

# Gestión del riesgo agroclimático

## Fuentes de amenaza climática para el café en Colombia

Álvaro Jaramillo Robledo; Víctor Hugo Ramírez Builes

La producción agrícola por su naturaleza está expuesta a condiciones variables de clima, las cuales no siempre son favorables a la producción y la productividad. Un ejemplo de ello es lo ocurrido en los últimos años en la zona cafetera colombiana donde debido a la presencia del evento de variabilidad climática de La Niña, que se inició en el año 2008 y se extendió hasta principios del año 2012, se generaron condiciones atmosféricas poco favorables para el crecimiento y desarrollo del cultivo de café, y a la vez muy favorables para el desarrollo de enfermedades del cultivo.

Dentro de las estrategias definidas por la institucionalidad cafetera para lograr recuperar y estabilizar la producción en el país se encuentra **la gestión del riesgo agroclimático**. La aplicación de esta estrategia permitirá avanzar en la idea de una **caficultura climáticamente inteligente**, con capacidad de adaptación y de respuesta a condiciones variables de clima.

En este capítulo se presentan algunos conceptos generales de **riesgo agroclimático**, la gestión realizada que ha permitido identificar sus componentes y de manera específica se abordará el primero de ellos: **Las fuentes de amenaza climática**.

Cómo Citar:

Jaramillo-Robledo, Á., & Ramírez-Builes, V. H. (2013). Gestión del riesgo agroclimático: Fuentes de amenaza climática para el café en Colombia. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 1, pp. 73–89). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/cenbook-0026\\_05](https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_05)



## Conceptos generales sobre el riesgo agroclimático

Para iniciar la comprensión de este capítulo es necesario definir el riesgo agroclimático.

Conceptualmente el **riesgo** de acuerdo con Chavarro et al. (2008), se refiere a la probabilidad, la estimación y la cuantificación de la magnitud y las consecuencias de los daños ambientales, sociales, económicos o culturales y las pérdidas humanas, bienes, especies y prácticas culturales, entre otras, en un lugar o tiempo determinado como resultado del desencadenamiento de una amenaza.

El **riesgo agroclimático**, se define a su vez, como la estimación o la probabilidad de que una amenaza climática pueda afectar de manera negativa un sistema de producción de café, reduciendo su capacidad productiva.

Desde el punto de vista práctico y cuantitativo, el **riesgo agroclimático** es el producto de la amenaza por la vulnerabilidad dividido por la capacidad de adaptación (Ecuación 1).

### Ecuación 1

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

De la Ecuación 1 se puede decir que:

- La **amenaza** es de tipo climático y se refiere a la probabilidad o posibilidad de que cambios en las variables climáticas afecten el sistema de producción de café.
- La **vulnerabilidad** hace referencia a que el sistema de producción de café reduzca su capacidad productiva, al ser expuesto a la **amenaza**. Como se muestra en la Ecuación 1 la vulnerabilidad es multiplicativa, lo que significa que en la medida que el sistema de producción de café sea más vulnerable, mayor será el riesgo o viceversa.
- La **capacidad de adaptación** se define como la posibilidad o el potencial que tiene el sistema de producción de modificarse frente a una amenaza o de dar respuesta a ella; la **capacidad de adaptación** está en el denominador, lo que significa que puede reducir el producto de la **amenaza por la vulnerabilidad** y, por ende, el **riesgo**, si se aumenta la capacidad de adaptación.

### Consideraciones prácticas

Lo anterior significa que respecto a la **amenaza** es muy 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 la **capacidad de adaptación**.

## Fuentes de amenaza climática para la caficultura colombiana

Los procesos que determinan el tiempo y el clima en Colombia se deben principalmente a la interacción de los diferentes componentes de la variabilidad climática en la región tropical. La zona cafetera colombiana se ve expuesta a diferentes fuentes de variabilidad climática en dos tipos de escalas a saber: Espacial y temporal.

A nivel espacial hay fuentes de variabilidad climática desde micro-escala, como la variación en las condiciones climáticas a nivel de lote, pasando por el nivel de meso-escala a nivel de cuenca, hasta macro-escala a nivel de país. Por la importancia y las implicaciones que tienen en los sistemas de producción de café, en este capítulo se hará referencia a la **amenaza** a nivel meso-escala y macro-escala. (Tabla 1). Así mismo, de acuerdo con la escala temporal, se abordarán las fuentes de **amenaza climática** en la zona cafetera de Colombia (Tabla 2).

A continuación se presentan las fuentes de **amenaza climática**

### Cambio climático Variabilidad climática secular-milenar

Los registros de las condiciones climáticas de épocas pasadas demuestran que el clima de la Tierra ha estado en constante cambio. La variabilidad climática, incluyendo la variación en la frecuencia de los eventos extremos (Por ejemplo, las sequías, las inundaciones y las tormentas) ha tenido grandes impactos en las actividades humanas. Por esta razón, los científicos estudian las condiciones climáticas del pasado en diversas escalas de tiempo, para hallar indicios que ayuden a la sociedad a planificarla con relación a los futuros cambios climáticos.

Para el estudio de los climas del pasado o paleoclimas se utilizan diferentes indicadores naturales o *proxis* (Accefynt-Icsu, 1994):

- Mediante el análisis de los contenidos de polvo y gases atrapados en los casquetes polares o en los hielos de los glaciares se registran las condiciones de viento, temperatura y precipitación prevalecientes en épocas pasadas.
- Los depósitos de sedimentos terrestres proporcionan información sobre erosión eólica, tipos de vegetación y circulación atmosférica.
- El análisis del polen depositado permite conocer los cambios de vegetación a través del tiempo, como respuesta a cambios climáticos regionales o globales, originados por las edades de hielo o cambios provocados por el hombre.
- Los depósitos de sedimentos marinos, con los cuales se pueden estimar las circulaciones marinas, la temperatura media de la superficie del mar y los volúmenes de hielo. La edad de los sedimentos se puede conocer con la ayuda del carbono 14 e isótopos de descomposición del uranio.
- Los anillos de los árboles proporcionan información anual y estacional de la temperatura y la lluvia durante los últimos 10.000 años; estos elementos influyen, aumentan o disminuyen el crecimiento de los árboles, condiciones adversas como las sequías o el frío tienen su efecto en el crecimiento.
- Los arrecifes de coral proporcionan un registro de las condiciones climáticas y marinas. Por medio del análisis de isótopos del oxígeno, del carbono y del cadmio se conocen los flujos de nutrientes por las corrientes marinas y las condiciones de temperatura

Tipos de variabilidad espacial	Fuentes de variabilidad
Micro-escala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variación de la temperatura del dosel de la planta a lo largo del día</li> <li>• Variación de la distribución del viento y de la humedad atmosférica dentro del cultivo</li> </ul>
Meso-escala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viento</li> <li>• Granizo</li> <li>• Circulación valle-montana (Relación lluvias diurnas/lluvias nocturnas)</li> </ul>
Macro-escala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de convergencia intertropical (ZCIT)</li> <li>• Corrientes de chorro</li> <li>• Ondas tropicales</li> <li>• Cambios de temperatura de los océanos (El Niño/La Niña-ENSO, Oscilación decadal del Atlántico Norte, Oscilación decadal del Pacífico)</li> </ul>

Tabla 1.

Tipos de variabilidad espacial de la amenaza climática para la zona cafetera de Colombia.

Fuentes	Origen	Características
Cambio climático (Variabilidad climática secular-milenario)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en los factores forzantes externos (Variaciones galácticas, variaciones orbitales, entre otros)</li> <li>• Cambios en la composición química de la atmósfera</li> </ul>	<p>Cambio &gt; de 50 años</p> <p>Depende de modelos</p> <p>Tiene incertidumbre.</p>
Variabilidad climática decadal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oscilación decadal del Pacífico (PDO)</li> <li>• Oscilación decadal del Atlántico Norte (NAO)</li> </ul>	<p>Variación &gt; a 20 años</p> <p>Hay certidumbre</p> <p>Hay evidencia</p>
Variabilidad climática Inter-Anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Niño-La Niña (ENSO) (El Niño-Southern Oscillation, por sus siglas en inglés)</li> </ul>	<p>Variación &gt; a 1 año</p> <p>Hay certidumbre</p> <p>Hay evidencia</p>
Variabilidad climática Intra-Anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de convergencia intertropical (ZCIT)</li> <li>• Ondas Tropicales del Atlántico</li> <li>• Ondas del Pacífico (Maden-Julian)</li> <li>• Chorros (Chorro del Pacífico)</li> </ul>	<p>Variación &lt; a 1 año</p> <p>Hay certidumbre</p> <p>Hay evidencia</p>

Tabla 2.

