

RELACIÓN ENTRE ÍNDICES DE EL NIÑO/LA NIÑA (ENSO) Y EL BRILLO SOLAR EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA

Víctor Hugo Ramírez Builes*: Álvaro Jaramillo Robledo**

RESUMEN

RAMÍREZ B., V.H.; JARAMILLO R., A. Relación entre índices de El Niño/La Niña (ENSO) y el brillo solar en la zona cafetera colombiana. Revista Cenicafé 63 (2): 90-97. 2012

Las fluctuaciones de temperatura del océano Pacífico ecuatorial que generan los eventos de El Niño/La Niña - Oscilación del Sur (ENSO) se evalúan a través de índices que integran variables atmosféricas y oceánicas, entre ellos los más empleados son: el Índice Oceánico de El Niño (en inglés, ONI) y el Índice Multivariado del ENSO (en inglés, MEI). En este trabajo se hace un análisis de correlación entre estos índices y el brillo solar medido en 15 estaciones meteorológicas de la zona cafetera de Colombia, ubicadas en diferentes latitudes. Las series históricas analizadas incluyen datos a nivel mensual, desde 1953 hasta 2010. Se observa que ambos índices (ONI y MEI) correlacionan de igual manera con el brillo solar, los niveles de correlación son significativos estadísticamente para la mayoría de las estaciones en los períodos: Diciembre a febrero y de junio a agosto, pero con diferencias entre estaciones y el número de meses. La zona de mayor correlación y mayor número de meses con correlaciones significativas está representada por las estaciones ubicadas en la cordillera Central en ambas vertientes, sin ninguna influencia de la altitud ni la latitud, y las estaciones de menor correlación y número de meses correlacionados son las ubicadas en el norte del país, en departamentos como Cesar y Norte de Santander.

Palabras clave: ONI, MEI, región Andina, Colombia.

ABSTRACT

The Pacific sea surfaces temperature fluctuation that induces the El Niño/La Niña – Southern Oscillation (ENSO) events is evaluated by means of indices like the Oceanic Niño Index (ONI) and the Multivariate ENSO Index (MEI). This work make a correlation analysis between these indices and the sunshine measured in 15 weather stations placed in the Colombian Coffee zone from south to north of the country. The historical series analyzed include data from 1953 to 2010 on a monthly level. The results indicate that both the ONI and the MEI show similar correlation coefficients with the sunshine in the Colombian coffee zone under study, the correlation indices are statistical significant for all the stations for the periods: December to February and June to August, but with differences among stations and number of months., The higher correlation zone and the higher number of months with significant correlations coefficients are placed in the central mountain chain in both hill slopes sides, without any influence of the elevation or latitude, and the places and months with lower correlations coefficients are placed in the north of the country in the departments like Cesar and Norte de Santander.

Keywords: ONI, MEI, Andean Region, Colombia.

* Investigador Científico II, Disciplina de Fitotecnia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.

** Investigador Científico III, Disciplina de Agroclimatología (Hasta Diciembre de 2012), Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

Los cambios de la temperatura superficial del Océano Pacífico asociados a los eventos de El Niño/La Niña – Oscilación del Sur (ENSO), se consideran como una de las fuentes de variabilidad climática interanual que más influyen en las variables meteorológicas e hidrológicas de la zona andina Colombiana (3, 4, 8, 9, 10, 11).

Desde los primeros estudios de Walker, que indican la relación entre las temperaturas del Océano Pacífico a comienzos del siglo XX (1, 6), a la fecha se ha avanzado en entender la ocurrencia, la periodicidad, la intensidad y la predictibilidad de los eventos del ENSO, es así como en la actualidad se puede contar con modelos probabilísticos y numéricos que pueden estimar la probabilidad de ocurrencia de eventos de La Niña, El Niño y Neutro hasta con 6 meses de anticipación (*National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA*¹; *The International Research Institute for Climate and Society*²; *Australian Government/Bureau of Meteorology*³).

Es importante evaluar y entender la relación entre los cambios de temperatura superficial del océano Pacífico ecuatorial y el comportamiento de las variables meteorológicas de la región Andina colombiana, avanzar en la cuantificación real de la influencia de la variabilidad climática inter-anual en la zona cafetera, a escala temporal y espacial; igualmente, se pueden ajustar las recomendaciones regionales que ayuden a mejorar la capacidad de adaptación de la caficultura a la variabilidad climática y dar utilidad práctica a nivel regional a los reportes y proyecciones de los eventos de El Niño - La Niña generados por organismos internacionales a nivel global.

