

Gestión del riesgo agroclimático

Vulnerabilidad y capacidad de adaptación del sistema de producción de café

Víctor Hugo Ramírez Builes; Álvaro Jaramillo Robledo;
Andrés Javier Peña Quiñones

Dentro de las estrategias definidas por la Institucionalidad Cafetera para recuperar y estabilizar la producción en el país, se encuentra **la gestión del riesgo agroclimático**. La **amenaza al sistema de producción de café**, en este caso, es de tipo climático y se refiere a la probabilidad de que cambios en las variables climáticas lo afecten. La **vulnerabilidad** hace referencia a que el sistema de producción reduzca su capacidad productiva al ser expuesto a la **amenaza**, y la **capacidad de adaptación** es el potencial que tiene el sistema de producción de modificarse frente a una amenaza o de dar respuesta a ella.

La amenaza climática trae consigo variaciones en el comportamiento de los elementos del clima: Cambios en la precipitación, reducción en la temperatura media del aire, en las temperaturas máxima y mínima, en el brillo y la radiación solar y en la humedad atmosférica. Estos cambios generan a su vez cambios en las tasas de evapotranspiración e intercambio gaseoso y en la humedad del suelo, por lo tanto varía la productividad del sistema.

Lo anterior significa que respecto a la **amenaza** es importante conocer las fuentes y tener cada vez mejores herramientas para predecirla y cuantificarla, y desde el punto de vista de los sistemas de producción hay que trabajar en conocer, entender y reducir la **vulnerabilidad**, y en desarrollar, evaluar e implementar estrategias que permitan incrementar su **capacidad de adaptación**.

Cómo Citar:

Ramírez-Builes, V. H., Jaramillo-Robledo, Á., & Peña-Quñones, A. J. (2013). Gestión del riesgo agroclimático: Vulnerabilidad y capacidad de adaptación del sistema de producción de café. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 1, pp. 91–114). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_06



Vulnerabilidad del sistema de producción café a la amenaza climática

Respecto a la **vulnerabilidad** del sistema de producción de café a la amenaza climática, desde el punto de vista biofísico se puede decir que los sistemas de producción de café en Colombia son vulnerables al déficit y el exceso hídrico, a la reducción o aumento de la radiación solar, a la reducción o aumento de la temperatura del aire, al viento y el granizo, a las pérdidas de suelo por erosión y movimientos en masa y de nutrientes por percolación y escorrentía.

Surgen entonces las siguientes preguntas que se responderán a lo largo del capítulo:

Preguntas importantes	
Pregunta	Respuesta
¿La vulnerabilidad es igual para todos los sistemas de producción?	No
¿La vulnerabilidad puede estimarse?	Sí

Con relación a la primera pregunta, **¿La vulnerabilidad es igual para todos los sistemas de producción?** se parte de considerar que los cambios en el comportamiento del clima pueden afectar en diferente grado o proporción el cultivo de café, haciéndolo más o menos vulnerable, por lo que el grado de afectación sobre el cultivo dependerá de varios factores a saber: Ubicación altitudinal, longitudinal

y latitudinal del sistema de producción, tipo de suelo (Propiedades físicas y químicas), características del sistema de producción (Monocultivo, policultivo, sistema agroforestal), variedad, densidad, arreglo espacial y prácticas de manejo.

En las Figuras 1 y 2 se ilustra por ejemplo, cómo se espera que sea la respuesta del cultivo de café a dos escenarios de variabilidad climática, El Niño y La Niña, en función de la disponibilidad hídrica.

Como la caficultura colombiana se distribuye a lo largo de las cordilleras del país, con variabilidad espacial y temporal de la distribución de los elementos del clima, la respuesta del cultivo del café a los eventos de El Niño y La Niña, no obstante, va a ser variada.

La incidencia de El Niño en la zona cafetera de Colombia está asociada principalmente a la deficiencia hídrica en el suelo y a sus efectos sobre el cultivo del café, sin embargo sus efectos no se pueden generalizar; es así como en algunas regiones con bajo brillo solar y alta lluvia su efecto puede ser benéfico para la producción de café por los incrementos en el brillo solar; en otras regiones puede ejercer una acción perjudicial, como por ejemplo, en zonas cálidas, con suelos de baja retención de humedad y en regiones con lluvias inferiores a 1.500 mm al año.

En la región cafetera de Colombia se ha observado que cuando se presenta El Niño se disminuyen las cantidades de lluvia esperadas, especialmente durante los meses de menor lluvia como son diciembre, enero, febrero, junio, julio y agosto (Jaramillo *et al.*, 1999; Ramírez y Jaramillo, 2009). El Niño tiene una menor influencia sobre las zonas cafeteras Norte (A más de 7° de latitud Norte) y

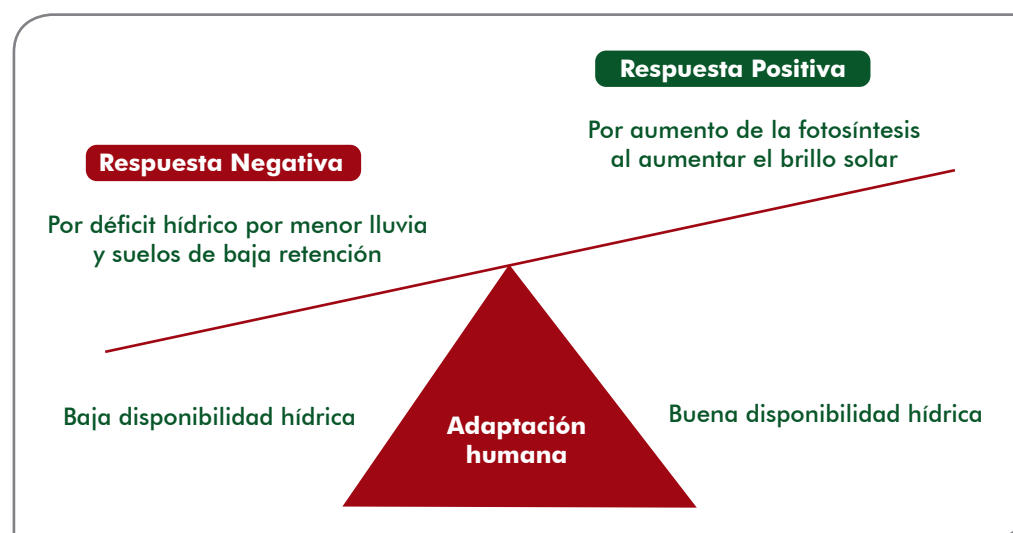


Figura 1.

Respuesta del cultivo del café en escenarios de El Niño en función de la disponibilidad hídrica.

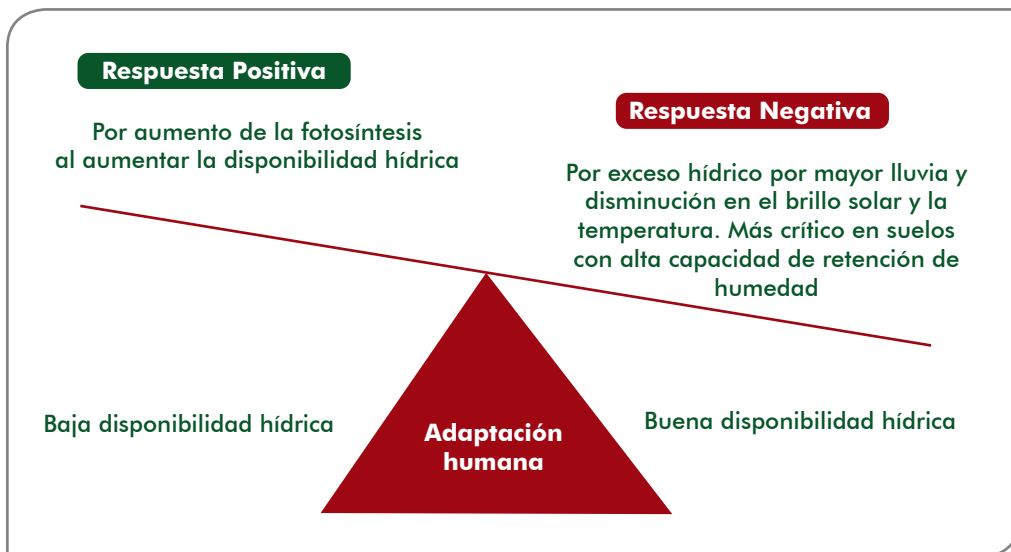


Figura 2.

Respuesta del cultivo de café en escenarios de La Niña en función de la disponibilidad hídrica.

Sur (Por debajo de 3° de latitud Norte); la región de mayor riesgo corresponde a la zona cafetera Central (Entre los 3° y 7° Norte) y para altitudes menores a los 1.300 m (Temperatura media mayor de los 21,5°C).

En la zona cafetera de Colombia durante los eventos de La Niña, se presenta un aumento en las cantidades de lluvia entre el 5% y 58% y disminuciones en el brillo solar y la temperatura (Guzmán y Baldión, 1999). Sin embargo sus efectos no se pueden generalizar, es así como en regiones con baja lluvia anual (Menor a los 1.500 mm), el aumento en las cantidades de lluvia favorece el desarrollo y crecimiento de los cultivos, entre ellos, el café. En las regiones donde normalmente se presentan altas cantidades de lluvia anual (Mayor a los 2.500 mm) los excedentes de lluvia y la disminución del brillo solar pueden ejercer una acción perjudicial en la producción de café y, adicionalmente, un aumento en la incidencia y la severidad de las enfermedades. Otros efectos a considerar durante La Niña son los procesos erosivos asociados a la sobresaturación de los suelos y a las altas pendientes, que dan origen a movimientos en masa y derrumbes, ocasionando daños en la infraestructura vial y en las construcciones, y con frecuencia con pérdidas humanas (IDEAM, 2005; Poveda *et al.*, 2000).

Los siguientes ejemplos, permiten seguir dando respuesta a las preguntas anteriores.

Ejemplo 1. Vulnerabilidad al exceso hídrico

El sistema de producción de café es vulnerable al exceso hídrico, el cual genera una disminución en el número de botones florales en el cultivo de café.

De acuerdo con Ramírez *et al.* (2011), el número de botones florales en café se reduce debido al exceso hídrico (Figura 3) cuando se presentan más de 20 días por trimestre con valores del índice de humedad del suelo (IHS) mayores a 0,5 (Ramírez *et al.*, 2010b). En la Figura 4 se observa que existen zonas en las cuales se reduce la floración con pocos días de exceso hídrico, entre 20 y 30 días por trimestre, como La Trinidad en Líbano (Tolima), a diferencia de zonas como Naranjal en Chinchiná (Caldas) o El Rosario en Venecia (Antioquia).

El exceso hídrico *per se* no es solo la causa en la reducción en el número de botones florales en café. Es necesario



Figura 3.

Efectos del exceso hídrico en café. Proliferación o sobre-expresión de yemas vegetativas.

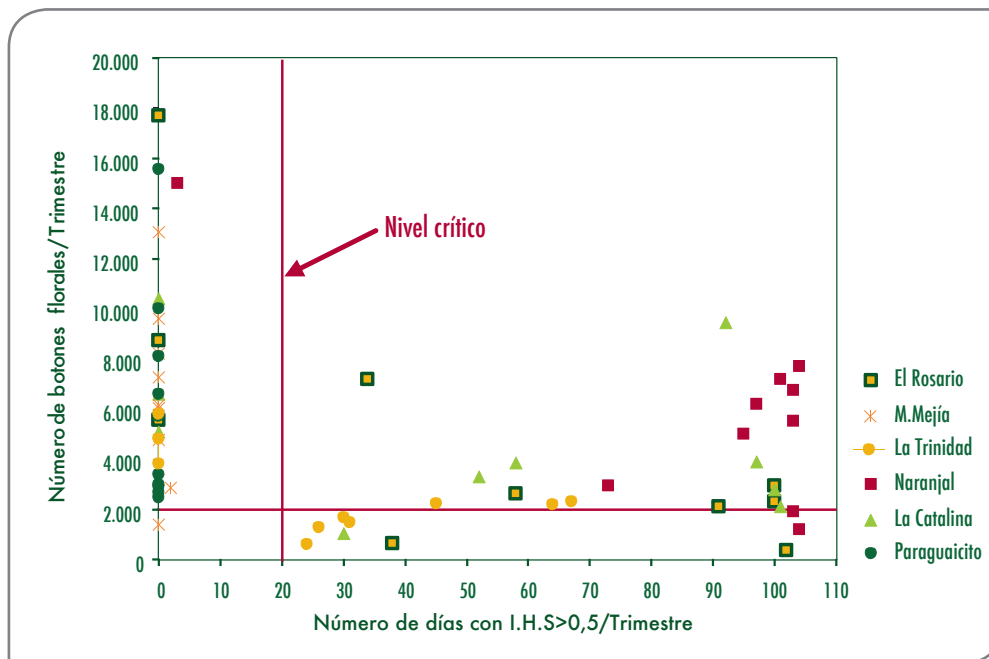


Figura 4.