Fuentes de amenaza climática para la caficultura Colombiana.

del océano o cambios en la salinidad y nivel del océano.

- Muchas publicaciones históricas y narraciones de exploradores describen las condiciones de clima, así como paisajes en pinturas de algunos artistas.

El cambio climático es complejo y caótico y se debe a múltiples factores que están en permanente interacción, como se presenta en la Figura 1.

**Mecanismos de forzamiento externo.** Éstos se deben a la posición de la Tierra con respecto al sol (Excentricidad, oblicuidad y precesión o variación en el giro del eje terrestre), y a la actividad de las manchas solares.

- **Variaciones galácticas.** La órbita del sistema solar con relación al centro de la galaxia se ha considerado como posible mecanismo de forzamiento global; se ha planteado que los superciclos de las edades de hielo de 700 millones de años sean el resultado de tales mecanismos.
- **Variaciones orbitales.** Las variaciones de insolación en la Tierra, resultantes de cambios en los movimientos de translación y de rotación, permiten explicar los ciclos glaciales. Se plantean tres mecanismos: La excentricidad de la órbita de la Tierra alrededor del sol, la oblicuidad o la inclinación del eje de rotación terrestre, y la precesión. La excentricidad, en períodos de aproximadamente de 100.000 años, la órbita se alarga y se acorta; ésta ha influido en la frecuencia en los ciclos de las glaciaciones. La

oblicuidad o inclinación del eje de rotación terrestre, fluctúa desde los 21,5° hasta los 24,5° en períodos de 41.000 años; al aumentar la inclinación resultan más extremas las estaciones en ambos hemisferios. La precesión del eje de rotación de la Tierra describe una circunferencia completa cada 25.790 años; ésta es responsable de producir una intensificación de las estaciones durante el año.

- **Variaciones solares.** La variabilidad solar ha sido considerada como otro factor de forzamiento externo. El ciclo más conocido es la variación en el número de manchas solares, con un período de 11 años. En los años con un bajo número de manchas solares la constante de radiación solar disminuye. Aunque la variación en la constante solar es muy baja, muchos estudios demuestran relaciones entre el número de manchas solares con las sequías, la temperatura y el ozono atmosférico. Como un ejemplo se tiene que en el período de 1645 a 1715 (Mínimo de Maunder) se presentó un clima excepcionalmente frío en Europa y Norteamérica, conocida como la Pequeña Edad de Hielo, la cual estuvo asociada a una actividad mínima de las manchas solares.

**Mecanismos de forzamiento interno.** Éstos son la formación de los continentes y montañas, la actividad volcánica, las corrientes oceánicas superficiales y profundas, la proporción de las masas de hielo, la dinámica y composición de la atmósfera.

- **Formación de los continentes - Epirogénesis.** En la Tierra se presentan cambios en la disposición de los continentes (Epirogénesis). Hace 250 millones de años la Tierra estaba constituida por un único



**Figura 1.**

Mecanismos que determinan el clima terrestre (Pidwirny y Scott, 2010).

continente (Pangea), y mediante su fraccionamiento y movimiento (Deriva continental) se llegó a la distribución actual, con lo cual de manera permanente se han modificado las circulaciones en los océanos, y con ellas, los intercambios energéticos.

- **Formación de las montañas - Orogénesis.** La orogénesis se refiere a los procesos de la formación de las montañas y los continentes. La distribución, altura y orientación de montañas modifican las circulaciones locales e influyen en el clima de los continentes.
- **Actividad volcánica.** Los volcanes emanan grandes cantidades de polvo y gases (Especialmente dióxido de azufre) a la atmósfera superior. Las emisiones volcánicas afectan sustancialmente la radiación solar incidente, afectando el balance de energía en la troposfera y en la estratosfera. Un ejemplo en la modificación del clima se tiene con la erupción del volcán Pinatubo, en Filipinas, en 1991, la cual originó un enfriamiento durante dos años (1992 y 1993), en la superficie terrestre (Troposfera), hasta de 0,4 °C y un calentamiento en la estratosfera hasta de 1,2 °C.
- **Circulación oceánica.** Los océanos almacenan y redistribuyen una gran cantidad de calor, y en consecuencia, tienen un papel crucial en la regulación del sistema climático de la Tierra. Las circulaciones oceánicas superficiales (Corrientes marinas) y profundas (Circulación termohalina) permiten el intercambio de calor entre la región tropical y las regiones polares. La circulación oceánica ha sido

asociada a un ciclo de miniglaciaciones cada 1.500 a 1.700 años.

- **Variación en la composición atmosférica.** Los cambios en la composición atmosférica, incluyendo el contenido de gases de invernadero y aerosoles, son otro mecanismo de forzamiento interno del cambio climático. Los cambios en los gases con efecto invernadero de la atmósfera pueden ocurrir como un resultado tanto de factores naturales como de factores antropogénicos, los cuales han recibido una gran atención en los últimos 20 años. La quema de combustibles fósiles, la tala de bosques y los procesos industriales han incrementado la cantidad de dióxido de carbono y otros gases de invernadero. El más importante gas de efecto de invernadero es el vapor de agua, responsable por el 96% de éste. Entre los demás gases que causan el efecto invernadero, como son el dióxido de carbono, el metano, los clorofluorocarbonos y el óxido nitroso, el más importante es el CO<sub>2</sub>, que contribuye con el 3% al efecto invernadero.

## Variabilidad climática

La variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos relativamente cortos. Los procesos que determinan el tiempo y el clima en Colombia se deben principalmente a la interacción de las influencias de los diferentes componentes de la variabilidad climática en la región tropical (Figura 2).



**Figura 2.**

Fuentes de la variabilidad climática en la América Tropical.

**Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT).** El comportamiento de la precipitación en el transcurso del año está determinado por el movimiento latitudinal de la Zona de Confluencia Intertropical -ZCIT- (Figura 3), la cual se puede describir como una franja de nubes con abundantes lluvias; las regiones que no están bajo la influencia de la ZCIT presentan clima soleado y seco (Jaramillo, 2005; Trojer 1954, 1959).

- Los **patrones de distribución de la lluvia** de la región Andina dependen de las influencias de los vientos Alisios que ingresan por el Atlántico, de las masas de aire que ingresan desde el Océano Pacífico y los aportes de humedad procedentes de la cuenca del Amazonas.

Un comportamiento general de la distribución intra-anual de la precipitación en la región Andina de Colombia, se caracteriza por la ocurrencia de dos períodos secos y dos lluviosos en el año, determinados principalmente por el movimiento latitudinal de la ZCIT, la cual condiciona el tiempo de alta nubosidad y gran cantidad de lluvia. Esta distribución de la lluvia condiciona las épocas de floración y de cosecha en la zona cafetera de Colombia, las cuales permiten tener café durante todo el año (Figura 4).

En los extremos norte y sur de la región Andina, normalmente se presenta una estación lluviosa en el año. En la Zona Cafetera Norte (Mayor de 7° de latitud Norte) ocurre una estación seca pronunciada de diciembre a marzo (Abril) y una estación lluviosa de mayo

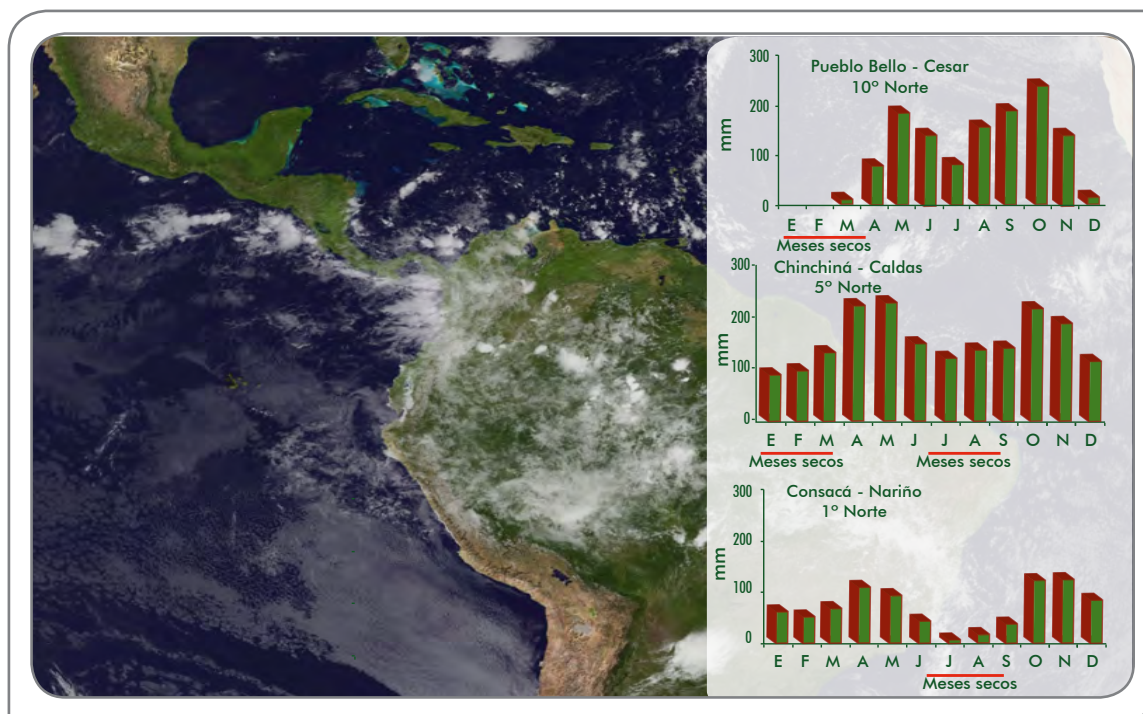
a noviembre, con una ligera disminución en julio, esta situación se puede observar en Cesar, Magdalena y en algunas zonas de Santander.