En el presente estudio se analiza la influencia de los eventos de El Niño-La Niña sobre las condiciones de brillo solar en diferentes regiones de la zona cafetera de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información de brillo solar a nivel diario, para períodos entre 33 y 58 años continuos de datos, se obtuvo de la red climática de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, operada por el Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé, para el período 1953 a 2010⁴.

Se analizaron los datos de brillo solar de 15 estaciones meteorológicas localizadas en diferentes latitudes de la geografía cafetera del país desde los 10°25' latitud Norte (Pueblo Bello - Cesar), hasta los 01°-15'N latitud Norte (Ospina Pérez - Nariño) para altitudes entre 903 y 1.735 m (Tabla 1).

Descripción de los Índices Oceánicos de El Niño-La Niña (ENSO). Para este estudio, se correlacionó el brillo solar mensual de 15 estaciones meteorológicas de la zona cafetera colombiana (Tabla 1), con dos Índices que describen la ocurrencia de los eventos del ENSO (El Niño – La Niña) a saber: El primero de ellos es el Índice Oceánico de El Niño conocido por sus siglas en inglés como ONI (13), el cual representa la desviación del promedio de la temperatura superficial del Océano Pacífico en la región conocida como El Niño 3.4, que comprende un área entre (05° S - 05° N de latitud y 170° W - 120° W de longitud). Este índice describe las

¹ <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

² <http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt?open=512&objID=491&mode=2&cached=true>

³ <http://www.bom.gov.au/climate/enso/>

⁴ (Fuente: Archivo histórico de la Disciplina de Agroclimatología de Cenicafe).

Tabla 1. Localización de las estaciones meteorológicas y periodo de las series históricas de brillo solar analizadas en el estudio.

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

condiciones de El Niño, Neutras y La Niña de la siguiente manera: Valores medios de 3 meses consecutivos de ONI mayor a $+0,5^{\circ}\text{C}$ indican condiciones de El Niño, valores medios de 3 meses de consecutivos ONI entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $+0,5^{\circ}\text{C}$ indican condiciones Neutras y valores medios de 3 meses de ONI menor a $-0,5^{\circ}\text{C}$ indican condiciones de La Niña (Figura 1)⁵.

El segundo índice empleado fue el Índice Multivariado del ENSO conocido por sus siglas en inglés como MEI (14, 15). De acuerdo con Mazzarella *et al.* (7), el MEI es una medida multivariada de las señales del ENSO en el primer componente principal de seis variables observadas en el océano Pacífico tropical: Presión a nivel del océano, componentes zonales y meridionales de viento

⁵ La información de la base de datos del MEI fue tomado de la página web <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei.ext/table.ext.html>

superficial, temperatura superficial del océano Pacífico, temperatura superficial del aire y nubosidad. Los valores normalizados por períodos bimensuales del MEI que resultan altos representan la fase cálida del ENSO (El Niño), mientras que los valores más bajos representan la fase fría del ENSO (La Niña).

Análisis de los datos. Se correlacionó la información de brillo solar total mensual de cada una de las estaciones y de los períodos descritos en la Tabla 1, con los índices ONI y MEI, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson y los parámetros de los modelos de regresión lineal simple entre los Índices de El Niño y el brillo solar total mensual, para cada estación meteorológica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los eventos de El Niño y La Niña dan lugar al desplazamiento de los núcleos convectivos de alta nubosidad en la región ecuatorial asociados a las celdas de circulación de Walker, estos movimientos originan cambios en una mayor o menor insolación regional.

El brillo solar en la zona cafetera colombiana es afectado por el calentamiento y enfriamiento del océano Pacífico ecuatorial, descrito por los índices ONI y MEI. La totalidad de las estaciones meteorológicas empleadas en este estudio muestran correlación positiva entre el brillo solar y los eventos de El Niño y La Niña (ENSO), indicando que en la medida que el Océano Pacífico ecuatorial se calienta o entra en fase positiva, el brillo solar aumenta en toda la zona cafetera de Colombia, ubicada entre los 01° hasta los 11° de latitud Norte; en el caso contrario, cuando el océano entra en la fase fría o negativa de La Niña, el brillo solar disminuye en toda la zona cafetera de Colombia, sin importar la altitud, la latitud o la vertiente (Tabla 2).

