

PREDICCIÓN DEL INICIO DE SEQUÍAS RELACIONADAS AL ENOS EN EL NORDESTE DEL BRASIL USANDO DATOS DE SATELITES¹.

Robinson I. Negrón Juárez y William Tse-Horng Liu²

RESUMEN

Es sabido que El Niño/Oscilacion Sur (ENOS) infiere periodos de sequías en el nordeste del Brasil (NEB). Estas sequías causan deficiencia de agua, representados como valores negativos de NDVI, los que son muy intensos en periodos de sequías. Series temporales de NDVI de 1981 a 1993 son usadas para calcular las anomalías de NDVI sobre el NEB. Las anomalías de NDVI son correlacionadas con las anomalías de temperaturas de la superficie del mar (TSM) en las regiones del Niño3.4, del Atlántico Norte (ATLN) y del Atlántico Sur (ATLS) así como las anomalías del Índice de Oscilacion Sur (IOS) para construir el modelo M1, el mismo que reproduce los eventos de secas en el NEB. Los resultados muestran que el modelo reproduce bien los modelos de sequías con 4 meses de anticipación. Se concluye que el uso combinado de índices del ENOS y el NDVI son una herramienta potencial para la predicción del inicio de sequías.

1. INTRODUCCIÓN

El NDVI (Normalized Vegetation Condition Index) es indicado como una herramienta viable para el monitoreo e predicción de sequía. Diversos investigadores han estudiado la posible relación entre los eventos de las sequías y el ENOS (Hastenrath y Heller, 1977; Ropelewsky y Halpert, 1987 y Brahmananda *et al.* 1995). Ropelewsky y Halper (1987), mostró que de 17 periodos de ENOS, 16 periodos tuvieron fuerte correlación con los periodos de poca precipitación. Los padrones de viento altamente irregulares tales como sequías severas en el nordeste, inundaciones en el sur de Brasil e fríos extremos en el hemisferio Norte ocurrieron en el transcurso del evento del Niño durante el periodo de 1997-1998.

¹ Proyecto de investigación financiado por la FAPESP (Fundação de amparo à pesquisa do Estado de São Paulo). Número de contrato: 97/11568-3.

² Alumno de Pos-grado e profesor, respectivamente, del Instituto Astronomico y Geofísico de la Universidad de São Paulo. Rua do Matão 1226, Cidade Universitária, Butantã, 05508-960-SP, São Paulo, Brazil.
E-mails: robinson@model.iag.usp.br , will@model.iag.usp.br

El objetivo de este estudio es investigar los posibles impactos de episodios de ENOS y el inicio de las sequías en el nordeste del Brasil. Como datos de anomalías son usados para caracterizar los episodios de ENOS, entonces usaremos anomalías de NDVI para inferir la variabilidad de la sequía. Así los datos de anomalías de IOS e TSM del Pacífico (Niño3.4: 5°N-5°S, 170°-120°O) y del Atlántico (Atlántico Norte: 5°-20°N, 60°-30°O, Atlántico Sur: 0°-20°S, 30°O-10°E) fueron usados para correlacionarlos con las anomalías de NDVI, esto con el propósito de predecir el inicio de las sequías en el NEB.

2. DATOS Y MÉTODO.

Área de Estudio.

Para el presente estudio se seleccionó un área en la parte nordeste de América del Sur, entre las latitudes 2°S a 15°S y entre las longitudes de 34°O a 48°O, la misma que cubre una área de 1.9 millones km². La región nordeste del Brasil (NEB) con un área de 1.56 millones de km² ocupa alrededor de 82% de la región de estudio.

Datos de Satélite.

En el presente estudio fueron usados los datos mensuales de MVC (Maximum Value Composite) AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) GAC (Global Area Coverage) con una resolución espacial de 8 km, desde Julio de 1981 a Diciembre de 1993. Estos datos fueron suministrados por GSFC/NASA (Eidenshink *et al.* 1997). Los datos ya fueron procesados con correcciones radiométricas usando el método estándar de la NOAA (Kidwell, 1990; Rao and Chen, 1995) y correcciones atmosféricas incluyendo la dispersión molecular de Rayleigh por el método de Gordon *et al.* (1988) y la absorción de ozono por el método de Fleig *et al.* (1983). Los datos mensuales MVC AVHRR eliminan parcialmente la contaminación atmosférica y los errores producidos por la presencia de nubes (Holben, 1986).