La Zona Cafetera Central (Latitudes entre 3° a 7° Norte) presenta dos períodos lluviosos en marzo - junio y septiembre - diciembre, y dos períodos menos lluviosos en enero - febrero y julio - agosto, condición que puede observarse en Caldas, Risaralda y Quindío.

La Zona Cafetera Sur (Latitudes inferiores a 3° Norte) presenta una estación marcadamente seca desde mediados de junio a mediados de septiembre y una estación lluviosa de octubre a junio, situación que puede observarse en Cauca y Nariño.

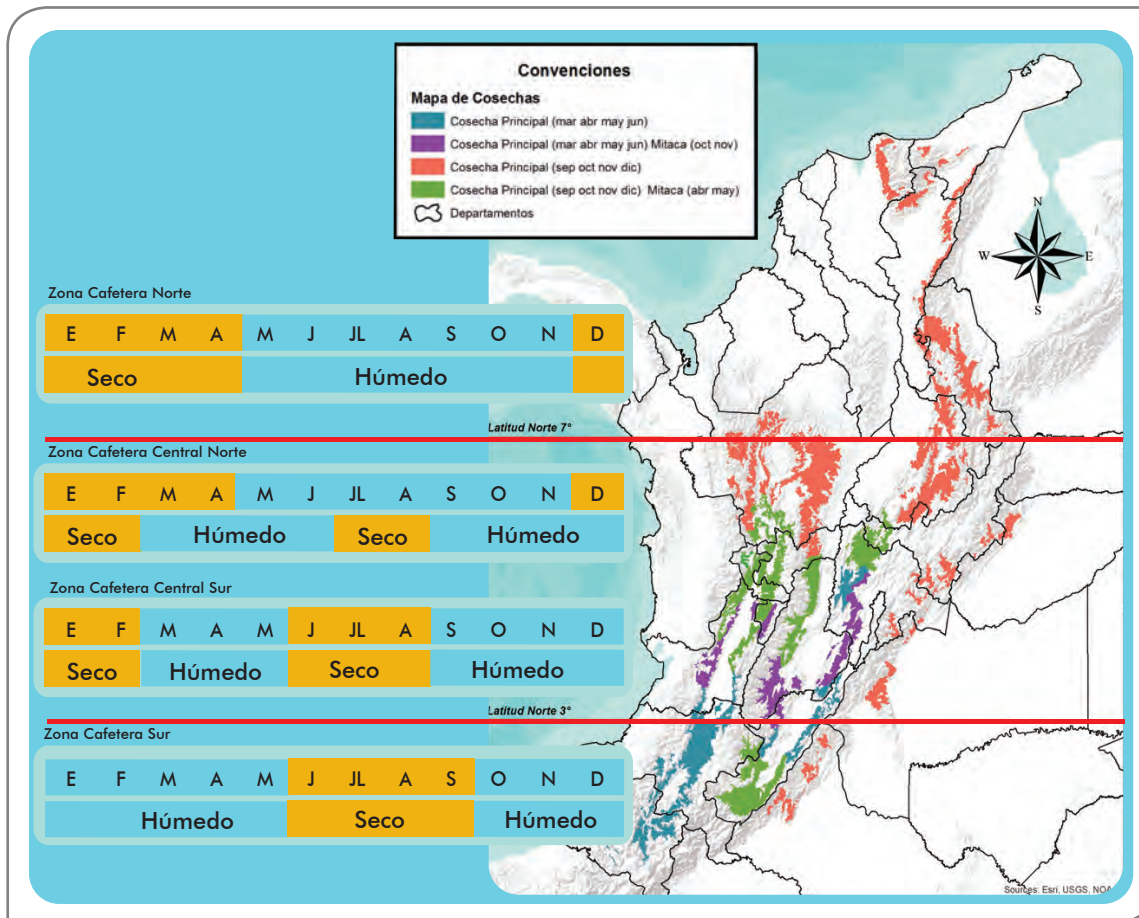
**Oscilación Decadal del Pacífico (ODP).** La Oscilación Decadal del Pacífico ha sido descrita como una fluctuación de largo período en el océano Pacífico, con una duración de 20 a 30 años (Comet, 2011). Se considera que es la generadora de los eventos de El Niño y La Niña.

La Oscilación Decadal del Pacífico consta de una fase cálida o positiva donde habría una mayor ocurrencia de eventos El Niño y una fase fría o negativa en donde serían más frecuentes los eventos de La Niña; la duración de cada una de estas fases está alrededor de dos o tres décadas, es así como, entre 1926 y 1946 hubo una mayor frecuencia de eventos de El Niño, en el período 1947 a 1976 fueron más frecuentes los eventos de La



**Figura 3.**

Zona de confluencia Intertropical y la distribución de la lluvia en la zona cafetera de Colombia.



**Figura 4.**

Distribución de la lluvia y distribución geográfica de la cosecha en la zona cafetera de Colombia.

Niña, y posteriormente se presentó un período entre 1977 a 2008, con una alta frecuencia de eventos de El Niño (Figura 5).

Si se tiene en cuenta la secuencia del comportamiento de la Oscilación Decadal del Pacífico y considerando las incertidumbres que se presentan en las tendencias climáticas, se estaría al final de un período de 30 años con una alta frecuencia de eventos de El Niño, y en el

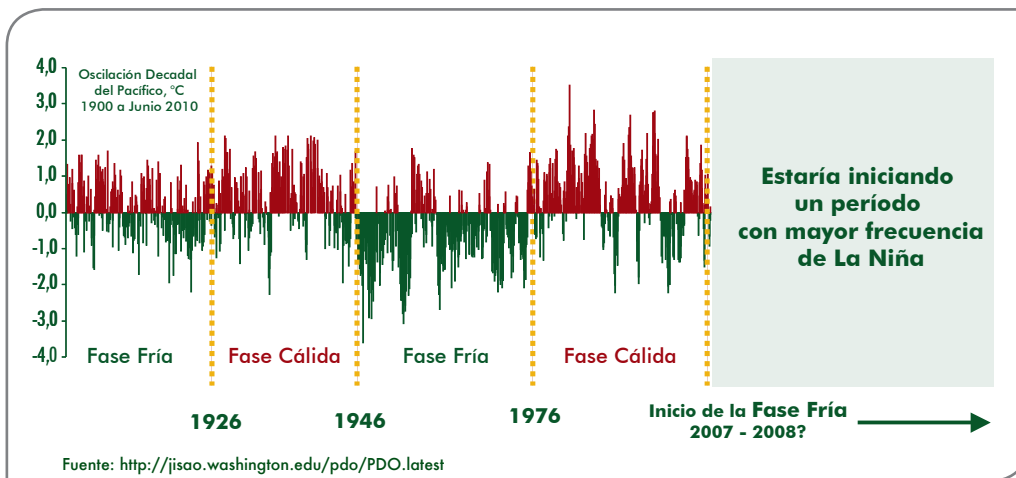
comienzo de un período de igual duración, con mayor frecuencia de eventos de La Niña.

