

RESUMEN

Uno de los soportes más importantes de la economía paraguaya, es el sector agropecuario que genera más del 16 % del PIB, también sigue siendo el clima un factor relevante y muchas veces limitante para el crecimiento y para el desarrollo de los diferentes rubros agrícolas, en este caso se ha buscado qué relaciones existen entre los factores climáticos conocidos, y estudiados con el rendimiento de los cultivos en nuestro país. Este estudio se enfoca a la capacidad de adaptación de los cultivos más importantes del país ante la gran variabilidad de los factores climáticos asociados a los eventos de "El Niño-Oscilación del Sur" (ENOS). Se procedió a analizar de una manera sencilla los rendimientos de los cultivos de soja, trigo y maíz desde 1980 hasta el 2004, correlacionados con los valores de la precipitación desde octubre a marzo, además se utilizó un trabajo previo, Pasten et.al (2006), de la temperatura superficial del mar (TSM) cuando se tiene un ENOS positivo o negativo, en donde claramente se nota que, si bien a nivel nacional no quedó bien definida la relación que existe entre los rendimientos de los cultivos y la TSM del Pacífico ecuatorial.

Palabras Claves: El Niño, La Niña, ENOS, Temperatura Superficial del Mar, Precipitación.

ABSTRACT

One of the most important pillars of the Paraguayan economy is the agricultural sector that generates more than 16% of GDP, also it remains an important climate and often limiting factor for the growth and development of the different agricultural items, in this case has sought to relations between the known and studied climatic factors and crop yields in our country. This study focused on the resilience of the most important crops of the country to the great variability of climatic factors associated with "El Niño Southern Oscillation" ENSO events. It was analyzed in a simple way the yields of soybean, wheat and corn from 1980 to 2004, correlated with the values of rainfall from October to March, plus previous work by Pasten et.al, (2006) on the sea surface temperature (SST) was used, where it clearly shows that while nationally was not clearly defined the relationship between crop yields and the SST of the equatorial Pacific.

Keywords: El Niño, La Niña, ENSO, Sea Surface Temperature, Precipitation.

¹Profesor Investigador de la UNI

e-mail: shalom19@gmail.com

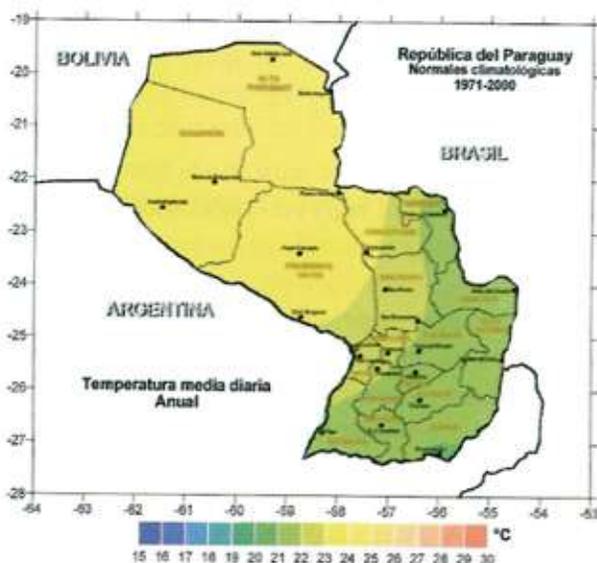
²Colaboradoras en la Investigación

1. ANTECEDENTES

1.1. Clima del Paraguay

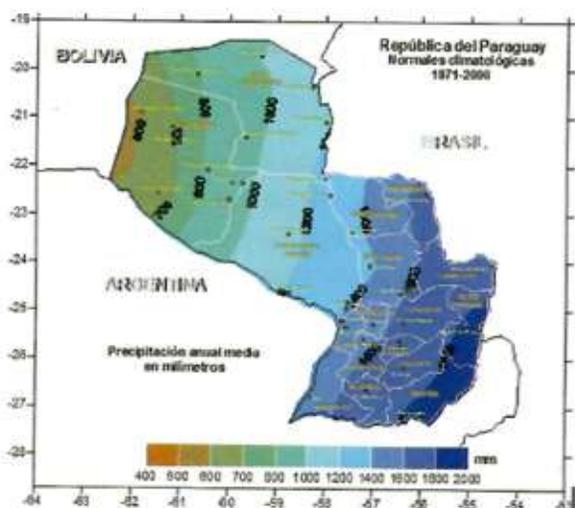
El Paraguay, país mediterráneo, por sus características de suelo y clima tiene un potencial agropecuario muy importante, el 98 % de la producción agropecuaria en la actualidad, es temporal. Sin embargo, la variabilidad climática asociada a los cambios climáticos, están generando situaciones de eventos extremos que necesariamente deben de ser tratados de una manera diferenciada. (Agroclimatología del Paraguay, Grassi, 1988).

