

# Impacto del fenómeno "El Niño" sobre la producción de arroz y frijol en dos regiones agrícolas de Costa Rica

Roberto Villalobos Flores <sup>1</sup>

Gestión de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional  
San José, Costa Rica

(Recibido 5 marzo 2001 para publicar en Tópicos Meteorológicos, aceptado 12 julio 2001)

## ABSTRACT

El sector agrícola de Costa Rica es muy vulnerable al impacto producido por la variabilidad climática. Una importante fuente de variación en las condiciones del clima la provee el fenómeno ENSO. Se analizan dos cultivos en regiones agrícolas de importancia económica para el país, arroz de secano en Liberia y frijol en Los Chiles de San Carlos. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las fases del ENSO y la precipitación anual, la precipitación estacional y las temperaturas máximas y promedio anual de Liberia, se determinó que bajo condiciones de fase cálida los rendimientos de arroz de secano disminuyen. En el caso de frijol en Los Chiles de San Carlos no se encontró ninguna relación estadística entre los parámetros meteorológicos y las fases ENSO, aunque si existe alguna relación entre años con fase cálida fuerte y bajos rendimientos de frijol.

## 1. Introducción

El sector agrícola de Costa Rica es muy vulnerable al impacto producido por la variabilidad climática (Sandoval, 1996; Vega y Stolz, 1997). Una importante fuente de variación en las condiciones del clima la provee el fenómeno "El Niño-Oscilación del Sur" (UCAR, 1994), mejor conocido por sus siglas en Inglés como ENSO, que se refiere a cambios en la temperatura superficial del mar (TSM) en la zona este del Océano Pacífico Ecuatorial, lo cual está asociado con cambios en los gradientes de presión barométrica y patrones de viento en el Pacífico Tropical (Glantz, 1998).

Las variaciones debidas a ENSO, (El Niño, en períodos con anomalías positivas en la TSM; La Niña, en períodos con anomalías negativas), parece que están asociadas con cambios inusuales en los patrones del clima global a través de teleconexiones distantes (IRI, 1996). Algunas investigaciones han vinculado a ENSO con la productividad de los cultivos (Sandoval, 1996; Hansen et al., 1998; Magrin et al., 1998; Hansen et al., 1999), es así como este trabajo presentar resultados interesantes al relacionar las fases del ENSO agrícolas, que corresponden con la tendencia de la anomalía en la temperatura superficial del mar durante los meses correspondientes al ciclo del cultivo (El Niño corresponde con la fase cálida, La Niña con la fase fría y los períodos intermedios como Neutros), tomando como referencia la región del Océano Pacífico ecuatorial conocida como Niño3 (latitudes 5°N-5°S, longitudes de 90 a 150°O) (Trenberth, 1997), con la producción agrícola de Costa Rica, específicamente de granos básicos, analizando dos casos:

1) Arroz de secano en Liberia, en el cantón 1° de la provincia de Guanacaste (Chinchilla, 1987), en terrenos

ligeramente ondulados con pendientes entre 5-15% (Ginneken y Calderón, 1978), que con cierta regularidad experimenta inundaciones en el valle del Tempisque como resultado de la variabilidad climática (Vahrson y Hernández, 1991); el mapa Ecológico de Costa Rica (Tosi, 1969) clasificó la bioclimatología del lugar como Bosque Tropical Seco con transición a Húmedo, prevaleciendo los bosques deciduos y semideciduos de tierras bajas (Gómez, 1986). La fuente de humedad durante la estación lluviosa (junio-noviembre), es la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (Hastenrath, 1967; Waylen et al. 1996a, 1996b).

2) Frijol, en Los Chiles de San Carlos, una zona de alrededor de 50 km de ancho entre la frontera con Nicaragua y el río Pocosol (Chinchilla, 1987) en la Zona Norte del país. La bioclimatología corresponde con el Bosque Tropical Lluvioso con transición a Seco (Tosi, 1969). Presenta suelos generalmente Latosoles (Pérez, 1978). La fuente de humedad llega consistentemente desde el Caribe, debido a los vientos alisios norestes y presenta una disminución en la precipitación entre febrero y abril (Hastenrath, 1967; Waylen et al. 1996a, 1996b).