Datos de NDVI.

El NDVI es calculado por la razón del canal 1 (0.58-0.68 μm) y el canal 2 (0.725 -1.10 μm) de los datos AVHRR de la serie de satélites NOAA, a través de la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = (\text{Ch2} - \text{Ch1}) / (\text{Ch2} + \text{Ch1}), \quad (1)$$

donde Ch1 = valor de reflectancia del canal 1;
Ch2 = valor de reflectancia del canal 2.

Debido a la variación estacional de los eventos climáticos, fueron usados los datos de anomalías estandarizada para investigar las características de las fluctuaciones mensuales y/o anuales de NDVI respecto a su normal. La anomalía estandarizada z es obtenida restando el valor mensual de NDVI menos el valor promedio del mismo mes, y dividido por la correspondiente desviación estandar.

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (2)$$

esta transformación es algunas veces referida como una normalización (Wilks, 1995).

Anomalías de SST y SOL.

Los datos de anomalías de TSM (temperatura de supercie del Mar) para las regiones del Niño 3.4 (5N-5S,170-120W), Atlántico Norte (5-20N, 60-30W) y Atlántico Sur (0-20S, 30W-10E) así como las anomalías de IOS (Indice de Oscilacin Sur) fueron obtenidos via ftp del NCEP/CPC (National Center for Environment Prediction/Climatic Prediction Center).

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Anomalías de NDVI, IOS y TSM.

Las figuras del 1 al 4 muestran la serie temporal de las anomalías calculadas de NDVI vs. las anomalías del Niño3.4, IOS, SATL y DIP2 (expresado como la resta de las anomalias de SATL y NATL), para el periodo de Enero de 1980 a Diciembre de 1993. Comparando la evolución dinámica de NDVI vs. Niño 3.4 en la Fig. 1, se observa que, en general, los valores de anomalías de NDVI reponden negativamente a los valores de anomalías del Niño 3.4. Por el contrario las anomalías de NDVI responden positivamente a los cambios de IOS, SATL y DIP2 (SATL – NATL) (Figs. 2-4).

Del análisis de las respuestas de anomalías de NDVI respecto al Niño 3.4, IOS, SATL y DIP2, se observó que el NDVI corresponde bien con los índices del ENOS en la mayoría de los casos. Sin embargo hubo casos en que una débil o ninguna correlación fue encontrada. Por lo tanto, el uso de esta simple correlación como una herramienta para predecir el inicio de las sequías será difícil. Gordon e Hunt (1991) presentaron un modelo determinístico de predicción de sequías usando la anomalía de TSM para predecir la precipitación relacionada a las sequías con resultados positivos. Ellos sugirieron que es posible predecir las sequías inducidas por el Niño. En este estudio los datos de anomalías de Enero de 1981 a Diciembre de 1993 fueron usados para desarrollar el modelo de las sequías relacionados al ENOS usando correlaciones multiples.

Modelos de sequías inducidos por el ENOS.

Las anomalías negativas de NDVI, las sequías, fue considerada como una función del tiempo y los índices de ENOS, la correlación más alta entre el NDVI y cada índice del ENOS fueron seleccionados como posibles variables independientes a través de intensivos procesos de regresión lineal desplazando el periodo temporal de NDVI y cada variable independiente. Siguiendo este proceso se obtuvieron altas correlaciones cuando una serie temporal de anomalías de los índices del ENOS de 04/81 a 07/93 correspondieron a las anomalías de NDVI del 09/81 al 12/93. Los resultados mostraron que los coeficientes de correlación de NDVI/Niño3.4, NDVI/SOI, y NDVI/DIP2 fueron respectivamente, $r=0.824$, $r=0.611$ y $r=0.793$.

