

## **CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL TeSAC EN LOS CERRILLOS, CAUCA**

Entregable realizado con apoyo de M. Sc. Eliécer Díaz A.

- **Proceso metodológico general aplicado**

Los análisis agroclimáticos se realizaron con base en datos climáticos de la red nacional administrada por IDEAM. Inicialmente se identificó la estación más cercana al sector denominado “Los Cerrillos”; se seleccionó la estación Apto G. L. Valencia, por ser la estación con el mayor número de variables climáticas representativas de la zona y por estar relativamente cercana al área de trabajo.

En la figura 1 se presenta la zona de estudio, “Los Cerrillos”, conformada por 15 veredas. Esta área se encuentra entre los 1340 y 1880 m.s.n.m.; la mayor parte del área oscila alrededor de los 1700 m.s.n.m. La estación Apto G. L. Valencia está ubicada a 1749 m.s.n.m. y se encuentra localizada en un radio de representatividad de 20 kilómetros en relación con la zona de Cerrillos.

El proceso para la elaboración de balances hídricos agrícolas para los cultivos priorizados, fue realizado usando la metodología FAO del modelo FAO CROPWAT, según el esquema indicado en la Figura 2, donde  $T_{max}$  y  $T_{min}$  son las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales,  $K_c$  es el coeficiente del cultivo que permite convertir la evapotranspiración de referencia ( $ETo$ ) en evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ),  $K_s$  es el coeficiente de estrés hídrico,  $PPT_{ef}$  es la precipitación efectiva,  $ET_{caj}$  es la evapotranspiración ajustada del cultivo y  $\Delta S$  es la variación de la reserva de agua en el suelo.

Se estimó la evapotranspiración de referencia ( $ETo$ ) a través del método FAO-PENMAN – MONTEITH a partir de información de las variables climáticas,  $T_{máx}$ ,  $T_{mín}$ , humedad relativa (HR), Brillo solar ( $Br S$ ) y velocidad del viento. Al no existir información de esta última variable, se tomó un valor por defecto de  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , valor que es recomendado por FAO según las condiciones climáticas de la zona de estudio.

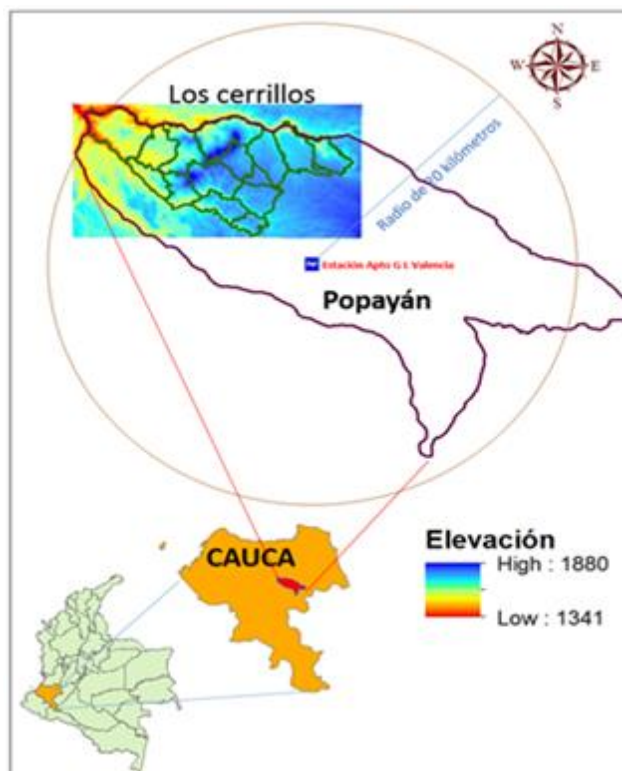


Figura 1: Área de “Los Cerrillos”- Popayán, y radio representatividad de la estación Apto G. L Valencia.

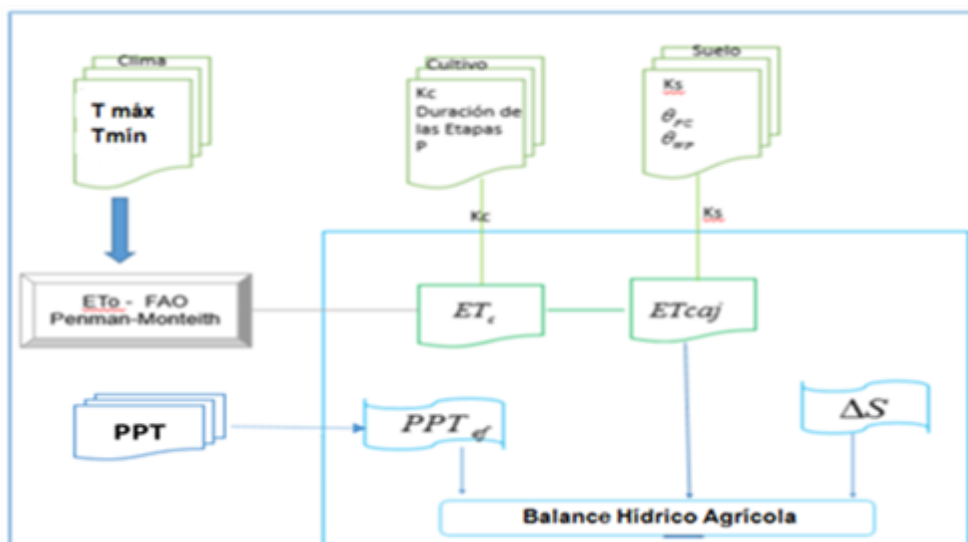


Figura 2: Esquema del modelo de estimación del balance hídrico agrícola. Fuente: Díaz E, 2014.

