

Relación entre la Canícula y las temperaturas de la superficie del mar del Atlántico Tropical Norte y Niño 3.4: Desarrollo de un modelo empírico de pronóstico para la parte oriental de El Salvador

Luis A. García Guirola

CPC, SMN, SNET, San Salvador, El Salvador

Walter Fernández

Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias / Escuela de Física
y Centro de Investigaciones Geofísicas
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

(Recibido 15 abril, 2003, aceptado 4 Agosto 2003)

ABSTRACT

A relative rainfall minimum between June and August, known as “Veranillo” or “Canícula”, occurs almost every year in the oriental region of El Salvador.

A qualitative analysis shows that in June rainfall anomalies are not clearly related to conditions in the Tropical Pacific (El Niño) and the Northern Tropical Atlantic (NTA). Nevertheless, the data corresponding to the lower third (dry scenario) indicate that in the NTA cold events occur with some frequency. Because of this variability it is difficult to develop a model.

The rainfall negative anomalies during the period July-August appear to be modulated in large part by warm events in the Tropical Pacific (Niños), particularly those classified as very strong, strong and moderate events. On the other hand, in such a dry scenario, there is an important occurrence of cold events in the NTA.

The droughts recorded in the oriental region of El Salvador, which have produced significant agricultural losses, result in most of the cases by a great rainfall deficit in June and in July-August, which have been related to the occurrence of warm events in the Pacific (El Niño) and cold events in the NTA.

An empirical forecast model is developed for July-August, which is recommended to be tested before being operatively used.

1. Introducción

El objetivo de estudiar la variabilidad de la lluvia entre junio y agosto respecto al comportamiento de la temperatura superficial del mar es la de reconocer el peso que cada forzante (océano) tiene sobre los excesos o déficit de las lluvias.

Un análisis cualitativo analizando la frecuencia de eventos cálidos o fríos de ambos océanos para cada escenario de las anomalías de la lluvia de la región de El Salvador en estudio muestran de forma preliminar la relación directa (inversa) entre las anomalías positivas (negativas) de la lluvia y las

anomalías positivas del ATN (Niño 3.4), a partir de dichas observaciones se procede a correlacionar los índices de lluvia (variable dependiente) y los índices oceánicos (predictores, variables independientes).

Las correlaciones altas servirán para poder desarrollar una regresión lineal múltiple (modelo de predicción) que se utilizará para predecir en el futuro un probable escenario de lluvias en la zona oriental de El Salvador, en el período julio-agosto, donde la aparición de la Canícula (García et al., 2004) es importante preveer por los probables impactos socioeconómicos en dichas áreas.

TOPICOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS

Cuadro 1: IZO, Índices Región Niño, ATN y Producción Maíz

	IZO	IZO	SST	SST	Maíz
Año	Jun	Jul-Ago	Niño 3.4	ATN	%
1961	0.09	-0.13	Neutro	Neutro	
1962	1.22	-0.38	Neutro	Neutro	
1963	-0.35	0.04	Muy Débil	Cálido	
1964	0.38	1.19	Frío	Neutro	
1965	0.25	-0.45	Moderado	Frío	
1966	0.96	0.74	Neutro	Neutro	
1967	0.92	-0.90	Neutro	Neutro	
1968	0.37	-1.10	Débil	Frío	
1969	0.76	0.36	Débil	Cálido	
1970	-0.43	0.30	Neutro	Cálido	-1.2
1971	-0.78	0.31	Frío	Frío	-100.0
1972	-1.24	-1.02	Fuerte	Frío	-60.0
1973	0.48	0.36	Neutro	Neutro	-4.9
1974	0.65	-0.99	Frío	Frío	-36.7
1975	-1.54	0.04	Frío	Frío	-6.5
1976	1.69	-1.16	Moderado	Frío	-29.5
1977	0.81	-1.34	Neutro	Neutro	-5.5
1978	-1.14	0.99	Neutro	Neutro	26.6
1979	0.54	0.96	Neutro	Neutro	-13.7
1980	0.69	0.83	Neutro	Cálido	-12.6
1981	0.48	-0.29	Neutro	Cálido	-15.5
1982	0.01	-1.49	Muy fuerte	Neutro	-26.3
1983	-0.53	-0.83	Muy fuerte	Neutro	-40.3
1984	-0.33	0.51	Frío	Neutro	-1.6
1985	-0.70	0.68	Frío	Frío	-15.0
1986	-0.42	-0.61	Fuerte	Frío	-39.1
1987	-0.03	0.22	Fuerte	Cálido	15.9
1988	1.36	2.84	Frío	Cálido	21.0
1989	-0.14	1.34	Frío	Frío	26.3
1990	-0.48	-0.37	Moderado	Neutro	49.9
1991	0.43	-0.96	Moderado	Neutro	-27.4
1992	-1.16	-0.52	Moderado	Neutro	109.7
1993	-0.02	-0.70	Moderado	Neutro	49.5
1994	-1.58	-0.49	Moderado	Frío	-27.7
1995	-1.10	1.38	Neutro	Cálido	35.4
1996	-0.47	0.68	Neutro	Cálido	29.2
1997	1.02	-0.87	Muy Fuerte	Neutro	-26
1998	-0.20	0.93	Frío	Cálido	
1999	0.27	-0.06	Frío	Neutro	
2000	-0.32	-0.14	Neutro	Neutro	
2001	-1.86	0.10	Neutro	Neutro	