Relación entre el exceso hídrico representado por el índice de humedad del suelo (IHS >0,5) y la reducción en el número de botones florales por trimestre (Ramírez et al., 2011).

resaltar que éste viene acompañado de una disminución de energía (Brillo solar y temperatura), factores que permiten la acumulación de botones florales, y al haber exceso hídrico, se reduce el déficit hídrico, el cual es un factor determinante en el estímulo a la floración.

La floración del café es un evento asociado estrechamente con las condiciones climáticas de cada región. Cuando las flores alcanzan el estado de “comino” (Figura 5), se mantienen en un período de reposo que

puede durar varias semanas. Para que se termine este período de reposo y ocurra la floración, además de la madurez apropiada de los “cominos”, se necesita de un estrés proporcionado por períodos secos de mediana a larga duración, y que además este período seco sea interrumpido por una lluvia o cambios bruscos de temperatura (Jaramillo y Arcila, 2009a).

Los períodos de exceso de lluvia durante las épocas habituales de mayor floración ocasionan que los



Figura 5.

Ramas de café con botones florales en estado de latencia (“cominos”) y desuniformidad en el desarrollo de frutos como consecuencia de la dispersión de la floración.

“cominos” permanezcan en reposo durante un tiempo más largo, y que en consecuencia las floraciones sean dispersas, muy poco concentradas, de poca magnitud o que se presenten anomalías en el desarrollo de la flor, como es el caso de las “flores estrellas” o el secamiento de los “cominos” (Arcila, 2007).

La flor estrella en el café es una anomalía en el desarrollo de la flor que se caracteriza porque la flor se abre prematuramente y todas sus partes aparecen diminutas y de color blanquecino, dando apariencia estrellada (Figura 6a). La presencia de esta anomalía, se puede interpretar como el resultado de condiciones ambientales desfavorables durante el proceso de la floración. Por las características de alta disponibilidad de agua y temperaturas altas en la mayor parte de la zona cafetera, la formación de yemas florales es continua, razón por la cual en la época de floración se presentan yemas de diferentes edades. La presencia de yemas con insuficiente desarrollo o en épocas por fuera del período normal de floración y el acondicionamiento inadecuado de estas yemas, por falta de períodos secos definidos, favorecen el fenómeno de flor estrella. La ocurrencia de temperaturas altas (Por encima de 28°C) durante los estados tempranos del desarrollo de la flor también causan esta anomalía (Arcila, 2007).

Las condiciones microclimáticas en el café juegan un papel importante en el secamiento de los “cominos” (Figura 6b). Las temperaturas elevadas, alta disponibilidad de agua y buen suministro de nitrógeno, favorecen un desarrollo acelerado de las plantas y a los 2 años de edad se tiene un cultivo con alta densidad de

follaje, en el cual en épocas lluviosas, habrá una alta humedad en el aire, especialmente en el interior de la planta. Las condiciones de alta humedad y temperatura, y adicionalmente, la baja luminosidad, pueden causar pudriciones incipientes, cuando coinciden con la presencia de botones florales en desarrollo, y además propician el incremento de poblaciones de hongos que normalmente no son patogénicos para el café. Si las altas poblaciones del hongo coinciden también con la presencia de yemas florales en desarrollo con lesiones incipientes, se pueden establecer en ellas y causar el secamiento de las yemas (Arcila, 2007).

Otro indicador de vulnerabilidad al exceso hídrico de los sistemas de producción de café se relaciona con la pérdida de nutrientes por exceso hídrico.

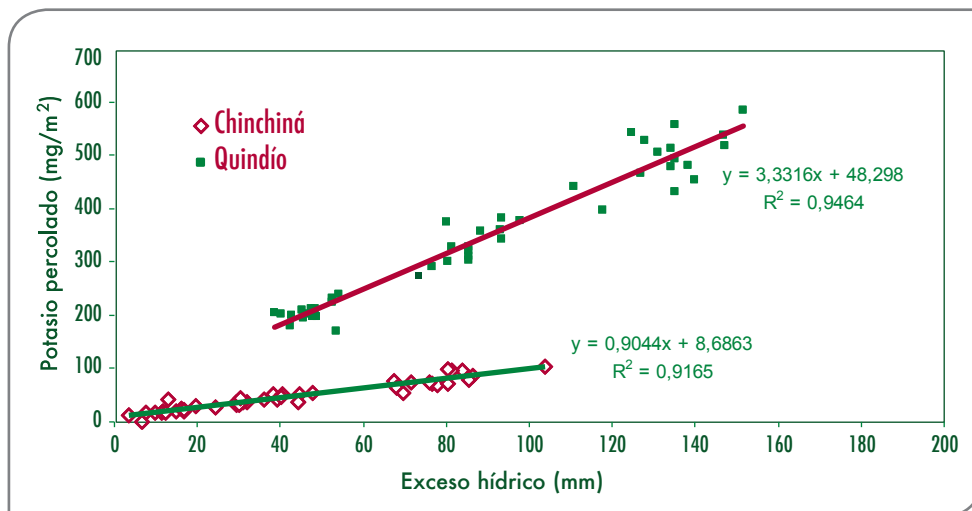
Cabe aclarar que las anomalías descritas generalmente son de carácter temporal y no generalizado, y se restringen a zonas muy específicas.

Ramírez *et al.* (2013) han venido evaluando la vulnerabilidad de diferentes suelos de la zona cafetera de Colombia a perder bases intercambiables como el potasio, el calcio y el magnesio por el exceso hídrico, y han encontrado que las pérdidas de bases intercambiables se relacionan linealmente con el exceso hídrico. En la Figura 7 se observa cómo la unidad Quindío pierde hasta 3,4 veces más potasio por cada milímetro de exceso hídrico que la unidad Chinchiná, lo cual indica que es más vulnerable al exceso hídrico la unidad de suelos Quindío que la unidad Chinchiná.



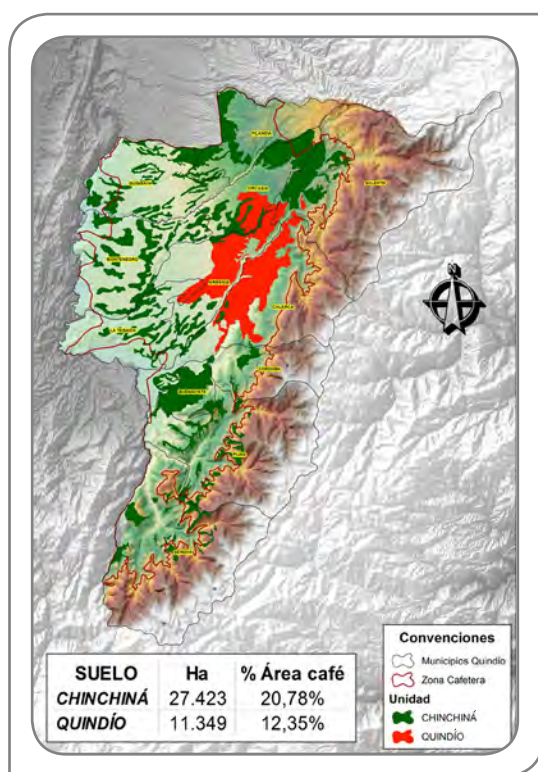
Figura 6.

Anomalías en el desarrollo de la flor del café. **a.** Flores estrella; **b.** Secamiento de botones florales. **c.** Secamiento de botones florales por golpe de sol.

**Figura 7.**

Relación entre las pérdidas de potasio (Percolado) y el exceso hídrico en dos unidades de suelos de la zona cafetera de Colombia.

En un análisis espacial, por ejemplo para el departamento del Quindío, se observa que un área vulnerable a perder potasio por exceso hídrico es de 11.349 hectáreas o un 12,35% del área total cafetera del departamento, al momento del análisis (Figura 8).

**Figura 8.**

Ubicación geográfica de dos unidades de suelos en la zona cafetera del Quindío con diferentes niveles de vulnerabilidad al exceso hídrico¹.

Debido a los excesos de lluvia que se presentan durante La Niña, en los suelos de muchos cafetales se pueden presentar condiciones de sobresaturación, creando condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas, éstas forman un sistema radical limitado que se refleja en un crecimiento débil de la parte aérea, con amarillamiento de hojas, síntomas de deficiencias nutricionales, alta incidencia de mancha de hierro en hojas y frutos, desarrollo deficiente de brotes, defoliación, secamiento de ramas y frutos (Paloteo), baja producción y calidad de los frutos y hasta la muerte de la planta (Arcila, 2007). Los daños dependen de las condiciones físicas del suelo relacionadas con el mal drenaje y poca aireación, por lo cual se recomienda realizar prácticas de drenaje en los cafetales.

Ejemplo 2. Vulnerabilidad al déficit hídrico

El sistema de producción de café es vulnerable al déficit hídrico debido a que después de cada evento de floración se inicia la etapa de llenado del fruto.

La curva de desarrollo del fruto después de la floración consta de cuatro etapas (Arcila, 2007), las cuales presentan las siguientes características:

- **Etapa I.** Etapa de crecimiento lento. 0-60 días después de la floración (ddf).
- **Etapa II.** El fruto crece de manera acelerada y adquiere su tamaño final. La semilla tiene consistencia gelatinosa (61 a 120 ddf).
- **Etapa III.** La semilla o almendra completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso (121 a 180 ddf).

¹ Comunicación personal: Duque, N. Disciplina de Agroclimatología, Cenicafé. 2013

- **Etapa IV.** El fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar (181 a 243 ddf).

Las etapas II y III son las que tienen la mayor demanda de agua y nutrientes, por lo tanto, en éstas el déficit hídrico puede traer como resultados llenado parcial del fruto y disminución en su tamaño (Figura 9); la etapa I es de menor demanda de agua, pero si falta, el fruto también sufre daños como aquel conocido comúnmente como fruto seco (Figura 9).

Como más del 95% de la caficultura colombiana no usa riego y es totalmente dependiente de la lluvia, el **cultivo de café es vulnerable al déficit hídrico** y los meses del año más críticos a éste son de enero a marzo y de julio a septiembre, que son los meses históricamente secos y en los cuales se registra la mayor cantidad de frutos de las cosechas del primero y segundo semestres, respectivamente.

De igual manera que con la floración, se ha estimado una relación entre el número de días con déficit hídrico representado en el índice de humedad del suelo-IHS menor a 0,3 y el daño por falta de agua en el cultivo del café (Ramírez et al., 2012b) (Figura 10).