El modelo FAO CROPWAT aplicado para análisis de balances hídricos agrícolas permite estimar requerimientos de agua y riego de cultivos, analizar mejores calendarios agrícolas según condiciones hídricas y agrícolas locales, hacer una aproximación a la estimación de reducción porcentual potencial en rendimientos de cultivos sin riego (secano) y evaluar programas de riego.

Los módulos del modelo se construyeron de la siguiente manera:

- **Módulo Clima:** Inicialmente se consolidó la mayor cantidad de información confiable del conjunto de datos de las variables climáticas (escala mensual) disponibles de la estación Apto G. L Valencia, perteneciente a la red IDEAM, para el periodo 1981-2010.

En este contexto se consideraron cinco escenarios climáticos de referencia bajo estudio.

1. Período “normal” según series climáticas (promedio 1981 - 2010) en escala mensual, para describir las características sumarias del clima con valores históricos promedios multianuales, de acuerdo con los procedimientos del Documento Técnico WMO-TD/Nº 341 (OMM, 1989).
  2. Período “seco”: el periodo 1997 - 1998 se identificó a partir de la serie 1981 - 2010, como un periodo con bajos volúmenes de precipitación mensual respecto al registro histórico de la zona. Además, en talleres participativos entre la comunidad de “Los Cerrillos” y la Fundación EcoHabitats, identificaron dicho periodo como uno de los más secos presentados en los últimos años, el cual correspondió con un evento “El Niño”.
  3. Período “promedio El Niño”: se calculó la normal de los meses que estuvieron bajo la influencia del evento “El Niño” en el período total analizado.
  4. Período lluvioso: el periodo 1998 - 1999 se caracterizó por altos volúmenes de lluvia mensual respecto al registro normal histórico. Además, dicho periodo estuvo bajo la influencia de un evento “La Niña”.
  5. Período “promedio La Niña”: se calculó para el periodo 1981 - 2010, la normal de los meses que estuvieron bajo la influencia del evento “La Niña”, con el objeto de obtener una normal de referencia de dicho fenómeno.
- **Módulo de precipitación:** Se estimó la precipitación efectiva a través de la metodología recomendada por “United States Department of Agriculture – Soil Conservation Service” (USDA/SCS). La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que puede ser potencialmente aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como la intensidad de la precipitación, pendiente del terreno, contenido previo de humedad del suelo y velocidad de infiltración, entre otros.
  - **Módulo de cultivo:** En el marco de la VII MTA del Cauca desarrollada el día 16 de junio de 2015, los participantes de la comunidad de “Los Cerrillos”, priorizaron los cultivos de café y caña panelera como cultivos de importancia para la seguridad alimentaria y posible venta

de excedentes. Asimismo, con base en los resultados de dicha MTA e información de la zona recolectada por la Fundación EcoHabitats, a partir de talleres participativos, se definieron características agronómicas de los cultivos, como calendarios agrícolas y periodos fenológicos.

Adicionalmente, este módulo se ajustó con información de FAO, documentos 33 (FAO, 1979) y 56 (FAO, 1996), estudios de la serie de Riego y Drenaje. Así mismo se construyó el modulo para el cultivo de maíz, aunque no fue priorizado por la comunidad, pero comentarios de algunos participantes de “Los Cerrillos” a las MTA de Cauca e información suministrada por la Fundación EcoHabitats, éste cultivo es importante para la seguridad alimentaria de la zona.

- Módulo de Suelo: Este módulo se construyó con base en información suministrada por la Fundación Rio Piedra en el marco de las MTA de Cauca, para zonas aledañas al área de interés.

Adicionalmente se complementó información edáfica reportada en el estudio de suelo de IGAC a escala 1:100.000 para el departamento del Cauca, donde se seleccionó el perfil modal más cercano de la zona de interés. La información de parámetros hidro-físicos faltantes se estimó a partir de la textura usando modelos de pedotransferencia, como “Soil Water Characteristics-Hydraulic Properties Calculator” (Saxton *et al*, 2009).

Para el análisis agroclimático del cultivo de café, se usó un modelo empírico, desarrollado por Boshell J.F & Peña A, en el marco del Estudio del Impacto Económico del Cambio Climático (EIECC) en la agricultura en Colombia, liderado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP). En este trabajo se evaluó la variación del rendimiento en función de indicadores construidos con base en las relaciones entre fases fenológicas y variables climáticas de precipitación y temperatura media.

