

421

Julio de 2012
Gerencia Técnica /
Programa de Investigación Científica
Fondo Nacional del Café



EL BRILLO SOLAR EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA, DURANTE LOS EVENTOS EL NIÑO Y LA NIÑA

¿Qué son El Niño y La Niña?

Son una de las fuentes de variabilidad climática interanual que más inciden en el comportamiento de las variables hidro-meteorológicas del país (4, 5, 7, 8). Estos eventos producen alteraciones en los elementos del clima, como la precipitación, temperatura, humedad atmosférica y brillo solar, por lo que su presencia trae consecuencias directas sobre los ecosistemas, los suelos, las fuentes hídricas y los sistemas agrícolas.

Avances Técnicos
Cenicafé





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Víctor Hugo Ramírez Builes

Investigador Científico II
Disciplina Fitotecnia

Álvaro Jaramillo Robledo

Investigador Científico III.

Andrés J. Peña Quiñones

Investigador Científico II.

Julián A. Valencia Arbeláez

Asistente de Investigación
Disciplina de Agroclimatología
Centro Nacional de Investigaciones
de Café, Cenicafé. Manizales,
Caldas, Colombia.

Edición:

Sandra Milena Marín López

Fotografías:

Gonzalo Hoyos Salazar

Diagramación:

María del Rosario Rodríguez L.

Imprenta:

ISSN - 0120 - 0178

<https://doi.org/10.38141/10779/0421>

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org

Estos eventos representan dos condiciones opuestas de la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico. La Niña, es el nombre que se le ha dado al enfriamiento del Océano Pacífico ecuatorial, y es considerado como la fase fría del fenómeno, mientras que El Niño es la fase cálida. Para definir la presencia de El Niño y La Niña se emplean varios índices, uno de los más empleados es el Índice Oceánico de El Niño (ONI) (12), que

estima la desviación promedio de la temperatura superficial del Océano Pacífico con relación a la temperatura normal, con un promedio de 30 años; si la desviación promedio durante tres meses continuos es superior a $+0,5^{\circ}\text{C}$ se considera como fase cálida-El Niño y si es inferior a $-0,5^{\circ}\text{C}$ se considera como fase fría-La Niña, mientras que los períodos con desviaciones comprendidas entre $-0,5$ y $+0,5^{\circ}\text{C}$ se conocen como Neutros.

¿Qué es el brillo solar?

El brillo solar o insolación equivale a la radiación solar directa que es superior a 120 W.m^{-2} y que es capaz de quemar el papel del heliógrafo, su unidad de medida es horas. En un día nublado se registran valores bajos, mientras que un día despejado los valores son altos.

Conocer las condiciones de nubosidad o de brillo solar de una

región permite estimar el potencial productivo. Específicamente, en los sistemas de producción de café, los cambios en la cantidad de brillo solar no sólo afectan la productividad del cultivo sino que influyen directamente en el comportamiento fenológico, afectando la longitud de los entrenudos, el área foliar y la floración del cultivo (9,10).

¿Cómo se determinaron los efectos de El Niño y La Niña sobre el brillo solar y el potencial productivo?

Para cuantificar el efecto de El Niño y La Niña sobre el brillo solar, se tomó la información de la Red Meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros, considerando las estaciones con mayor antigüedad en el registro de datos heliográficos (superiores a 30 años), algunas de ellas con series desde 1954. Las estaciones están ubicadas en la zona cafetera colombiana, desde $1^{\circ} 15'$ de latitud Norte hasta $10^{\circ} 25' \text{N}$ (Tabla 1). Se analizaron los datos acumulados de brillo solar

a nivel mensual, y se separaron por condiciones El Niño-Neutro-La Niña, empleando el Índice Oceánico de El Niño (ONI), tomado de la base de datos del Servicio Atmosférico y Oceánico de los Estados Unidos (NOAA¹).

Para el análisis, se comparó el valor de brillo solar en condiciones La Niña con respecto a El Niño, partiendo del hecho que las condiciones El Niño son las adecuadas para la caficultura de montaña en Colombia,

¹http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Tabla 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas y período de las series históricas de brillo solar analizadas.

Estación - Departamento	Cordillera-Vertiente	Latitud Norte		Altitud m	Período
		°	'		
Ospina Pérez-(Nariño)	Central-Occidental	01	15	1.609	1953-2010
Jorge Villamil-(Huila)	Oriental-Occidental	02	20	1.420	1955-2010
Manuel Mejía-(Cauca)	Central-Occidental	02	24	1.735	1956-2010
Manuel Mallarino-(Valle del Cauca)	Occidental-Oriental	04	13	1.331	1970-2010
Tibacuy-(Cundinamarca)	Oriental-Occidental	04	22	1.538	1954-2010
Paraguaicito-(Quindío)	Central-Occidental	04	24	1.203	1963-2010
Chapetón-(Tolima)	Central-Oriental	04	28	1.353	1958-2010
El Jazmín-(Risaralda)	Central-Occidental	04	55	1.635	1964-2010
Naranjal-(Caldas)	Central-Occidental	04	58	1.381	1956-2010
Santa Helena-(Caldas)	Central-Oriental	05	19	1.395	1981-2010
Bertha-(Boyacá)	Oriental-Occidental	05	53	1.677	1958-2010
El Rosario-(Antioquia)	Central-Occidental	05	58	1.635	1969-2010
Aguas Blancas-(Santander)	Oriental-Occidental	06	50	964	1978-2010
Francisco Romero-(Norte de Santander)	Oriental-Occidental	07	44	903	1955-2010
Pueblo Bello-(Cesar)	Sierra Nevada	10	25	1.134	1957-2010

por el brillo solar en gran parte del territorio Nacional.