Durante el evento de El Niño, las deficiencias hídricas severas pueden afectar el crecimiento y desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta. Mientras que la floración tiende a ser favorecida, el desarrollo foliar, ramas y frutos puede resultar perjudicado. Al final de los períodos secos se acentúa la senescencia y se acelera la defoliación de las plantas (Figura 11). El efecto del

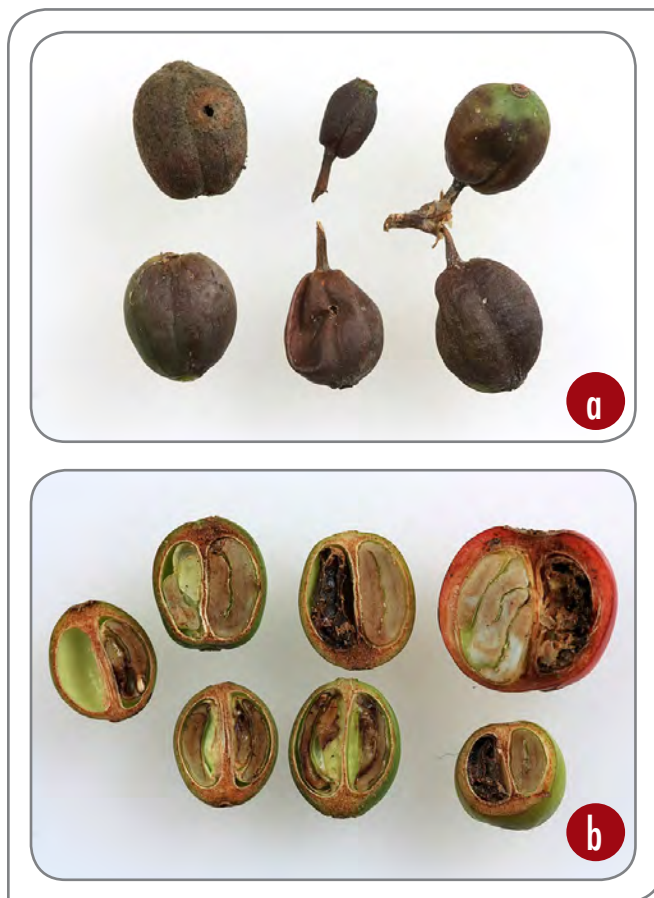


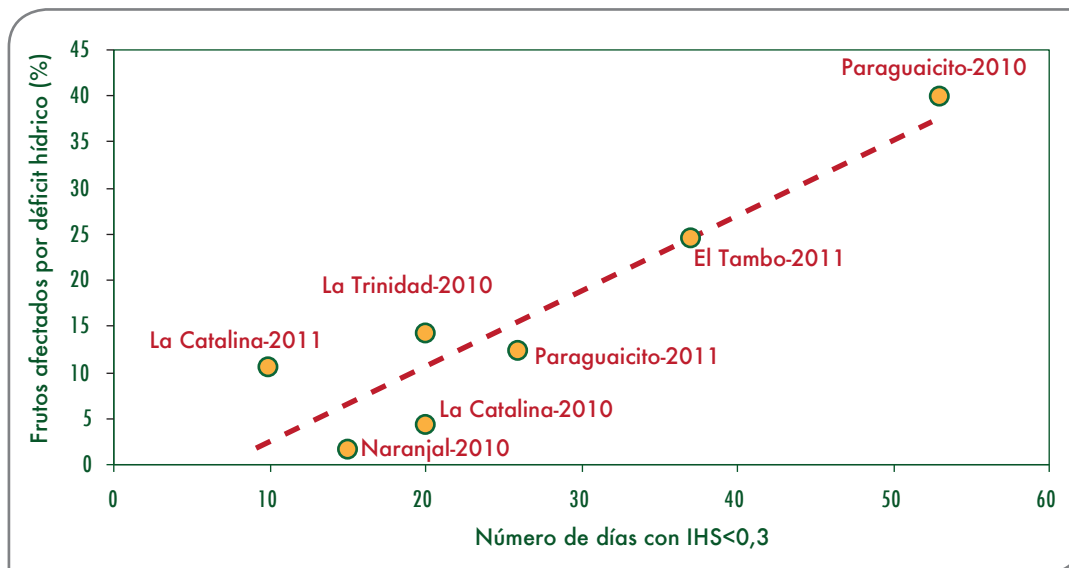
Figura 9.

Tipo de daño en frutos de café por déficit hídrico, **a.** Daños en frutos en etapas I, II y III, frutos negros y vacíos; **b.** Daño en frutos en etapas II, III y IV, frutos parcialmente llenos.

Consideraciones prácticas

Los daños en los frutos de café por efecto de una deficiencia hídrica se pueden clasificar así:

- **Granos flotantes (Vacíos):** Uno o ambos lóculos del fruto aparecen vacíos sin ninguna formación de endospermo. Estos granos al beneficiarse producen el defecto “espuma” o “pasilla”.
- **Granos parcialmente formados:** Uno o ambos lóculos del fruto presentan formación parcial del endospermo, sin que llegue al llenado completo. Estos granos alcanzan a madurar y producen el defecto de “averanado”.
- **Grano negro:** Frutos en un estado de desarrollo muy avanzado, con una ligera tonalidad amarillenta, y que al partirlos muestran una o ambas almendras desarrolladas de un color café oscuro, casi negro. Estos granos al beneficiarlos producen el defecto “espuma” o “pasilla”.
- **Granos pequeños:** El fruto se desarrolla pero adquiere un tamaño final inferior al normal.

**Figura 10.**

Relación entre el número de días con IHS < 0,3 y el porcentaje de daño en frutos de café por falta de agua (Ramírez et al., 2012).

déficit hídrico sobre los suelos y cultivos en la zona cafetera se puede interpretar de la siguiente manera: De acuerdo con sus propiedades físicas, cada suelo tiene una capacidad característica de retención de agua. Por ejemplo, un suelo derivado de cenizas volcánicas, como los de la unidad Chinchiná en Naranjal (Caldas) y hasta 50 cm de profundidad, pueden retener 90 mm, mientras que un suelo con baja retención como el de Gigante (Huila), puede retener 39 mm a la misma profundidad; los aportes de lluvia por encima de estos valores de retención se pierden por percolación y escorrentía. El agua almacenada es utilizada para el crecimiento de la planta y sale del sistema a través de los procesos de evaporación y transpiración, procesos que se aceleran al disminuir la humedad ambiental y por aumentos en la intensidad de radiación, la temperatura y el viento (Blore, 1966; Camargo y Pereira 1994; Dagg, 1971).

La magnitud de los daños en la cosecha de café depende de los daños provocados por la deficiencia hídrica

durante la floración y durante la etapa de llenado de los granos, que es crítica para la formación del fruto (Arcila y Jaramillo, 2003; Jaramillo y Arcila, 1996; Salazar et al., 1994).

Ejemplo 3. Vulnerabilidad a la reducción del brillo solar

Existe una relación directa entre el número de horas de brillo solar acumuladas desde la siembra y la producción acumulada (Figura 12), por lo tanto, esta variable puede emplearse como un indicador de la productividad del cultivo del café.

Como se indicó anteriormente, la amenaza climática trae consigo cambios en el brillo solar, por ejemplo, la reducción del brillo solar en años La Niña respecto a años El Niño (Tabla 1) trae reducción en la producción,

**Figura 11.**

Efecto de la deficiencia de agua sobre las floraciones. Se observan daños en los frutos recién formados (Pueblo Bello - Cesar).

que puede oscilar entre un 7% y un 23% dependiendo de la zona (Figura 13), lo cual indica que la **vulnerabilidad no es igual para todos**.

El brillo solar disminuye con la altitud, sin embargo dicha disminución no es lineal en todo el transecto de la cuenca (Jaramillo, 2005); pero si se analiza una parte del

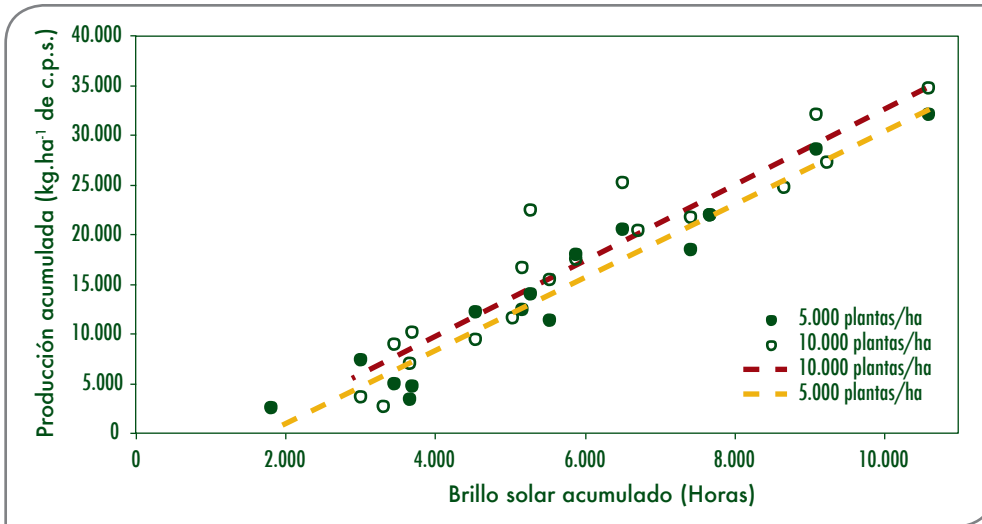


Figura 12.

Relación entre el brillo solar acumulado y la producción de café acumulada en un ciclo de 6 años (Cinco cosechas), en dos densidades de siembra. Datos de la disciplina de Fitotecnia, 1969 a 1985, en café variedad Caturra, en cuatro localidades.

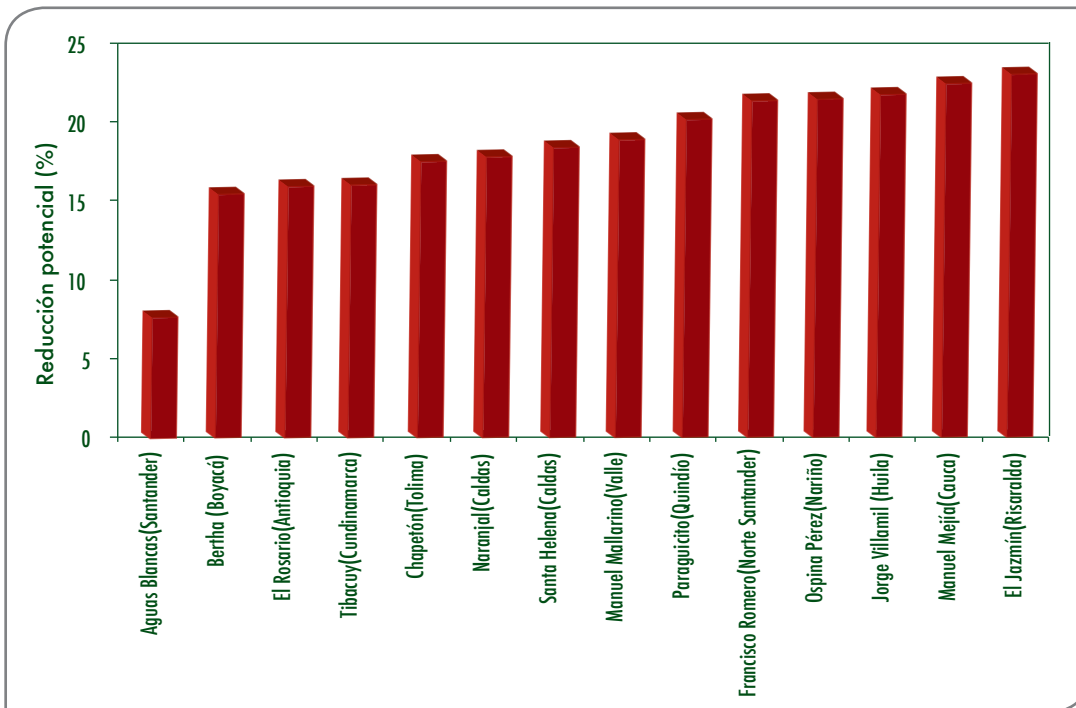


Figura 13.

Reducción en la producción potencial acumulada de café, estimada durante 3 años consecutivos de La Niña respecto a El Niño (Ramírez et al., 2012a).



El brillo solar es una variable que influye en la acumulación de biomasa. Éste se relaciona directamente con el número de botones florales producidos por la planta, por lo tanto, al reducirse el brillo solar de igual manera se reduce el número de botones florales.