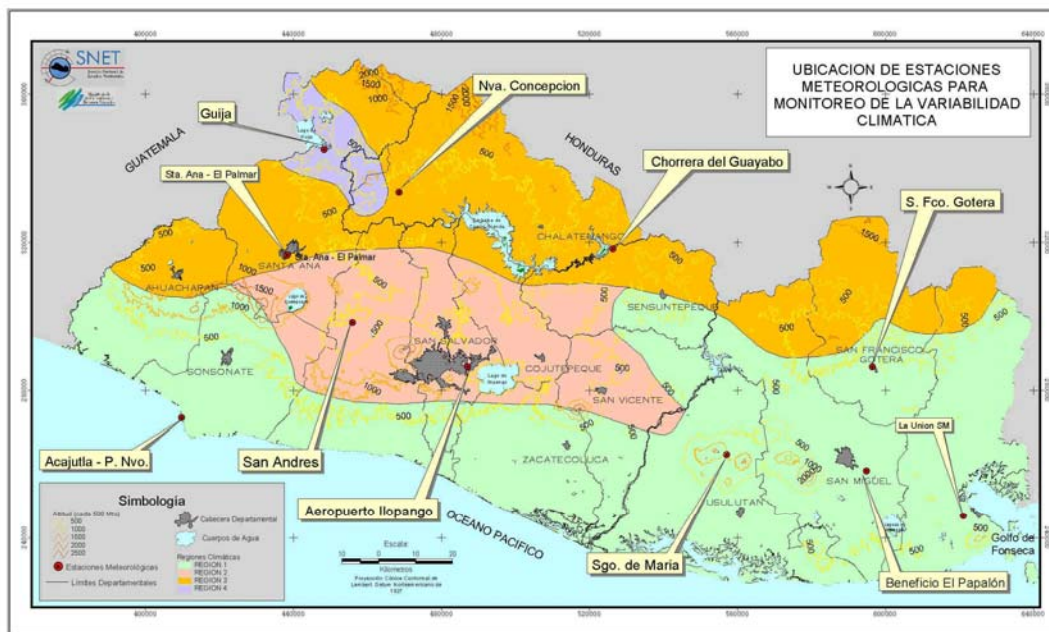


Figura 1: Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas utilizadas para el monitoreo climático en El Salvador.

2. Datos

Se han utilizado datos mensuales de lluvia de 5 estaciones ubicadas en la zona oriental de El Salvador. Con los datos de la estación de Cutuco del período 1961-1970 se complementó la serie de la estación La Unión, pues ambas estaciones están muy cerca y se comprobó que mensualmente las correlaciones eran altas, de tal manera de tener un registro homogéneo desde 1961 hasta el 2001. Las otras tres estaciones son: El Papalón, Santiago de María y San Francisco Gotera, todas ubicadas en la zona oriental como se observan en el mapa de la Figura 1.