Para valorar el efecto potencial del brillo solar sobre la caficultura, se tomaron modelos estadísticos previamente desarrollados, que explican la relación entre el número de botones florales en pre-antesis con la latitud y el brillo solar, al igual que modelos estadísticos calculados con información histórica de producción de café en diferentes densidades (5.000 y 10.000 plantas por hectárea), de experimentos desarrollados en Cenicafé, entre 1964-1976, antes de la llegada de la roya y la broca, lo que permite tener una idea del efecto de los elementos del clima sobre la producción en variedades de porte bajo (11).

Diferencias anuales del brillo solar durante La Niña con respecto a El Niño. La diferencia anual histórica de brillo solar en años La Niña respecto a años El Niño, en la zona cafetera, varía entre 71,6 horas/año en Aguas Blancas (Santander) y 304,7 horas/año en Manuel Mejía (Cauca) (Tabla 2), con porcentajes de reducción anual entre 4,2% y 16,4%. Las estaciones ubicadas en Cesar (Pueblo Bello) y Santander (Aguas Blancas) han registrado históricamente la menor reducción en el brillo solar, entre tanto las estaciones ubicadas en el sur y el centro del país son las que históricamente presentan los mayores porcentajes de reducción en el brillo solar, superiores al 10% (Figura 1), con valores de reducción que varían entre 200 y 300 horas/año, lo que equivale a estar entre 45

y 65 días sin brillo solar, asumiendo un valor promedio de brillo solar en la zona cafetera de 4,5 horas/día.

Diferencias mensuales de brillo solar durante La Niña con respecto a El Niño. Las diferencias en el brillo solar, a nivel mensual, en años La Niña respecto a El Niño históricamente se presentan en los meses secos entre diciembre-febrero y julio-septiembre. Al analizar en la zona cafetera colombiana los meses de reducción del brillo solar en años La Niña respecto a los años El Niño, se detectan tres casos:

Caso 1. Zonas donde la reducción del brillo solar ocurre en el trimestre julio-septiembre (Figura 2), como en el caso de Pueblo Bello (Cesar) y Aguas Blancas (Santander)

Tabla 2. Reducción histórica anual de brillo solar durante La Niña respecto a El Niño, en diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia.

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	1586	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

D.E: Desviación estándar.

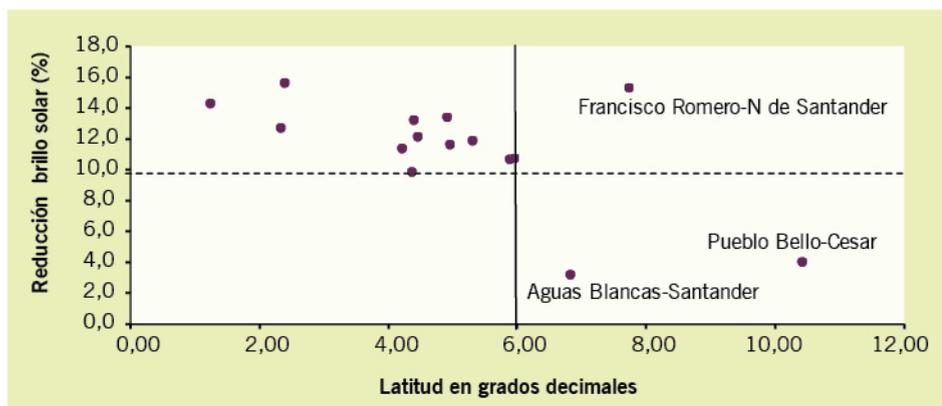


Figura 1. Relación entre la reducción porcentual de brillo solar en la zona cafetera de Colombia con relación a la latitud.

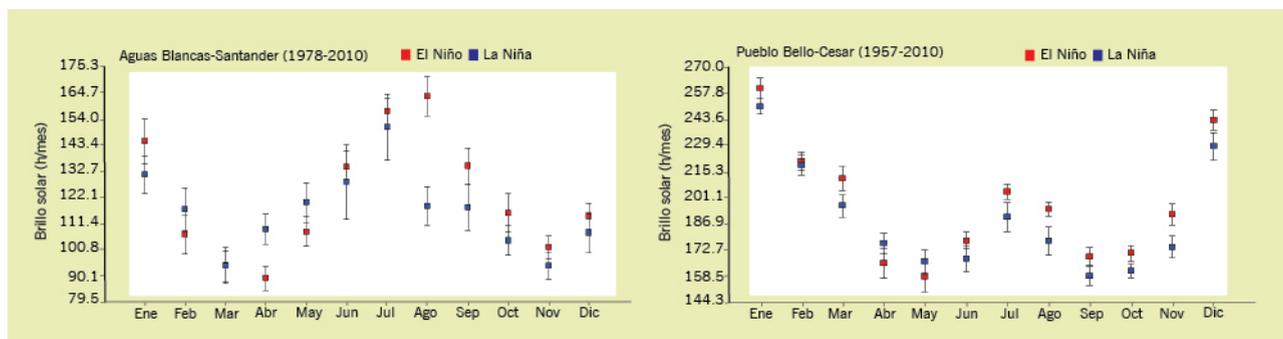


Figura 2. Zonas con reducción del brillo solar en el trimestre julio-septiembre, en años La Niña respecto a El Niño.