Figura 1. Temperatura Media Diaria Anual



FUENTE: Dirección Nacional de Meteorología e Hidrología - DMH

Figura 2. Precipitación Anual Media en mm.



FUENTE: Dirección Nacional de Meteorología e Hidrología - DMH

1.2. Variabilidad climática en Paraguay

La variabilidad del clima del país es marcada, teniendo periodos de inundaciones y sequías de consideración asociadas con las fases del evento "El Niño-Oscilación del Sur" (ENOS).

En general, en el Paraguay, las anomalías positivas de las lluvias atribuidas a "El Niño" ocurren entre mediados de la primavera y mediados del otoño, pasando por un verano húmedo (octubre a mayo), especialmente en la región Oriental y en el bajo Chaco, estas condiciones atmosféricas causan inundaciones importantes en las cuencas de los ríos Paraguay y Paraná, afectando ciudades ribereñas como Bahía Negra, Concepción, Asunción, Alberdi, Pilar y Encarnación. (Nota Técnica UGR/MAG Número 2 - 2007).

El clima presenta variabilidades frecuentes debido a la zona geográfica donde se encuentra el Paraguay, siendo los extremos climáticos los que producen fenómenos naturales que tienen la magnitud de desastres naturales.

En el Paraguay, históricamente, el comportamiento de los eventos climáticos, como el ENOS (El Niño y la Niña), reflejado en forma de inundaciones, heladas y sequías, ha registrado fluctuaciones en los daños ocasionados al sector. (Informe Especial UGR/MAG-2009).

1.3. Agricultura en el Paraguay

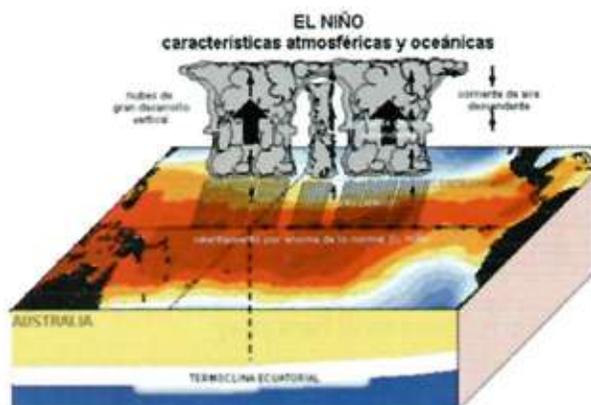
La agricultura es la actividad económica primaria del país y aún poco tecnificada, por lo que su dependencia del clima es muy grande. Los principales cultivos extensivos del país son la soja, el maíz y el trigo. El Paraguay está situado en el tercer lugar en América Latina, detrás de Brasil y Argentina, y en el sexto lugar en el mundo en cuanto a producción de soja, representando aproximadamente el 5 % de la producción mundial. Sin lugar a duda que el fenómeno de "El Niño" 1997-1998 fue uno de los que más impacto causó en el sector agrícola en el Paraguay. Las consecuencias negativas de la variabilidad climática extrema, frecuentemente ocasionan cuantiosos daños económicos. Un ejemplo del impacto de la variabilidad climática en la agricultura corresponde a la prolongada sequía del verano y otoño del 2005, que produjo pérdidas irreversibles en la producción de soja, que de acuerdo a los organismos oficiales representaría un déficit del 30 % en la proyección de

la rentabilidad del mismo para este año y cuya incidencia en el PIB también será significativo, según datos de la Cámara Paraguay de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO, 2009).

1.4. "El Niño-Oscilación del Sur"

El fenómeno de "El Niño Oscilación del Sur" (ENOS), es el resultado de una interacción entre el océano y la atmósfera en el océano Pacífico tropical, es la mayor fuente de variabilidad climática en las escalas estacional e interanual en muchas partes del mundo (Trenberth 1997a). El fenómeno ENOS involucra dos fases extremas: eventos cálidos (asociados con anomalías de temperatura caliente en la superficie del mar en el Pacífico tropical) también conocidos como años "El Niño"; y eventos fríos también conocido como años de "La Niña" o "El Viejo": años que no corresponden a las fases extremas se denominan "Neutral".

Figura 3. Características Oceánicas de El Niño.