Localidad	Período floración	Período respectivo de cosecha	Reducción (%)
Francisco Romero-Norte de Santander	Mayo-Octubre	Enero-Junio	0,0
Pueblo Bello-Cesar	Mayo-Octubre	Enero-Junio	0,0
Jorge Villamil-Huila	Mayo-Octubre	Enero-Junio	4,4
Chapetón-Tolima	Mayo-Octubre	Enero-Junio	5,8
Tibacuy-Cundinamarca	Mayo-Octubre	Enero-Junio	8,7
Ospina Pérez-Nariño	Mayo-Octubre	Enero-Junio	8,9
Manuel Mallarino-Valle del Cauca	Mayo-Octubre	Enero-Junio	10,7
Manuel Mejía-Cauca	Mayo-Octubre	Enero-Junio	12,1
Naranjal-Caldas	Mayo-Octubre	Enero-Junio	13,4
Paraguaicito-Quindío	Mayo-Octubre	Enero-Junio	15,2
El Jasmín-Risaralda	Mayo-Octubre	Enero-Junio	15,8
Santa Helena-Caldas	Mayo-Octubre	Enero-Junio	15,9
El Rosario-Antioquia	Mayo-Octubre	Enero-Junio	17,7
Bertha-Boyacá	Mayo-Octubre	Enero-Junio	20,6
Promedio			10,7
Pueblo Bello-Cesar	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	3,6
Bertha-Boyacá	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	16,6
El Rosario-Antioquia	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	18,9
Tibacuy-Cundinamarca	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	22,1
Naranjal-Caldas	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	22,7
Paraguaicito-Quindío	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	23,7
Santa Helena-Caldas	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	25,8
Manuel Mallarino-Valle del Cauca	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	27,4
Manuel Mejía-Cauca	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	29,8
El Jasmín-Risaralda	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	30,6
Chapetón-Tolima	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	31,7
Francisco Romero-Norte de Santander	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	32,2
Ospina Pérez-Nariño	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	38,1
Jorge Villamil-Huila	Noviembre-Abril	Julio-Diciembre	54,7
Promedio			24,9

Tabla 1.

Estimación de la reducción en el número de botones florales en años La Niña respecto a años El Niño, en diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia (Ramírez et al., 2012a).

transecto donde se ubica el grueso de la zona cafetera, entre los 1.000 y los 2.000 m de altitud, se observa una tendencia lineal.

En la Figura 14 se observa el comportamiento lineal del brillo solar anual interpolado cada 100 m de altitud, medido en cuatro estaciones meteorológicas dentro del

transecto, en tres escenarios de variabilidad climática. Se observa que:

- En un año bajo condiciones de El Niño la vulnerabilidad pasa de un potencial productivo alto a medio en altitudes superiores a 1.700 m.
- En condiciones neutras las zonas vulnerables se incrementan y se inician en 1.400 metros de altitud.

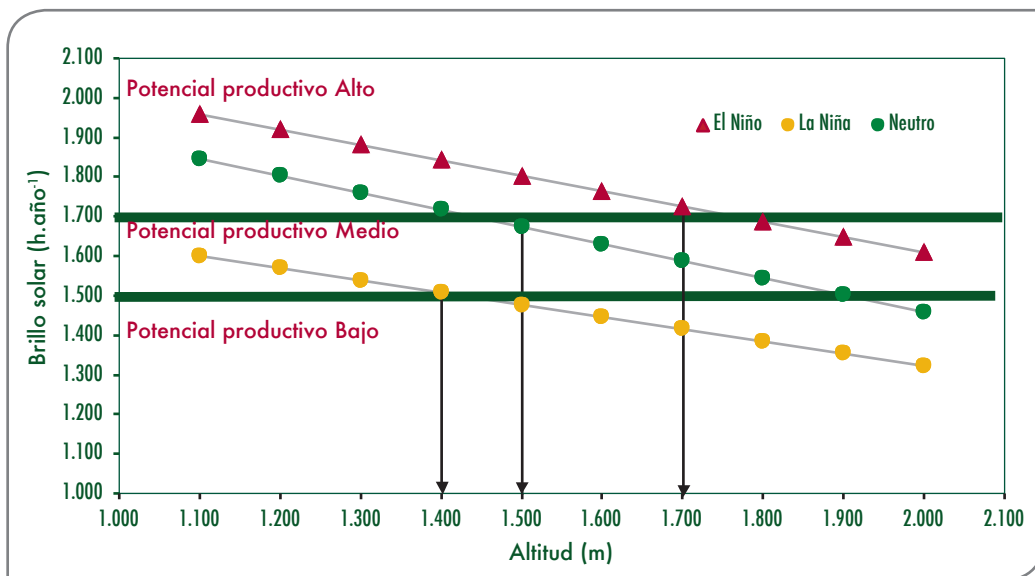


Figura 14.

Comportamiento estimado del brillo solar en función de la altitud en un transecto de la cuenca del río Chinchiná. Brillo solar anual año 2002, año El Niño, ONI promedio = +0,78 °C; 2008, año La Niña, ONI promedio = -0,56 °C; 2005, año neutro, ONI promedio = 0,23 °C. Estaciones meteorológicas: Agronomía 2.088 m, Cenicafé 1.310 m, Naranjal 1.381 m. y Granja Luker 1.031 m de altitud.

- En condiciones de La Niña todas las zonas que están entre 1.100 y 1.300 tienen un potencial productivo medio y aquellas que están por encima de los 1.400 metros aumentan la vulnerabilidad pasando a potencial bajo.

Cafetales con bajas densidades de siembra son más vulnerables a los cambios en radiación que aquellos en altas densidades de siembra (Figura 15), por ejemplo, en un cafetal con una densidad de siembra de 2.500 plantas/ha al reducirse el brillo solar promedio de 6 a 4 h.día⁻¹, la producción potencial disminuye en un 43%; mientras que un cafetal en una densidad de 10.000 plantas/ha al reducirse el brillo solar de 6 h.día⁻¹ promedio a 4 h.día⁻¹, la producción se reduce en un 31% (12% menos).



La vulnerabilidad a la disminución en el brillo solar tiene un efecto sinérgico con la densidad de siembra.

Ejemplo 4. Vulnerabilidad a la temperatura

La temperatura es otro componente energético importante en la producción de café, la temperatura media del aire influye directamente en las tasas de

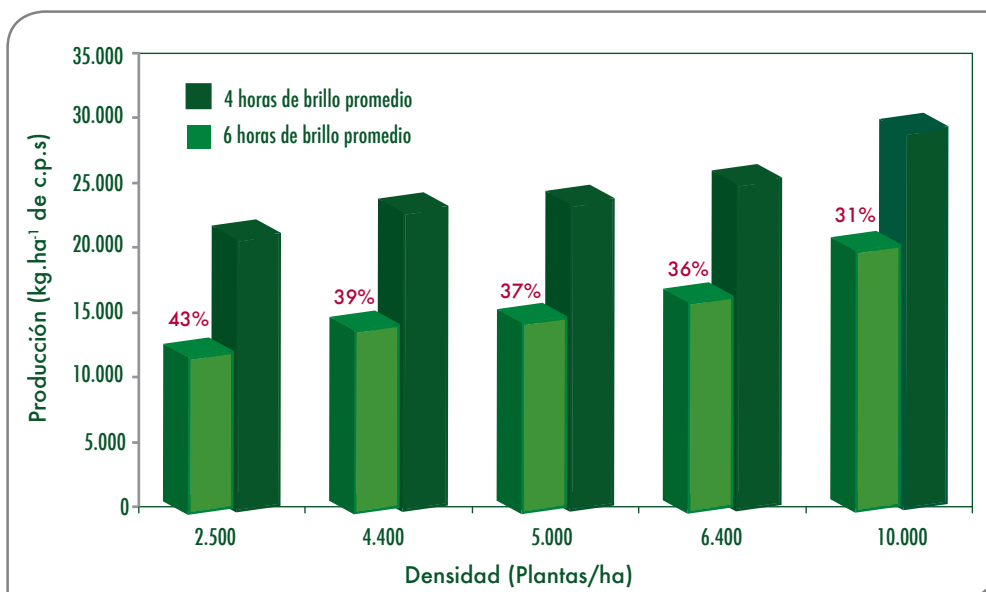


Figura 15.

Relación entre densidad de siembra y brillo solar. Los valores porcentuales indican el incremento en producción para cada densidad por el incremento en brillo solar, (Estimación calculada con datos de experimentos en café var. Caturra, establecidos en El Rosario-Antioquia, Naranjal-Caldas, Paraguaquito-Quindío, Líbano-Tolima y Mesitas-Cundinamarca).

crecimiento del cultivo del café, en las del desarrollo del fruto y en el número de botones florales, a partir de la acumulación térmica.

En la medida en que la temperatura media del aire aumenta, se incrementan las tasas de desarrollo del cultivo, requiriéndose menor número de meses para lograr el máximo desarrollo foliar. Otro factor que influye en el tiempo en que tarda el cultivo en lograr su máximo desarrollo foliar es la densidad de siembra, es así como cafetales con densidades bajas como 2.500 plantas/ha tardan más que cafetales con densidades altas como 10.000 plantas/ha (Arcila y Cháves, 1995) (Figura 16).

Al igual como sucede con en el brillo solar, la densidad de siembra tiene un efecto sinérgico con la temperatura en aumentar la **vulnerabilidad** del cultivo a la disminución de temperaturas, de la siguiente manera: En la medida que desciende la temperatura por el incremento en altitud,

aumenta el número de meses que se tarda el cultivo en alcanzar el máximo desarrollo foliar, por ejemplo: A 2.000 m de altitud un cultivo de café con una densidad de siembra de 5.000 plantas/ha lograría su máximo desarrollo foliar en promedio en 79 meses, mientras que con una densidad de 10.000 plantas/ha tardaría 63 meses, 16 meses menos; a una altitud de 1.000 m la densidad de siembra de 5.000 plantas/ha lograría su máximo desarrollo foliar en 43 meses mientras que la densidad de 10.000 plantas/ha tardaría 34 meses, 9 meses de diferencia (Figura 17). Por lo tanto, los cultivos con bajas densidades de siembra son más vulnerables a bajas temperaturas que aquellos con altas densidades.

Las altas temperaturas también tienen efectos negativos sobre el cultivo del café, por ejemplo, Mosquera et al. (1999) encontraron que las tasas de fotosíntesis neta en café alcanzaban valores máximos a los 25 °C y se reducían a los 35 °C a valores similares que a temperaturas de 15 °C (Figura 18), pero con el agravante que a 35 °C

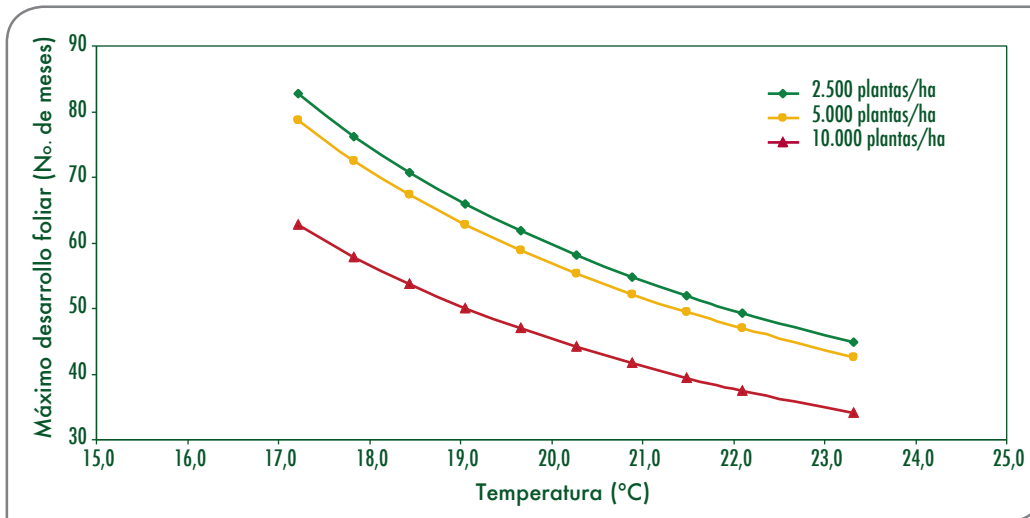


Figura 16. Tiempo (Meses) en que se logra la máxima tasa de desarrollo foliar en café en diferentes temperaturas promedio y tres densidades de siembra.