### Caso 1: Arroz de secano en Liberia.

La figura 1 presenta la precipitación anual (1957-1998) en Liberia (IMN, 1991, estación meteorológica de Llano Grande), categorizada por fase ENSO. Se puede observar como durante fases frías (La Niña) las precipitaciones tienden a ser mayores al promedio anual (1551,4 mm) y durante períodos de fase cálida (El Niño), la tendencia es que la precipitación esté por

<sup>1</sup> Corresponding author address: M. Sc. Roberto Villalobos Flores  
Gestión de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional, 7-3350-1000 San José, Costa Rica  
E-mail: rvilla@meteo.inm.ac.cr

debajo del promedio.

Fig.1 Fases ENSO y Precipitación Anual. Liberia, Guanacaste.

La figura 2 y el cuadro 1 muestran la diferencia estadística ( $\alpha \leq 0,05$ ) entre las medias de precipitación anual por fase ENSO. De acuerdo con esta información, existe diferencia estadísticamente significativa entre la fase fría (-1) y las correspondientes a las fases neutra (0) y cálida (+1).

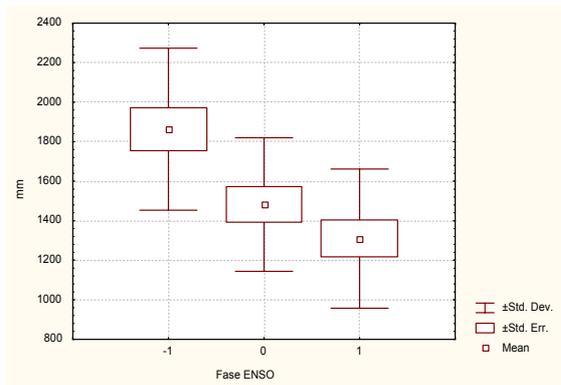


Fig.2 Categorización de las medias de precipitación anual por fase ENSO, (1957-1998).

Cuadro 1. Test de rangos múltiples de Duncan para medias de precipitación anual por fase ENSO.

Lluvia Fase	-1	0	+1
-1	1862,9	1482,0	1309,3
0	0,009410		0,000470
+1	0,000470	0,221836	

Significante

Estos resultados muestran que durante la fase fría del ENSO (La Niña), la precipitación en Liberia es significativamente superior con respecto a los períodos neutros o cálidos. De acuerdo con la figura 3, existe una tendencia similar del comportamiento de la precipitación por fase ENSO, aún tomando en cuenta sólo la precipitación estacional del ciclo del cultivo de arroz (generalmente se cultiva entre julio y noviembre).

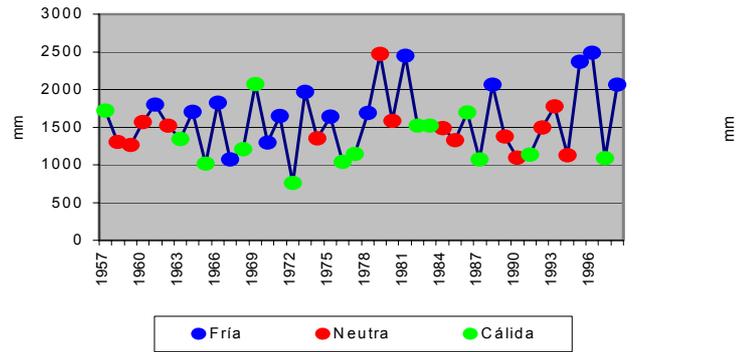


Fig.3 Fases ENSO y Precipitación Estacional. Liberia, Guanacaste.

