y que ayuden a los productores a la toma de decisiones en cuanto a las prácticas de manejo implementadas en sus sistemas de producción. En este sentido, a partir de la determinación de índices de aridez a escala mensual, mediante el Índice de De Martonne se evaluaron las condiciones hídricas con datos medidos en campo en un sistema agroforestal cafetalero; estas condiciones se compararon con las condiciones hídricas medias, determinadas mediante el mismo índice con las variables climáticas medias (1985-2018) de la estación Briones (30452) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Palabras clave: Aridez; cafeticultura; índices; sistemas agroforestales.

Abstract: *In order to generate useful information for the coffee production sector, as part of the activities of the Veracruz Coffee Observatory (OBSERVA-CAFE), the estimation of different indices is made to know the environmental conditions in which coffee cultivation is developed and to help producers make decisions regarding the management practices implemented in their production systems. In this case, from the determination of aridity indices on a monthly scale, -using the De Martonne Index-. Water conditions evaluated, with data measured in the field, in a coffee agroforestry system; these conditions compared with the average water conditions, determined by the same index with the average climatic variables (1985-2018) of the Briones station (30452) of the National Meteorological Service (SMN).*

Keywords: *Aridity; Coffee Growing; Indices; Agroforestry Systems.*

Introducción

La agricultura es un sector ampliamente vinculado con el clima y los recursos naturales. Entre estos, la gestión del agua es un componente importante en la agricultura, particularmente para los cultivos perennes de árboles, como el café. La disponibilidad de agua es primordial para el desarrollo óptimo de las plantas de café; el seguimiento de las condiciones hídricas en las cuales se desarrolla es importante para la planeación de actividades agronómicas, dado que los efectos generados por las condiciones térmicas extremas y los cambios en los patrones de lluvia impactan en la rentabilidad y sostenibilidad del sistema de producción (Chemura et al., 2017; Cohen-Manrique et al., 2020).

El café, durante su desarrollo, requiere de un periodo seco, que coincide con la temporada fría en la mayoría de las regiones productoras y que induzca en la planta un estado de estrés hídrico; durante este periodo, las plantas de café son sensibles a los elementos climáticos, especialmente a la disponibilidad de agua y a los cambios térmicos (Montoanelli, et al., 2017). Sin embargo, una sequía persistente puede dañar el funcionamiento de las plantas, impactando negativamente en su producción (Lin, 2010; Amarasinghe et al., 2015).

Las condiciones hídricas aptas para el desarrollo del café juegan un papel importante en la mitigación de los efectos negativos asociados al crecimiento y la productividad de su cultivo; además, reduce la implementación de prácticas de manejo y ambientalmente insostenibles

(Chemura et al., 2017). Una forma de evaluar estas condiciones es a partir de índices basados en variables hídricas y climáticas (índice de severidad de sequía de Palmer, índice de humedad de suelo, índice de sequía, índice de estrés hídrico de los cultivos, índices de aridez, entre otros) (Ramírez-Builes et al., 2010; Cohen-Manrique et al., 2020).

Se ha reportado para sistemas de producción cafetaleros contrastantes (monocultivo y bajo sistemas agroforestales, SAF) condiciones hídricas similares (Harmand et al., 2007); mientras que Lin (2010) reporta diferencias en las condiciones hídricas entre sistemas de producción con distinta densidad arbórea del sur de México, particularmente de la humedad en el suelo, siendo menor en los SAF con menor cobertura arbórea.

Esto refleja algunos beneficios del uso de SAF como lo es la reducción de las salidas de agua de estos sistemas debido a la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas (Cannavo et al., 2011; Harmand et al., 2007), ofreciendo un mayor nivel de protección de los cultivos de café con vulnerabilidad agrícola debido a la reducción de los recursos hídricos (Lin, 2010).

Además, se proyecta que el aumento de condiciones secas en diversas regiones, impulsará en mayor medida los impactos negativos en la producción agrícola, viéndose reflejado en la reducción de rendimientos (Stojcheska et al., 2019). Ante esto, el objetivo de este trabajo fue determinar índices de aridez como un indicador de las condiciones hídricas de un sistema agroforestal cafetalero.

1. Materiales y métodos

En un sistema agroforestal cafetalero, ubicado a 19° 30' 55,9", -96° 56' 30,5" y 1320 msnm, entre los límites municipales de Xalapa y Coatepec, Veracruz (México), se realizaron mediciones de temperatura ambiente por debajo del estrato arbustivo (entre las plantas de café a 2 m de altura) y de precipitación de mayo de 2017 hasta febrero de 2019, incluyendo tres periodos productivos. El monitoreo se realizó cada 15 min con equipo automatizado. La información analizada determinó los promedios mensuales de cada una de las variables.

