

NOTA TECNICA

UN MODELO PARA EVALUAR LA INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA PRODUCCION DE CAFE

Alvaro Jaramillo-Robledo*; Lars Otto-Larsen**;

Jaime Arcila-Pulgarín***

RESUMEN

JARAMILLO R., A.; LARSEN, L.O.; ARCILA P., J. Un modelo para evaluar la influencia del clima en la producción de café. Cenicafé (Colombia) 43(1): 22-26.1992.

En este estudio se adapta, para el cultivo del café, el modelo utilizado por la FAO y desarrollado en Wageningen, Holanda, como una herramienta para evaluar la relación clima-planta. Se presentan los componentes del clima y de la planta de café para el cálculo de la biomasa global máxima y de la biomasa neta. Como elementos básicos del clima se tienen en cuenta la disponibilidad de agua en el suelo calculada a partir del balance hídrico y la disponibilidad de energía expresada por la radiación solar y la temperatura. Como procesos fisiológicos de la planta intervienen la producción fotosintética, estableciéndose una relación de fotosíntesis con la disponibilidad de agua, la radiación y la temperatura, y un gasto en respiración con relación a la temperatura. Para probar el modelo se consideró la información climática de 24 años para períodos de 10 días de la estación Naranjal de CENICAFE, Chinchiná, Caldas, realizando los cálculos de biomasa para 18 meses previos. Se estableció el índice Biomasa calculada/Biomasa máxima. De acuerdo con este índice se observan años de baja producción y de alta producción por efectos climáticos.

Palabras claves: Colombia, zona cafetera, fisiología del café, fotosíntesis, radiación, temperatura, respiración, clima

ABSTRACT

The model developed in Wageningen, Holland, and used by FAO as a tool to evaluate the climate-plant relationship, was adapted in this study for the coffee crop. The climate and coffee plant components are presented for the maximum global biomass and for the net biomass estimation. The availability of water in the soil estimated from the hydric balance and the availability of energy expressed by the solar radiation and the temperature were considered as climate basic elements. The photosynthetic production establishing a relationship between photosynthesis and water availability, the radiation and the temperature, and a respiration spend with relation to the temperature are involved as climate basic elements. To test the model, the climate information for 10 days periods over 24 years at the Naranjal station of CENICAFE, Chinchiná, Caldas, was considered: doing the biomass estimation for previous 18 months. The calculated biomass/maximum biomass index was established. According with this index, low yield and high yield years were observed due to climate effects.

Keywords: Colombia, coffee zone, coffee physiology, photosynthesis, radiation, temperature, respiration, climate.

* Investigador Científico II. Agroclimatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, Manizales, Colombia.

*** Investigador Principal I. Fisiología Vegetal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

La productividad potencial de una comunidad vegetal está determinada por la interrelación de factores climáticos, edáficos, genéticos y antropogénicos.

La disponibilidad de agua en el suelo y la disponibilidad de energía influyen sobre los procesos bioquímicos como son la fotosíntesis y la respiración y por lo tanto, en el crecimiento y desarrollo final de la planta.

Baier (1), Cusack (2) y Wishler *et al.* (19), establecen diferentes definiciones para el concepto de modelo agroclimático, pero en general están de acuerdo en que éste es una presentación simplificada de la realidad en la cual los elementos climáticos están influyendo sobre los procesos de fotosíntesis, respiración y transpiración que pueden ser simulados por medio de ecuaciones matemáticas basadas en experimentos o conocimientos de un proceso particular.

Wishler *et al.* (19), los clasifican de acuerdo con el grado de comprensión del modelo en empíricos o de correlación y explicativos, siendo estos últimos los que mayor grado de comprensión tendrían. Es de anotar que todo modelo presenta alguna proporción de las dos categorías.

Los modelos agroclimáticos han sido utilizados con diferentes propósitos como son proyectos de desarrollo agrícola, zonificación agroclimática, pronósticos de producción, pronósticos de ataque de plagas y enfermedades, evaluación del impacto natural sobre la producción, mejor comprensión de los resultados experimentales y como herramienta en la investigación agronómica (4, 6, 7, 11, 16, 17).

La variación en la producción depende en gran proporción (70 - 80%) de las aplicaciones tecnológicas como: variedades mejoradas,

prácticas de fertilización, controles fitosanitarios y mecanización entre otras; las condiciones climáticas pueden influir entre 12 y 18% y existen otras variables aleatorias que pueden ser responsables en una proporción del 5 al 10%.

Uno de los modelos utilizados para estimar la productividad potencial de cultivos es el desarrollado en Wageningen, Holanda y probado en diferentes estudios realizados por la FAO en América Central y Suramérica (5) y en el trópico húmedo del suroeste asiático (15).

El presente estudio se desarrolló con el objeto de adaptar, para el cultivo del café, el modelo desarrollado en Holanda que evalúa cuantitativamente la influencia del clima en la producción.