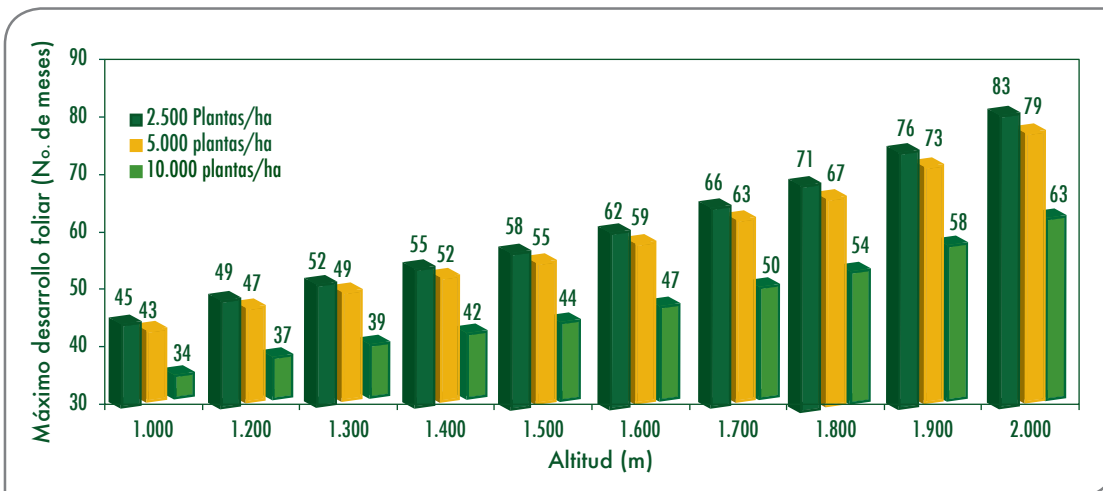


Figura 17. Relación entre la altitud y la densidad de siembra con el número de meses en que se logra el máximo desarrollo foliar en café (Cálculos para la zona Andina).

se aumenta la fotorrespiración. En la Zona Cafetera Colombiana temperaturas máximas promedio superiores a 25 °C se alcanzan en alturas inferiores a 1.300 m y por debajo de los 1.000 m alcanzan valores de temperatura máxima promedio superiores a 28 °C, y en días secos y en condiciones de El Niño pueden superar los 30 °C.

Al igual que las tasas de desarrollo foliar y la fotosíntesis, la formación de botones florales está directamente influenciada por la temperatura, es así como se ha definido que por cada trimestre se requiere de una acumulación térmica de 1.100 grados para una adecuada floración (Ramírez *et al.*, 2010b; Ramírez *et al.*, 2011), esto equivale a tener una temperatura promedio durante el día de 20°C. En condiciones La Niña la disminución de la temperatura media del aire respecto a El Niño es de casi 1,21°C (Figura 19), es decir, que en condiciones de El Niño un lote en la zona Andina a 1.200 m, que tiene una temperatura media de 22,63°C, en condiciones de La Niña ésta puede disminuir hasta 21,42°C.

Partiendo del trabajo de Chaves y Jaramillo (1998), sobre regionalización de la temperatura media del aire en

Colombia, pueden identificarse las altitudes en donde la temperatura media del aire es de 20 °C (Tabla 2), a partir de esos valores de altitud hacia arriba se hace vulnerable el sistema de producción de café a la disminución en la temperatura, en un escenario de variabilidad climática como el de La Niña.

Los cambios diarios de temperatura representados en la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima conocida también como amplitud térmica ($AT = T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$), son igualmente importantes en el estímulo para la floración, cuando las diferencias de temperaturas máxima y mínima son superiores a 10°C se convierte en un factor estimulante de la floración (Ramírez *et al.*, 2010b; Ramírez *et al.*, 2011). En condiciones de La Niña la amplitud térmica promedio anual disminuye (Figura 20).

De acuerdo con Jaramillo (2005), la amplitud térmica también disminuye con la altitud (Figura 21), por lo tanto en condiciones promedio hay zonas que naturalmente van a tener amplitudes térmicas inferiores a 10°C y van a ser más vulnerables a las reducciones en la amplitud

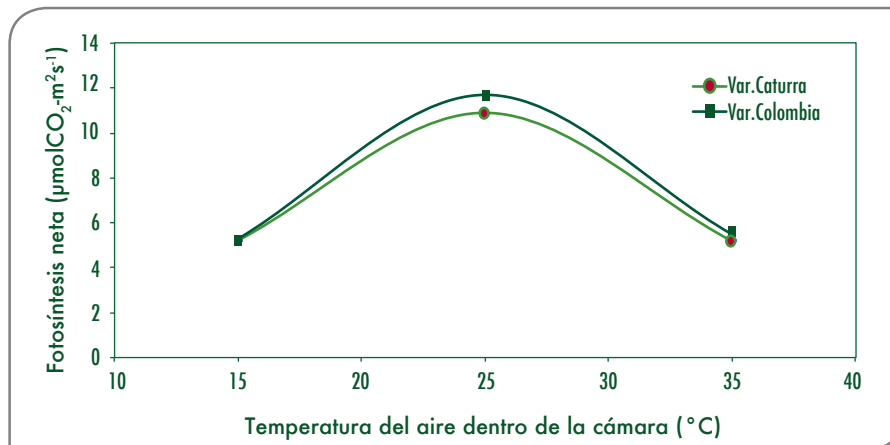


Figura 18.

Comportamiento de la fotosíntesis neta en función de la temperatura para dos variedades de *C. arabica* (Adaptado de Mosquera *et al.*, 1999).

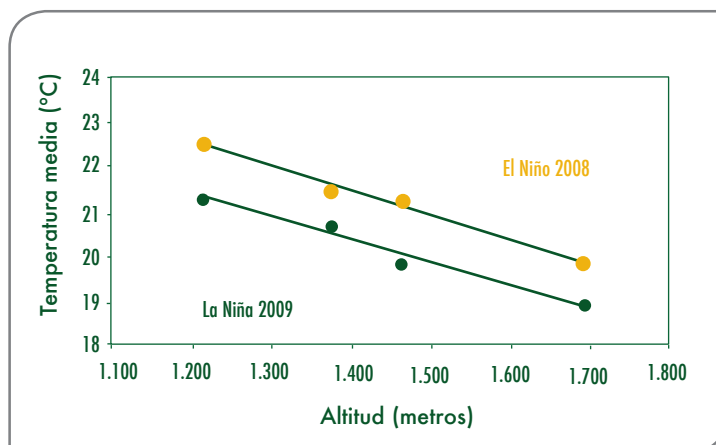


Figura 19.

Comportamiento de la temperatura media del aire en una cuenca de la zona andina de Colombia en condiciones de variabilidad climática (Jaramillo, 2012).

Región	Latitud Norte	Temperatura, (°C)	Altitud (m)
Pacífica	< 3°	20	1.223
	3° - 5°	20	1.205
	5° - 8°	20	1.264
Nudo de Los Pastos Meseta de Popayán	1° - 2°	20	1.524
Amazonía - Orinoquía	< 3°	20	1.211
	3° - 5°	20	1.271
	>5°	20	1.267
Cuenca Cauca	2° - 5°	20	1.541
	5° - 7°	20	1.538
Cuenca Magdalena	3° - 4°	20	1.567
	4° - 7°	20	1.551
Región Cundinamarca/Boyacá	3° - 7°	20	1.533
Región Atlántica	> 7°	20	1.404

Tabla 2.

Altitudes a partir de las cuales es más vulnerable el cultivo de café a reducir el número de botones florales en escenarios de amenaza climática de La Niña, calculado a partir del trabajo de Chaves y Jaramillo (1998).

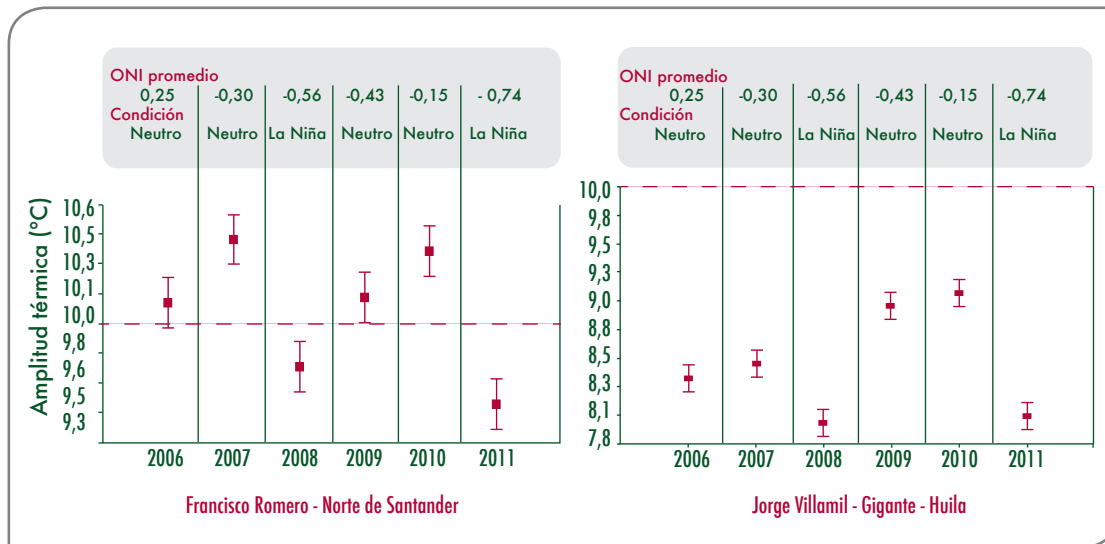


Figura 20.

Estación climática Francisco Romero en Norte de Santander, ubicado a 903 m.s.n.m, y estación Jorge Villamil en el Huila, a 1.420 m.s.n.m.

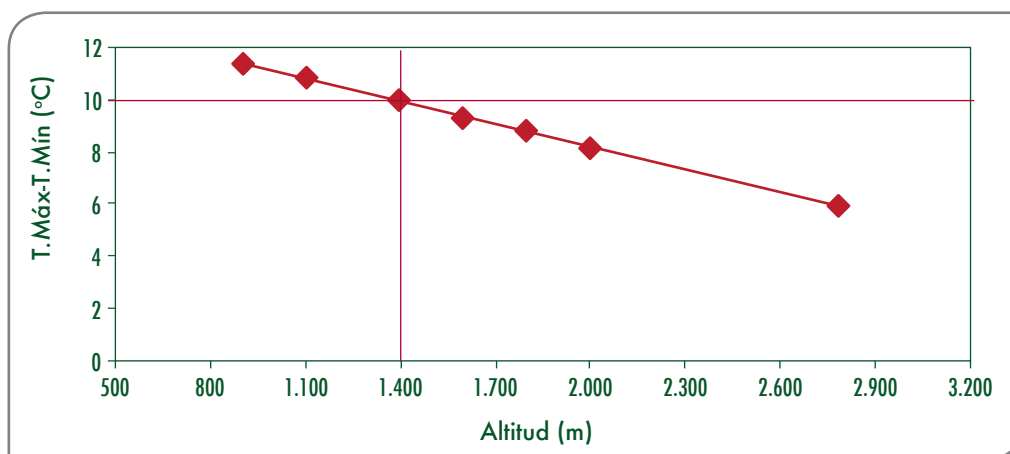


Figura 21.

Comportamiento de la amplitud térmica con la altitud (Adaptado de Jaramillo, 2005).

en escenarios de La Niña, como se muestra en la Figura 20 donde la zona influencia de la estación Francisco Romero en Santander, ubicada a 903 m de altitud, en condiciones neutras la amplitud térmica es superior a 10°C, mientras que la zona de influencia de la estación Jorge Villamil en el Huila, ubicada a 1.420 m de altitud, aun en escenarios neutrales la amplitud térmica es inferior a 10°C, y cuando hay condiciones de La Niña, se reduce aún más la amplitud y, por ende, los estímulos para la floración.