Caso 2. Zonas donde la reducción de brillo solar ocurre en los trimestres diciembre-febrero y julio-septiembre, como en las zonas de las estaciones El Rosario (Antioquia), Bertha (Boyacá), Santa Helena (Caldas), Naranjal (Caldas), El Jazmín (Risaralda), Chapetón (Huila), Paraguaicito (Quindío), Manuel Mallarino (Valle

del Cauca), Tibacuy (Cundinamarca), Manuel Mejía (Cauca) y Ospina Pérez (Nariño), y el caso especial de la estación Francisco Romero (Norte de Santander), que aunque está ubicada en la zona norte, corresponde al caso 2 (Figura3).

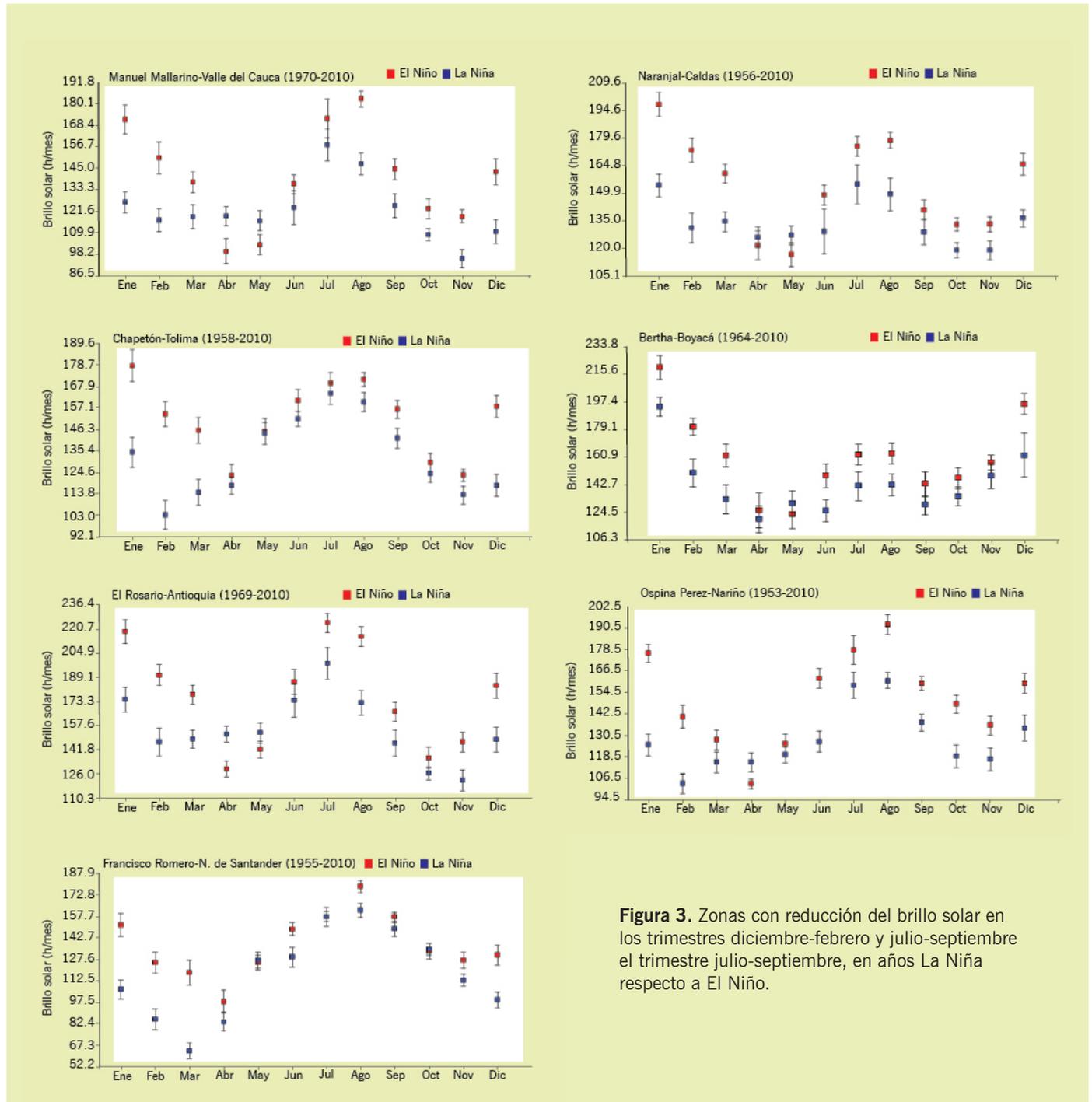


Figura 3. Zonas con reducción del brillo solar en los trimestres diciembre-febrero y julio-septiembre el trimestre julio-septiembre, en años La Niña respecto a El Niño.

Caso 3. Zonas donde la reducción en el brillo solar se presenta en el trimestre diciembre-enero, como en la estación Jorge Villamil del Huila (Figura 4).

Lo anterior demuestra la influencia directa del Ecuador climático y fenológico descrito por Trojer (13), y recientemente ampliado en el estudio de distribución de las lluvias por Jaramillo *et al.* (6). El Ecuador climático divide el país en tres zonas, desde los 2° a los 6° de latitud Norte, que corresponden a los tres casos mencionados. Las zonas que tienen una distribución bimodal de la cosecha, producto de la bimodalidad del crecimiento, son más vulnerables a la reducción en el brillo solar ocurrido en fenómenos de La Niña.