En los mapas de NDVI fueron observados bajos valores de NDVI de Setiembre a Diciembre. Así, las anomalías de NDVI de Sep-Dic fueron correlacionadas con los índices de ENOS en grupos de cuatro meses de Enero a Abril del mismo año, un retraso mensual fue realizado. Una consideración adicional proveniente de las Figuras 5-8, que mostraron un comportamiento irregular de los índices de ENOS en 1981, 1990, 1991 y 1993. La explicación de este comportamiento anómalo no es el objetivo del presente trabajo, así aquellos años no fueron considerados en la serie temporal para la construcción del modelo. El mejor coeficiente de correlación con el procedimiento explicado fue empleado para construir el modelo M1. M1 fue construido usando la serie temporal de índices del ENOS de Abril-Julio y NDVI de Setiembre-Diciembre de cada año de 1981 a 1993.

El modelo M1 con coeficiente de correlación $R^2=0.7945$, es expresado como:

$$NDVI=0.0898-0.5053*Niño3.4+0.6857*DIP2+0.043*IOS ,$$

la Fig. 5 muestra las anomalías simuladas de NDVI de Ene/1980 a Dic/98. La Fig. 6 muestra las anomalías simuladas de NDVI de Ene/51 a Dic/98.

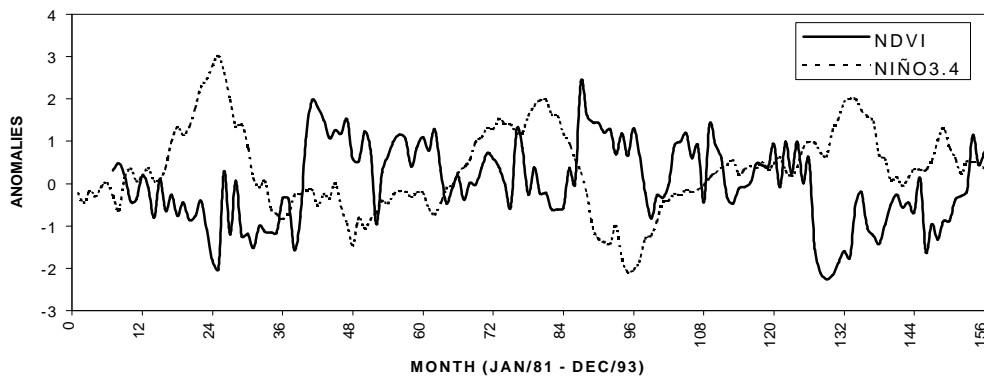


Fig. 1. Serie temporal de NDVI y valores de TSM de la región Niño3.4 de Ene/81 a Dic/93.

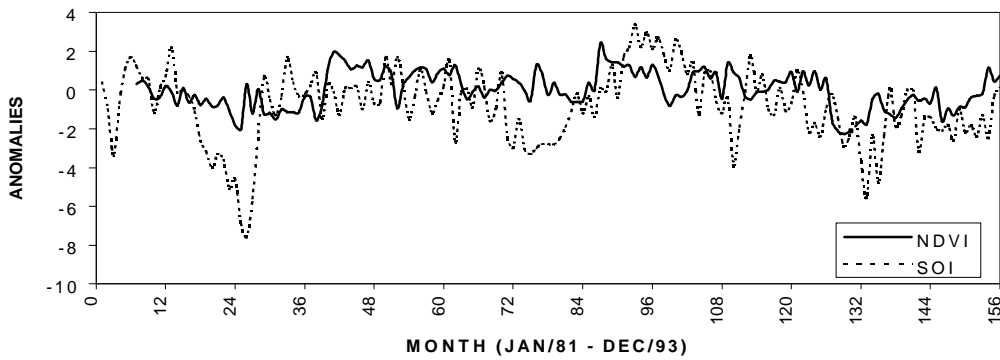


Fig. 2. Serie temporal de NDVI y IOS de Ene/81 a Dic/93.

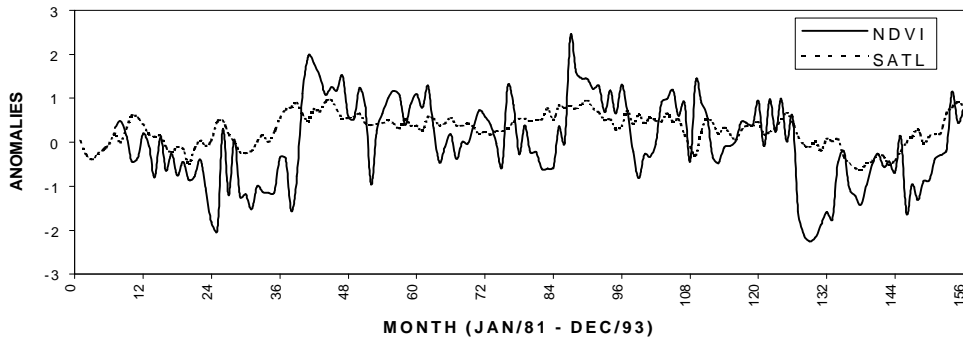


Fig. 3. Serie temporal de NDVI y la región ATLS de Ene/81 a Dic/93.