Ejemplo 5. Vulnerabilidad al viento

El viento en sistemas de producción es un elemento del clima que puede generar dos tipos de problemas: Erosión eólica e inducción de estrés fisiológico.

El viento no es realmente una amenaza generalizada de la Zona Cafetera Colombiana, aunque son pocos los estudios que lo indican, aun así es un problema observado en algunas regiones puntuales del país, especialmente zonas altas que se ubican en laderas expuestas a grandes valles, y en especial en los “filos” de las montañas en donde confluyen masas de aire frío y caliente, generando gran inestabilidad atmosférica e incrementando la velocidad del viento, como por ejemplo, algunas zonas altas de la cordillera Occidental, vertiente oriental, expuestas al valle del río Cauca, y algunas zonas de la cordillera Central, vertiente oriental, expuestas al valle del río Magdalena, entre otras.

Del primer problema, erosión eólica, no hay evidencias ni reportes en la zona cafetera, del segundo, inducción de estrés fisiológico, hay reportes experimentales en



Figura 22.

Cambios fenológicos en plantas de café sometidas a condiciones de viento frío y de alta velocidad.

Brasil (DaMatta *et al.*, 2007) y observaciones de campo en Colombia. Altas velocidades del viento aumentan la demanda evaporativa de la atmósfera y secan más rápido la masa de aire circundante al cultivo, dicho aumento en las tasas de evapotranspiración genera un tipo de estrés fisiológico en las plantas que no les permite mantener el intercambio gaseoso, limitando la transpiración del cultivo, cuando es un proceso permanente o muy frecuente, se producen alteraciones morfológicas en las plantas como la reducción en el área foliar y el alargamiento de las hojas (Figura 22).

De acuerdo con DaMatta *et al.* (2007), en las plantas de café expuestas a fuertes vientos y procesos advectivos (Ingresos adicionales de energía al sistema por aire caliente), el estrés por viento además de reducir el área foliar, puede disminuir la longitud de los entrenudos en ramas ortotrópicas (Las que crecen en altura) y plagiotrópicas (Las que crecen lateralmente), y en cafetales productivos pueden alcanzar daños severos en flores y frutos. En café no hay evidencias experimentales del efecto del viento sobre el café pero en Brasil, Caramori *et al.* (1986), sometieron plantas de café arábigo a vientos artificiales con velocidades de 2,0 y 3,0 m.s⁻¹, reportando que a estas velocidades, que son relativamente bajas y comunes en algunas zonas de Colombia, hubo reducción de la altura de las plantas y del área foliar.

Ejemplo 6. Vulnerabilidad al granizo

Los daños por granizo son de tipo mecánico como ruptura de la lámina foliar, desgarramiento de la cáscara de los frutos o epicarpio, caída de las flores en estado de comino o pre-antesis, caída de frutos de todas las edades y descortezamiento del tallo.

El granizo al igual que el viento es una amenaza puntual y específica de algunas zonas del país, pero han sido reportados daños con frecuencia en la zona cafetera a través del tiempo (Valencia y Arcila, 1976; Arcila y Leguizamón, 1988, Arcila y Jaramillo, 2010). Los eventos de granizo de acuerdo con Arcila y Jaramillo (2010) son más frecuentes en condiciones de La Niña que de El Niño. Las zonas cafeteras más vulnerables a las granizadas son aquellas expuestas a grandes valles, como La Meseta de Popayán (Cauca) expuesta al valle del río Patía, y aquellas expuestas a los valles del río Cauca y Magdalena (Arcila y Jaramillo, 2010).

Arcila y Jaramillo (2010) desarrollaron una escala para evaluar el nivel de daño por granizo en café (Figura 23), en sus diferentes órganos, en función de la edad del cultivo (Tabla 3), partiendo de la evaluación propuesta por los autores, se modifica totalizando la evolución de nivel de daño, la cual permite observar que los cafetales de 1 año y aquellos mayores de 5 años son



Figura 23.

Daños por granizo en café. **a.** Daño en las hojas “rompimiento”; **b.** Daño en frutos “rompimiento del mesocarpio de los frutos”.

Tipo de daño	Nivel de daño según la edad del cafetal				
	1 año	2 años	3 años	4 años	>5 años
Despuntos de tallo y ramas	4,5	4,5	3,5	3,0	2,0
Lesiones de tallo y ramas	3,0	4,0	3,0	3,0	2,0
Ruptura foliar	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0
Defoliación	4,0	4,0	4,0	3,0	2,0
Desprendimiento de frutos	0	4,5	4,0	3,5	2,5
Lesiones en frutos	0	4	4,0	3,0	2,0
Total	15,5	25	22,5	18,5	13,5
Vulnerabilidad	Baja	Alta	Alta	Alta	Baja

Tabla 3.

Definición de la vulnerabilidad del cultivo de café a los daños por granizo en función de la edad (Adaptado de Arcila y Jaramillo, 2010). La escala de valoración del daño oscila entre 0 y 5.

menos vulnerables al daño por granizo que los cafetales entre los 2 y 4 años, que se encuentran en su máxima expresión productiva y tienen mayor desarrollo foliar. En los cafetales menores a 1 año la vulnerabilidad es baja porque no han desarrollado estructuras reproductivas.

Es importante precisar la respuesta a una pregunta que integra dos componentes de la ecuación del riesgo, la amenaza y la vulnerabilidad:

Preguntas importantes	
Pregunta	Respuesta
¿El riesgo agroclimático se puede predecir o estimar con anterioridad?	Sí

Cuantificación y espacialización del riesgo agroclimático (Primera aproximación)

Para cuantificar y espacializar el riesgo es necesario integrar conceptos de suelos, sistema de producción, información climática y herramientas de información geográfica en un área determinada, para establecer un mapa de áreas potencialmente en riesgo. A continuación se integran dos componentes de la ecuación del riesgo, **la amenaza y la vulnerabilidad** para mostrar en un departamento cafetero de Colombia, como el Quindío, cómo es el riesgo agroclimático al déficit y al exceso hídrico.

Ecuación 1

$$\text{Riesgo Agroclimático} = \frac{\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de adaptación}}$$

En la Figura 24 se observa que las áreas con riesgo potencialmente alto de reducir el número de botones florales por exceso hídrico, en los eventos de La Niña de los años 2008, 2009 y 2010 fue variable, es así como durante el primer semestre de 2008 el área potencialmente afectada fue del 52%, y el ONI promedio para ese período fue de $-1,2^{\circ}\text{C}$, indicando una condición de La Niña muy fuerte (ONI $<-0,5^{\circ}\text{C}$ indica condición de La Niña), y el área con riesgo potencialmente alto para el primer semestre de 2009 y segundo semestre de 2010 disminuyó al 40%, explicable porque el nivel de amenaza disminuye con un ONI promedio de $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $-1,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Tendencia similar se observó al analizar el comportamiento de las áreas potencialmente afectadas por El Niño, en donde para el segundo semestre del año 2009, el área con riesgo potencial fue del 64% con un ONI promedio de $+0,7^{\circ}\text{C}$ (ONI $>+0,5^{\circ}\text{C}$ indica condición de El Niño) y el área potencialmente afectada ascendió al 85% en el primer semestre de 2010, con un ONI de $+1,7^{\circ}\text{C}$ (Figura 25), en este caso el riesgo al déficit es sobre la probabilidad de tener por lo menos 5% de daño en frutos por falta de agua, que se considera un daño bajo.

Capacidad de adaptación y reducción de la vulnerabilidad

Para completar el proceso de comprensión del riesgo agroclimático, es necesario responder una última pregunta esencial:

Preguntas importantes	
Pregunta	Respuesta
¿El riesgo agroclimático se puede reducir?	Sí

Como se planteó en la Ecuación 1, **el riesgo agroclimático se reduce aumentando la capacidad de adaptación y disminuyendo la vulnerabilidad.**

De acuerdo con Singh *et al.* (2002), hay dos estrategias posibles para disminuir el impacto de la variabilidad

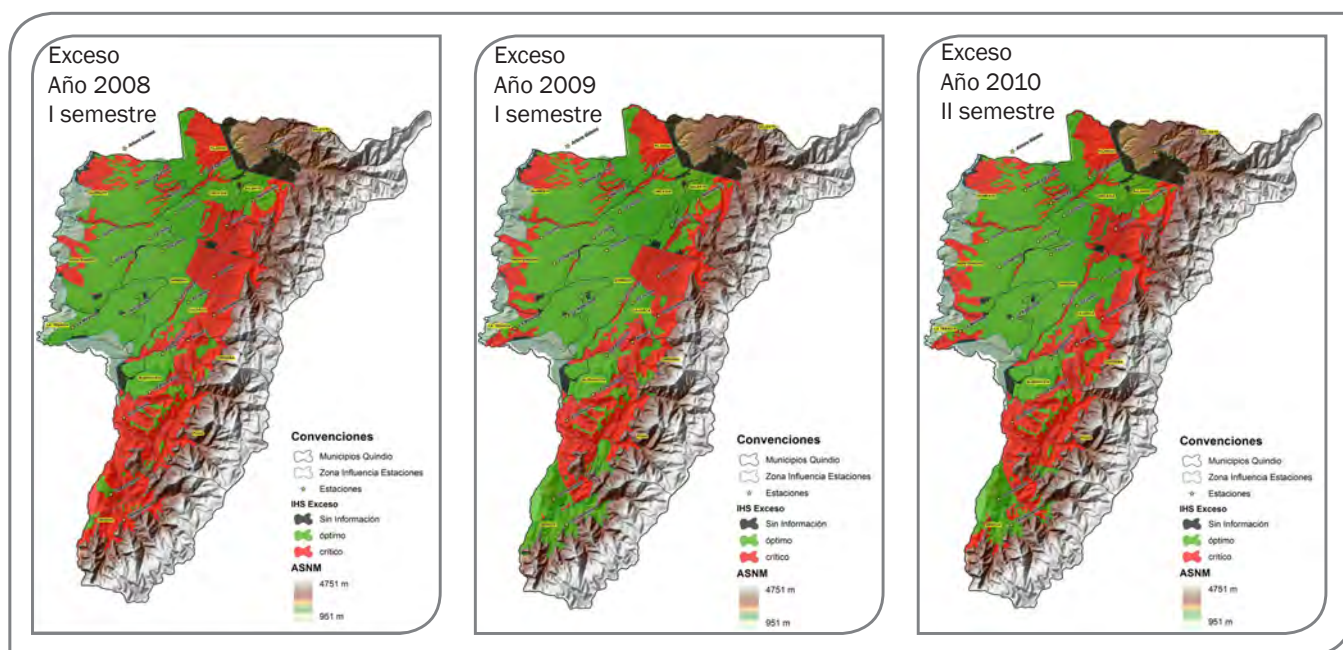


Figura 24.

Áreas con riesgo potencialmente alto de verse afectado el rendimiento en el cultivo del café por el exceso hídrico, durante los eventos de La Niña de 2008 a 2010. Caso de estudio departamento del Quindío (Ramírez *et al.*, 2012c).