La reducción promedio en el brillo solar a nivel mensual, en meses La Niña respecto a El Niño, alcanza valores superiores a 40 horas/mes, como lo observado en el mes de enero en la estación Manuel Mejía (Cauca), donde el promedio de la diferencia es de 48 horas/mes, o en el mismo mes en las estaciones Naranjal (Caldas) y El Rosario (Antioquia), donde el promedio de la diferencia es de 44 horas/mes (Figura 5).

Impactos potenciales de El Niño y La Niña sobre la caficultura. La reducción en la energía disponible en años La Niña se ve reflejada en una disminución en las tasas de crecimiento y acumulación de biomasa, en todos los agro-ecosistemas. La acumulación de biomasa es la primera condición para obtener producción en café, dado que la floración del cultivo se da en los nudos que se forman en las ramas, tanto primarias

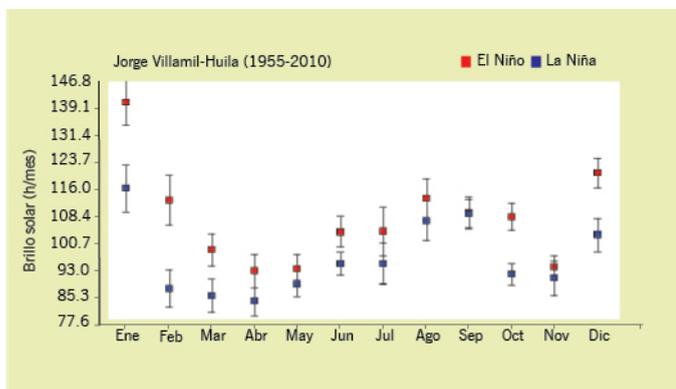


Figura 4. Zonas con reducción del brillo solar en el trimestre diciembre-enero.

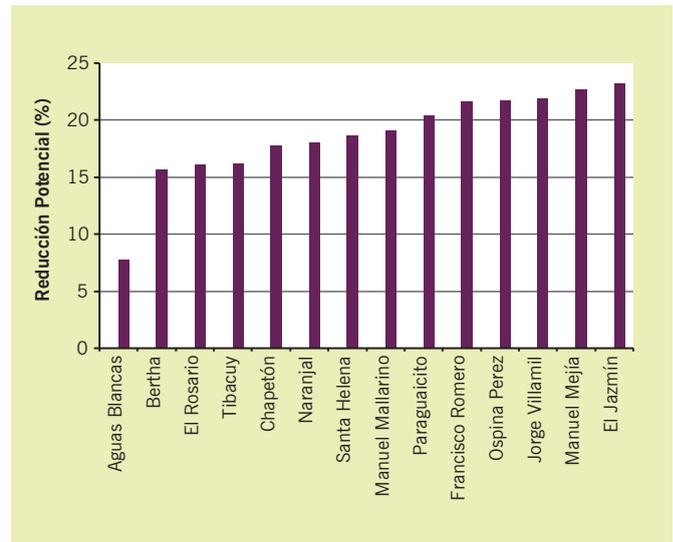


Figura 5. Reducción en la producción potencial acumulada de café estimada en un ciclo de producción de 5 años y 4 cosechas en años La Niña respecto a los años El Niño.

como secundarias, la reducción en la cantidad de nudos formados o variaciones en el número de ellos, significa necesariamente reducción en la cantidad de botones florales (2, 3, 9) y, en últimas, en la cantidad de frutos o producción. Por lo tanto, la valoración del impacto potencial sobre la caficultura se hace sobre el número de botones florales y sobre la producción de café acumulada de la siguiente manera:

Sobre la floración. En Colombia, de acuerdo con Arcila (1), se presentan dos períodos de floración; un primer período comprendido entre noviembre-abril, que corresponde a la cosecha del segundo semestre del año (julio-diciembre) y el segundo período comprendido entre mayo-octubre, que responde por la cosecha del primer semestre (enero-junio) (Tabla 3).

En el trimestre de floración de mayo-octubre, que corresponde a la cosecha de primer semestre, la reducción en el número de botones florales varió entre 4,4% en la estación Jorge Villamil (Huila) y el 20,6% en la estación Bertha (Boyacá), con un promedio de reducción para este período de 10,7%. En el trimestre de floración de noviembre-abril, que corresponde a la cosecha del segundo semestre, la reducción en el número de botones florales oscila entre 3,6% en Pueblo Bello (Cesar) y 54,7% en Jorge Villamil (Huila), con un promedio del 24,9%.

Tabla 3. Estimación de la reducción potencial en el número de botones florales en años La Niña respecto a los años El Niño, en diferentes zonas cafeteras de Colombia.

Localidad	Período de 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 Jazmín-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 Jazmín-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

La reducción potencial en el número de botones florales en café, en años La Niña respecto a años El Niño, tiene mayor o menor impacto dependiendo de la distribución de la floración en cada zona, por ejemplo, en zonas en donde la distribución de la cosecha es del 20% en el primer semestre y el 80% en el segundo semestre, la

reducción en la floración en el semestre noviembre-abril impacta en mayor medida la producción.