La figura 4 y el cuadro 2 muestran los resultados estadísticos que igualmente marcan la diferencia de la precipitación estacional de la fase fría del ENSO. Ambos resultados, los anuales y estacionales, determinan que durante la fase fría del ENSO, la tendencia general en el patrón de lluvias en Liberia es a aumentar significativamente por encima de la media anual o estacional (1078.1 mm) respectivamente.

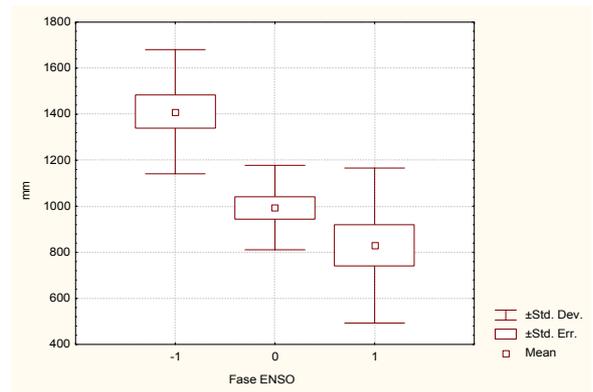


Fig.4 Categorización de medias de precipitación estacional por fase ENSO, Liberia, Guanacaste.

Cuadro 2. Test de rangos múltiples de Duncan para medias de precipitación estacional por fase ENSO.

Lluvia Fase	-1	0	+1
-1	1410,6	994,4	829,4
0	0,000329		0,000063
+1	0,000063	0,114731	

Significante

La temperatura del aire es otro parámetro meteorológico importante para el cultivo de arroz. Si se discrimina por temperatura máxima, mínima y media anual, se observan resultados interesantes.

Las figuras 5 y 6 corresponden a la categorización de la temperatura máxima por fase ENSO. Puede notarse que existe cierta tendencia a presentarse temperaturas máximas más altas durante la fase cálida.

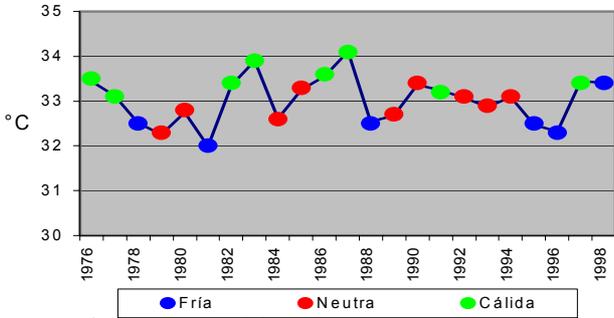


Fig.5 Fases ENSO y temperatura máxima anual. Liberia, Guanacaste.

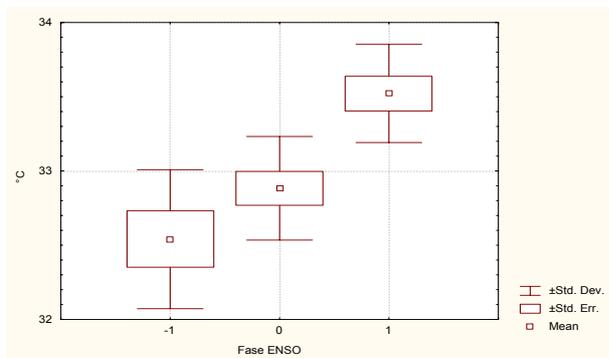


Fig.6 Categorización de las medias de temperatura máxima anual por fase ENSO, (1976-1998).

De acuerdo con el cuadro 3, existe diferencia estadísticamente significativa entre las temperaturas máximas durante la fase cálida con respecto a las fases neutra y fría, mientras que no se encontró diferencia significativa entre la fase fría y neutra. Razón por lo cual, estos resultados destacan la existencia de períodos más calurosos en presencia de un Niño.

Cuadro 3. Test de rangos múltiples de Duncan para medias de temperatura máxima anual por fase ENSO.