La variabilidad climática generada por la Oscilación Decadal del Pacífico, ha influido en la producción de café en Colombia, en las Figuras 6 y 7 se relacionan las condiciones de temperatura del océano Pacífico representadas por el índice multi-anual del ENSO, conocido en sus siglas en inglés como MEI, y los residuales de la producción de café registrados a nivel anual desde el año de 1956 a 2011. Para el análisis se dividió la serie en dos períodos a saber: 1956-1976, período en el cual la estructura productiva era de cafetales de porte alto, bajas densidades y dominio de sombrío, y de 1977 a 2011, donde se pasó a cafetales de porte bajo, mayores densidades de siembra y regulación de sombrío en algunas áreas.

Cuando el MEI es inferior a  $-0,5^\circ$  indica condiciones frías del océano Pacífico, y cuando es mayor a  $+0,5^\circ$  indica condiciones cálidas. Se observa una tendencia en la que la producción nacional de café se reduce en condiciones frías del océano Pacífico y aumenta en condiciones cálidas, es así como el mayor residual positivo de la producción (Mayor que el promedio) se observa en condiciones o fases cálidas de la ODP (Figura 6), que

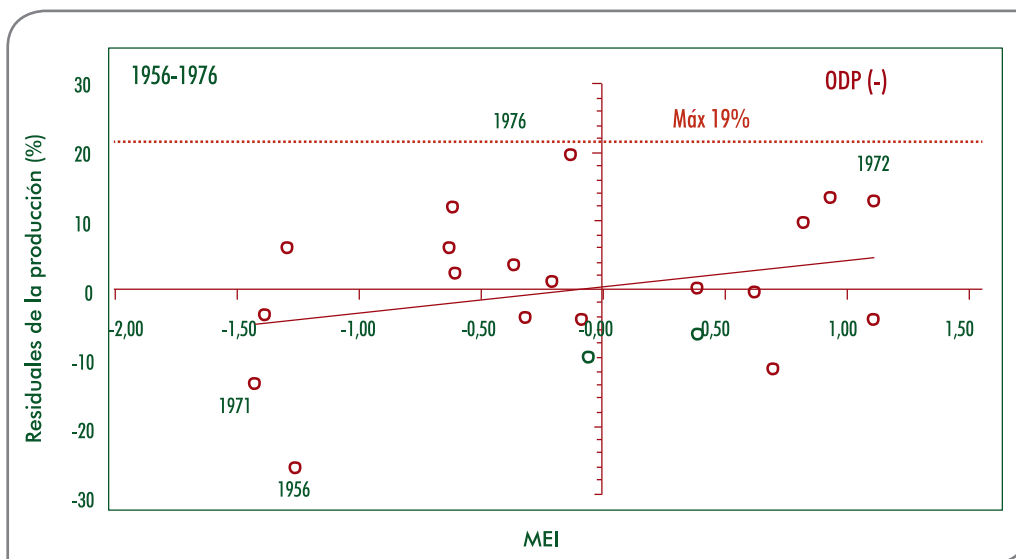
## Consideraciones prácticas

*La caficultura en Colombia se debe planificar para los próximos 20-30 años con base en un panorama con una mayor frecuencia de meses fríos y de eventos de La Niña, lo cual implicaría un manejo del cultivo bajo condiciones de mayor humedad y menor brillo solar y menor temperatura, sin que este escenario implique que no se presentarán años con condiciones neutras o de El Niño.*



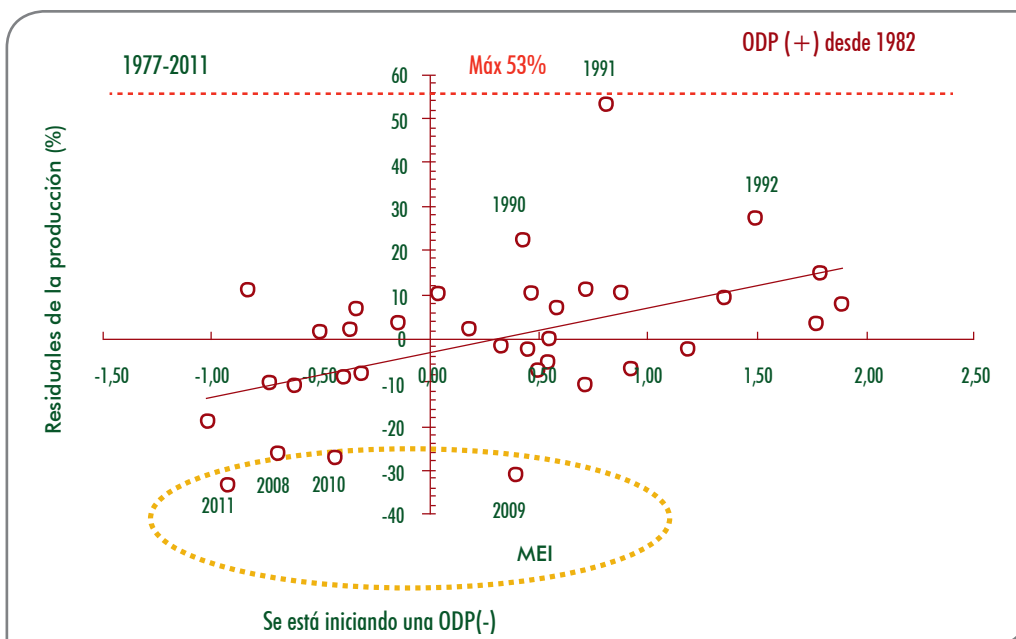
**Figura 5.**

Comportamiento de la Oscilación Decadal del Pacífico entre 1926 y 2010 y el panorama probable para las próximas décadas.



**Figura 6.**

Relación entre el índice multi-anual del ENSO (MEI) y los residuales de la producción de café en Colombia, para el período 1956-1976, en donde dominó una fase fría del océano Pacífico.



**Figura 7.**

Relación entre el índice multi-anual del ENSO (MEI) y los residuales de la producción de café en Colombia, para el período 1977-2011, donde dominó una fase cálida del océano Pacífico desde 1982 al 2007. (ODP: Oscilación decadal del Pacífico)



ocurrieron con las cosechas de 1990, 1991 y 1992, donde las condiciones del océano Pacífico eran cálidas, o en el caso de la producción de los años 1972 y 1976, que tienen residuales positivos, alcanzan un valor máximo de 19%, aunque en este período había una fase neutra del océano Pacífico.

De igual manera, se observa que los mayores residuales negativos o producción inferior al promedio, se han presentado en las condiciones frías como las de 1956, 1971, 1999, 2008, 2009, 2010 y 2011, que fueron eventos de La Niña muy fuertes, y que los residuales negativos en la producción desde 2008, estarían indicando el inicio de una fase fría de la ODP.

### Consideraciones prácticas

*No significa que en fases negativas de la ODP la producción siempre va a estar por debajo de la media, como lo observado en el año de 1976, que estando en fase negativa, la temperatura del océano Pacífico aumentó y la producción registrada estuvo por encima del promedio, o lo observado en el año 1999-2000 que estando en fase cálida, la temperatura del océano Pacífico se redujo, al igual que la producción.*

*Es importante anotar que la respuesta o la relación entre los cambios de temperatura del océano Pacífico y la producción marcan una tendencia, pero que no es una tendencia perfecta, debido a que si bien el clima es un factor determinante de la producción, no es el único (Ver capítulo Establecimiento de cafetales al sol).*

**Sistemas atmosféricos de la Amazonía.** Las masas de aire provenientes de la cuenca amazónica originan bandas nubosas con altas precipitaciones en la Amazonía colombiana; cuando estos sistemas son intensos sus efectos pueden originar descensos significativos de la temperatura y modificar el tiempo en la cordillera Oriental y parte de la Orinoquia (Poveda, 2004).

**Oscilación Multidecadal del Atlántico.** La Oscilación Multidecadal del Atlántico (OMA), mide los cambios en la temperatura superficial y los vientos horizontales que ocurren sobre grandes zonas del

Atlántico tropical, a lo largo de períodos de 20 a 40 años (Comet, 2011). En las regiones extratropicales, el efecto de la OMA se observa en forma de un desplazamiento de las corrientes en chorro.

Cuando las aguas del Atlántico Norte tropical presentan una anomalía cálida (OMA positiva), la mayor parte de los Estados Unidos y el noreste de América del Sur reciben menos lluvia, al tiempo que se registra más lluvia en el sur de Alaska, el norte de Europa, África occidental y el sudeste de Estados Unidos (Figura 8). También se ha vinculado la OMA con la actividad de huracanes en el Atlántico; un mayor número de tormentas tropicales se convierte en huracanes mayores durante la fase cálida de la OMA comparado con su fase fría.