Cuadro 2: Categoría de las anomalías de la lluvia de Zona Oriental de El Salvador (IZO), de julio-agosto.

IZO Julio-agosto
+ 2.84
Húmedo
+ 0.36
Normal
- 0.51
Seco
- 1.49

El estudio preliminar de la red de estaciones utilizando el Análisis de Componentes Principales sirvió para definir que las estaciones antes mencionadas registran un comportamiento de la lluvia similar, de esa forma se pueden agrupar en una región (García, 2000 y DGRNR MAG CRRH, 2002).

Los datos globales de los índices de la región Niño 3.4 y del ATN fueron obtenidos de la pagina web del NCEP/NOAA.

3. Metodología

Con las anomalías estandarizadas de la lluvia mensual promedio de junio y el acumulado julio-agosto de las cuatro estaciones de la zona oriental (columnas 2 y 3 del Cuadro 1) se procedió a elaborar un gráfico de barras con ambas variables, como se observa en la Figura 2, buscando si el comportamiento entre ellas esta en fase o que tanto cambian los rangos de variación positivos y negativos.

La serie de datos de las anomalías estandarizadas de la lluvia de la zona oriental se denominan el Índice de la Zona Oriental (IZO), la cual al dividirse en tres partes, utilizando la metodología de los terciles, se encuentra un comportamiento de las lluvias en dicha región representado por tres escenarios, seco, normal y húmedo. Para cada escenario al hacer un conteo de eventos cálidos y fríos de las regiones tropicales de ambos océanos se analiza cualitativamente la frecuencia de aparición de dichos eventos en cada escenario.

Debido que en junio no es clara la relación entre los índices del ATN y de la Región Niño 3.4 no se procede a elaborar