Para las zonas donde la distribución de la cosecha es del 80% en el primer semestre y del 20% en el segundo semestre, la reducción en la floración en el

semestre mayo-octubre afecta más la producción, es así como por ejemplo, la reducción del 38% en la floración en la estación Ospina Pérez (Nariño) influye sobre un mayor porcentaje de la cosecha, que la reducción del 30,6% del Jazmín-Risaralda, debido a que en Nariño la floración entre mayo-octubre representa más del 60% de la cosecha, mientras que en

Risaralda, representa entre el 40% o el 50% de la cosecha.

Sobre la producción. Al igual que lo sucedido en la floración, las zonas del sur y centro del país, son las que presentan la mayor reducción en la producción potencial en años La Niña respecto a El Niño (Figura 5). Si

se presentan tres años consecutivos del evento La Niña la reducción potencial en el rendimiento varía entre 8% en la estación Aguas Blancas (Santander) y 24% en las estaciones Manuel Mejía (Cauca) y el Jazmín (Risaralda), respecto a tres años consecutivos de El Niño.

Se observa que el evento de La Niña respecto a El Niño tiene un efecto diferencial sobre el brillo solar y, por ende, sobre el potencial productivo, con las siguientes tendencias con respecto a zonas donde se encuentran localizadas las estaciones meteorológicas:

- Zonas como El Rosario (Antioquia), Bertha (Cundinamarca), Rafael Escobar (Caldas), donde en años El Niño el potencial productivo es mayor al 90%, y en años La Niña se reduce entre el 80% y el 90%.
- Zonas como Manuel Mejía (Cauca), Venecia (Valle del Cauca) y Tibacuy (Cundinamarca), donde el potencial productivo en años El Niño es mayor al 90% y en años La Niña se reduce entre el 60% y el 80%.
- Zonas como Ospina Pérez (Nariño), La Montaña (Tolima), Julio Fernández (Restrepo),

Paraguaicito (Quindío), Chapetón (Tolima), Arturo Gómez (Valle), Naranjal (Caldas), Cenicafé (Caldas), Montelíbano (Cundinamarca) y El Jardín (Antioquia), donde en años El Niño el potencial productivo está entre 80% y 90% y en años La Niña se reduce entre 60% y 80%.

- Zonas como El Sauce (Nariño), Manuel Mallarino (Valle del Cauca), Maracay (Quindío) y Llanadas (Caldas), donde el potencial productivo en años El Niño está entre 80% y 90%, y en años La Niña se reduce entre 50% y 60%.
- Zonas como Tibacuy (Cundinamarca), Mesitas de Santa Inés (Cundinamarca), Albán (Valle del Cauca), La Trinidad (Tolima), El Jazmín (Risaralda), Santa Helena (Caldas), Blonay (Norte de Santander), Francisco

Romero (Norte de Santander), La Bella (Quindío) y El Sena (Quindío), donde en años El Niño el potencial productivo está entre 60% y 80% y en años La Niña se reduce a menos del 60%.

- Zonas como Jorge Villamil (Huila) y Heraclio Uribe (Valle del Cauca), donde el potencial productivo en años El Niño está entre 50% y 60% y en años La Niña éste reduce en menos del 50%.
- Zonas donde el potencial productivo es igual en años El Niño y La Niña, como por ejemplo, Pueblo Bello (Cesar), donde el potencial productivo es mayor a 90%, o en Luis Bustamante (Tolima), donde el potencial productivo es menor a 50%, o en Aguas Blancas (Santander) donde el potencial productivo está entre 50% y 60%.

Es así como puede establecerse una categorización del nivel de riesgo asociado a la disminución en el potencial productivo en años La Niña respecto a años El Niño, de la siguiente manera:

Riesgo bajo: Cuando el potencial productivo no cambia en años La

Niña respecto a El Niño

Riesgo alto: Cuando pasa de un nivel de productividad a otro, por ejemplo, de muy alto (mayor de 90%) a alto (entre 80% y 90%) o de alto a medio (entre 60% y 80%)

Riesgo muy alto: Cuando pasa de un nivel de productividad a dos

niveles más bajos, por ejemplo, de muy alto a medio o de alto a bajo (entre 50% y 60%) (Tabla 4).

El riesgo se calcula a partir del efecto que tiene la reducción de brillo solar sobre el potencial productivo en años La Niña respecto a años El Niño.

Tabla 4. Niveles de riesgo de reducción del potencial productivo en la zona cafetera en años La Niña respecto a El Niño.