T.Máx Fase	-1	0	+1
-1	32,5	32,9	33,5
0		0,094000	0,000152
+1	0,000152	0,003944	

Significante

Un análisis similar para temperatura mínima anual (cuadro 4), determinó que no existe diferencia estadística entre las medias anuales de temperatura mínima con respecto a las fases ENSO, es decir que, aunque se podrían esperar

temperaturas diurnas más altas durante períodos Niño, la temperatura mínima no necesariamente es consistentemente diferente con respecto a otras fases ENSO.

Cuadro 4. Test de rangos múltiples de Duncan para medias de temperatura mínima anual por fase ENSO.

T.Mín Fase	-1	0	+1
-1	22.3	22.0	22.1
0		0.106825	0.262866
+1	0.106825		0.538379
	0.262866	0.538379	

Significante

Cuando se analizaron las medias anuales, el análisis estadístico determinó la misma tendencia encontrada en las máximas anuales (cuadro 5), lo que pareciera indicar que la señal expresada durante períodos Niño en la temperatura máxima, es lo suficientemente fuerte como para manifestarse en la temperatura media anual.

Cuadro 5. Test de rangos múltiples de Duncan para medias de temperatura media anual por fase ENSO.

T.Med. Fase	-1	0	+1
-1	27,4	27,4	27,8
0		0,974666	0,024600
+1	0,974666		0,020801
	0,024600	0,020801	

Significante

La serie histórica de rendimiento de arroz de secano en Liberia (1980-1998), tomada de las estadísticas oficiales del Consejo Nacional de Producción (CNP), fue corregida aplicando polinomios de de trazos (smoothing), para segregar del rendimiento la parte correspondiente al cambio tecnológico.

Luego se calcularon las anomalías para cada año de la serie de rendimiento suavizada con respecto al rendimiento medio y se analizó el impacto de las diferentes fases del ENSO en los rendimientos (figura 7).

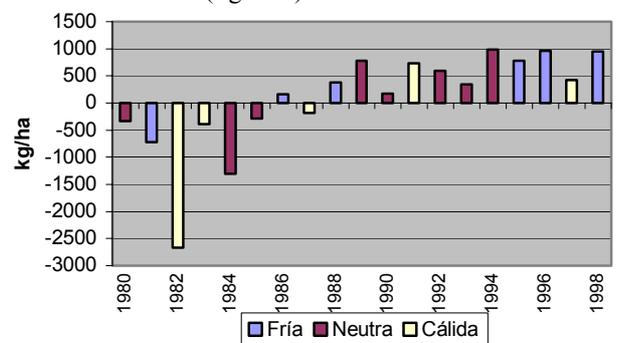


Fig. 7 Anomalías de rendimiento en arroz de secano por fase ENSO.

Si bien es cierto, la serie de rendimiento regional es relativamente corta, se pueden obtener resultados interesantes. Por ejemplo, de los seis períodos La Niña (fase fría) que se diagnosticaron, en cinco de ellos (83%) los rendimientos fueron superiores al promedio, mientras que en los períodos El Niño (fase cálida), en tres de los cinco eventos (60%), los rendimientos fueron inferiores al promedio.

Durante la fase neutra, en cinco de los ocho casos (62,5%) los rendimientos fueron superiores al promedio.

Si se comparan las figuras 7 y 8, se puede inferir que existe más probabilidad de obtener rendimientos por encima del promedio en períodos La Niña y/o inferiores a lo normal en fase El Niño, y que esto está asociado con la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones durante el ciclo del cultivo, superiores y/o inferiores a lo normal respectivamente.