A continuación, se presentan las ecuaciones del modelo empírico - estadístico utilizado para analizar el impacto del clima en el rendimiento del cultivo de café, bajo diferentes escenarios climáticos de referencia.

$$(ARP)_{Año1} = 0,03 * DP + 29 * PMP - 1.39 * TMB - 24.6 \quad (1)$$

APR: Anomalía porcentual del rendimiento

TMB: Temperatura media de los seis meses previos a la cosecha principal

$$PMP_{Año1} = \frac{[Prec_{AMJ,Año1} + Prec_{JAS,Año1}]}{800} \quad (2)$$

$$DP_{Año1} = [Prec_{OND,Año0} - Prec_{JAS,Año0}] + [Prec_{AMJ,Año1} - Prec_{EFM,Año1}] \quad (3)$$

PMP: Diferencias de precipitación entre periodos secos y húmedos según la fenología local del cultivo

Prec<sub>ijk</sub>: Precipitación acumulada en el trimestre ijk

OND: Trimestre octubre-noviembre-diciembre

EFM: Trimestre enero-febrero-marzo

AMJ: Trimestre abril-mayo-junio

JAS: Trimestre julio-agosto-septiembre.

Año<sub>0</sub>: Año previo a la cosecha

Año<sub>1</sub>: Año de la cosecha.

Es de anotar que el anterior modelo es válido para un cultivo de café en plena producción y asume un manejo agronómico óptimo. Por ello la variabilidad del rendimiento está asociado con precipitación y temperatura en fases fenológicas críticas.

- Resultados del análisis agroclimático

Precipitación, deficiencias y excesos hídricos

La precipitación en la zona de estudio muestra una tendencia hacia un régimen monomodal, con un periodo lluvioso entre octubre y mayo (Figura 3). Noviembre es el mes cuando normalmente se registran los mayores volúmenes de lluvia. La época de menor precipitación (“seca”) normalmente se presenta entre junio y septiembre, cuando se registran los volúmenes de lluvia más bajos y las temperaturas máximas diurnas más altas y nocturnas más bajas.

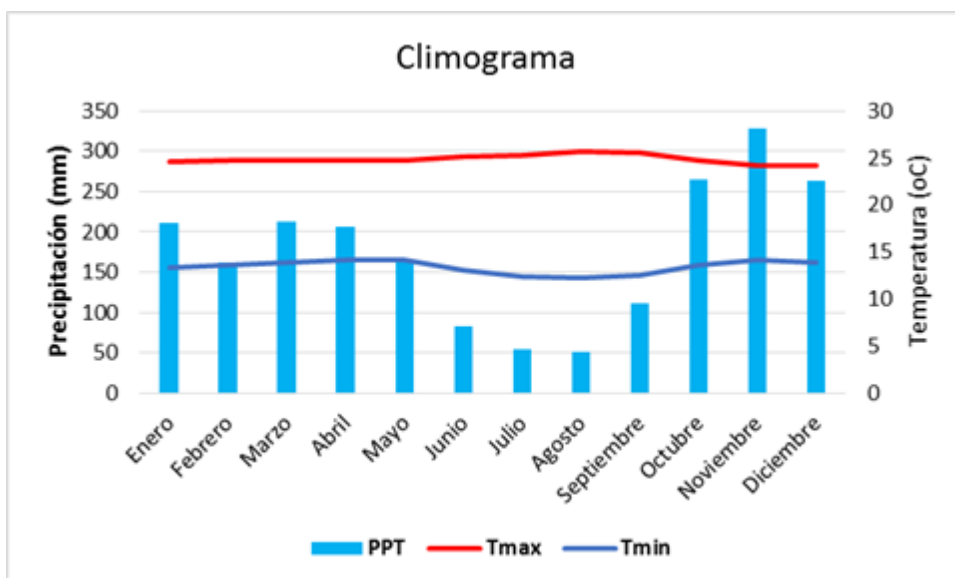


Figura 3: Climograma. Estación Apto G. L Valencia-Popayán

En la figura 4 se presenta la precipitación mensual media 1981 – 2010. El periodo entre julio de 1998 y junio de 1999, corresponde a uno de los periodos con volúmenes de lluvias mensuales más altos en el periodo climatológico de referencia.

Así mismo se identificó el periodo julio 1997 - junio 1998, como un periodo con los más bajos volúmenes de lluvias mensuales en los últimos 30 años, lo cual fue corroborado con las percepciones de la comunidad.

Se presenta en la figura 4 la precipitación registrada en eventos “El Niño” y “La Niña”. Adicionalmente, se presenta la ETo mensual acumulada del periodo de referencia (1981-2010).

En la citada figura 4 se aprecia que el periodo identificado como “seco”, presentó condiciones hídricas deficitarias, en cambio los periodos “lluvioso”, “normal climatológica”, “promedio en evento El Niño” y “promedio en evento La Niña”, presentaron déficit hídrico solo en el trimestre julio-agosto-septiembre, meses que hacen parte de la época seca de la zona. A partir de este trimestre se presentan condiciones de excesos hídricos, salvo en el periodo de referencia “El Niño” cuando el exceso fue posterior (a partir de noviembre).