FUENTE: <http://www.elnino.noaa.gov/index.html>

1.5. Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Debido al transporte de agua cálida hacia la costa de Sudamérica, la temperatura superficial del mar (TSM) aumenta considerablemente, dejando anomalías de la TSM positivas y con valores que oscilan entre 2° C y 10° C por encima de sus valores normales. Esto produce una profundización de la termoclina (capa límite que separa las aguas cálidas de las frías), disminución del afloramiento marino e incremento del nivel del agua del mar en la costa de Sudamérica. Cuando ocurre un fenómeno "El Niño", la permanencia de anomalías positivas de la TSM en el Pacífico oriental ecuatorial, debido al almacenamiento de grandes cantidades de calor en el océano, hace que las altas temperaturas

dominantes en el mar se propaguen hacia el aire adyacente a este. En consecuencia las temperaturas de las costas también se elevan. Todo este calor liberado a la atmósfera suministra energía para el inicio de las lluvias, la intensidad de las precipitaciones también es proporcional a la magnitud del fenómeno.

2. PROBLEMÁTICA A RESOLVER

2.1. Datos agrícolas

Los tres cultivos más relevantes para la economía del país son; el maíz, el trigo y la soja. La información oficial de superficie sembrada y rendimiento lo genera la Dirección de Estadísticas y Censos Agropecuarios, y son los datos utilizados para este trabajo. Los datos son a nivel nacional y departamental.

En el Paraguay, al ser una agricultura temporal, los rendimientos están muy influenciados por los factores climáticos.

Se utilizaron las series de datos disponibles de los últimos 20 años, en algunos casos más, dependiendo de los registros oficiales existentes en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), además se recurrió a fuentes del sector privado, como Cámara Paraguay de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO), Unión de Gremios de la Producción (UGP), Federación de Cooperativas de Producción (FECOOPROD), para completar la información por departamentos.

2.2. Datos de precipitación

Las estaciones meteorológicas utilizadas para este trabajo corresponden a las estaciones de la Dirección de Meteorología e Hidrología y las del Ministerio de Agricultura y Ganadería (UGP).

Se tuvieron algunos inconvenientes con los datos de algunas estaciones, motivo por el cual se tuvo que recurrir a realizar algunos ajustes en los datos. Se utilizó la distribución teórica Gamma (Pasten, et al 2006).

2.3. Datos de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Para el TSM, se utilizaron los datos generados en un trabajo previo, que sirve perfectamente para los fines de la investigación.

Acorde al mencionado trabajo, el análisis, el índice

ENOS JMA está basado en una media móvil de 5 meses de anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM), promediadas espacialmente, en la región del Pacífico tropical que va desde 4 grados norte a 4 grados sur y 90 grados oeste a 150 grados oeste. Si los valores del índice entre junio y julio del año siguiente son 0.5 grados centígrados o más para al menos 6 meses consecutivos (incluyendo el cuatrimestre octubre-diciembre, considerado como el típico pico de las anomalías relacionadas al ENOS), el periodo es categorizado como evento caliente. En forma similar, si el índice es -0.5 grados centígrados o menor para al menos 6 meses consecutivos (incluyendo octubre-diciembre), el año es categorizado como evento frío. La razón para considerar el periodo julio-junio es que este corresponde al año agrícola o ciclo de cultivos en el sudeste de Sudamérica (Pasten, et al, 2006).

3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo general fue generar información a fin de conocer los efectos de los impactos generados por el fenómeno "El Niño Oscilación Sur" (ENOS), sobre la producción agrícola del Paraguay, analizando el comportamiento de los principales cultivos del país, la soja, el trigo y el maíz, en base la precipitación registrada en las estaciones de referencia mencionadas anteriormente.

Materiales y Métodos

4.1. Análisis de los datos agrícolas.

Se utilizaron datos a nivel nacional de los tres cultivos más relevantes del país, soja, maíz y trigo, obtenidos de la Dirección de Estadísticas y Censos Agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

4.2 Análisis de los datos de precipitación.

Se analizaron las series temporales de los datos de precipitación total mensual existente en el banco de datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la Dirección de Meteorología e Hidrología de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC).

Debido a la gran heterogeneidad de la serie de datos de precipitación, fue necesario realizar ajustes para su homogeneización, utilizando a Smirnov-Kolmogorov para el efecto.

Resultados

De acuerdo a los datos analizados, el impacto del ENOS sobre nuestro país es bastante significativo, afectando el régimen de las lluvias, más lluvias en los meses de primavera y verano asociados a El Niño y disminución de las mismas en el mismo periodo en años La Niña.

Respecto a la temperatura, esta no presenta señales claras de que este afectado por el evento, sin embargo, en los años de El Niño las marcas termométricas suelen presentar picos más elevados que lo normal y en años de La Niña, los inviernos suelen ser más rigurosos.

5.1.2. Análisis de rendimiento a escala nacional.

Se procedió al análisis de los impactos sobre los rendimientos nacionales de los tres cultivos seleccionados, tomando en consideración las fases ENOS registradas. (1980 al 2004).