La consideración anterior no significa que los cambios de temperatura del océano Pacífico y su influencia en las componentes atmosféricas sean de igual magnitud y duración para toda la geografía nacional. Es así como en el caso de los 15 puntos analizados, se observa que existen zonas en donde solo un mes del año hay correlación significativa entre el ONI y el MEI con el brillo solar, como es Pueblo Bello-Cesar (10°25'N y 1.134 m de altitud), y otros puntos como por ejemplo, Paraguaicito-Quindío (04°24'N y 1.203 m de altitud), que tienen hasta 7 meses con correlación significativa entre el ONI y el MEI con el brillo solar, o en Manuel Mejía-Cauca (02°24'N y 1.735 m de altitud) con 6 meses de correlación (Tabla 2).

Al separar las localidades analizadas en este estudio por cordilleras y vertientes (Figura 1 y Tabla 3), se observa que la cordillera Central en ambas vertientes, sin importar la latitud ni la altitud, presenta los coeficientes de correlación más altos entre ONI-MEI y el brillo solar, y un mayor número de meses con coeficientes de correlación superior a 0,4 entre los índices y el brillo solar (Tabla 3). Lo anterior es similar a lo encontrado por Peña *et al.* (8) y Ramírez y Jaramillo (12), quienes reportan efectos diferenciales de los eventos de El Niño y La Niña sobre la precipitación en la zona cafetera colombiana, siendo la zona cafetera Centro-occidental y Sur-occidental en la que mayor influencia tienen los eventos cálidos y fríos del Pacífico sobre la hidrometeorología, y en este caso sobre la disponibilidad de energía, como lo es el brillo solar.

Por otra parte, los resultados sugieren que para la zona de estudio, los índices ONI y MEI presentan coeficientes de correlación similares con el brillo solar, lo que significa que ambos explican de

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre el Índices Oceanicos de El Niño (ONI) y el Índice Multivariado del ENSO (MEDI), en diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia.