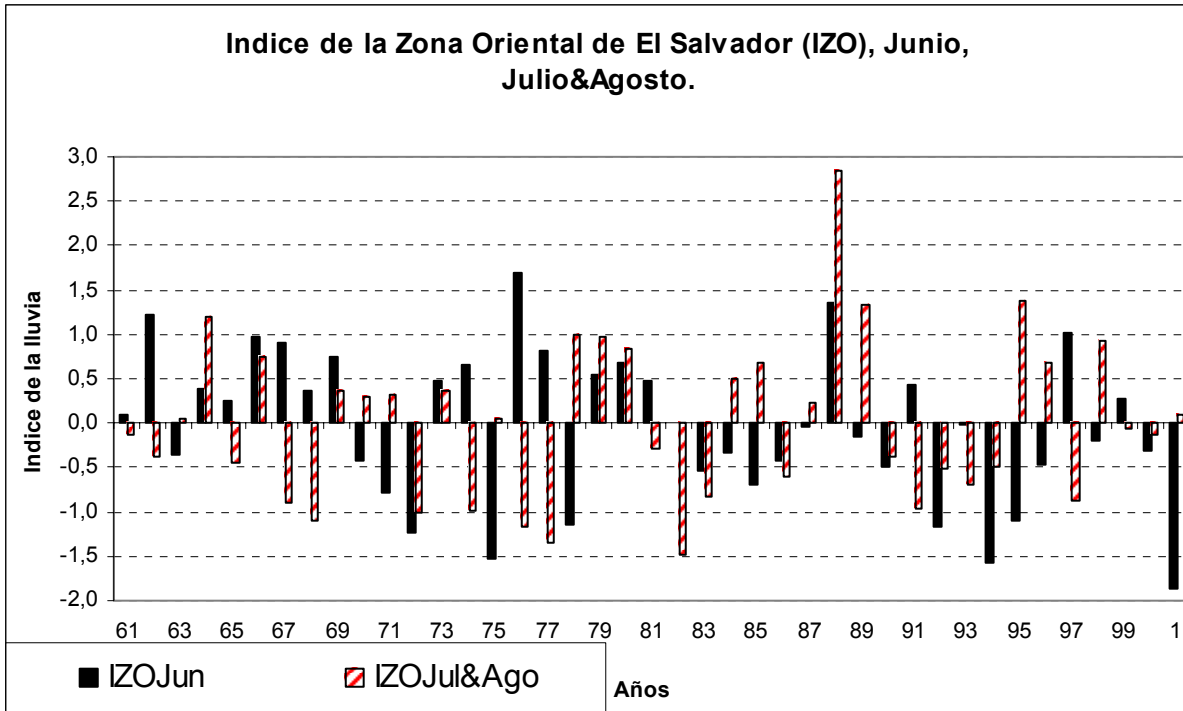


Figura 2: Índice de la anomalía de lluvia de la zona oriental de El Salvador (IZO), para junio y julio-agosto.

un modelo de predicción, pero en julio-agosto es muy claro que los déficit de las lluvias se relacionan con una mayor frecuencia de eventos Niños y eventos fríos en al ATN, permitiendo obtener una ecuación o modelo de predicción. Los eventos fríos y cálidos del ATN obtenidos por Alfaro (2000) hasta 1996 se complementaron utilizando las anomalías arriba y debajo de una desviación estándar en el registro desde 1997 hasta el 2001, para complementar el Cuadro 1.

4. Resultados

Las anomalías de la lluvia para la zona oriental, IZO de junio y el acumulado julio-agosto se grafican en la Figura 2, notando que los valores negativos más grandes se registraron en el 2001 para junio y en 1982 para el período julio-agosto. Por el contrario las anomalías positivas más altas se dieron en 1976 para junio y 1988 para julio-agosto, observándose entonces un desfase entre las reducciones y excesos de la lluvia.

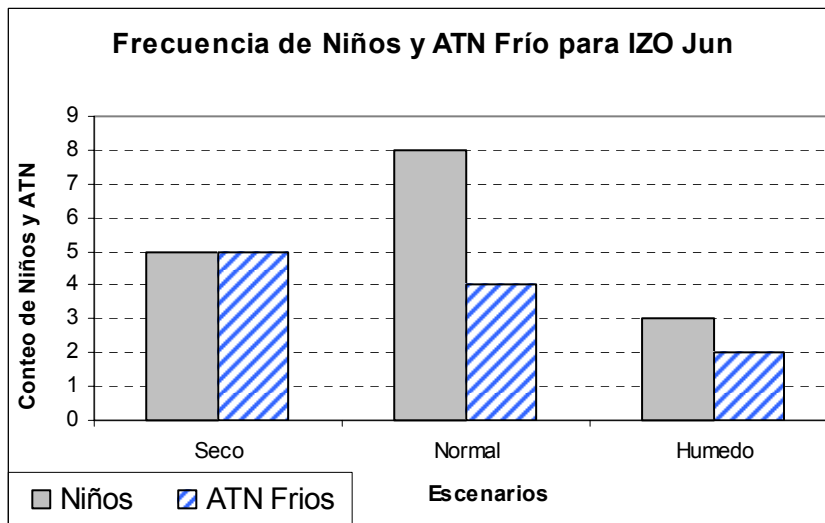


Figura 3: Frecuencia de Niños y ATN fríos relacionados a IZO, junio.