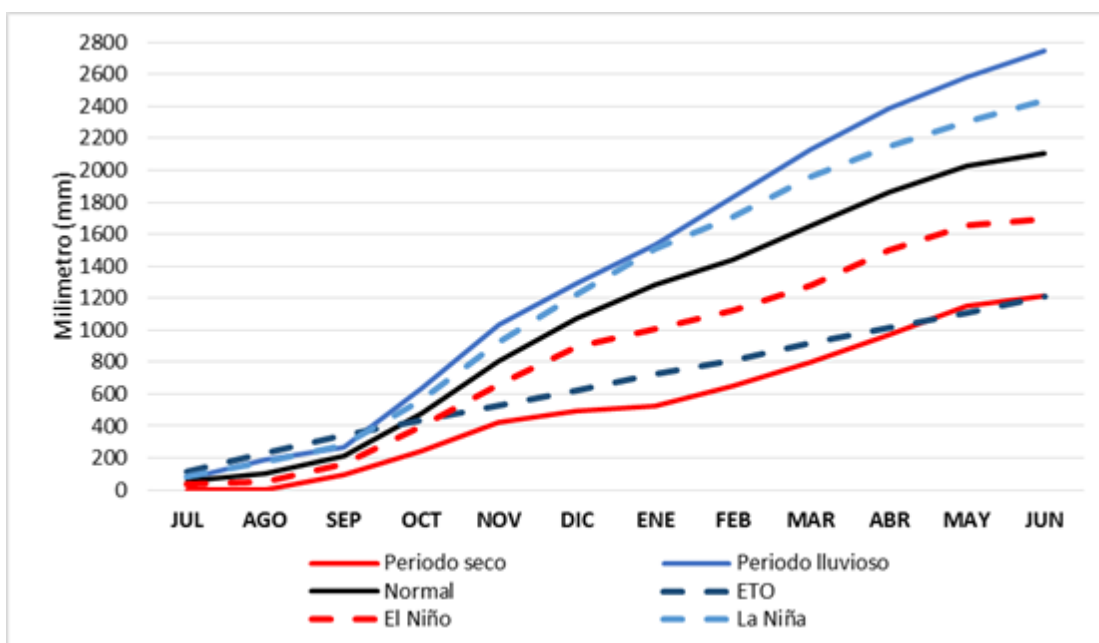


Figura 4: precipitación mensual acumulada en escenarios: normal climatológica (1981-2010), periodo lluvioso (1998-1999), periodo seco (1997-1998), promedio en evento Niño, promedio en evento Niña y comparación con valores de ETo.

En el periodo identificado como lluvioso y en general en los periodos bajo influencia del evento “La Niña”, se aprecia volúmenes de precipitación mayores que la demanda potencial del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>).

#### Evaluación agroclimática del cultivo de caña panelera para la zona de Los Cerrillos.

En la figura 5 se presenta un esquema de las etapas fenológicas del cultivo de caña panelera, ajustado de Doorembos & Kassan (1979), Gasho & Shih (1983) e INMET (2009), con base en la información recolectada en el marco de la VII MTA del Cauca y en talleres participativos con la comunidad de “Los Cerrillos”, desarrollados por la Fundación EcoHabitats.