### Condiciones normales en el océano Pacífico.

En el océano Pacífico ecuatorial en su condición normal o neutra (Figura 9), los vientos Alisios se desplazan desde las costas de Suramérica hacia el continente asiático. Este movimiento de grandes masas atmosféricas mantiene las aguas superficiales calientes en las costas de Australia, Indonesia y Filipinas. Como consecuencia, en Asia, el aire es húmedo y caliente, la presión atmosférica es baja y la temperatura del agua es alta, estas condiciones originan abundantes lluvias en la Polinesia ecuatorial, el Sureste asiático, parte de la China y el Japón; simultáneamente, en la costa del sur de Ecuador, la costa peruana y buena parte de la costa chilena el aire es frío y seco, la presión atmosférica es alta y la temperatura oceánica superficial es menor que en la costa asiática, como resultado, gran parte de la costa pacífica suramericana es relativamente seca (Philander, 1990; Trenberth, 1997; Wallace y Vogel, 1994).

**El Niño.** El Niño es un evento climático natural que se produce por la interacción entre la atmósfera y el océano; su principal característica es el incremento de la temperatura en las aguas superficiales del océano Pacífico en una gran área de la región ecuatorial, situada entre los 10° Norte y 10° Sur (Arntz y Fahbach, 1996; Philander, 1990; Wallace y Vogel, 1994). Como resultado de este calentamiento del océano, se afecta el clima terrestre, con disminución de las lluvias en algunas regiones y el incremento en otras, asociadas a cambios en el brillo solar y de la temperatura.

Para que se defina una condición de El Niño, la temperatura del océano debe estar 0,5°C por encima de la temperatura media normal (Media de 30 años) durante 3 meses consecutivos (NOAA News, Septiembre 30 de 2003). El evento de El Niño se puede presentar en forma recurrente, con intervalos que pueden ocurrir entre cada 2 y 7 años; normalmente, inicia su formación entre abril y junio, y alcanza su máximo desarrollo 8 meses después, entre diciembre y febrero. La duración media de El Niño es de 1 año, pero se han registrado

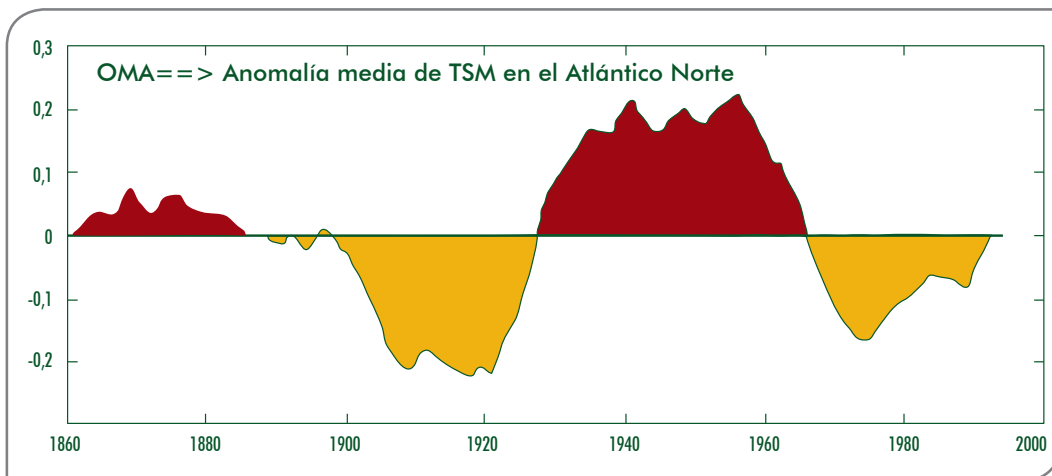


Figura 8.

Índice de la oscilación multidecadal del Atlántico (OMA) (Anomalía de la temperatura superficial en grados centígrados, °C). TSM: Temperatura superficial media (Comet, 2011).

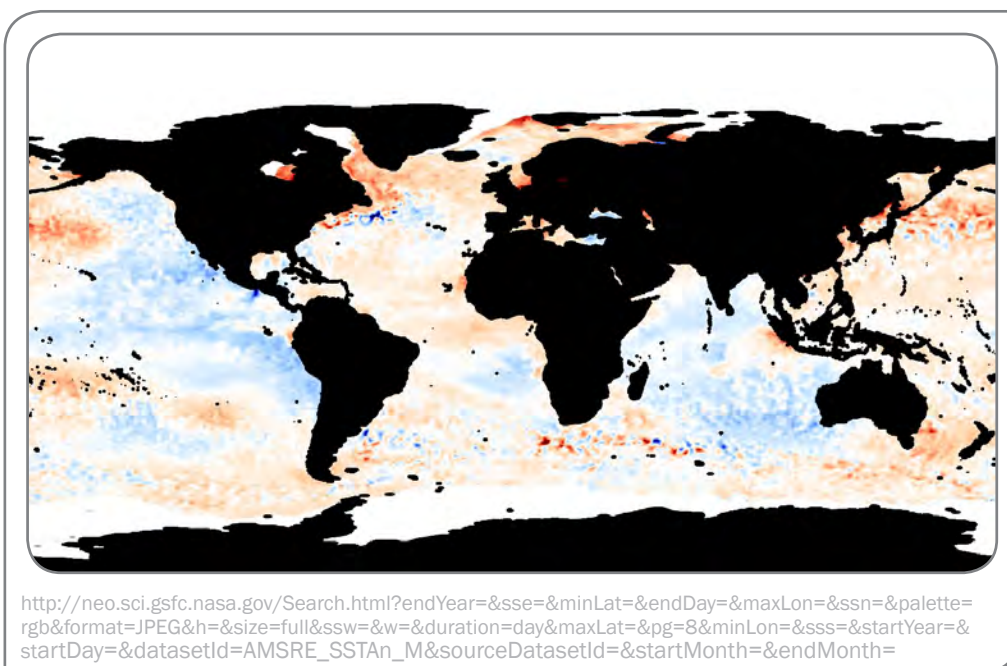


Figura 9.

Condición normal o neutra en la temperatura del agua en la superficie del océano Pacífico. Las superficies rojas representan una temperatura superior a la media y las azules una inferior (NOAA/NESDIS, Diciembre 2001).



*Antes del descubrimiento de América los pobladores de las costas del océano Pacífico de Suramérica conocían sobre el calentamiento de las aguas y sus efectos sobre la vida marina; el aumento en la temperatura del agua es más intenso alrededor del mes de diciembre, por lo cual los pescadores del Perú posteriormente le dieron el nombre de El Niño (El niño Jesús).*

eventos con un mínimo de 7 meses (1946) y un máximo de 4 años (1991 a 1995); los eventos más intensos en los últimos 100 años se presentaron en 1982/1983 y 1997/1998.

El Niño afecta el clima en toda la Tierra, causando sequías en algunas partes y excesos de lluvias en otras.

### Condiciones de El Niño en el océano Pacífico.

Durante el desarrollo de El Niño (Figura 10), se identifican cuatro fases: Inicio, desarrollo, madurez y debilitamiento. La **fase inicial** corresponde al desplazamiento de aguas cálidas desde el sureste de Asia y Polinesia ecuatorial hacia el centro del océano Pacífico debido a la disminución en intensidad de los vientos Alisios que soplan desde el Oriente hacia el Occidente; en la **fase de desarrollo**