Estación	Índice	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
Ospina Pérez-Nariño (01°15' N)	ONI	0,63	0,47	0,20	-0,12	0,06	0,50	0,30	0,46	0,29	0,39	0,27	0,35	0,29
	MEDI	0,59	0,47	0,24	-0,18	0,05	0,417	0,30	0,39	0,32	0,38	0,31	0,40	0,26
Jorge Villamil-Huila (02°20' N)	ONI	0,32	0,32	0,21	0,18	0,12	0,21	0,15	0,17	0,07	0,34	0,04	0,35	0,20
	MEDI	0,28	0,30	0,23	0,04	0,13	0,23	0,09	0,24	0,14	0,28	0,02	0,34	0,18
Manuel Mejía-Cauca (02°24' N)	ONI	0,74	0,43	0,05	0,04	0,27	0,29	0,37	0,43	0,38	0,56	0,47	0,69	0,35
	MEDI	0,70	0,37	0,04	-0,03	0,26	0,38	0,43	0,42	0,40	0,58	0,53	0,73	0,34
Manuel M. Mallarino-Valle (04°13' N)	ONI	0,62	0,48	0,29	-0,18	-0,15	0,27	0,25	0,48	0,35	0,34	0,48	0,53	0,29
	MEDI	0,59	0,46	0,32	-0,24	-0,14	0,19	0,29	0,43	0,33	0,26	0,47	0,52	0,24
Granja Thiacy-Cundinamarca (04°22' N)	ONI	0,41	0,41	0,24	-0,06	0,01	0,31	0,07	0,35	0,22	0,23	0,18	0,44	0,23
	MEDI	0,36	0,40	0,26	-0,17	0,09	0,38	0,12	0,42	0,33	0,19	0,14	0,42	0,20
Paraguaito-Quindío (04°24' N)	ONI	0,56	0,44	0,35	-0,16	-0,09	0,41	0,25	0,56	0,46	0,37	0,43	0,55	0,33
	MEDI	0,53	0,43	0,34	-0,23	-0,10	0,33	0,29	0,46	0,43	0,30	0,46	0,55	0,28
Chapeton-Tolima (04°28' N)	ONI	0,59	0,57	0,48	0,11	0,03	0,18	0,08	0,21	0,28	0,21	0,20	0,58	0,32
	MEDI	0,55	0,58	0,49	0,09	0,07	0,24	0,12	0,27	0,30	0,27	0,21	0,54	0,31
El Jazmin-Risaralda (04°55' N)	ONI	0,61	0,45	0,38	-0,15	-0,06	0,17	0,20	0,36	0,21	0,31	0,39	0,51	0,29
	MEDI	0,57	0,44	0,37	-0,14	-0,04	0,18	0,32	0,39	0,23	0,28	0,40	0,50	0,26
Naranja-Caldas (04°58' N)	ONI	0,60	0,53	0,41	-0,06	-0,11	0,38	0,33	0,43	0,16	0,33	0,31	0,51	0,29
	MEDI	0,56	0,53	0,37	-0,09	-0,10	0,31	0,37	0,46	0,25	0,29	0,33	0,48	0,26
Santa Helena-Caldas (05°19' N)	ONI	0,44	0,32	0,23	-0,07	-0,15	0,28	0,19	0,52	0,35	0,16	0,35	0,39	0,20
	MEDI	0,40	0,31	0,25	-0,04	-0,13	0,20	0,21	0,41	0,26	0,09	0,36	0,43	0,15
Bertha-Boyacá (05°53' N)	ONI	0,54	0,44	0,36	0,10	-0,08	0,32	0,26	0,36	0,19	0,24	0,17	0,53	0,25
	MEDI	0,52	0,44	0,35	0,05	-0,05	0,26	0,23	0,36	0,16	0,16	0,15	0,47	0,21
El Rosario-Antioquia (05°58' N)	ONI	0,55	0,50	0,45	-0,29	-0,20	0,14	0,35	0,49	0,29	0,26	0,37	0,50	0,27
	MEDI	0,54	0,50	0,43	-0,31	-0,15	0,08	0,40	0,37	0,30	0,24	0,34	0,48	0,24
Aguasblancas-Santander (06°50' N)	ONI	0,15	-0,01	-0,05	-0,29	-0,22	0,16	0,09	0,55	0,22	0,23	0,18	0,23	0,11
	MEDI	0,13	-0,04	-0,05	-0,32	-0,21	0,10	0,27	0,50	0,17	0,10	0,16	0,19	0,06
F. Romero-N. de Santander (07°44' N)	ONI	0,60	0,48	0,51	0,13	-0,12	0,31	0,03	0,30	0,20	0,01	0,29	0,48	0,25
	MEDI	0,54	0,44	0,48	0,15	-0,03	0,30	0,16	0,30	0,22	-0,09	0,25	0,44	0,22
Pueblo Bello-Cesar (10°25' N)	ONI	0,11	-0,04	0,29	-0,24	-0,12	0,21	0,19	0,37	0,16	0,29	0,38	0,30	0,10
	MEDI	0,02	-0,10	0,25	-0,28	-0,04	0,18	0,32	0,37	0,17	0,31	0,42	0,29	0,09

Valores en negrilla, indican que los coeficientes de correlación tienen valores de $p < 0,05$.