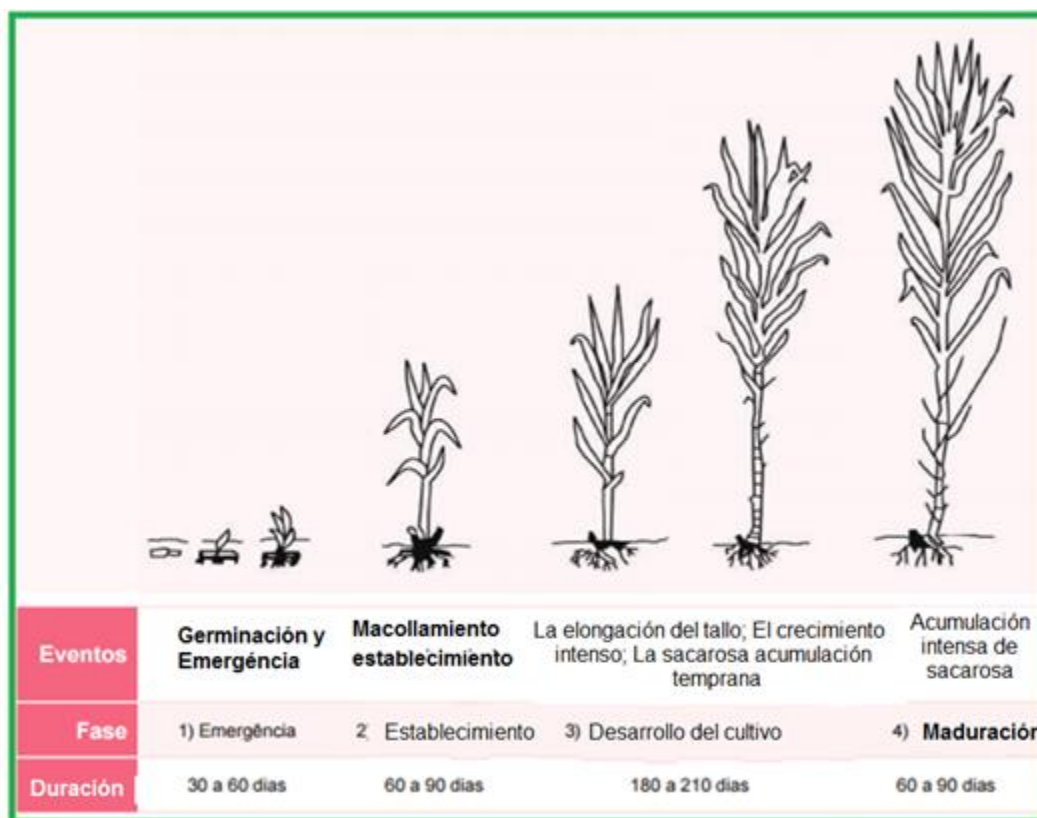


Figura 5: etapas fenológicas de la caña Panelera. Adaptado de Doorembos & Kassan (1979), Gasho & Shih (1983) e INMET (2009)

Para el presente estudio se analizó el cultivo de caña panelera para ciclo de producción de 18 meses entre siembra o rebrote hasta cosecha. Es de anotar que no es normal que en la zona se realicen renovaciones de siembra del cultivo, ya que al cosechar se realizan cortes y días posteriores de presenta el rebrote.

En la tabla 1 se muestran los resultados del balance hídrico agrícola para el cultivo de caña panelera, bajo los diferentes escenarios climáticos de referencia evaluados. Se presenta la evapotranspiración del cultivo (ETc), la precipitación efectiva, el requerimiento neto de riego y el impacto potencial de las deficiencias hídricas en el rendimiento óptimo local del cultivo.

Bajo un escenario “lluvioso” o “La Niña”, se presenta la mayor oferta de precipitación para el cultivo. En escenarios de “periodo seco” y “El Niño”, se presenta la menor oferta de lluvia y los mayores requerimientos de riego.

*Tabla 1: Resultados del balance hídrico del cultivo de caña panelera bajo escenarios climáticos: periodo “normal”, “lluvioso”, “seco”, “promedio en El Niño”, “promedio en La Niña”, para la zona de Los Cerrillos-Popayán.*

| Escenario climático             | Evapotranspiración del cultivo, ETc (mm) | Precipitac. efectiva (mm) | Requerimiento Neto de Riego (mm) | Impacto potencial de deficiencias hídricas en rendimientos |
|---------------------------------|--|---------------------------|----------------------------------|--|
| Normal                          | 1615                                     | 1788                      | 302                              | Leve   |
| Periodo seco<br>(1997-1998)     | 1658                                     | 1128                      | 641                              | Moderado   |
| Periodo lluvioso<br>(1998-1999) | 1639                                     | 1993                      | 210                              | No significativo   |
| Promedio El Niño<br>(1981-2010) | 1709                                     | 1532                      | 430                              | Moderado   |
| Promedio La Niña<br>(1981-2010) | 1527                                     | 1934                      | 183                              | No significativo   |

En el periodo seco 1997-1998 se considera que se presentaron impactos moderados en el rendimiento del cultivo, los cuales pudieron repercutir en disminución de la producción de tallos frescos por hectárea y de panela, esta última debido a la disminución de jugo del cultivo.



En el periodo lluvioso 1998-1999, y en el escenario con influencia del fenómeno La Niña se registraron volúmenes de lluvia totales sobre lo normal, pero aun así se presentaron bajos requerimientos de riego neto en meses de poca pluviosidad.

En conclusión, se aprecia que en periodos secos (tipo El Niño) los impactos productivos de deficiencias hídricas son entre moderados y altos, en un periodo “normal” es leve, y en los periodos lluviosos (tipo La Niña) las condiciones hídricas tienden a ser favorables para el desarrollo del cultivo.

### Evaluación agroclimática del cultivo de maíz para la zona de Los Cerrillos.

En la figura 6 se presentan sus etapas fenológicas. El cultivo de maíz requiere suministros permanentes de humedad durante todos los estadios de crecimiento y reproducción, pero especialmente en la época de pre-floración, floración, polinización y desarrollo del grano (Larios, 1997, citado por Ospina, J. 1999).

Se analizó un cultivo de maíz con un ciclo de seis (6) meses y el periodo fenológico fue ajustado con base en la información suministrada en la MTA de Cauca, de zonas de Popayán aledañas del área de estudio.