MATERIALES Y METODOS

El modelo a probar establece la relación físico-biológica, considerando los elementos climáticos, básicamente el agua y la energía disponibles para los procesos de fotosíntesis y respiración efectuados por la planta.

Para operar el modelo, el primer paso consiste en determinar la disponibilidad de agua en la región mediante el cálculo de balance hídrico climático, el cual tiene en cuenta la lluvia, la evaporación y la retención de humedad en el suelo. Con estos elementos se determina la duración del período de disponibilidad de agua.

Con el cálculo anterior se estiman las décadas secas y húmedas, cuya secuencia determina la dinámica de crecimiento de la vegetación. En los períodos de disponibilidad de agua, el crecimiento de la planta estaría en

un potencial máximo de crecimiento. En los períodos de deficiencia de agua habría limitación del crecimiento.

La disponibilidad de energía está determinada por la radiación solar y la temperatura de la localidad.

La radiación solar (RS) se estimó a partir del brillo solar (BS) registrado en Naranjal (5° norte) mediante la relación de Angstrom; y la expresión utilizada en el modelo fue la siguiente:

$$\frac{R_o}{RA} = 0,25 + 0,53 \frac{BS_o}{BSA}$$

en donde:

- R_o = Radiación observada, Cal cm⁻² día⁻¹
- RA = Radiación astronómicamente posible, Cal cm⁻² día⁻¹
- BS_o = Brillo solar observado, horas día⁻¹
- BSA = Brillo solar astronómicamente posible, horas día⁻¹

El modelo tiene en cuenta la temperatura media, la temperatura máxima, la temperatura mínima y la temperatura diurna que es igual a:

$$\frac{(\text{Temperatura máxima} + \text{Temperatura mínima})}{2}$$

De acuerdo con los estudios de Daag (3), Kumar (8) y Kamur y Tieszen (10), Maestri y Barros (12), Nunes (13, 14) y Wallis (18), en los cuales relacionan las deficiencias de agua en el suelo con el crecimiento de la planta de café, establece que a partir de 75 mm el crecimiento comenzaría a decrecer y el comportamiento sería el siguiente: El crecimiento no disminuiría

hasta acumularse 50 mm de deficiencia hídrica que para nuestras condiciones equivaldrían aproximadamente a dos décadas continuas secas. A partir de la segunda década continua seca, la producción de biomasa disminuiría en 30% por cada década continua adicional en que ocurra deficiencia hídrica.

La proporción de Fotosíntesis Neta para café (PFN) y su relación con la radiación (R) se estimó mediante la siguiente expresión, ajustada a partir de la información del estudio de Kumar y Tieszen (9):

$$PFN = \text{Exp} \left(0,1668 - \frac{39,865}{R} \right) \quad (R = 0,87^{**})$$

La relación calculada entre la fotosíntesis de café y la temperatura diurna (Td) es de tipo cuadrático con la siguiente expresión:

$$\text{Fotosíntesis} = 40,18 + 4,28 Td - 0,084 Td^2$$

Esta expresión se ajustó del estudio fisiológico de Kumar y Tieszen (9).

Los valores máximos de fotosíntesis en café, están alrededor de 14 g.m⁻² h⁻¹ para temperaturas próximas a 25°C.

No existen estudios que relacionen respiración de café y la temperatura, pero de acuerdo con los estudios de McCree citado por FAO (5) existe una relación cuadrática entre la respiración y la temperatura media, y dependiendo si la planta es leguminosa o no lo es.

En el caso del café, la expresión de cálculo sería para el de una planta no leguminosa.

RESULTADOS Y DISCUSION

$$Ct = (0,48 + 0,021 Tm + 0,011 Tm^2) 10^{-3}$$

en donde:

Ct = un coeficiente de corrección por respiración

Tm = Temperatura media, °C

El modelo FAO (5) calcula una biomasa global máxima (BGM) utilizando la siguiente expresión para plantas con fotosíntesis máxima inferior a 20 kg ha⁻¹ día⁻¹.

$$BGM = F \cdot b_o [1 - 0,025 (20 - P_m)] + [1 + F] b_c [1 - 0,005 (20 - P_m)]$$

en donde:

F = es la fracción del día en la cual el cielo está cubierto

$$F = \frac{(Ac - 0,5 Rg)}{0,8 \times Ac}$$

Ac = Radiación fotosintéticamente activa, Cal cm⁻² día

Rg = Radiación global, Cal cm⁻² día⁻¹

b_o = Tasa de fotosíntesis de un cultivo en un día cubierto, kg ha⁻¹ día⁻¹

b_c = Tasa de fotosíntesis en un día claro, kg ha⁻¹ día⁻¹

P_m = Fotosíntesis máxima, kg ha⁻¹ día⁻¹

Cálculo de la producción de biomasa neta (Bn)

$$Bn = \frac{0,36 BGM}{1/N + 0,25 Ct}$$

N = Número de días con agua disponible en el suelo.