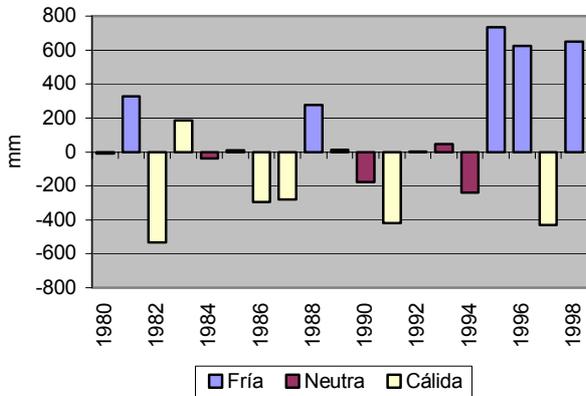


Fig. 8 Anomalías de precipitación durante el ciclo del cultivo de arroz por fase ENSO

Sin embargo, la distribución del recurso hídrico durante el ciclo del cultivo sigue siendo el punto principal de observación. La disponibilidad hídrica durante la floración es fundamental para el llenado del grano, lo cual está relacionado con altos rendimientos, mientras que los excesos de humedad a la cosecha producen pérdidas de rendimiento y de calidad del grano.

**Caso 2: Frijol en Los Chiles de San Carlos.**

La figura 9 presenta la precipitación anual (1961-1998) en Los Chiles de San Carlos (IMN, 1986, estación meteorológica Comandancia Los Chiles), categorizada por fase ENSO. Se puede observar que la tendencia no es tan evidente en este caso, encontrándose una distribución más balanceada entre los casos sobre y por debajo del promedio de precipitación (2238,8 mm). La figura 10 y el cuadro 6 muestran que en realidad no existe diferencia estadísticamente significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre la precipitación anual y las fases ENSO. Este comportamiento posiblemente se debe a la influencia de los sistemas del Caribe, región que no manifiesta una época seca

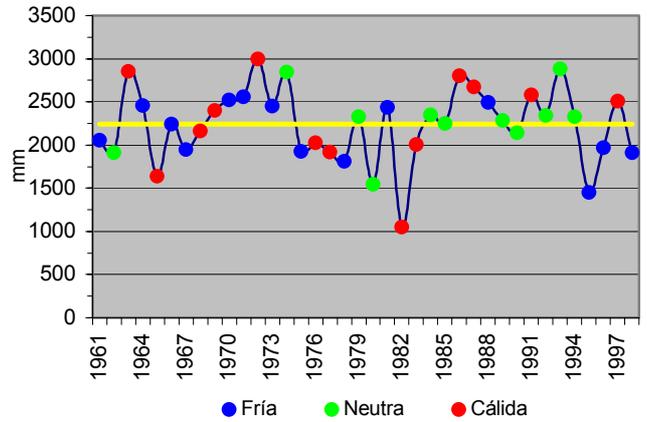


Fig.9 Fases ENSO y Precipitación Anual. Los Chiles, Zona Norte.

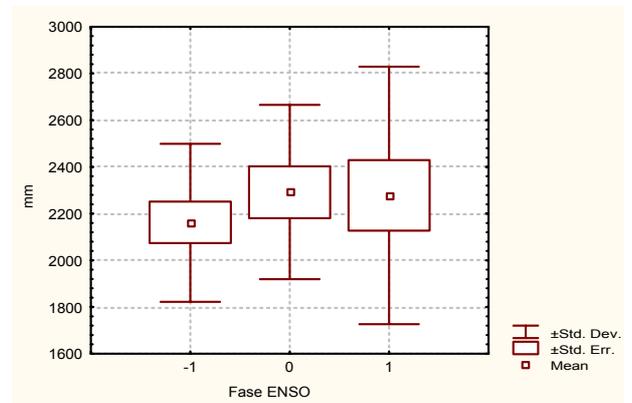


Fig.10 Categorización de las medias de precipitación anual por fase ENSO, (1961-1998).

Cuadro 6. Test de rangos múltiples de Duncan para medias de precipitación anual por fase ENSO.

Lluvia	-1	0	+1
Fase	2160.4	2292.5	2277.7
-1		0.476912	0.501238
0	0.476912		0.932254
+1	0.501238	0.932254	

\* Significante

Quando se analizó la precipitación estacional (de diciembre a marzo) para el cultivo de frijol, definiendo la fase ENSO con base en la tendencia general de la anomalía de temperatura superficial del mar en Niño3 durante el año, lo cual no siempre coincide con la tendencia de la anomalía durante los meses del ciclo del cultivo, se puede observar en la figura 11 un efecto de dispersión de las precipitaciones, similar a la anual, es así como el análisis determina que tampoco existe significancia estadística entre las medias de la precipitación estacional (figura 12 y el cuadro 7).