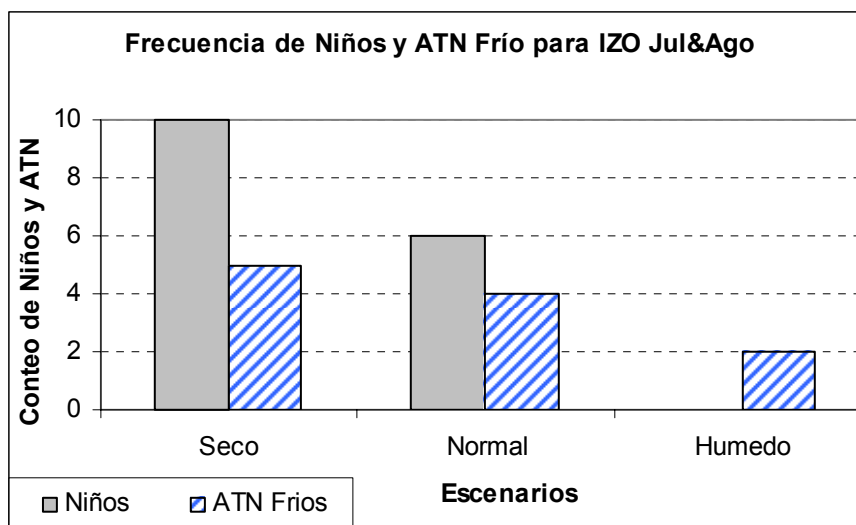


Figura 4: Frecuencia de Niños y ATN fríos relacionados a IZO, julio-agosto.

En el Cuadro 1 se muestran las anomalías IZO de junio y de julio-agosto, junto con los eventos reconocidos respecto a las temperaturas de la superficie del mar, tanto del Océano Tropical Atlántico y Pacífico. En términos generales se observa con facilidad de dicho cuadro y gráfico de la Figura 2 una tendencia de déficit en las lluvias en años 1972, 1983, 1991 y 1994, con aparición de eventos Niños y de eventos fríos en el ATN, mientras que los excesos de precipitación (1966, 1980, 1988) se registran durante eventos neutros o fríos (Niñas) en el Pacífico y eventos cálidos en el ATN.

Para conocer los efectos de las anomalías de la lluvia, en la última columna del Cuadro 1 se anexa la anomalía porcentual de producción de maíz de la primera cosecha en la zona oriental (DGRNR-CRRH-BID-CEPRENAC, 2002) indicando que las reducciones drásticas de la producción y documentadas por varias fuentes en 1972, 1976, 1987, 1991, 1994 y 1997, están asociados en todos los casos a eventos Niños moderados, fuertes o muy fuertes y también en menor proporción a eventos fríos en el ATN.

Al cuantificar la relación entre las anomalías de las lluvias y de los eventos en los océanos se categorizan los datos del Cuadro 1 en tres escenarios, seco, normal y húmedo, utilizando la metodología de los terciles, luego se contaron la cantidad de eventos Niños y fríos del ATN por cada escenario, resultando las Figuras 3 y 4.

En la Figura 3 al analizar el índice de la lluvia de la zona oriental (IZO) de junio, no se observa claridad en su relación con la frecuencia de Niños, en cambio para los ATN fríos, son más frecuentes (5) en el escenario seco y menos frecuentes (2) en el escenario húmedo, esto tiene relación con resultados encontrados por Alfaro (1999) al indicar que los inicios de la estación lluviosa en buena parte de Centroamérica están modulados por el ATN más que por el Pacífico.

Para el período julio-agosto, la relación de lluvia y los

índices del Océano Tropical Pacífico y Atlántico, mostrados en la Figura 4, son claros pues aparecen con mayor frecuencia durante períodos deficitarios (escenario seco) eventos Niño (10) y eventos fríos en el ATN, de tal manera que resultados preliminares (García, 2000) son coincidentes y permiten realizar un mejor análisis estadístico.

Al realizar correlaciones de IZO julio-agosto con varios meses de retardo con los índices SST del ATN y Región Niño 3.4, se encontraron las más altas con el ATN de julio y con el Niño 3.4 del promedio mayo-junio. Se procedió entonces con una regresión múltiple entre dichas variables resultando un coeficiente de 0.76 con una varianza explicada de más del 95 %, la ecuación de regresión es:

$$\text{IZO JUL\&AGO} = 0.03 - 0.82*(\text{SST Niño 3.4 Mayo\&Junio}) + 1.56*(\text{SST ATN Julio}).$$

Finalmente en el Cuadro 2 se muestra las categorías de las anomalías de la lluvia del IZO julio-agosto, la cual servirá para poner a prueba en el futuro el modelo de predicción, ubicando la anomalía calculada con el modelo en uno de los escenarios. Además se puede utilizar del Cuadro 1 el año correspondiente a la anomalía real que más se acerca a la calculada para utilizar dicho año como análogo y verificando luego con la serie de datos diarios cual fue la distribución de las lluvias entre julio y agosto.