Zona	Estacion	Municipio	Departamento	Latitud N	Longitud W	Altitud (m)	La Niña	El Niño	Riesgo
							Brillo Solar (h/año)		
Centro Norte	Aguasblancas	San Vicente	Santander	6° 50'	73°29'	964	1.380	1.455	Bajo
Centro Norte	Santagueda	Palestina	Caldas	5° 04'	75° 40'	1.026	1.930	2.085	Bajo
Centro Sur	El Limón	Chaparral	Tolima	3° 40'	75° 35'	990	1.542	1.669	Bajo
Centro Sur	Luis Bustamante	Villarica	Tolima	3° 55'	74° 34'	1.610	970.0	1.120	Bajo
Centro Sur	El Cedral	Pereira	Risaralda	4° 42'	75° 32'	2.120	825.0	1.028	Bajo
Norte	Pueblo Bello	Pueblo Bello	Cesar	10° 25'	73°34'	1.134	2.312	2.431	Bajo
Centro Norte	Naranjal	Chinchiná	Caldas	4° 58'	75° 39'	1.381	1.627	1.889	Alto
Centro Norte	Cenicafé	Chinchiná	Caldas	5° 00'	75° 36'	1.310	1.607	1.841	Alto
Centro Norte	Monte Líbano	Yacopí	Cundinamarca	5° 27'	74° 20'	1.365	1.614	1.850	Alto
Centro Norte	Miguel Valencia	Jardín	Antioquia	5° 36'	75° 51'	1.621	1.677	1.892	Alto
Centro Norte	Santa Helena	Marquetalia	Caldas	5° 19'	75° 00'	1.395	1.447	1.670	Alto
Centro Norte	Granja Lúker	Palestina	Caldas	5° 04'	75° 41'	1.031	1.846	2.058	Alto
Centro Norte	Rafael Escobar	Supía	Caldas	5° 27'	75° 38'	1.307	1.905	2.154	Alto
Centro Norte	Bertha	Moniquirá	Boyacá	5° 53'	73° 34'	1.677	1.772	1.972	Alto
Centro Norte	El Rosario	Venecia	Antioquia	5° 58'	75° 42'	1.635	1.887	2.151	Alto
Centro Sur	La Montaña	Dolores	Tolima	3° 33'	74° 54'	1.260	1.661	1.873	Alto
Centro Sur	Julio Fernández	Restrepo	Valle	3° 48'	76° 32'	1.381	1.664	1.794	Alto
Centro Sur	Paraguaicito	Buenavista	Quindío	4° 24'	75° 44'	1.203	1.592	1.874	Alto
Centro Sur	Chapetón	Ibagué	Tolima	4° 28'	75° 16'	1.353	1.623	1.859	Alto
Centro Sur	Arturo Gómez	Alcalá	Valle	4° 40'	75° 47'	1.259	1.653	1.837	Alto
Centro Sur	Heraclio Uribe	Sevilla	Valle	4° 17'	75° 55'	1.540	1.225	1.495	Alto
Centro Sur	Granja Tibacuy	Tibacuy	Cundinamarca	4° 22'	74° 26'	1.538	1.468	1.655	Alto
Centro Sur	Mesitas de Santa Inés	Cachipay	Cundinamarca	4° 43'	74° 27'	1.340	1.325	1.605	Alto
Centro Sur	Albán	El Cairo	Valle	4° 47'	76° 11'	1.510	1.393	1.663	Alto
Centro Sur	La Trinidad	Líbano	Tolima	4° 54'	75° 02'	1.456	1.372	1.630	Alto
Centro Sur	El Jazmín	Sta Rosa de Cabal	Risaralda	4° 55'	75° 37'	1.635	1.329	1.597	Alto
Norte	Blonay	Chinácota	N. Santander	7° 34'	72°37'	1.250	1.367	1.623	Alto
Norte	Francisco Romero	Salazar	N. Santander	7° 44'	72°47'	903	1.444	1.685	Alto
Sur	Ospina Pérez	Consacá	Nariño	1° 15'	77° 29'	1.609	1.573	1.847	Alto
Sur	Jorge Villamil	Gigante	Huila	2° 20'	75° 31'	1.420	1.173	1.304	Alto
Centro Norte	Llanadas	Manzanares	Caldas	5° 12'	75° 08'	1.420	1.485	1.803	Muy Alto
Centro Norte	La Florida	Vergara	Cundinamarca	5° 05'	74° 18'	1.400	1.583	1.911	Muy Alto
Centro Sur	Manuel M. Mallarino	Trujillo	Valle	4° 13'	76° 19'	1.331	1.468	1.710	Muy Alto
Centro Sur	Maracay	Quimbaya	Quindío	4° 36'	75° 44'	1.402	1.460	1.723	Muy Alto
Centro Sur	Venecia	Caicedonia	Valle	4° 20'	75° 50'	1.168	1.591	1.914	Muy Alto
Centro Sur	La Bella	Calarcá	Quindío	4° 30'	75° 40'	1.449	1.281	1.540	Muy Alto
Centro Sur	El Sena	Armenia	Quindío	4° 34'	75° 39'	1.550	1.276	1.521	Muy Alto
Sur	El Sauce	La Unión	Nariño	1° 37'	77° 07'	1.609	1.478	1.772	Muy Alto
Sur	Manuel Mejía	El Tambo	Cauca	2° 24'	76° 44'	1.735	1.586	1.903	Muy Alto

Distribución histórica del brillo solar en la zona cafetera de Colombia y su relación con el riesgo a La Niña. En la Tabla 5 se presenta la distribución promedio histórica a nivel mensual del brillo solar, en diferentes localidades de la zona cafetera colombiana, dividida en tres categorías:

Bajo con valores inferiores a 120 horas.mes⁻¹ (1.440 horas.año⁻¹) Medio con valores entre 121 y 150 horas.mes⁻¹ (entre 1.440-1.800 horas.año⁻¹) y Alto con valores superiores a 150 horas.mes⁻¹ (Mayor a 1.800 horas.año⁻¹).

Tabla 5. Distribución histórica del brillo solar en la zona cafetera de Colombia y su relación con el riesgo a La Niña.