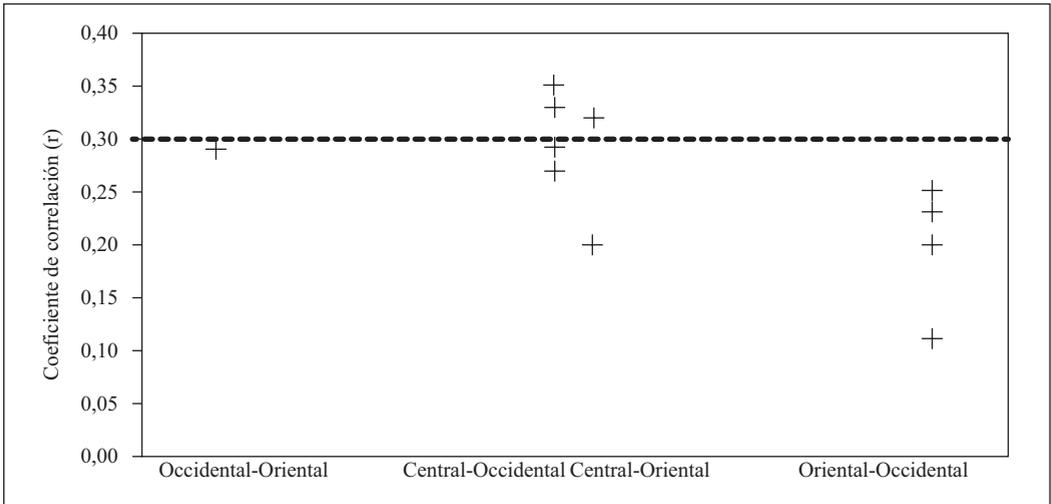


Figura 1. Coeficientes de correlación promedio anuales entre el ONI y el brillo solar por cordilleras en la zona cafetera de Colombia.

igual manera la relación entre El Niño/La Niña (ENSO) y el brillo solar en la zona cafetera de Colombia (Tabla 3).

Los mayores coeficientes de correlación entre los índices ONI y MEI y el brillo solar se presentan en los meses históricamente secos en toda la zona cafetera de Colombia, que son de enero a marzo y de julio a septiembre (Tabla 2), este mismo resultado se había reportado previamente por Ramírez y Jaramillo (11) al correlacionar el ONI con la lluvia en la zona central cafetera, pero con correlación negativa entre ONI y lluvia, y es atribuible específicamente al efecto del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que genera las lluvias en los meses de abril-junio y octubre-diciembre (5), la ZCIT se origina por el encuentro de los vientos Alisios del Noreste y del Sureste y se desplaza hacia el Norte o hacia el Sur según la época del año y la ubicación del sol, el eje de esta franja coincide con el “Ecuador Climático” (2), descrito en 1954 por Hans Trojer.

De acuerdo con Ramírez *et al.* (12), en la franja del “Ecuador Climático” se ubican las localidades donde se presenta la mayor reducción de brillo solar en años La Niña respecto a El Niño y es la zona de mayor riesgo agroclimático frente a los eventos de La Niña, debido a que la disminución del brillo solar ocurre en los dos trimestres de máximo brillo solar que son diciembre-febrero y julio-septiembre, y de acuerdo con este estudio son las que presentan las correlaciones más altas, a saber: Ospina Pérez-Nariño (01°15'N), Manuel Mejía-Cauca (02°24'), Manuel Mallarino-Valle (04°13'N), Granja Tibacuy-Cundinamarca (04°22'N), Paraguaicito-Quindío (04°24'N), El Jazmín-Risaralda (04°55'N), Naranjal-Caldas (04°58'N), Santa Helena-Caldas (05°19'N), Bertha-Boyacá (05°53'N), El Rosario-Antioquia (05°58'N) y Francisco Romero-Norte de Santander (07°44'N).

Ramírez *et al.* (12), en el Avance Técnico de Cenicafé No. 421, incluyen un análisis del comportamiento histórico del brillo solar en la zona de estudio en escenarios de El

Tabla 3. Número de meses con coeficientes de correlación (r) entre el ONI y el brillo solar superior a 0,4 para la zona de estudio.

Estación	Latitud Norte		Cordillera-Vertiente	Altitud (m)	N° de meses con r mayor de 0,4
	°	'			
El Jazmín	04	55	Central-occidental	1.635	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
Fco. Romero	07	44		903	4

Niño-La Niña (ENSO), al igual que las diferencias anuales entre los años La Niña respecto a El Niño.

Se puede concluir de este estudio que el efecto de los eventos de El Niño/La Niña (ENSO) sobre el brillo solar ocurren en toda la zona cafetera colombiana y es variable en el espacio y en el tiempo.

Respecto a la variabilidad espacial, las estaciones ubicadas por encima de los 6° de la latitud Norte tienden a presentar menor número de meses con influencia sobre el brillo solar que las estaciones ubicadas entre los 6° y 1° de latitud Norte. De igual manera las estaciones ubicadas en la cordillera Central, vertiente occidental, son las que muestran la mayor influencia sobre el brillo solar con tendencia a disminuir durante La Niña y a aumentar durante El Niño.