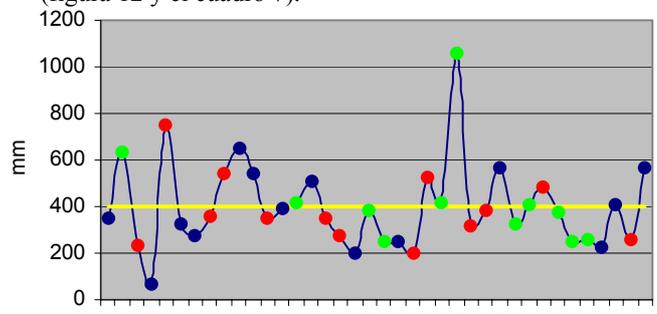


Fig.11 Fases ENSO y Precipitación Estacional. Los Chiles, Zona Norte.

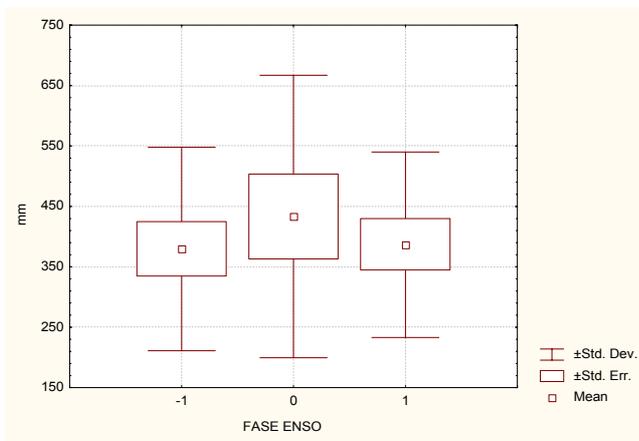


Fig.12 Categorización de las medias de precipitación estacional por fase ENSO, (1961-1998).

Cuadro 7. Test de rangos múltiples de Duncan para medias de precipitación estacional por fase ENSO.

Lluvia Fase	-1	0	+1
-1		0.499186	0.924602
0	0.499186		0.531739
+1	0.924602	0.531739	

\* Significante

El análisis estadístico para las medias de temperatura tampoco presentó un resultado diferente, no se encontró diferencia estadística en las medias anuales de temperatura máxima y mínima con la fase ENSO respectivamente.

Se calcularon las anomalías de rendimiento de frijol y se analizaron por fase ENSO (figura 13).

Se puede observar que durante fases frías, el 66.6% de los casos, implica rendimientos inferiores a lo normal. Durante fases cálidas, un 60% de los casos están por debajo del rendimiento medio. Mientras que en años de fase neutra la tendencia es a que los rendimientos estén por encima de la media.

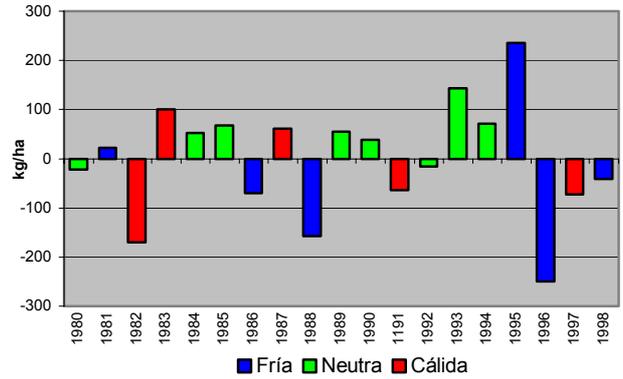


Fig. 13 Anomalías de rendimiento de frijol por fase ENSO.