5.1.3. Análisis del rendimiento de los cultivos y su correlación con la TSM

Se realizó una correlación espacial de los rendimientos de los cultivos analizados por departamentos con la TSM en los años ENOS, que abarca desde 180 este a 180 oeste y desde 50 norte a 70 sur. Para realizar esta tarea se utilizó una MACRO elaborada por el paquete estadístico "SYSTAT". (Trabajo de investigación del Lic. Max Pasten de la Facultad Politécnica de la UNA).

6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los análisis muestran una alta influencia de las lluvias sobre el Paraguay con la presencia de un ENOS. Se ve claramente que es afectada solamente en la temporada lluviosa de Paraguay (octubre-marzo), generando un aumento de las lluvias en los años "Niños" y déficits de precipitación en los años "Niñas". En la región oriental, las zonas afectadas son las del sur, centro y este, y un poco menos noreste. En el Chaco, la influencia no es muy notoria. Los efectos del evento, son globales y recurrentes, eso ha generado impactos en el sector agropecuario de los diferentes países. En casi todos ellos, la afectación ha sido negativa y siendo, el área rural uno de los más susceptibles a la variabilidad y el cambio climático. Nuestro país, no se ha escapado de esta situación, y se han observado grandes pérdidas de productos agrícolas por sequías prolongadas asociadas a eventos "Niñas" y otros

problemas en años "El Niño", como ser falta de piso para cosecha, mayor presión de plagas y enfermedades.

Conclusión

Se pudo observar que las precipitaciones están fuertemente influenciadas por la variabilidad climática "El Niño", especialmente en el sur, centro y este de la región Oriental, y no siendo tan relevante el noreste de la misma. En el Chaco, sin embargo, no se registra mucha influencia del evento.

Se han encontrado estrechas relaciones entre los rendimientos de los productos agrícolas y la variabilidad climática asociada al ENOS.

Los rendimientos de los productos agrícolas de los departamentos ubicados en el sur de la región Oriental son los que presentan mayor correlaciones tanto positivas, como en el caso de soja y maíz, y negativa en el caso de trigo.

Bibliografía

- Aquino, O. 1965. Exigencias Bioclimáticas de una Colección de Trigos Precoces. *Agronomía Tropical* (Venezuela). 15 (1-4): 213-257.
- Arteaga Ramírez, R. 1978. *Meteorología Agrícola*. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.
- Anónimo. s.f. Efectos de la temperatura en el Crecimiento del Maíz.
- Armoa, Pastén, Báez y Coronel, 2001. Relationship of the Equatorial Pacific's SST with Rainfall in Paraguay. IAPSO-IABO, Mar del Plata-Argentina.
- Baier, W. s.f. Modelos Agrometeorológicos. Organización Meteorológica Mundial. Comisión de Meteorología Agrícola.
- Báez, J. y Fernández, W. 1995. Anomalías Observadas en la Atmósfera Libre sobre Paraguay durante los Eventos ENOS de 1986-87 y 1991-92. *Revista GEOFÍSICA (IPGH)*.
- Aceituno, P. 1988. On the functioning of the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*

116:505-524.

- Baethgen, W.B. and G.O. Magrin. 1995. Assessing the impacts of climate change on winter crop production in Uruguay and Argentina using crop simulation models. C.Roszenzweig et al. (Eds.), *Climate Change and Agriculture: Analysis of potential international impacts*. American Society of Agronomy Special Publication 59, Madison, Wisconsin.
- Bidegain M. y M.R. Caffera; 1991; Comportamiento de la Precipitación en la Región Sudeste de América del Sur (Uruguay) asociado con los índices de Oscilación Sur (I.O.S.) y El Niño (T.S.M.), *Anales del VI Congreso Argentino de Meteorología*. Buenos Aires.
- Bidegain M. P. Krect; 1998; Anomalías de la temperatura en superficie en el Sureste de Sudamérica (Uruguay) asociadas al Fenómeno ENSO. *Anales del VIII Congreso Latinoamericano e Iberico de Meteorología*. Brasilia, Brasil.
- Bourke, A. s.f. Los Objetivos y Métodos de la Agrometeorología.
- Grassi B., M. Pastén, J. Armoa; 2004; Análisis de la tendencia de la temperatura del aire en el Paraguay. Proyecto: 01804 POL 01, San Lorenzo, Paraguay.
- Grassi B., M. Pastén, J. Armoa; 2004; Un análisis de la tendencia de la precipitación en el Paraguay. Proyecto: 01804 POL 01, San Lorenzo, Paraguay.
- Mota, F. S. da. 1978. La soja y el clima. Universidad de Pelotas, Pelotas, Rio Grande, Brasil.
- Pastén, M. 2006. Efectos de El Niño en la agricultura paraguaya. Facultad Politécnica, UNA, San Lorenzo, Paraguay.