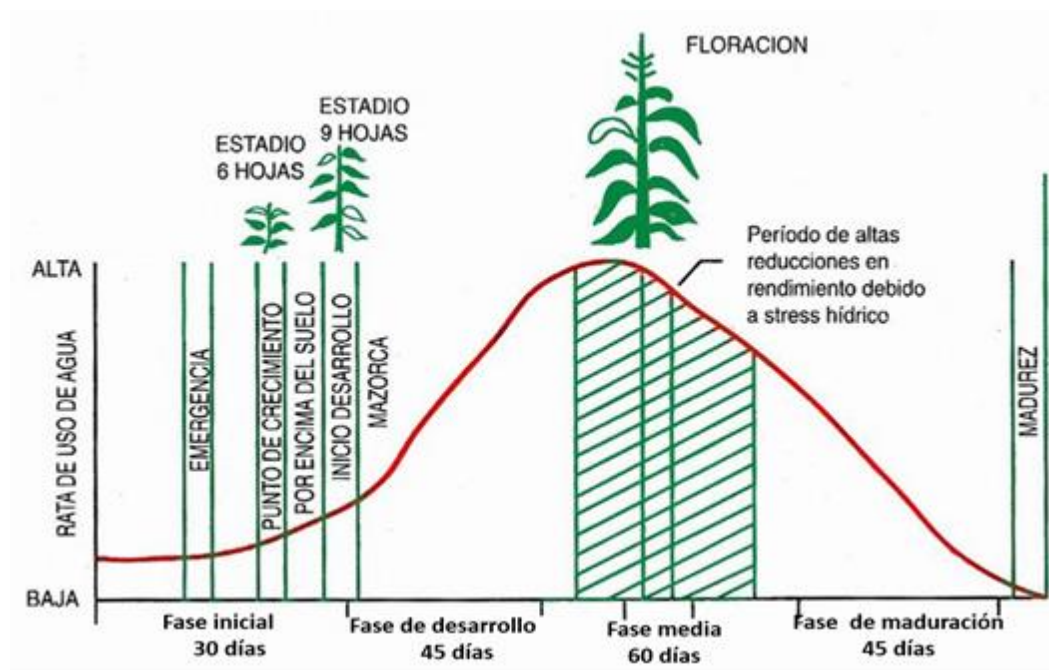


Figura 6: Representación esquemática de las etapas fenológicas del cultivo de maíz. Adaptado por Díaz, E.

En la tabla 2, se presentan los resultados del balance hídrico agrícola para el cultivo de maíz, bajo diferentes escenarios climáticos de referencia. En ella se presenta la evapotranspiración del cultivo (ETc), la precipitación efectiva, el requerimiento neto de riego y la evaluación del impacto potencial de las deficiencias hídricas en el rendimiento óptimo local del cultivo.

*Tabla 2: Resultados del balance hídrico del cultivo de maíz bajo escenarios climáticos “normal”, “lluvioso”, “seco”, “promedio Niño”, “promedio Niña”, para la zona de Los Cerrillos-Popayán, con periodo de siembra tradicional del cultivo en la zona.*

| Escenario climático          | Evapotranspiración del cultivo, ETc (mm) | Lluvia efectiva (mm) | Requerimiento neto de riego (mm) | Impacto potencial de deficiencias hídricas en rendimientos |
|------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|--|
| Normal                       | 477                                      | 834                  | 0                                | No significativo   |
| Periodo seco (1997-1998)     | 499                                      | 555                  | 115                              | Moderado   |
| Periodo lluvioso (1998-1999) | 483                                      | 916                  | 0                                | No significativo   |
| Promedio El Niño (1981-2010) | 514                                      | 732                  | 62                               | Leve   |
| Promedio La Niña (1981-2010) | 469                                      | 838                  | 0                                | No significativo   |

Bajo escenarios “lluviosos” o “La Niña”, se presenta la mayor oferta de precipitación para el cultivo. En los escenarios de periodo “seco” y “El Niño”, se registra la menor oferta y los mayores requerimientos de riego neto.

Se considera que en el periodo seco 1997-1998, y en general en los periodos bajo influencia del evento El Niño, debido a las deficiencias de humedad en el suelo para el cultivo, se presentan impactos entre leves y moderados en el rendimiento del cultivo.

En general en los periodos bajo la influencia del fenómeno “La Niña”, se presentan condiciones hídricas favorables para el desarrollo y producción del cultivo. No obstante, se requiere un excelente

manejo agronómico y adecuado control de plagas y enfermedades, además de contar con lotes sin problemas de encharcamiento o excesos hídricos.

En conclusión, se aprecia que en periodos secos (tipo El Niño) los impactos en el rendimiento debido a deficiencias hídricas, pueden ser entre leves, moderados o altos, dependiendo de qué tan fuerte sea la sequía. En cambio, en el periodo normal climatológico y periodos lluviosos (tipo La Niña) las condiciones hídricas tienden a ser favorables para el desarrollo y producción del cultivo.

#### Evaluación agroclimática del cultivo de café para la zona de Los Cerrillos.

En la figura 6 se representan las etapas o estados fenológicos del cultivo, tenidos en cuenta en el presente estudio.