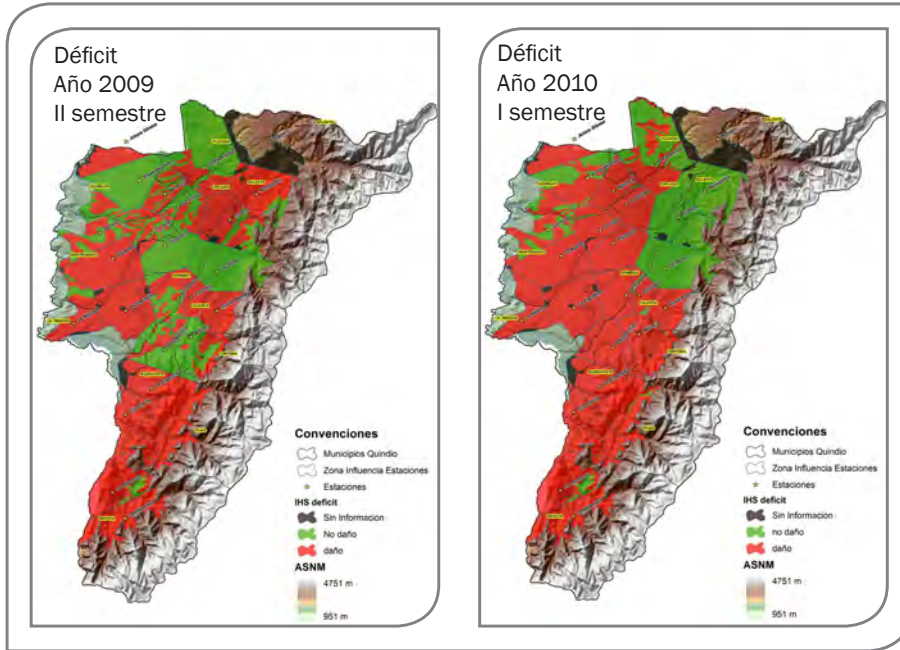


Figura 25.

Áreas con riesgo potencialmente alto de verse afectado el rendimiento en el cultivo del café por el déficit hídrico, durante los eventos de El Niño de 2009 a 2010 (Ramírez et al., 2012c).

climática en los sistemas de producción agrícola:
1. Reducir el riesgo controlando los factores limitantes;
2. Ajustar las prácticas de manejo del sistema de producción. Por ejemplo, si uno de los factores limitantes es el déficit hídrico, entonces el factor limitante se controla con un sistema de riego, pero esto no siempre es una opción viable en los sistemas de producción de café en Colombia.

Por otra parte, el sistema de producción de café es **vulnerable** a muchos factores y elementos del clima que no siempre van a permitir ser controlados, por lo tanto, en sistemas de producción de café es importante ajustar las prácticas de manejo del sistema de producción.

En la Tabla 4 se presenta una serie de estrategias que permitirán **incrementar la capacidad de adaptación** y **reducir la vulnerabilidad**, basadas en las estrategias de ajuste al sistema de producción. Ahora bien, el ajuste al sistema de producción dependerá de varios factores a saber: Grado de la amenaza, niveles de vulnerabilidad, relación beneficio/costo de la(s) nueva(s) estrategia(s) o ajuste(s).

Es muy importante seguir avanzando en una estrategia escalonada en donde:

- Se logre desarrollar, consolidar y espacializar una **matriz de riesgo agroclimático**.
- Se evalúen **estrategias de adaptación** ya investigadas y se continúe investigando en otras posibles.

- Las estrategias de adaptación vayan acompañadas de un **estudio de relación beneficio/costo**, porque en algunos casos resulta ser más costoso el ajuste que el daño generado por la amenaza.

Mejorar la **capacidad de adaptación** no solamente es un problema de investigación y extensión, es un problema de todos los actores involucrados en el sistema de producción. Es importante que:

- Todos los actores involucrados entiendan mejor el riesgo.
- Se investigue más en estrategias de adaptación.
- Se cuente con información precisa, oportuna, confiable y regionalizada, información no solamente son datos meteorológicos o estadísticas o reportes, son datos convertidos en información relacionada con el sistema de producción que permitan tomar una decisión para reducir el riesgo.
- Se realice capacitación permanente.
- Exista interlocución entre los actores (Investigadores - extensionistas - caficultores - entidades de apoyo).
- Se generen espacios de retroalimentación. La retroalimentación permite que la relación entre los actores no sea de una sola vía, sino que sea en diferentes vías o sea una relación no finita que permita involucrar cada vez más actores y lograr reducir realmente el riesgo.

Tabla 4.

Estrategias de adaptación que permiten reducir el riesgo agroclimático en el cultivo del café.

Fuente de vulnerabilidad	Estrategias de adaptación	Resultados de investigación
La primera recomendación para disminuir el riesgo es conocerlo		
Déficit hídrico	Si el déficit hídrico es mayor de 3 meses consecutivos, es necesario establecer sistemas agroforestales permanentes, de acuerdo a las condiciones de brillo solar de la zona.	Sí
	Si el déficit hídrico es menor de 3 meses consecutivos secos es recomendable manejar sistemas agroforestales transitorios, especialmente en el establecimiento.	Parcialmente
	Si la zona tiene riesgo alto en condiciones de El Niño al déficit hídrico, adelantar las siembras y emplear en siembras nuevas sistemas agroforestales transitorios.	Sí
	En almácigos emplear micorrizas, que incrementan la cantidad y profundidad de raíces, permitiéndole a las raíces mayor superficie específica para buscar agua en el suelo.	Parcialmente
	No fertilizar en épocas secas, porque se incrementan las pérdidas de N por volatilización.	Sí
	Adelantar, si es del caso, las fertilizaciones para preparar mejor el cultivo al déficit hídrico.	Parcialmente
	En zonas con riesgo alto al déficit hídrico emplear sistemas agroforestales, que tengan un buen aporte de hojarasca y regular la densidad de sombra, para reducir la competencia por agua.	Sí
	Llevar registros de precipitación para conocer en qué momento se alcanzan condiciones críticas y articular las decisiones agronómicas a este registro.	Sí
Exceso hídrico	Manejar coberturas nobles.	Sí
	Sembrar abonos verdes, que permitan disminuir la erosión del suelo, aumentar la fijación de N y reducir la pérdida de nutrientes dentro del suelo.	Parcialmente
	En almácigos, emplear micorrizas que incrementan la cantidad y profundidad de raíces, permitiéndole a la planta mayor superficie específica para buscar nutrientes deficitarios por el exceso y lograr mayor desarrollo foliar para compensar la disminución en el brillo solar.	Sí
	Usar cultivos intercalados en siembras nuevas, que permiten mantener el suelo cubierto mayor tiempo, y reducir la erosión, las pérdidas de nutrientes y compensar los ingresos.	Sí
	Fraccionar la fertilización, especialmente en suelos muy vulnerables a las pérdidas por percolación y suelos de alta pendiente en donde las pérdidas de escorrentía sean altas.	Parcialmente
	Fraccionar la fertilización para evitar las pérdidas de fertilizante por percolación y escorrentía.	Parcialmente
	Evaluar la necesidad de refuerzo con enmiendas o encalado, ya que por exceso hídrico se incrementa la pérdida de bases intercambiables en el suelo y la acidez.	Sí
	En germinadores y almácigos emplear <i>Trichoderma</i> spp, para reducir la presencia de hongos fitopatógenos comunes en condiciones de exceso de lluvia. Al momento de la renovación por zoca aplicar el hongo para reducir la incidencia de llagas.	Sí
Planear la renovación de cafetales y disponer del suficiente material de almácigo para recuperar sitios perdidos. Si se manejan densidades bajas, la renovación es una excelente oportunidad para ajustar y aumentar el número de tallos productivos por hectárea y compensar la reducción de la producción.	Sí	

Continúa...

...continuación

Fuente de vulnerabilidad	Estrategias de adaptación	Resultados de investigación
Exceso hídrico	Si el exceso hídrico viene acompañado de altas temperaturas y mayor frecuencia de lluvias nocturnas, manejar arreglos espaciales en el cultivo, que permitan mayor distancia entre calles, con el objetivo de reducir el tiempo de permanencia de agua en las hojas, el cual es favorable para el desarrollo de enfermedades del cultivo como la roya, el mal rosado y la gotera.	Parcialmente
	Si el exceso hídrico viene acompañado de altas temperaturas sembrar variedades resistentes a la roya como la Variedad Castillo®.	Sí
	Llevar registros de precipitación para conocer en qué momento se alcanzan condiciones críticas y articular las decisiones agronómicas a este registro.	Sí
Altas temperaturas	Manejar sistemas agroforestales permanentes o transitorios.	Sí
	Manejar densidades de siembra medias ya que el desarrollo foliar es más acelerado y se cierran más rápido las calles.	Parcialmente
	Manejar arreglos espaciales que permitan una mayor distancia entre calles para controlar mejor la calidad de la recolección y el manejo de la broca.	Parcialmente
Bajas temperaturas	Incrementar la densidad de siembra, ya que las tasas de desarrollo son más lentas y se deben compensar con mayor cantidad de plantas para que logren el máximo desarrollo foliar en menor tiempo.	Parcialmente
	Emplear barreras de árboles alrededor de los lotes como barreras rompevientos, para disminuir la entrada de aire frío.	Parcialmente
	En siembras nuevas intercalar con maíz.	Sí
Alto brillo solar	Manejar sistemas agroforestales.	Sí
Bajo brillo solar	Incrementar la densidad de siembra.	Parcialmente
	Regular sombrío.	Sí
	Fertilizar con la cantidad y frecuencia recomendadas.	Parcialmente
Altas velocidades del viento	Establecer barreras rompevientos.	Parcialmente
	En el establecimiento de cafetales, establecer cultivos intercalados que en el corto tiempo alcancen una altura superior a la del café, como maíz o sombríos transitorios de rápido crecimiento.	Parcialmente
Granizo	Evaluar la amenaza de la zona al granizo.	Sí
	No suspender las prácticas agronómicas y de manejo del cultivo.	Sí
	Seis meses después de la granizada hacer selección de brotes en caso de ser necesario.	Sí
Erosión y movimientos en masa	Conocer la vulnerabilidad y el riesgo del suelo a la erosión y el movimiento en masa.	Sí
	Establecer un sistema de manejo integrado de arvenses.	Sí
	Establecer sistemas agroforestales con sombrío regulado, que permita mantener un nivel productivo del café.	Sí
	Establecer cultivos intercalados en siembras nuevas de café.	Sí
	Barreras que disminuyan la longitud de la pendiente del terreno.	Sí
	Hacer un manejo racional de herbicidas.	Sí

Recomendaciones prácticas

- Esté atento de las noticias sobre qué condiciones de variabilidad climática se están presentando en el momento y cuáles son las proyecciones para los próximos meses. Si está enterado de la condición actual y las proyecciones podrá poner en marcha las estrategias de adaptación que permiten reducir el **riesgo agroclimático** en el cultivo del café y los efectos de la variabilidad climática sobre su sistema de producción.
- Es muy importante que como caficultor conozca el grado de **amenaza** que tiene frente a los fenómenos de El Niño y La Niña, para lo cual puede consultar con el Servicio de Extensión o Cenicafé.
- Si usted está ubicado en zonas por encima de los 1.500 metros de altitud es más **vulnerable** a los eventos de La Niña, debido a que estos eventos generan reducción en la temperatura media del aire, el brillo solar y en algunas zonas aumento de la lluvia y el exceso hídrico, por lo tanto, debe implementar medidas que le permitan reducir la vulnerabilidad por bajas temperaturas, brillo solar y exceso hídrico e incrementar las prácticas de conservación de suelos y taludes, al igual que el monitoreo fitosanitario del cultivo.
- Si usted está ubicado en zonas por debajo de los 1.300 metros de altitud, es más **vulnerable** a los eventos de El Niño, por lo tanto, va a tener mayor probabilidad de daño en frutos por déficit hídrico y reducción del crecimiento de la planta y pérdida de siembras nuevas, y mayor presencia de broca, entre otras, por lo cual debe implementar medidas que le permitan reducir la vulnerabilidad por déficit hídrico y altas temperaturas. Además, es muy importante incrementar la vigilancia de los niveles de infestación de broca y programar las siembras de acuerdo a las fechas en donde se inicia la temporada de lluvias.