Estación	Municipio	Número de años	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Anual	Categoría
Cesar																
Pueblo Bello	Pueblo Bello	54	261	227	213	174	165	174	204	191	170	174	188	240	2.379	Alto
N. De Santander																
Blonay	Chinacotá	60	144	121	104	90	124	122	142	148	136	130	122	132	1.516	Medio
G M Barriga	Convención	20	110	101	102	85	107	134	165	179	147	137	106	83	1.455	Medio
F Romero	Salazar	56	129	109	103	90	130	140	165	175	160	140	120	121	1.582	Medio
Santander																
San Antonio	Floridablanca	19	147	120	107	94	96	95	111	116	120	120	97	118	1.342	Bajo
El Roble	Los Santos	10	209	198	173	142	151	149	164	170	165	157	150	168	1.996	Alto
Aguasblancas	San Vicente	33	141	116	103	99	115	127	158	150	130	111	98	109	1.457	Medio
A. Santos	Socorro	16	226	197	192	165	167	167	195	197	184	183	184	205	2.262	Alto
Boyacá																
Bertha	Moniquirá	55	206	177	159	130	134	139	161	158	142	148	159	187	1.901	Alto
Cundinamarca																
G Villamaria	Anolaima	10	178	160	160	121	149	148	180	182	178	150	130	142	1.877	Alto
Mesitas S. Inés	Cachipay	45	150	124	109	104	114	124	141	144	130	117	103	123	1.483	Medio
La Arcadia	El Colegio	11	120	106	72	58	59	62	82	88	81	76	70	75	950	Bajo
Santa Rosita	El Piñón	18	130	117	115	110	123	125	152	150	129	129	110	111	1.499	Medio
Misiones	Mesitas Del Col	34	136	104	97	74	71	81	98	104	98	89	90	115	1.159	Bajo
Sta. Bárbara	Sasaima	23	129	105	97	96	106	109	131	140	126	123	110	112	1.385	Bajo
G Tibacuy	Tibacuy	59	175	142	126	104	114	119	133	134	128	127	126	159	1.586	Medio
Hda. Java	Viotá	12	134	118	102	82	87	92	113	118	109	100	87	126	1.269	Bajo
Montelíbano	Yacopi	52	159	136	128	121	138	150	188	177	154	145	137	143	1.775	Medio
Tolima																
El Limón	Chaparral	26	153	126	121	119	144	147	157	154	143	124	113	135	1.635	Medio
El Campín	Dolores	10	150	137	107	91	117	132	158	154	140	120	98	123	1.528	Medio
La Montaña	Dolores	38	168	139	132	122	144	162	181	178	154	134	118	145	1.775	Medio
Chapetón	Ibagué	55	158	136	136	122	145	155	173	170	156	133	121	140	1.745	Medio
La Trinidad	Líbano	35	133	111	103	97	112	137	181	188	152	117	101	115	1.548	Medio
L. Bustamante	Villarrica	41	97	84	82	72	81	95	103	105	89	80	72	90	1.049	Bajo
Huila																
J. Villamil	Gigante	56	127	106	96	85	95	97	105	113	113	104	96	114	1.250	Bajo
Antioquia																
El Trapiche	C. Bolívar	15	164	164	167	156	158	172	203	204	165	154	146	153	2.007	Alto
Cocorna	Cocorná	14	174	151	143	141	166	187	223	223	182	159	145	162	2.057	Alto
Piamonte	Fredonia	10	206	173	164	152	127	163	202	180	154	133	137	172	1.961	Alto
M. Valencia	Jardín	55	161	151	149	130	136	160	189	176	143	129	134	147	1.805	Alto
La Cristalina	Támesis	14	198	187	180	158	161	177	208	211	179	166	161	181	2.167	Alto

Brillo solar bajo
 Brillo solar medio
 Brillo solar bajo

Continúa...