A nivel temporal, se evidencia que el mayor impacto de los cambios de temperatura

superficial del océano Pacífico ecuatorial, se presenta sobre los meses de diciembre a febrero y junio a agosto y que no todas las zonas del país presentan igual número de meses en donde se correlaciona el brillo solar con los cambios de temperatura del océano, evidenciándose de igual manera que las estaciones de la cordillera Central presentan el mayor número de meses del año con correlaciones significativas entre los cambios en la temperatura de las aguas superficiales del océano Pacífico ecuatorial y el brillo solar.

Los vientos procedentes del océano Pacífico son los Alisios del Sureste que se curvan en el Pacífico colombiano con su mayor influencia alrededor de los 5 y 6 grados Norte, éstos ingresan a la cordillera Central –Corriente de Chorro del Chocó- especialmente por la zonas más bajas de la cordillera Occidental, como son zona del Calima y Norte del cerro del Tatamá, por otra parte el ingreso de vientos cálidos y húmedos que pasan a

través de la cordillera Oriental e incrementan el vapor de agua en la cordillera Central-vertiente oriental, ambos ingresos de vapor de agua potencian el efecto del ENSO sobre la cordillera Central.

LITERATURA CITADA

1. ALLAN, R.; LINDSEY, J.; PARKER, D. El Niño southern oscillation and climate variability. Melbourne : CSIRO, 1996. 405 p.
2. CHAVES, C.B.; JARAMILLO, R.A. Regionalización de la distribución del brillo solar en Colombia por métodos de conglomeración estadística. *Cenicafé* 48(2):120-132. 1997.
3. GUZMÁN M., O.; BALDIÓN R., J.V. Influencia del evento frío del Pacífico en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 50(3):222-237. 1999.
4. GUZMÁN M., O.; BALDIÓN R., J.V. El evento cálido del Pacífico en la zona cafetera. *Cenicafé* 48(3):141-155. 1997.
5. JARAMILLO R., A.; RAMÍREZ B., V.H.; ARCILAP, J. Patrones de distribución de la lluvia en la zona cafetera. Chinchiná : *Cenicafé*, 2011. 12 p. (Avances Técnicos No. 410)
6. KATZ, W.R. Sr Wilbert Walter and a connection between the El Niño and statistics. *Statistical sciences* 17(1):97-112. 2002.
7. MAZARRELLA, A.; GIULIACCI, A.; LIRITZIS, I. On the 60-month cycle of multivariate ENSO index. *Theoretical applied climatology* 100:23-27. 2010.
8. PEÑA Q., A.; RAMÍREZ B., V.H.; VALENCIA, A.J.; JARAMILLO R., A. La lluvia como factor de amenaza para el cultivo de café en Colombia. Chinchiná : *Cenicafé*, 2012. 8 p. (Avances Técnicos No. 415)
9. POVEDA J., G.; JARAMILLO R., A.; GIL M., M.; QUICENO, N.; MANTILLA, R.I. Seasonality in ENSO related precipitation, river discharges, soil moisture and vegetation index (NDVI) in Colombia. *Water resources research* 37:2169-2178. 2001.
10. POVEDA J., G.; JARAMILLO R., A. ENSO-related variability of river discharges and soil moisture in Colombia: Biospheric aspects of the hydrologic cycle. *International geosphere biosphere program* 8:3-6. 2000.
11. 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.
12. RAMÍREZ B., V.H.; JARAMILLO R., A.; PEÑA Q., A.; VALENCIA A., J.A. El brillo solar en la zona cafetera colombiana, durante los eventos El Niño y La Niña. Chinchiná : *Cenicafé*, 2012. 12 p. (Avances Técnicos No. 421)
13. THRENBERTH, E.K. The definition of the El Niño. *Bulletin of the american meteorological society* 78(12):2771-2777. 1997.
14. WOLTER, K.; TIMLIN, S.M. Measuring the strength of the ENSO events: How does 1997/98 rank?. *Weather* 53(9):315-324. 1998.
15. WOLTER, K.; TIMLIN, S.M. Monitoring ENSO in COADS with seasonally adjusted principal component index: Proceedings of the 17th climate diagnostics workshop, Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma climate survey, CIMMS and the School of meteorology, University of Oklahoma, p. 52-57. [En línea]. NOAA/Physical Science Division/Earth System Research Laboratory. Disponible en internet: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>. 1993.