Para probar el modelo anterior se consideró la información climática decadal de la Estación Central Naranjal de CENICAFE (Chinchiná) desde 1962 a 1986, realizando los cálculos de biomasa para 18 meses antes y considerando una media dentro de este período.

Con el fin de evaluar la influencia del clima en los incrementos y decrementos relativos se estableció un índice el cual resulta de dividir cada valor de biomasa por un valor de biomasa máximo.

Considerando este índice se observa que se han presentado períodos de caída de producción como serían los años 70-71, año 1977 y año 1983; así como años en los cuales las producciones se han favorecido, como lo son 1967, 1974 y 1981.

Cuando se comparó la producción relativa (producción observada/producción máxima) para el municipio de Chinchiná entre 1980 y 1986 con el índice de clima (biomasa observada/biomasa máxima), se observa un alto grado de asociación.

El modelo explicó los picos máximos y mínimos en la producción de café que se sabe cualitativamente que fueron por efecto climático.

En Naranjal no se presenta una disminución mayor del 8% por efecto climático adverso.

Se observó un ciclo de 8 años entre dos picos máximos por condiciones de clima favorables a la producción. Igualmente sucedió para los picos mínimos, pero no se tiene explicación; posiblemente se ajusta al ciclo de manchas solares que tienen una periodicidad de 8 a 10 años.

LITERATURA CITADA

1. BAIER, W. Agroclimatic modeling: An overview. In: CUSACK, D.F. ed. Agroclimatic Information for development reviewing the green revolution. Westview Press. Boulder, Colorado, 1983. p. 57-82.
2. CUSACK, D.F. ed. Agroclimatic information for development; reviewing the green revolution. Westview Press. Boulder, Colorado, 1983. 397 p.
3. DAAG, M. Water requirements of coffee. Kenya Coffee (Kenia) 36(424):129-151. 1971.
4. DA MOTA S., F. *et al.* Modeling and forecasting brazilian crop yield using meteorological data. In: CUSACK, D.E. ed. Agroclimatic information for development; reviewing the green revolution. Westview Press. Boulder, Colorado. p. 238-254. 1983.
5. FAO. Methodology and results for South and Central America. Agroecological zones project. Vol 3. 1981. 251 p.
6. FRERE M.; POPOV, G.F. Pronóstico agrometeorológico del rendimiento de los cultivos. FAO. Producción y protección vegetal No. 73. 1986. 194 p.
7. FRANCE J.; THORNLEY, J.H.M Mathematical models in agriculture. Butterworths, London (Inglaterra). 1984. 335 p.
8. KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. Kenya Coffee (Kenia) 44(519):9-45. 1979.
9. KUMAR, D.; TIESZEN, L.L. Photosynthesis in *Coffea arabica* I. Effects of light and temperature. Experimental Agriculture (Inglaterra) 16:21-27. 1980.
10. KUMAR, D.; TIESZEN, L.L. Photosynthesis in *Coffea arabica* II. Effects of water stress. Experimental Agriculture (Inglaterra) 16:21-27. 1980.
11. LETEY, J.; DINAR A. Simulated crop-water production functions for several crops when irrigated with saline waters. Hilgardia (Estados Unidos) 54(1):1-32. 1986.
12. MAESTRI, M.; BARROS, R. Ecophysiology in coffee. In: ECOPHYSIOLOGY of tropical crops. Alvim P. de T. ed. Annual Kozlowzki T.T. Academy Press, Inc. New York, 1977. 249-278.
13. NUNES, M.A. Resistencia a Secura em *Coffea arabica* L. III Estudo comparativo das selecoes S. 795, Geisha 54 Agaro e Caturra. Portugalize Acta Biologica (Portugal) 3(1-2):143-156. 1974.
14. NUNES, M.A. Water relations in coffee; significance of plant water deficits to growth and yield: A Review Journal Coffee Research (India) 6(1):4-21. 1976.
15. OLDEMAN, L.R.; FRERE, M. A study the agroclimatology of the humid tropics of south-east. Asia. World Meteorological Organization. Technical note No. 2. 1982. 229 p.
16. PENNING DE VRIES F.W.T.; VAN LAAR, H.H. (Eds.) Simulation of plant growth and crop production. Center for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen (Holanda) 1972. 308 p.
17. SANTIBAÑEZ, F.; SILVA, M.; MANSILLA, A. Desarrollo de un modelo de productividad para la zona mediterránea árida de Chile. Ciencia Interamericana (Chile) 19(1):3-10. 1978.
18. WALLIS, J.A.N. Water use by irrigated *Arabica coffee* in Kenya. Journal of Agricultural Science (Inglaterra) 60:381-388. 1963.
19. WHISLER, F.O. *et al.* Crop simulation models in Agronomic System. Advances in Agronomy (Estados Unidos) 40:141-208. 1986.