Estación	Municipio	Número de años	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Anual	Categoría
Virgen De Oro	Támesis	13	168	160	129	98	89	105	140	149	111	100	93	109	1.452	Medio
El Rosario	Venecia	44	199	172	168	142	151	179	218	200	161	136	138	168	2.032	Alto
Caldas																
Bellavista	Anserma	23	145	125	119	97	104	122	165	151	118	94	96	118	1.454	Medio
Cenicafé	Chinchiná	61	177	153	151	123	123	133	167	166	139	131	131	157	1.751	Medio
Naranjal	Chinchiná	55	178	156	151	125	125	134	172	168	139	131	131	154	1.763	Medio
El Algarrobo	Manizales	15	174	154	153	124	120	129	168	167	134	143	138	153	1.756	Medio
Llanadas	Manzanares	41	137	127	126	116	139	140	169	169	158	123	111	124	1.638	Medio
Santa Helena	Marquetalia	30	130	108	99	101	122	148	185	194	157	121	105	112	1.583	Medio
Granja Luker	Palestina	36	191	172	172	144	144	153	189	183	154	153	154	167	1.976	Alto
Santágueda	Palestina	43	197	170	171	149	146	154	188	185	156	153	158	178	2.004	Alto
R. Escobar	Supía	34	195	170	168	143	146	163	202	198	159	152	151	172	2.018	Alto
Risaralda																
La Elvira	B. De Umbría	18	131	124	120	100	104	117	160	161	129	111	94	106	1.459	Medio
Ospirma	Guática	15	170	151	147	128	136	152	186	189	156	146	130	152	1.844	Alto
El Pilamo	Pereira	14	186	158	150	129	128	126	160	166	138	147	146	152	1.785	Medio
La Catalina	Pereira	24	166	140	138	113	113	125	160	160	130	131	124	141	1.640	Medio
La Joya	Pereira	10	187	158	162	134	129	137	176	167	140	143	149	165	1.846	Alto
El Jazmín	Sta Rosa De Cabal	50	151	132	127	103	104	117	150	147	121	109	102	125	1.488	Medio
Quindío																
El Sena	Armenia	40	136	110	113	96	101	119	161	148	112	93	90	117	1.398	Bajo
Paraguacito	Buenavista	48	179	151	144	125	126	137	169	164	137	132	130	154	1.747	Medio
La Bella	Calarcá	47	138	120	120	100	100	111	147	149	119	103	98	115	1.420	Bajo
El Agrado	Montenegro	24	158	135	139	121	118	131	167	172	143	135	122	133	1.674	Medio
Maracay	Quimbaya	29	148	130	132	110	113	127	168	176	134	122	113	128	1.601	Medio
Valle																
A. Gómez	Alcalá	44	168	147	148	127	128	139	179	174	142	132	131	143	1.757	Medio
Venecia	Caicedonia	25	171	147	148	128	129	144	177	181	147	137	131	149	1.790	Medio
Albán	El Cairo	37	124	116	124	117	127	139	172	168	137	116	100	106	1.545	Medio
La Selva	Ginebra	22	106	94	92	83	83	99	121	130	107	91	71	83	1.159	Bajo
J. Fernández	Restrepo	57	167	152	150	125	130	137	167	170	146	134	125	148	1.751	Medio
H. Uribe	Sevilla	37	120	111	109	92	101	120	158	148	120	98	89	103	1.370	Bajo
La Sirena	Sevilla	19	119	107	103	93	95	108	144	154	115	109	92	100	1.340	Bajo
M M. Mallarino	Trujillo	42	148	134	132	114	113	130	172	170	137	118	109	126	1.604	Medio
Cauca																
Manuel Mejía	El Tambo	55	165	145	144	129	135	140	183	179	144	134	128	152	1.777	Medio
La Trinidad	Piendamó	17	139	123	111	108	116	134	167	177	141	129	109	118	1.572	Medio
La Florida	Popayán	38	178	154	145	118	123	150	174	167	152	128	125	155	1.768	Medio
Nariño																
Ospina Pérez	Consacá	58	154	128	124	116	135	148	180	184	157	139	134	147	1.745	Medio
El Sauce	La Unión	29	132	115	115	120	132	147	177	185	153	136	117	121	1.650	Medio
La Unión	La Unión	21	125	108	111	106	132	152	202	183	152	116	84	109	1.581	Medio

Conclusiones

Las zonas cafeteras más susceptibles a una reducción de la producción de café por un menor brillo solar, durante la ocurrencia de La Niña, son aquellas que tienen una distribución bimodal de la cosecha y que están ubicadas en el rango óptimo de altitud, mientras que en la zona cafetera localizada por debajo de los 1.250 m, la vulnerabilidad es muy baja y podría tender a cero, debido a la alta disponibilidad de brillo solar y a que la reducción del brillo solar en años La Niña no alcanza a disminuir el potencial productivo, por el contrario, podría incrementarlo por un aumento de la disponibilidad de agua y a la baja temperatura del aire, que en su conjunto pueden limitar el crecimiento en las marginales bajas bajo condiciones neutras o de El Niño. En las zonas marginales altas, la vulnerabilidad del cultivo no tiende a cero, pero sí es menor que en la óptima, porque el potencial productivo por sí mismo es bajo por la altitud.

Literatura citada

1. ARCILA, P.J. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. En: Arcila, P.J.; Farfán, V.F.; Moreno, B.; A.M.; Salazar G. L.F.; Hincapié, G. E. Sistemas de producción de café en Colombia:21-60.2007.
2. CASTILLO, Z.J.; LÓPEZ, A.R. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. Cenicafé 17(2):51-60.1966.
3. JARAMILLO, R.A.; VALENCIA, A.G. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L. En Chinchiná, Colombia. Cenicafé 31(4):127-144. 1980.
4. JARAMILLO, R.A.; ARCILA, P.J. Variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de La Niña y su efecto en la caficultura. Avances Técnicos Cenicafé No.389.8p.2009.
5. JARAMILLO, R.A.; ARCILA, P.J. Variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de El Niño y su efecto en la caficultura. Avances Técnicos Cenicafé No.390.8p.2009.
6. JARAMILLO, R.A.; RAMÍREZ, B.V.H.; ARCILA, P.J. Patrones de distribución de la lluvia en la zona cafetera. Avances Técnicos Cenicafé No. 410.12p.2011.
7. POVEDA, J. G. La hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala Inter-decadal hasta la escala diaria. Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 28(107):201-221.2004.
8. RAMÍREZ, B.V.H.; JARAMILLO, R.A. Relación entre el índice oceánico de El Niño y la lluvia, en la región andina central de Colombia. Cenicafé 60(2):161-172. 2009
9. 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. Cenicafé 61 (2):132-158. 2010
10. 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.
11. RAMÍREZ, B.V.H. Variabilidad Climática y Caficultura en Colombia. Seminario Científico-Cenicafé. Febrero 23 de 2012.
12. TREMBERTH, K.E. The definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society.78:2771-2777.1997.
13. TROJER, H. El ambiente climatológico y el cultivo de café en Colombia. Boletín Informativo del Centro Nacional de Investigaciones de Café. 5(57):22-37.1954.