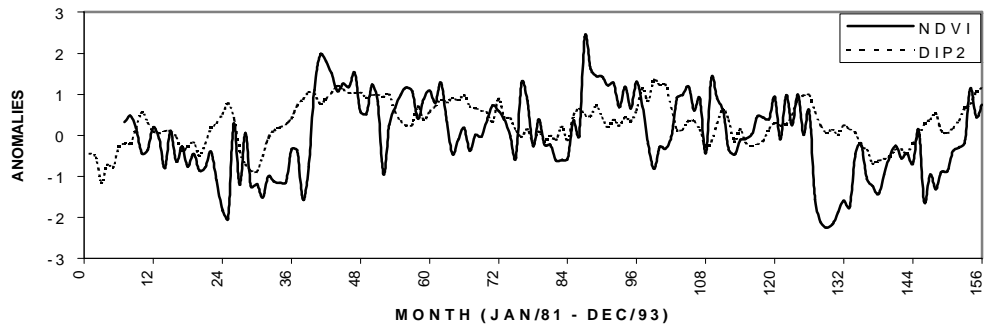


Fig. 4. Serie temporal de NDVI y DIP2 de Ene/81 a Dic/93.

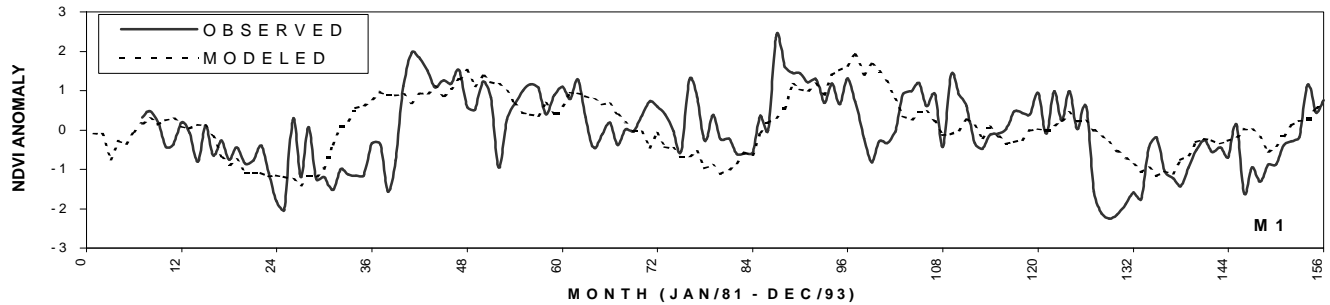


Fig. 5. Serie temporal de las anomalías observadas y modeladas de NDVI

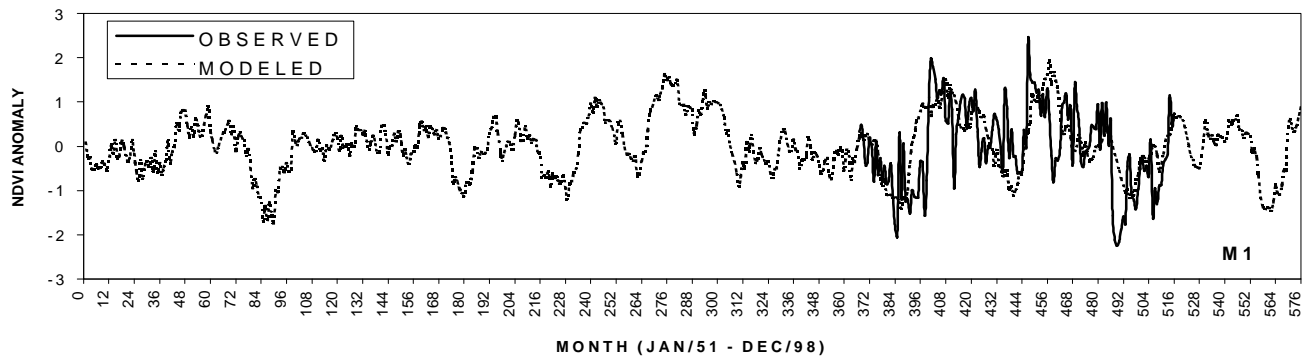


Fig. 6. Serie temporal de anomalías observadas y modeladas de NDVI de Ene/51 a Dic/98.

4. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

Los valores simulados de NDVI coinciden con los valores observados de 1981 a 1993. Las anomalías simuladas de NDVI de 1951 a 1998 coincidieron bien con los eventos de sequías reportados en la literatura. el Modelo M1 predijo las sequías con un acierto de 74% (se tienen registros de sequías en 1951, 1953, 1957, 1958, 1965, 1970, 1971, 1976, 1979, 1980, 1981, 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992, y 1997-1998) esto sugiere que el uso combinado de los índices de ENOS y los valores de NDVI pueden utilizarse como mejores estimadores para la construcción de modelos de sequías. Se sugiere el uso de una serie temporal mas extensa de NDVI afin de ajustar los coeficientes.

Agradecimientos. The authors wish to thank the Distributed Active Archive Center (Code 902.2) at the Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, 20771, for producing the data in their present form and distributing them. The original data products were produced under the NOAA/NASA Pathfinder program, by a processing team headed by Ms. Mary James of the Goddard Global Change Data Center; and the science algorithms were established by the AVHRR Land Science Working Group, chaired by Dr. John Townshend of the University of Maryland. Goddard's contributions to these activities were sponsored by NASA's Mission to Planet Earth program. Thanks to data supported by the U.S. Department of Commerce, NOAA, Climate Prediction Center.

BIBLIOGRAFÍA