Se empleó la ecuación del Índice de De Martonne para el cálculo de los índices mensuales de aridez; este es aplicable localmente, permitiendo evaluar la disponibilidad de agua en un área (Wang & Takahashi, 1999; Cheval et al., 2017).

$$Ia = \frac{12 + P}{T + 10}$$

Donde:

A es el Índice de aridez de De Martonne; P es la precipitación mensual (mm); T es la temperatura media mensual (°C). La interpretación de dichos índices se realizó a partir de la **Tabla 1**.

Tabla 1
Zonificación de acuerdo con el del Índice de Martonne

Zona	Valor de Ia
Hiperárida	0 - 5
Árida	5 - 10
Semiárida	10 -20
Subhúmeda	20 - 30
Húmeda	30 - 60
Hiperhúmeda	> 60

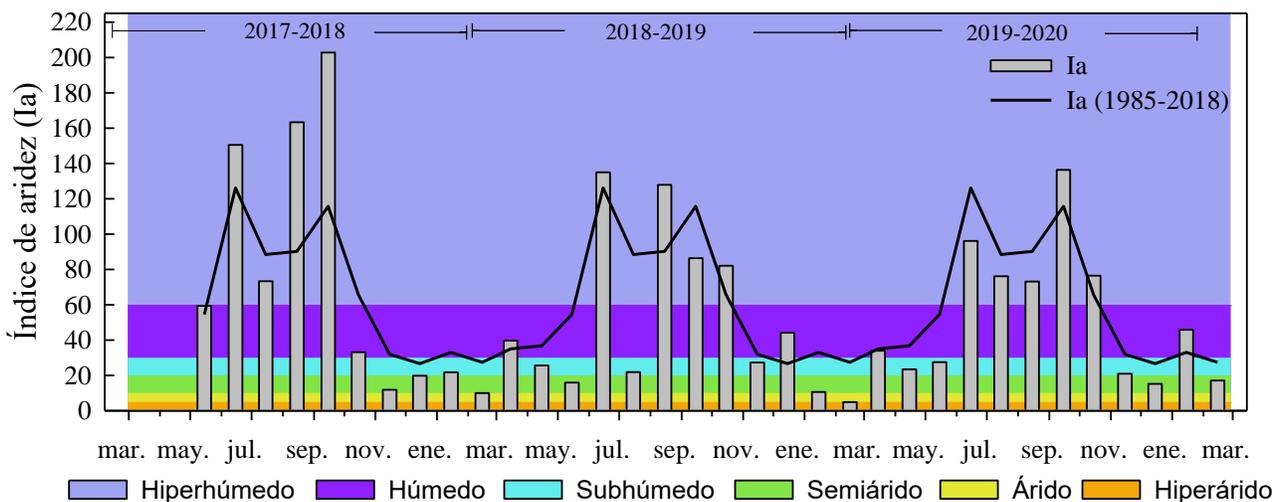
Fuente: Troyo et al., 2014.

Los índices se determinaron con datos medidos en el sistema agroforestal cafetalero y con datos medios de 34 años (1985-2018) de la estación Briones (30452) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ubicada a menos de 400 m del SAF.

2. Resultados

De acuerdo con los Índices de aridez De Martonne (Ia) determinados a partir de medias climáticas de 34 años (1985-2018), en el área de estudios presenta tres condiciones hídricas durante el año: a) condiciones subhúmedas durante 2 meses (febrero y diciembre); b) condiciones húmedas durante 5 meses (enero, marzo-mayo y noviembre); c) condiciones hiperhúmedas durante los 5 meses restantes (junio-octubre) (Figura 1).

Figura 1
Variación mensual de los Índices de aridez



Nota: Variación mensual de los Índices de aridez para un sistema agroforestal (Ia) y a partir de las normales climatológicas de la estación 30452-Briones (Ia 1985-2018). Fuente: Elaboración propia.

Con relación a los índices determinados a partir de la información monitoreada en el sistema agroforestal cafetalero, y comparándolos con los índices de aridez mensuales medios de 34 años (Ia

1985-2018), se logra apreciar que los meses caracterizados climáticamente como subhúmedos (febrero y diciembre), durante el periodo evaluado presentaron condiciones más secas, estando en el nivel semiárido, incluso presentando condiciones hiperáridas, como fue el caso de febrero 2018.