## Consideraciones prácticas

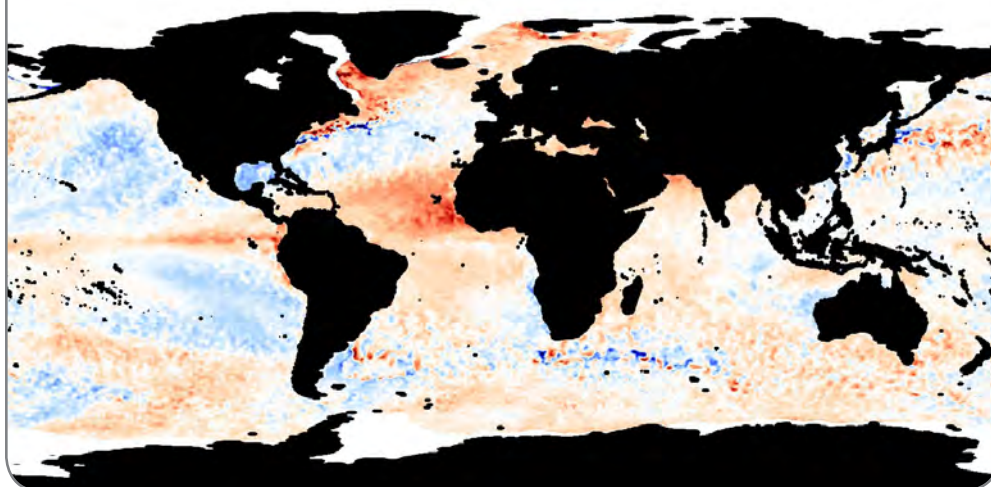
*El régimen de lluvias por el efecto de El Niño no sigue un patrón común, ni ha sido el mismo en los diez últimos eventos. Se ha podido identificar una deficiencia moderada de la precipitación entre el 20% y 40% en los volúmenes mensuales en la región Caribe y la mayor parte de la región Andina, especialmente en Nariño, Valle, norte del Huila, occidente de Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santander y región del Catatumbo. Estas deficiencias son de carácter severo (Superiores al 40%) en La Guajira, parte media del litoral Caribe, norte de Córdoba, sector central de Sucre, altiplano Cundiboyacense y área limítrofe entre los Santanderes. En general, durante el fenómeno de El Niño, en la zona cafetera colombiana la precipitación anual se puede reducir hasta en un 20% (IDEAM 2005; Poveda et al., 2000; Poveda et al., 2001).*

las aguas cálidas se desplazan desde el Asia hacia Suramérica; en la **fase de madurez** ocurre el máximo calentamiento frente a las costas de Perú, Ecuador y Colombia y por último en la **fase de debilitamiento** se va retornando a la normalidad en la cual los vientos Alisios empiezan a recuperar su intensidad y la temperatura de las aguas superficiales comienzan a disminuir. Estas condiciones originan lluvias intensas en Ecuador y Perú, y sequías en algunas regiones del continente asiático, en África y Australia (Philander, 1990; Trenberth, 1997; Wallace y Vogel, 1994).

**La Niña.** La Niña es un evento climático natural que se produce por la interacción entre la atmósfera y el

océano; su principal característica es la disminución de la temperatura en las aguas superficiales del océano Pacífico, en una gran área de la región ecuatorial, situada entre los 10° Norte y 10° Sur. Como resultado de este enfriamiento del océano se afecta el clima en la Tierra, con disminución de las lluvias en algunas regiones y el incremento en otras, asociadas a cambios en el brillo solar y la temperatura.

Para definir una condición de La Niña la temperatura del océano Pacífico debe estar 0,5°C por debajo de la temperatura media normal, durante 3 meses consecutivos. El evento de La Niña tiene una duración



[http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/Search.html?endYear=&sse=&minLat=&endDay=&maxLon=&ssn=&palette=rgb&format=JPEG&h=&size=full&ssw=&w=&duration=day&maxLat=&pg=8&minLon=&sss=&startYear=&startDay=&datasetId=AMSRE\\_SSTAn\\_M&sourceDatasetId=&startMonth=&endMonth=](http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/Search.html?endYear=&sse=&minLat=&endDay=&maxLon=&ssn=&palette=rgb&format=JPEG&h=&size=full&ssw=&w=&duration=day&maxLat=&pg=8&minLon=&sss=&startYear=&startDay=&datasetId=AMSRE_SSTAn_M&sourceDatasetId=&startMonth=&endMonth=)

**Figura 10.**

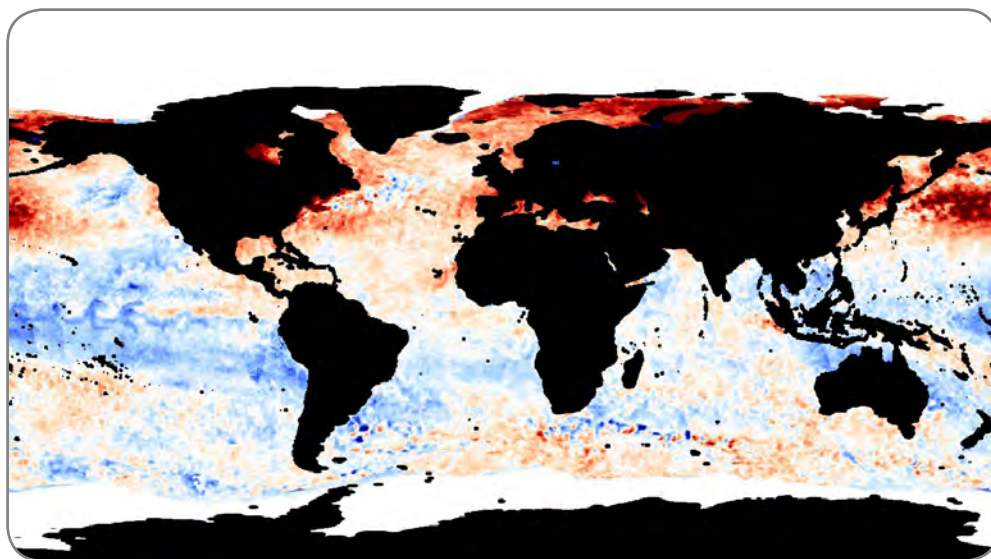
Condición del océano Pacífico durante El Niño. Se observa el calentamiento en la superficie del océano Pacífico ecuatorial. Las superficies rojas representan una temperatura superior a la media y las azules una temperatura inferior (NOAA/NESDIS, Diciembre, 2002).

media de 12 meses, sin embargo, las condiciones frías del océano Pacífico pueden prolongar este evento hasta por 3 años. La Niña se presenta en forma recurrente pero no periódica y, en términos generales, ocurre una o dos veces cada diez años. Comparativamente, La Niña ha sido menos frecuente que el evento de El Niño, es así como entre 1935 y el 2008 se han presentado 8 episodios de La Niña, en contraste con 16 eventos El Niño (Arntz y Fahrback, 1996; IDEAM, 2005; Wallace y Vogel, 1994).

**Condiciones del océano Pacífico durante La Niña.** Durante La Niña se pueden identificar cuatro fases: Inicio, desarrollo, madurez y debilitamiento o retorno a la normalidad. Durante la **fase inicial** se observa un significativo fortalecimiento de los vientos Alisios del Este y una intensificación de la surgencia (Movimiento del agua desde la profundidad hacia la superficie) frente a las costas de Ecuador y Perú, la cual genera una fuente de agua fría en la superficie, que posteriormente se propaga hacia el Occidente. En la **fase de desarrollo** las aguas frías se desplazan desde la costa Suramérica hacia el Occidente y cubren el Pacífico tropical oriental y central. En la **fase de madurez** los vientos Alisios soplan con mayor intensidad en la mayor parte del Pacífico tropical y se presenta el máximo enfriamiento en los sectores central y oriental del Pacífico tropical (Figura 11); en la **fase de debilitamiento** o de retorno a condiciones normales se aprecia una disminución en la intensidad de los vientos Alisios y las aguas cálidas nuevamente fluyen desde el Occidente (IDEAM, 2005; Philander, 1990; Trenberth, 1997; Wallace y Vogel, 1994).

## Consideraciones prácticas

*El evento de La Niña en Colombia genera incrementos en las lluvias con valores entre 20% y 40% por encima de los valores esperados, los cuales ocurren en forma muy localizada en áreas del nororiente, centro y sur de la región Andina, y el nororiente de la región Caribe. Se presentan núcleos muy puntuales con excedentes de lluvia severos (Mayores del 40%) en La Guajira, norte del Magdalena, los Santanderes, Cundinamarca y un sector entre Tolima y Valle (IDEAM, 2005).*



[http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/Search.html?endYear=&sse=&minLat=&endDay=&maxLon=&ssn=&palette=rgb&format=JPEG&h=&size=full&ssw=&w=&duration=day&maxLat=&pg=8&minLon=&sss=&startYear=&startDay=&datasetId=AMSRE\\_SSTa\\_N\\_M&sourceDatasetId=&startMonth=&endMonth=](http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/Search.html?endYear=&sse=&minLat=&endDay=&maxLon=&ssn=&palette=rgb&format=JPEG&h=&size=full&ssw=&w=&duration=day&maxLat=&pg=8&minLon=&sss=&startYear=&startDay=&datasetId=AMSRE_SSTa_N_M&sourceDatasetId=&startMonth=&endMonth=)

**Figura 11.**

Condición del océano Pacífico durante La Niña. Se observa el enfriamiento en la superficie del océano Pacífico ecuatorial. Las superficies rojas representan una temperatura superior a la media y las azules una temperatura inferior.