Una comparación de las figuras 13 y 14 permite observar que en algunos años (1980, 82, 86, 92, 97) en que se presentan anomalías negativas de precipitación, estas coinciden con anomalías negativas de rendimiento. Años como 1993, 1994 y 1995 con anomalías negativas de precipitación, tuvieron anomalías positivas de rendimiento. Mientras que durante 1983, 1984 y 1985, años con precipitación por encima de la media, se presentaron rendimientos con anomalías positivas, independientemente de la fase ENSO que se esté presentando. La figura 15 y el cuadro 8 determinan que no existe diferencia estadística de las anomalías de rendimiento por fase ENSO.

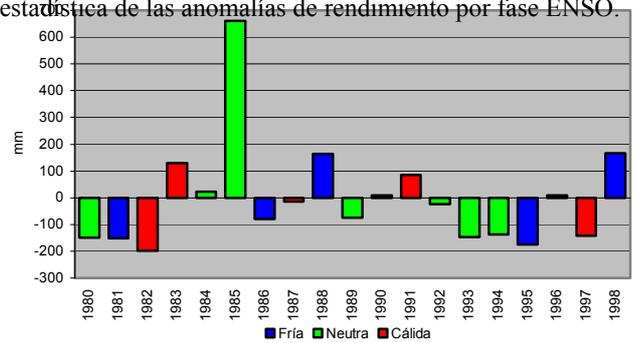


Fig. 14 Anomalías de precipitación durante el ciclo del cultivo de frijol por fase ENSO.

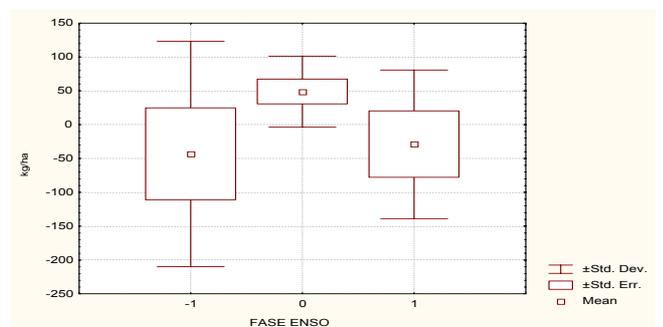


Fig.15 Categorización de las anomalías de rendimiento de frijol por fase ENSO, (1980-1998).

Cuadro 8. Test de rangos múltiples de Duncan para anomalías de rendimiento de frijol por fase ENSO.

Lluvia	-1	0	+1
Fase	379.5	433.3	386.6
-1		0.499186	0.924602
0	0.499186		0.531739
+1	0.924602	0.531739	

\* Significante

Estos patrones de comportamiento parecieran indicar que las fases ENSO tienen una influencia menor en esta región del país, y es posible que otras variaciones del clima en relación a la Zona Norte (actividad ciclónica y viento del noreste) tengan un peso relativo importante en el comportamiento y distribución de los parámetros analizados en este trabajo.

Es interesante notar que en presencia de una fase ENSO cálida fuerte como la de los años 1982 y 1997, las anomalías de rendimiento y de precipitación coinciden negativamente, no así cuando se presentan fases frías fuertes, donde la producción del grano va a depender de la distribución de la precipitación.

Esto permite concluir que los efectos de las fases ENSO en estos dos lugares analizados y probablemente en el país mismo, son diferentes, y que por lo tanto, las variaciones en los rendimientos dependerán principalmente de la distribución de la precipitación, de la humedad disponible en el suelo en un momento dado del ciclo vegetativo de los cultivos y de la intensidad de la fase ENSO.