Caso similar sucedió durante los catalogados como meses climáticamente húmedos durante el periodo evaluado; en el sistema agroforestal cafetalero, estos meses presentaron condiciones más secas, entrando en categorías más áridas.

Por último, para los meses catalogados como hiperhúmedos, el Ia para el SAF presentó mayor variabilidad, con valores mayores o menores a los Ia 1985-2018. A pesar de ello, en la mayoría de los casos se conservó este nivel. Una excepción muy marcada fue el mes de julio del periodo productivo 2018-2019 en el cual se presentó una sequía intraestival, o canícula, muy marcada.

3. Conclusiones y consideraciones futuras

Los índices de aridez son un instrumento que permite identificar las condiciones hídricas de un área o sistema productivo en función de parámetros hidrometeorológicos. Particularmente, dada la complejidad a la que los productores se enfrentan para contar con información que les permita describir las condiciones hídricas de sus áreas de cultivo, el Índice de aridez de De Martonne puede ser una herramienta accesible, dada la información necesaria para su determinación. Por último, desde el OBSERVACAFÉ se sigue trabajando en investigación y determinación de índices accesibles a los productores y los tomadores de decisiones, a partir del monitoreo de variables climáticas, vegetativas y productivas en campo.

Referencias

- Amarasinghe**, U. A., Hoanh, C. T., D'haeze, D., & Hung, T. Q. (2015). Toward sustainable coffee production in Vietnam: More coffee with less water. *Agricultural Systems*, 136, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.008>
- Cannavo**, P., Sansoulet, J., Harmand, J. M., Siles, P., Dreyer, E., & Vaast, P. (2011). Agroforestry associating coffee and *Inga densiflora* results in complementarity for water uptake and decreases deep drainage in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140(1–2), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.11.005>
- Chemura**, A., Mutanga, O., & Dube, T. (2017). Remote sensing leaf water stress in coffee (*Coffea arabica*) using secondary effects of water absorption and random forests. *Physics and Chemistry of the Earth*, 100, 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2017.02.011>
- Cohen-Manrique**, Carlos S., Burbano-Bustos, Andrea F., Salgado-Ordosgoitia, Rodrigo D., & Merlano-Porto, Rafael H. (2020). Control de riego en cultivos de ahuyama en Sincelejo, Sucre (Colombia) gestionados a través del Internet de las Cosas. *Información tecnológica*, 31(5), 79–88. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000500079>
- Harmand**, J. M., Ávila, H., Dambrine, E., Skiba, U., De Miguel, S., Renderos, R. V., Oliver, R., Jiménez, F., & Beer, J. (2007). Nitrogen dynamics and soil nitrate retention in a *Coffea arabica-Eucalyptus deglupta* agroforestry system in Southern Costa Rica. *Biogeochemistry*, 85(2), 125–139. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9120-4>
- Cheval**, S., Dumitrescu, A., & Birsan, M. V. (2017). Variability of the aridity in the SouthEastern Europe over 1961–2050. *Catena*, 151, 74–86.

- Lin, B. B.** (2010). The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(4), 510–518. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.010>
- Montoanelli, C. J., Sousa, V. H., Baitelle, C. D., Loss, B. J., Monaco, V. P., Ramalho, H. I., Merlo, M. C., Vargas, S. V., Birchler, R., & Zanotti, M. F.** (2017). Controlled water stress in uniformity of maturity and productivity of conilon coffee. *African Journal of Agricultural Research*, 12(3), 192–199. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11995>
- Ramírez-Builes, V., Jaramillo-Robledo, Á., & Arcila-Pulgarín, J.** (2010). Índices para evaluar el estado hídrico en los cafetales. *Cenicafé*, 61(1), 55–66.
- Stojcheska, A. M., Hristov, J., & Surry, Y.** (2019). Farm response to climate change: exploratory analysis of Macedonian agriculture using the Ricardian modeling approach. *Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences*, 40(1), 105. <https://doi.org/10.20903/csnmbs.masa.2019.40.1.135>
- Troyo, D. E., Mercado, M. G., Cruz, A., Nieto, G. A., Valdez C. R. D., García, J. L., & Murillo, B.** (2014). Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México. *Investigaciones geográficas*, (85), 66-81.
- Wang, Q. y Takahashi, H.** (1999) A land surface water deficit model for an arid and semiarid region: Impact of desertification on the water deficit status in the Loess Plateau, China. *Journal of Climate*, 12, 244–257.