5. Conclusiones

Los datos de las anomalías estandarizadas de la lluvia de junio y julio-agosto de las cuatro estaciones de la zona oriental se promedian y al nuevo valor se le denomina el Índice de la Zona Oriental (IZO), el cual por ser adimensional puede ser comparado fácilmente con otros índices ya conocidos.

TOPICOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS

En el mes de junio, el IZO al compararse cualitativamente con los índices Niño y ATN no mostró con claridad la relación entre éstos, aunque al observar los datos en el tercil menor (escenario seco), aparecen con alguna frecuencia eventos fríos en el ATN, debido a esa variabilidad se dificulta la fabricación de un modelo.

Las anomalías negativas de la lluvia IZO durante el período acumulado julio-agosto, claramente aparecen moduladas por la presencia en buena parte de eventos cálidos en el Océano Pacífico Tropical (Niños), en especial eventos muy fuertes, fuertes y moderados, y por una presencia importante en dicho escenario seco, de eventos fríos del ATN.

Los excesos de precipitación, anomalías positivas, en algunos años se registran durante eventos neutros o fríos (Niñas) en el Pacífico y eventos cálidos en el ATN.

Las sequías reportadas en la literatura en la zona oriental del país, donde se han reportado pérdidas de las cosechas, se presentan en la mayoría de los casos por una combinación de déficit de lluvias en junio y en julio-agosto, ocurriendo en esos meses eventos cálidos en el Pacífico (El Niño) y eventos fríos en el ATN.

Aunque se desarrolla un modelo empírico de pronóstico para julio-agosto, se recomienda sea evaluado en la práctica antes de usarlo operativamente.

RESUMEN

La zona oriental de El Salvador registra casi todos los años la aparición de periodos deficitarios de la lluvia entre junio y agosto asociados al denominado Veranillo o Canícula.

Un análisis cualitativo de las anomalías de la lluvia relacionadas a los índices Niño y el Atlántico tropical Norte (ATN) muestran que en el mes de junio no es claro la relación entre éstas, aunque al observar los datos en el tercil menor (escenario seco), aparecen con alguna frecuencia eventos fríos en el ATN, por esa variabilidad se dificulta la fabricación de un modelo.

Las anomalías negativas de la lluvia durante el período acumulado julio-

agosto, parecen ser moduladas por la presencia en buena parte de eventos cálidos en el Océano Pacífico Tropical (Niños), en especial eventos muy fuertes, fuertes y moderados. Por otra parte existe una presencia importante en dicho escenario seco, de eventos fríos del ATN.

Las sequías registradas en la zona oriental del país donde se han reportado pérdidas de las cosechas, se presentan en la mayoría de los casos por una combinación de déficit de lluvias en junio y en julio-agosto, ocurriendo en esos meses eventos cálidos en el Pacífico (El Niño) y eventos fríos en el ATN.

Se desarrolla un modelo empírico de pronóstico para julio-agosto, el cual se recomienda sea evaluado en la práctica antes de usarlo operativamente.

Referencias

- Alfaro, E., 2000. Eventos Cálidos y fríos en el Atlántico Tropical Norte, *Atmósfera*, No. 13.
- Alfaro, E. y L. Cid, 1999. Análisis de las anomalías en el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y su relación con los océanos Pacífico y Atlántico Tropical. *Top. Meteor. Oceanog.*
- DGRNR-CRRH-BID-CEPREDENAC. 2002. Estudio técnico "Mejoramiento de la capacidad técnica para mitigar los efectos de futuros eventos de la variabilidad climática en El Salvador, El Niño 1997-1998, San Salvador, El Salvador.
- García, L., 2000. Variability of the rainfall anomalies in July and August in El Salvador, related to ENSO, Tropical SST in the Atlantic, developing a Empirical Forecast for the two months and diagnostic of wind field and other parameter in Jul/Aug, Second Workshop, OU, USA.
- García, L., W. Fernández y T. Pacheco, 2003. Aspectos generales de la Canícula e impactos en El Salvador. *Top. Meteor. Oceanog.* (aceptado para publicación).