Recomendaciones para disminuir los efectos de un evento El Niño

(Jaramillo y Arcila, 2009a)

- En la zona cafetera de Colombia por efecto de El Niño se disminuye la cantidad de lluvia, por lo tanto, la primera acción que deben emprender los caficultores es el aprovechamiento del agua lluvia para su uso doméstico, colectando y almacenando el agua que llega a los techos de las construcciones de la finca.
- La preparación y mitigación ante la disminución de la lluvia se logra con prácticas de conservación del agua y el suelo.
- El sombrío tiene un efecto notorio en la conservación del agua, especialmente en los períodos muy largos de falta de lluvia y en aquellas regiones de lluvia anual inferior a los 1.500 mm, con alta evaporación y con suelos de baja retención de humedad. Ante la recurrencia del fenómeno puede pensarse a mediano y largo plazo en el establecimiento de algún tipo de sombrío para estas regiones.
- No efectúe siembras de café durante el evento de El Niño. En los germinadores y almácigos planificados para sembrar a comienzos de año se debe utilizar sombrío para disminuir la radiación solar, y si es necesario aplicar riego. Los cafetos del almácigo que se llevarán para la siembra no deben tener más de 6 meses de edad, basado en las épocas de siembra dadas para las diferentes regiones del país (Ver capítulo Factores climáticos que intervienen en la producción de café en Colombia)
- Debido a que las arvenses consumen gran cantidad de agua del suelo, éstas se deben mantener controladas en los cafetales, especialmente en el plato del árbol.
- Para los cafetos recién sembrados y con el fin de conservar la humedad en el suelo, se recomienda la aplicación en el plato del árbol de coberturas provenientes de las desyerbas, podas o de otros residuos.
- Se pueden adelantar las labores de zoqueo y aprovechar el material de ramas cortadas para utilizarlo como cobertura del suelo, esta práctica ayuda a conservar la humedad en el suelo.
- La fertilización debe realizarse cuando se generalicen las lluvias esperadas en la región. Consulte el Avance Técnico de Cenicafé No. 229.
- Mientras persista el evento de El Niño no se recomienda establecer cultivos intercalados con el café, como el maíz, frijol y otros.

- Es necesario revisar periódicamente los cafetales para la evaluación de la incidencia de broca (*Hypothenemus hampei*), roya (*Hemileia vastatrix*), minador de la hoja (*Leucoptera coffeellum*) y araña roja (*Oligonychus yotheri*). Con base en los niveles de daño económico el caficultor, en compañía del Extensionista de la Federación, debe programar el manejo integrado para el control del insecto plaga o la enfermedad.
- En el caso de la broca del café, es necesario estar atento con los niveles de infestación en los frutos, debido a que las condiciones climáticas durante El Niño, especialmente el aumento de la temperatura, le son favorables.
- Se debe racionalizar y disminuir el consumo de agua durante el proceso de beneficio del café. Además, es necesario reforzar las medidas de control de las pasillas y granos flotantes para preservar la calidad del grano.
- El ambiente seco durante El Niño favorece la ocurrencia de incendios, por lo tanto, se debe evitar la acumulación de basuras y las quemadas.

Recomendaciones para disminuir los efectos de un evento La Niña

(Jaramillo y Arcila, 2009b)

- Para un seguimiento de las condiciones de clima durante La Niña, registre la lluvia diaria en la finca o consúltela en una estación climática cercana. En la región Andina una lluvia acumulada superior a 200 mm, en 20 días, o una lluvia diaria mayor a los 60 mm, empieza a desencadenar derrumbes. Solicite información y orientación en la Disciplina de Agroclimatología de Cenicafé (www.cenicafe.org) o con el Técnico del Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros de su municipio.
- Para reducir el efecto del exceso de lluvia durante el evento de La Niña se deben tomar acciones relacionadas con la conservación del suelo y prácticas para drenar los excedentes de agua del suelo.
- Las prácticas de conservación del suelo se deben orientar basadas en las características de la lluvia de cada región y ajustarlas al tipo de suelo, de acuerdo con la susceptibilidad a la erosión.
- Como factores asociados a la erosión se tienen la deforestación, la destrucción de la cobertura vegetal de los drenajes naturales, el manejo inapropiado de los suelos, las quemadas, la inadecuada localización de las viviendas y construcciones, la ausencia de drenajes, el deterioro de las redes de acueducto o alcantarillado. Cualquiera de las causas anteriores pueden generar procesos de erosión laminar, surcos, cárcavas o remoción masal (Derrumbes). Las prácticas de conservación de suelos y de drenaje deben ser orientadas por un especialista, por lo cual debe consultar con la Disciplina de Suelos de Cenicafé o con el Técnico del Servicio de Extensión de la Federación de Cafeteros.
- Habitualmente se deben revisar y limpiar las cunetas, acondicionar los desagües con disipadores de energía, evaluar los sitios de acumulación de agua, drenajes naturales y escorrentía, para prevenir la acumulación del agua y los derrumbes.
- La mejor manera de evitar los problemas de exceso de humedad es determinar en forma previa los patrones de drenaje y la humedad del suelo, evitando sembrar en áreas que se encharcan después de las lluvias o con tendencia a inundarse; también es posible cambiar o mejorar las condiciones de drenaje para eliminar los riesgos de inundación o la saturación del suelo.
- Las arvenses ejercen una cobertura que protege el suelo de los impactos directos de las gotas de lluvia, disminuyendo la erosión superficial, por lo cual se deben realizar cortes altos con machete o guadaña. Nunca se debe hacer uso del azadón, debido a que se descubre el suelo y promueve la erosión.
- Cuando el cafetal está bajo sombrío, éste se debe regular para evitar el exceso de humedad, que favorece el incremento de enfermedades como el mal rosado, la roya del café y la gotera, entre otras.
- Durante un evento La Niña, debido a las mayores cantidades de agua sobre la superficie del suelo (Escorrentía) y a través del perfil del suelo (Percolación) las pérdidas de los fertilizantes se pueden aumentar, especialmente en suelos de textura arenosa, por lo cual es recomendable fraccionarlos.
- Es necesario que los caficultores revisen periódicamente los cafetales para determinar la incidencia de broca, roya, mal rosado, llagas radicales y otros, para evaluar los niveles de daño y la necesidad de tomar medidas preventivas. Consultar con un especialista en Cenicafé o con el Extensionista de la Federación de Cafeteros de su municipio, para orientar las medidas de control recomendadas, en caso que sean necesarias.

Literatura citada

- ARCILA P., J.; LEGUIZAMÓN, C., J. Daños por granizo en almendras de café. *Avances Técnicos Cenicafe*. No.137.2p.1988.
- ARCILA P., J.; CHAVES, C.B. Desarrollo Foliar del cafeto en tres densidades de siembra. *Cenicafe* 46(1):5-20.1995.
- ARCILA P., J. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. In: *Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná (Colombia)*. Cenicafe 2007. p 21-60.
- ARCILA P., J.; JARAMILLO, R., A. Relación entre la humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 311.8p. 2003.
- ARCILA P., J.; JARAMILLO, R.A. Recuperación de cafetales afectados por granizo. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 397.4p.2010.
- BLORE T. W. D. Further studies of water use by irrigated an unirrigated arabica coffee in Kenya. *Journal of Agricultural Science* 67: 145-154. 1966.
- CAMARGO, A. P. de; PEREIRA, A.R. Agrometeorology of the coffee crop. *World Meteorological Organization- WMO- WMO/TD N° 615*. 43 p. 1994.
- CARAMORI, P.H.; OMETTO, J.C.; NOVA, N.A.; COSTA, J.D. Efeitos do vento sobre mudas de cafeeiro Mundo Novo e Catuai Vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 21:113-116.1986.
- CHAVES C., B; JARAMILLO, R., A. Regionalización de la temperatura del aire en Colombia. *Cenicafe* 49 (3):224-230.1998.
- DAGG, M. 1971. Water requirements of coffee. *Kenya Coffee* 36(424): 129-151.
- DaMATTA, M.F.; RONCHI, P.C.; MESTRI, M.; BARROS, S.R. Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4):485-510. 2007.
- GUZMÁN M., O.; BALDIÓN, R., J. V. El evento cálido del Pacífico en la zona cafetera. *Cenicafe* 48(3): 141-155.1997
- GUZMÁN M., O.; BALDIÓN, R., J. V. Influencia del evento frío del Pacífico en la zona cafetera. *Cenicafe* 50(3): 222-237. 1999.
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Atlas climatológico de Colombia. 2005. 218 p.
- JARAMILLO R., A. Clima Andino y café en Colombia. *Cenicafe*. 2005. 192p.
- JARAMILLO R., A.; ARCILA, P., J. Épocas recomendables para la siembra de los cafetos. *Avances Técnicos Cenicafe* No.229: 1-8. 1996.
- JARAMILLO R., A.; ARCILA P., J. La variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de La Niña y su efecto en la caficultura. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 389. 8 p. 2009a.
- JARAMILLO R., A.; ARCILA P., J. La variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de El Niño y su efecto en la caficultura. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 390. 8 p. 2009b.
- JARAMILLO R., A.; BALDIÓN, R., J. V.; GUZMÁN, M., O. El evento cálido del Pacífico y el cultivo del café. *Cenicafe. Agronomía (Colombia)* 9(2): 13-17. 1999.
- MOSQUERA S., L.P.; RIAÑO H., N.M.; ARCILAP, J.; PONCE D., C.A. Fotosíntesis, respiración y fotorespiración en hojas de café *Coffea* sp. *Cenicafe* 50(3):215-221.1999.
- POVEDA J. G.; JARAMILLO, A.; MANTILLA, R. Influencia del evento cálido del Pacífico en la humedad del suelo y el índice normalizado de vegetación en Colombia. *Cenicafe* 51(4): 263-271. 2000.
- RAMÍREZ B., V. H.; JARAMILLO R., A. Relación entre el Índice Oceánico de El Niño (ONI) y la lluvia en la región andina central de Colombia. *Cenicafe* 60(2):162-173. 2009
- RAMÍREZ B., V.H.; JARAMILLO, R.A.; ARCILA, P.J. Índices para evaluar el estado hídrico en los cafetales. *Cenicafe* 61(1):55-66.2010a.
- RAMÍREZ B., V.H.; ARCILA, P.J.; JARAMILLO, R.A.; RENDÓN, S. J.S.; CUESTA, G.G.; MENZA, F. H.D.; MEJÍA, M.C.G.; MONTOYA, D.F.; MEJÍA, M.J.W.; TORRES, N.J.C.; SÁNCHEZ, A.P.M.; BAUTE, B.J.E.; PEÑA, Q.A. Floración del café en Colombia y su relación con la disponibilidad hídrica, térmica y de brillo solar. *Cenicafe* 61 (2):132-158.2010b.

- RAMÍREZ B., V.H.; ARCILA, P.J.; JARAMILLO, R.A.; RENDÓN, S. J.S.; CUESTA, G.G.; MENZA, F. H.D.; MEJÍA, M.C.G.; MONTOYA, D.F.; MEJÍA, M.J.W.; TORRES, N.J.C.; SÁNCHEZ, A.P.M.; BAUTE, B.J.E.; PEÑA, Q.A. *Variabilidad climática y la floración del café en Colombia*. Avances Técnicos Cenicafé No. 407. 8p. 2011.
- RAMÍREZ B., V. H.; JARAMILLO, R. A.; PEÑA, Q.A.; VALENCIA, A. A 2012a. *El brillo solar en la zona cafetera colombiana, durante los eventos El Niño y La Niña*. Avances Técnicos Cenicafé No 421. 12p. 2012a
- RAMÍREZ B., V. H.; PEÑA, Q.A.J.; JARAMILLO, R.A.; GIRALDO, E.J.P.; SUÁREZ, A.H.E.; DUQUE, R. N. *Desarrollo metodológico para regionalizar la zona cafetera Colombiana en función del riesgo agro-climático generado por la variabilidad climática: Primera Aproximación*. Cenicafé (en edición).21p. 2012b.
- SALAZAR G., M. R.; CHAVES C., B.; RIAÑO H., N. M.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A. *Crecimiento del fruto del café Coffea arabica L. var. Colombia*. Cenicafé 45(2):41-50. 1994.
- SING., U.; WILKENS, P.W.; BAETHGEN, E.W., BONTKES, T.S. *Decision Support Tools for Improved Resources Management and Agricultural Sustainability*. p.91-117. In: *Agricultural Systems Models in Field Research and Technology Transfer*. Edited by. Ahuja, R.L.; Ma, L and Howell A. T. USDA-ARS/Lewis Publishers. 2002.
- VALENCIA, A.G.; ARCILA P., J. *Daños por granizo en cafetales*. Avances Técnicos Cenicafé No 53.2p.1976.