## Amenaza climática ocasionada por las fuentes de variabilidad climática inter-anual (El Niño/La Niña-ENSO)

Comprendidas las principales fuentes de **amenaza climática** para la caficultura Colombiana, respecto a la **amenaza climática** ocasionada por los eventos de El Niño y La Niña-ENSO (Variabilidad climática interanual), surgen las siguientes preguntas que se van a resolver a lo largo del capítulo.

Preguntas importantes	
Pregunta	Respuesta
1. ¿La amenaza se puede evitar?	No
2. ¿La amenaza es constante o permanente?	No
3. ¿La amenaza afecta a todos por igual?	No
4. ¿La amenaza se puede predecir o estimar con anterioridad?	Sí

Con respecto a las dos primeras preguntas, se puede afirmar que la **amenaza** ocasionada por fuentes de variabilidad climática interanual no se puede evitar, porque es un fenómeno producto de la interacción océano-atmósfera y no es constante; en el caso de los fenómenos de El Niño/La Niña son fenómenos atmosféricos de intensidad, duración y frecuencia variable.

Por ejemplo, respecto a la intensidad podemos decir que los eventos de El Niño registrados en los años 1987 y 1997 fueron los más fuertes que se hayan conocido desde 1962 a 2012, con valores promedio del índice oceánico de El Niño (ONI) de +1,29°C y +1,25°C (Calculado de la base de datos del ONI publicado por NOAA); respecto a la duración podemos decir que el evento de La Niña de mayor duración en meses seguidos, con valores de ONI inferiores a -0,5°C fue el registrado entre mayo de 1973 y mayo de 1976, con un total de 37 meses seguidos en

La Niña, respecto a la frecuencia se puede afirmar que en el período de 1946 a 1975, el 74,4% de los meses estuvieron en condiciones de La Niña, y el 25,4% de los meses en condiciones de El Niño, y para el período 1976 a 2006, el 69,1% de los meses estuvieron en condiciones de El Niño y el 30,9% de los meses en condiciones de La Niña.

Con relación a la tercera y cuarta pregunta, se puede decir que la amenaza no afecta a todos por igual y que se puede predecir o estimar con anterioridad.

Por ejemplo, Ramírez y Jaramillo (2009) reportan que la lluvia se correlaciona con los cambios de temperatura del océano Pacífico en la región 3.4, que comprende un área en el océano Pacífico entre 05° S - 05° N de Latitud y 170° W - 120° W de Longitud, y encontraron zonas donde 6 de los 12 meses pueden estar influenciadas por eventos de El Niño/La Niña hasta otras que pueden estar afectadas solo un mes (Tabla 3).

Respuesta similar se observa al evaluar el efecto de los eventos de El Niño/La Niña-ENSO sobre el brillo solar (Tabla 4), en donde hay zonas que en la serie presentan en promedio una reducción en 4,2% del brillo solar en años La Niña respecto a los años El Niño, y zonas con reducción hasta del 15,3% en el brillo solar en años La Niña respecto a años El Niño (Ramírez y Jaramillo, 2012a).

Peña et al. (2012) reportan que los cambios de temperatura del océano Pacífico en la región 3.4 presentan los mayores coeficientes de correlación con la lluvia en la zona centro-occidental de Colombia (Figura 12). Por otra parte, afirman que El Niño y La Niña (ENSO) no siempre son una **amenaza**, reportando que hay zonas del país donde La Niña representa una mayor amenaza para la caficultura y otras donde El Niño es una mayor amenaza (Figura 13).

Tendencia similar se ha observado con el brillo solar, en donde Ramírez y Jaramillo (2012) encuentran que la cordillera Central, en sus dos vertientes, desde el Sur hasta el Norte del país, presenta los mayores coeficientes de correlación entre el brillo solar y los cambios de temperatura del océano Pacífico (Tabla 5).

### Consideraciones prácticas

Con respecto al **riesgo agroclimatológico** es muy importante conocer las fuentes de amenaza climática, y tener cada vez mejores herramientas para predecirla y cuantificarla.

Departamento Estación	Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud metros	Cordillera Vertiente	Meses con alteración en la lluvia
Antioquia - El Rosario	Venecia	05 58	75 42	1.635	Central-Occidental	Enero-Febrero-Junio-Agosto-Septiembre-Diciembre
Caldas - Cenicafé	Chinchiná	05 00	75 36	1.310	Central-Occidental	Enero-Febrero-Marzo-Agosto-Diciembre
Caldas - Naranjal	Chinchiná	04 58	75 39	1.381	Central-Occidental	Enero-Febrero-Marzo-Julio-Agosto-Septiembre-Diciembre
Caldas - Agronomía	Manizales	05 03	75 30	2.088	Central-Occidental	Enero-Febrero-Marzo-Julio-Agosto-Diciembre
Caldas - Santa Helena	Marquetalia	05 19	75 00	1.395	Central-Oriental	Enero-Junio-Agosto-Septiembre-Diciembre
Caldas - Santágueda	Palestina	05 04	75 40	1.026	Central-Occidental	Enero-Febrero-Julio-Diciembre
Cundinamarca - Santa Bárbara	Sasaima	04 56	74 25	1.478	Oriental-Occidental	Agosto
Tolima - La Trinidad	Líbano	04 54	75 02	1.456	Central-Oriental	Febrero-Agosto-Septiembre
Valle - Albán	El Cairo	04 47	76 11	1.510	Occidental-Occidental	Enero-Junio-Agosto-Diciembre
Valle Julio Fernández	Restrepo	03 49	76 32	1.381	Occidental-Occidental	Enero-Febrero-Junio-Agosto

Tabla 3.

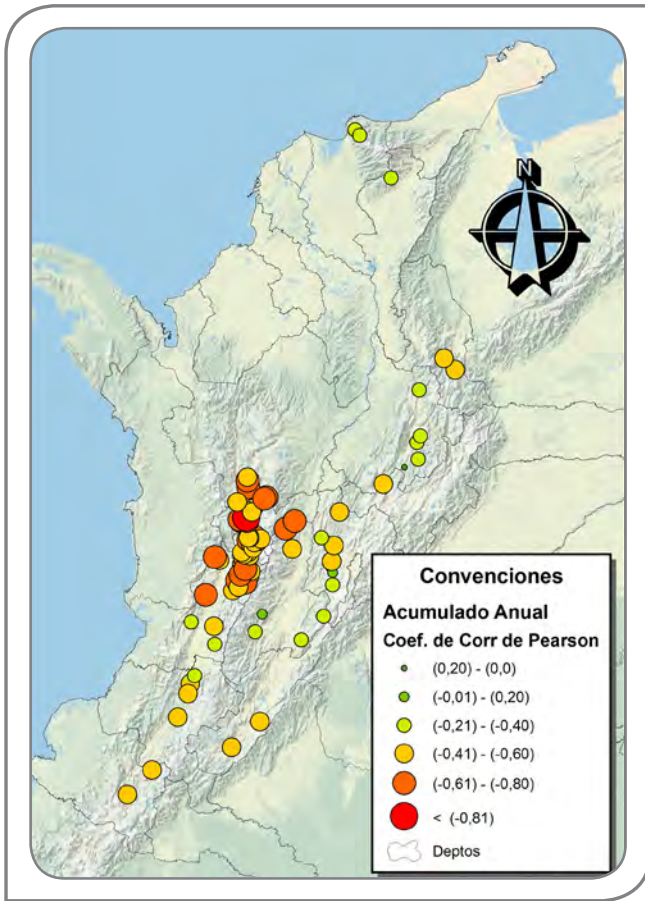
Meses en los que la lluvia se relaciona con los cambios de temperatura del océano Pacífico en diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia (Ramírez y Jaramillo, 2009).

Localidad	Total anual (Horas)				Diferencia anual (Horas)	Reducción anual (%)
	El Niño	D.E.	La Niña	D.E.		
Ospina Pérez-Nariño	1.808	254	1.531	288	277	15,3
Jorge Villamil-Huila	1.272	234	1.110	219	162	12,7
Manuel Mejía-Cauca	1.875	250	1.570	294	305	16,3
Manuel Mallarino-Valle del Cauca	1.680	254	1.461	256	219	13,0
Tibacuy-Cundinamarca	1.610	252	1.434	281	175	10,8
Paraguaicito-Quindío	1.830	272	1.566	266	264	14,4
Chapetón-Tolima	1.812	232	1.586	240	227	12,5
El Jazmín-Risaralda	1.561	275	1.322	312	239	15,3
Naranjal-Caldas	1.845	252	1.608	282	236	12,8
Santa Helena-Caldas	1.669	313	1.458	359	212	12,7
Bertha-Boyacá	1.928	304	1.710	359	218	11,3
El Rosario-Antioquia	2.119	289	1.863	326	256	12,1
Aguas Blancas-Santander	1.461	256	1.389	272	72	4,9
Francisco Romero-Norte de Santander	1.650	287	1.409	267	241	14,6
Pueblo Bello-Cesar	2.368	243	2.267	269	101	4,2

Tabla 4.