- Brahmananda Rao, V., K. Hada and D. Herdies; 1995: "On the severe droughts of 1993 in the North-East Brazil". *International Journal of Climatology*. Vol. 15, 697-704.
- Eidenshink, J. C. and J. L. Faundeen, 1997. The 1 km AVHRR global land data set: first stages in implementation. *Int. Jour. Rem. Sens.* 51: 39 – 56.
- Fleig, A. J., D. F. Heath, K. F. Klenk, N. Oslík, K. D. Lee, H. Park, P. K. Bartia, and D. Bartia; 1983: "User's Guide for the Solar Backscattered Ultraviolet (SBUV) and the Total Ozone Main Spectrometer (TOMS) RUT-S and RUT-T Data Sets: October 31, 1978 to November 1980". NASA Reference Publication 1112.
- Gordon, G.B. and Hunt, B.G; 1991: "Droughts, Floods, and Sea-Surface Temperature Anomalies: A Modeling Approach". *International Journal of Climatology*, Vol. 11 pg. 347-365.
- Gordon, H. R., J. W. Brown and R. H. Evans; 1988: "Exact Rayleigh scattering calculation for use with the Nimbus-7 coastal zone color scanner". *Applied Optics*. No.27, . 2111-2122.
- Hastenrath, S. and Heller. L.; 1977: "Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil". *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **103** , . 77-92
- Holben, B. N.;1986: "Characteristic of maximum value compositing of temporal AVHRR data". *Int. Jour. Rem. Sen.* **12**, . 1147-1434.
- Kidwell, K. B.; 1990: "Global Vegetation User's Guide". NOAA/NESDIS, National Climatic Data Center, Washington D. C.
- Rao, C. R. and J. Chen; 1995: "Inter-satellite calibration linkages for the visible and near-infrared channels of the Advanced Very High Resolution Radiometer on the NOAA-7,-9 and 11 spacecraft". *Int. Jour. Rem. Sen.* Vol. 16, No.11, . 1931-1942.
- Ropelewski, C. and M. Halpert; 1987: "Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation". *Mon. Wea. Rev.* Vol. 115, . 1606-1626.
- Wilks. D. S.; 1995: "Statistical methods in the Atmospheric Sciences". International Geophysics Series, Vol. 59. Academic Press.