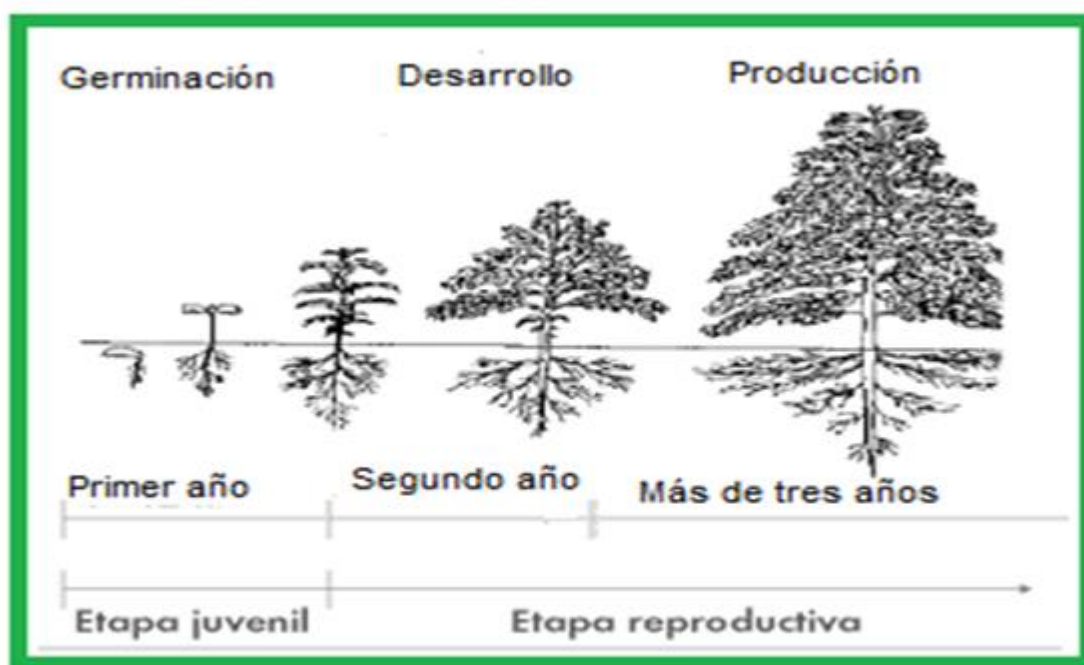


Figura 6: Representación esquemática de las etapas fenológicas del cultivo de Café. Adaptado de SQM.<sup>1</sup>

Se analizó el cultivo de café en el segundo año (tabla 3) y mayor de tres años (tabla 4) después del trasplante. En este último caso, se asume un cultivo que está en plena producción.

En la tabla 3 se aprecian los resultados del balance hídrico agrícola para el cultivo de café en su segundo año de establecimiento, bajo diferentes escenarios climáticos de referencia. Se presenta la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>), la precipitación efectiva, el requerimiento neto de riego y la

<sup>1</sup> <http://www.sqm.com/es-es/productos/nutricionvegetaldeespecialidad/cultivos/cafe.aspx#tabs-2>

evaluación del impacto potencial de las deficiencias hídricas en el desarrollo, en el segundo año del cultivo.

En la tabla 4 se presenta la evaluación agroclimática del impacto del clima en la productividad del cultivo, según el modelo de las ecuaciones 1, 2 y 3.

En la tabla 3 se aprecia que la mayor oferta de precipitación para el cultivo se presenta en el escenario lluvioso y en eventos La Niña. Las mayores necesidades de aplicación de riego neto se requieren en periodos secos y en escenarios El Niño.

*Tabla 4: Resultados del balance hídrico del cultivo de café en el segundo año de establecido después del trasplante, bajo escenarios climáticos: normal, lluvioso, seco, promedio El Niño, promedio La Niña, para la zona de Los Cerrillos-Popayán.*

| Escenario climático             | Evapotranspiración del cultivo, ETc (mm) | Lluvia efectiva (mm) | Requerimiento Neto de Riego (mm) | Impacto potencial de deficiencias hídricas en desarrollo |
|---------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|--|
| Normal                          | 1288                                     | 1379                 | 190                              | No significativo   |
| Periodo seco<br>(1997-1998)     | 1165                                     | 938                  | 455                              | Moderado   |
| Periodo lluvioso<br>(1998-1999) | 1151                                     | 1569                 | 132                              | No significativo   |
| Promedio El Niño<br>(1981-2010) | 1201                                     | 1184                 | 306                              | Moderado   |
| Promedio La Niña<br>(1981-2010) | 1079                                     | 1503                 | 99                               | No significativo   |

En el periodo 1997-1998, y en general en periodos “Niño” se pueden presentar impactos moderados en el desarrollo del cultivo, los cuales pudieron repercutir en la producción del grano de su primera cosecha.

En los periodos bajo la influencia del fenómeno La Niña, se suelen presentar condiciones hídricas favorables para desarrollo del cultivo en segundo año de establecimiento.

En Colombia, el rendimiento del cultivo (cosecha) está asociado a la cantidad de flores abiertas (antesis) ocho meses antes de la recolección de frutos. A su vez, la antesis ocurre como respuesta a periodos de lluvia de leve intensidad al final de la estación seca. Trojer (1968) definió las épocas de floración y cosecha del café en Colombia como respuesta a la distribución intra anual de las lluvias.