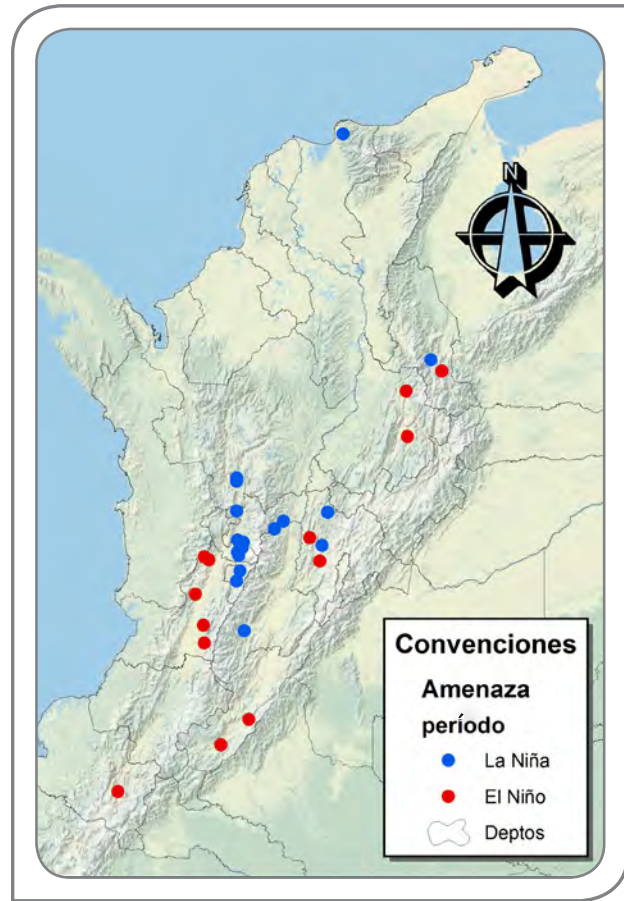
Reducción histórica anual de brillo solar durante La Niña respecto a El Niño, en diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia (Ramírez et al., 2012).

D.E: Desviación estándar.



**Figura 12.**

Primera aproximación al mapa de amenazas por efecto de El Niño y La Niña en la zona cafetera de Colombia (Peña et al., 2012). A mayor tamaño de los círculos mayor es la amenaza.



**Figura 13.**

Primera aproximación al mapa de amenazas por lluvia atribuibles al efecto de El Niño y La Niña en la zona cafetera de Colombia (Peña et al., 2012).

Estación agroclimático	Latitud Norte		Cordillera-Vertiente	Altitud (m)	Número de meses con r mayor de 0,4
	Grados	Minutos			
El Jazmín	04	55	Central-Occidental	1.365	3
Ospina Pérez	01	15		1.609	4
Naranjal	04	58		1.381	5
El Rosario	05	58		1.365	5
Manuel Mejía	02	24		1.735	6
Paraguaicito	04	24		1.202	7
Santa Helena	04	19	Central-Oriental	1.395	2
Chapetón	04	28		1.533	4
Manuel Mallarino	04	13	Occidental-Oriental	1.331	5
Jorge Villamil	02	20	Oriental-Occidental	1.420	0
Aguas Blancas	06	50		964	1
Bertha	05	53		1.677	3
Tibacuy	04	22		1.538	4
Francisco Romero	07	44		903	4

**Tabla 5.**

Número de meses con coeficientes de correlación (r) entre el ONI y el brillo solar superior a 0,4 para diferentes puntos de la zona cafetera de Colombia (Ramírez y Jaramillo, 2012).

## Recomendaciones prácticas

En la variabilidad climática intra-anual, ENSO juega un papel preponderante. Actualmente se tienen conocimientos avanzados sobre las implicaciones de El Niño, que permiten conocer desde su inicio cuáles son las condiciones climáticas que predominarán en el año siguiente, y así emprender acciones para disminuir sus efectos.

Registre la lluvia diaria en la finca o consulte los registros de una estación climática cercana a su finca para evaluar la disponibilidad de agua en el suelo. Recuerde que de 35 a 40 días sin lluvia pueden empezar a ocasionar daños en la producción. Solicite la asesoría en la Disciplina de Agroclimatología de Cenicafe ([www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)) o del Extensionista del Comité de Cafeteros de su municipio, quien le dará información y orientación.

El seguimiento de los eventos de El Niño-La Niña-Condiciones Neutras en el océano Pacífico se puede realizar en tiempo real, en varias páginas de Internet:

- <http://bart.ideam.gov.co/wrfideam/wrf/semanal18/index.php>
- <http://www.ideam.gov.co:8080/nino2009/nino.htm>
- [http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/currentinfo/ENSO\\_Quick\\_Look.pdf](http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/currentinfo/ENSO_Quick_Look.pdf)
- [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/ensodisc\\_Sp.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc_Sp.html)
- [http://www.ciifen-int.org/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=18&Itemid=107](http://www.ciifen-int.org/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=18&Itemid=107)
- <http://portal.iri.columbia.edu/portal/serverpt?space=CommunityPage&control=SetCommunity&CommunityID=944&PageID=0>
- <http://www.bom.gov.au/climate/enso/>



## Literatura citada

- ACCEFYN - Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; ICSU -International Council for Science. *La ciencia para entender el mundo del mañana: Cambio global*. Editora Guadalupe Ltda. Bogotá. 321p. 1994
- ARNTZ, W. E.; E. FAHRBACH. *El Niño; experimento climático de la naturaleza, causas físicas y efectos biológicos*. Fondo de Cultura Económico. México.1996. 312p.
- CHAVARRO, P.M.; GARCÍA, G.A.; GARCIA, P.J.; PRIETO, R.A.; ULLOA, C.A. 2008. *Amenzas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al Cambio Climático*. Naciones Unidas/Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial/ Universidad Nacional de Colombia. 58p.
- COMET. *Introducción a la meteorología tropical*. University Corporation for Atmospheric Research. Segunda edición. 2011. [http://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook\\_2nd\\_edition\\_es/index.htm](http://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition_es/index.htm)
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. *Atlas climatológico de Colombia*. 2005. 218 p.
- JARAMILLO, R., A. *Clima Andino y café en Colombia*. Cenicafé. 2005. 192p.
- PHILANDER, S. G. *El Niño, La Niña, and the southern oscillation*. San Diego, Academy Press, Inc. 1990. 293p.
- PIDWIRNY, M.; SCOTT, J. *Physical geography*.2010.<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7y.html>
- PEÑA, Q.A.J.; RAMÍREZ, B.V.H.; VALENCIA, A. J.A.; JARAMILLO, R.A. *La lluvia como factor de amenaza para el cultivo de café en Colombia*. Avances Técnicos Cenicafé No 415. 8p.2012.
- POVEDA, J. G. *La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales XXVIII (107): 201- 221. 2004.
- 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*. Cenicafé 51(4): 263-271. 2000.
- POVEDA J., G.; JARAMILLO R., A.; GIL, M.M.; QUICENO, N.; MANTILLA, R. *Seasonality in ENSO-related precipitation, river discharges, soil moisture, and vegetation index in Colombia*. Water Resources Research 37(8):2169-2178. 2001.
- 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*. Cenicafé 60(2):162-173. 2009
- RAMÍREZ, B. V. H.; JARAMILLO, R. A. *Relación entre índices de El Niño/La Niña (ENSO) y el brillo solar en la zona cafetera de Colombiana*. Cenicafé. (en edición). 15p. 2012.
- TRENBERTH, K. E. *The definition of El Niño*. Bulletin of the American Meteorological Society 78(12): 2771-2777. 1997.
- TROJER, H. *El ambiente climatológico y el cultivo del café en Colombia*. Boletín Informativo (Colombia) 5(57): 22-37. 1954.
- TROJER, H. *Fundamentos para la zonificación meteorológica y climatológica del trópico especialmente en Colombia*. Cenicafé 10(8): 289-373. 1959.
- WALLACE, J., M.; VOGEL, S. *“El Niño” y la predicción climática*. Informes a la Nación; sobre nuestro cambiante planeta. Boulder, University Corporation for Atmospheric Research - NOAA. 1994. 24p.