## RESUMEN

El sector agrícola de Costa Rica es muy vulnerable al impacto producido por la variabilidad climática. Una importante fuente de variación en las condiciones del clima la provee el fenómeno ENSO. Se analizan dos cultivos en regiones agrícolas de importancia económica para el país, arroz de secano en Liberia y frijol en Los Chiles de San Carlos. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las fases del ENSO y la precipitación anual, la precipitación estacional y las temperaturas máximas y promedio anual de Liberia, se determinó que bajo condiciones de fase cálida los rendimientos de arroz de secano disminuyen. En el caso de frijol en Los Chiles de San Carlos no se encontró ninguna relación estadística entre los parámetros meteorológicos y las fases ENSO, aunque si existe alguna relación entre años con fase cálida fuerte y bajos rendimientos de frijol.

## Referencias

Chinchilla, E. 1987. Atlas Cantonal de Costa Rica, Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAN). San José, Costa Rica.

Ginneken, V. y Calderón, J. 1978, Mapa de Categorías de Pendientes, escala, 1:200.000. Oficina de Planificación Agropecuaria, San José, Costa Rica.

Glantz, M. 1998. Corrientes de Cambio: El Impacto de "El Niño" sobre el Clima y la Sociedad. Cambridge University Press. 141p.

Gómez, L. D. 1996. Vegetación de Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. 385p.

Hansen, J. W.; Hodges, A. W.; Jones, J.W. 1998. ENSO Influences on Agriculture in the Southeastern United States. Journal of Climate 11:404-411.

Hansen, J. W.; Jones, J.W.; Kiker, C.F.; Hodges, A. W. 1999. El Niño-Southern Oscillation Impacts on Winter Vegetable Production in Florida Journal of Climate 12:92-102.

Hastenrath, S. L., 1967. Rainfall distribution and regime in Central America. Arch. Meteor. Geophys. Bioklimatol. Ser. B, 15:201-241.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica). 1986. Catastro de las Series de Precipitación Medias en Costa Rica, San José, Costa Rica.

IRI (International Research Institute). 1996. International Forum on Forecasting El Niño: Launching an International Research Institute, 6-8 November, 1995. Executive Summary. Washington, USA.

Magrin, G. O.; Grondona, M. O.; Travasso, M. I.; Boullón, D. R.; Rodríguez, G. R.; Messina, C. D. 1998. Impacto del Fenómeno "El Niño" sobre la producción de cultivos en la Región Pampeana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Clima y Agua. Castelar, Argentina. 16p.

Pérez, S. 1978. Manual Descriptivo del Mapa de Asociaciones de Subgrupos de Suelos en Costa Rica, escala 1:200.000. Oficina de Planificación Sectorial agropecuaria, San José, Costa Rica.

Sandoval, J. F. 1996. Variabilidad climática y rendimientos agrícolas: Una evaluación para el cultivo de frijol en la región sur de Costa Rica. En: Impacto del Fenómeno El Niño sobre los Recursos Hídricos y la Agricultura en Mesoamérica y el Caribe y nuevas Metodologías para la Aplicación práctica del Pronóstico Climático Estacional e Interanual. Instituto Internacional de Investigación sobre Cambio Climático (IRI). 31-34p.

Tosi, J. 1969. Costa Rica, Mapa Ecológico, según la Clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L.R. Holdrige. Escala 1: 750.000, San José, Costa Rica.

Trenberth, K. E. 1997. The definition of El Niño. American Meteorological Society, 78 (12): 2771-2777.

UCAR (University Corporation for Atmospheric Research). 1994. El Niño and Climate Prediction. Reports to the Nation: on our Changing Planet. Spring N°3.

Vahrson, W. y Hernández, G. 1991. Mapa de Amenazas Hidrometeorológicas de Costa Rica. Escuela de Geografía , Universidad Nacional, San José, Costa Rica.

Vega, G. y Stolz, W. 1997. El fenómeno de “El Niño”, su impacto en la economía de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 9p.

Waylen, P. R.; Quesada, M. E.; Caviedes, C. N. 1996a. Temporal and Spatial Variability of annual precipitation in Costa Rica and the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology* 16: 173-193.

Waylen, P. R.; Quesada, M. E.; Caviedes, C. N. 1996b. Interannual Variability of Monthly Precipitation in Costa Rica *Journal of Climate* 9: 2606-2613.