El período desde antesis hasta cosecha dura entre 220 y 250 días aproximadamente; si durante este tiempo se presentan bajas precipitaciones, la formación de frutos será afectada, con efectos como granos vacíos, granos parcialmente formados, granos negros y granos pequeños (Arcila & Jaramillo, 2003).

En la Tabla siguiente se presentan los resultados de las simulaciones de productividad del café en pleno desarrollo, bajo los diversos escenarios climáticos ya citados.

*Tabla 4: Resultados del impacto potencial de diversos escenarios climáticos (periodo normal, lluvioso, seco, promedio El Niño y promedio La Niña), en la productividad del cultivo de café en pleno desarrollo, en la zona de Los Cerrillos-Popayán.*

| Escenario climático                | Impacto potencial en la productividad del cultivo |
|------------------------------------|---|
| Normal                             | Leve  |
| Periodo seco<br>(1997-1998)        | Moderado  |
| Periodo lluvioso<br>(1998-1999)    | No significativo                                  |
| Promedio en El Niño<br>(1981-2010) | Leve  |
| Promedio en La Niña<br>(1981-2010) | Leve  |

En la tabla anterior se presentan resultados de la simulación del impacto potencial de los escenarios climáticos evaluados en la producción del grano del cultivo de café. Se aprecia que bajo un escenario “seco” se esperaría un impacto “moderado” en los rendimientos del cultivo.

En general, bajo los escenarios de referencias El Niño y La Niña, se esperarían impactos leves. En el primero, por sequías que afectarían la formación y desarrollo de los granos y en el segundo escenario debido a excesos de lluvia, que afectarían los procesos involucrados en la floración, ya que este proceso debe ser estimulado por periodos de sequía o déficit hídrico.

#### Conclusiones y recomendaciones

Como epílogo del estudio agroclimático realizado para el área de Cerrillos, se puede manifestar lo siguiente:

- i. Es importante diseñar e implementar en la zona una red de estaciones meteorológicas de bajo costo, similar a la existente en subcuencas aledañas a Popayán que ha sido establecida con apoyo de la Fundación Río Piedras.
- ii. Esta red permitiría conocer las condiciones climáticas reales del área de Cerrillos, ya que el estudio presente fue realizado con datos del aeropuerto de Popayán, por la inexistencia de datos locales.
- iii. Se considera necesario que líderes y voceros del área de Cerrillos asistan de modo regular a la MTA del Cauca, y que allí se analicen predicciones y análisis agroclimáticos para los cultivos de café, caña panelera y maíz de esta área.
- iv. Es de alta prioridad que se extiendan en la región diversos sistemas de cosecha de agua lluvia y de riego por goteo, proceso que está iniciando, ya que el estudio realizado demostró que en períodos secos y en general en períodos de ocurrencia de eventos “Niño”, se presentan deficiencias hídricas para los cultivos locales, que perjudican su desarrollo y productividad.
- v. Es importante que el manejo agronómico de los cultivos locales (manejo de plagas y enfermedades, selección de épocas y materiales vegetales para siembras, manejo de fertilizantes) se apoye en las predicciones que emanen de la MTA Cauca y para tal efecto es necesario realizar actividades previas de capacitación a productores locales en estos temas.

## 1. Bibliografía del entregable

- Arcila, P., J., Jaramillo, R., A., 2003. Relación entre la humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del cafeto. Avances Técnicos, Cenicafe No 311:1-8.
- Boshell, J. F., A. J. Peña. 2011. Desarrollo de funciones agroclimáticas para la evaluación del impacto económico del cambio climático en la agricultura en Colombia. Departamento

Nacional de Planeación. Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible. Informe interno de Consultoría.

- FAO 1996. Allen, R., Luis S., P., Raes, D., & Smith, M. 2006. Evapotranspiración del Cultivo. Documento FAO 56. Serie Riego y Drenaje. Roma.
- FAO. 1979. Documento 33. Serie Riego y Drenaje. Efectos del agua sobre los rendimientos de los cultivos. Roma
- Gasho, G. J.; Shih, S. F. Sugarcane in crop water relations. In: TEARE, I.D.; PEET, M. M. (Ed.). Crop water relations. New York: John Wiley, 1983. p. 445-479.
- Jaramillo A., 2005. Clima andino y café en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- OMM, 1989: Calculation of monthly and annual 30-year standard normals . Geneva, Technical document, N° 341; WCDP, N° 10.
- Ospina J., 1999. Tecnología del cultivo del Maíz. Fondo Nacional Cerealista.
- Saxton K. and Rawls W. 2009. Soil Water Characteristics-Hydraulic Properties Calculator. United States Department of Agriculture (USDA) and Washington State University.  
<http://hydrolab.arsusda.gov/soilwater/Index.htm>.
- Trojer, H., 1968. The phenological equator for coffee planting in Colombia. In: Agroclimatological Methods Proceedings of the Reading Symposium. Paris –Francia. UNESCO 7: 107-117.

Bogotá, diciembre de 2015.

J. F. Boshell V.

Consultor CCAFS