

LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE NORMALIZADO DE VEGETACIÓN Y LA VARIABILIDAD DEL CLIMA EN OAXACA: UNA HERRAMIENTA PARA EL MANEJO DE ECOSISTEMAS

Leticia Gómez Mendoza

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

e-mail: lgomez@correo.filos.unam.mx

Estudios sobre la variabilidad climática interdecadal de mesoescala han aportado herramientas para la comprensión de la fenología de los ecosistemas en función de la variación temporal del verdor de la vegetación. El desarrollo de la percepción remota ha permitido obtener el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés), basado en la relación entre la respuesta de la vegetación a la variación del clima. Con base en la variación de largo plazo del NDVI es posible conocer la probabilidad de observar valores umbrales (tolerancias) o valores normales del NDVI en función de los valores acumulados de precipitación y valores promedio de la temperatura. El grado de verdor de la vegetación durante periodos de sequías o lluvias intensas, puede ser un indicador de su resistencia y resiliencia en condiciones de cambio climático. Para este estudio se obtuvieron los valores del NDVI para el periodo 1981-2003 con resolución espacial de 8 por 8 Km, y con resolución temporal de 15 días. La variabilidad temporal del verdor de la vegetación fue medida mediante la anomalía mensual del NDVI para siete tipos de vegetación presentes en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Mediante el método de probabilidad condicional se identificó cuan frecuente es la presencia de valores de NDVI dentro de un valor normal, por debajo o por encima del mismo y se describió la relación entre precipitación/NDVI y entre temperaturas extremas/NDVI. Los resultados indicaron que existe una relación directa entre el NDVI y la precipitación anual a escala regional. Dicha relación se encuentra modulada por la presencia de El Niño, al disminuir la precipitación particularmente en los años de mayor intensidad del fenómeno. El efecto de la variación inter e intra-anual de la relación NDVI-lluvia es mayor en los tipos de vegetación caducifolio y semicaducifolio que en los perennes. Por otra parte, la variabilidad intra-anual del NDVI presenta un retraso con respecto a los ciclos de lluvia, dicho retraso depende de las fenofases foliares de los distintos tipos de vegetación. De esta forma las selvas bajas caducifolias responden primero a los eventos de lluvia que los bosques templados y las selvas perennifolias. Se identificaron los umbrales climáticos de cada tipo de vegetación del sitio de estudio. Este trabajo aporta herramientas metodológicas para futuras evaluaciones sobre la resiliencia de la vegetación ante el cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Se ha reconocido que el grado de verdor de la vegetación, ya sea durante periodos de sequías o lluvias intensas, puede ser un indicador de su resistencia y resiliencia a condiciones de cambio climático (Potter et al. 1999; Cao et al. 2004; Stow et al. 2003; Peters et al. 2003). Sin embargo, no existe información sobre el umbral de tolerancia de los ecosistemas de esta región ante años de eventos climáticos extremos. En el presente estudio,

se identificaron los límites de tolerancias de los tipos de vegetación de la zona de estudio basados en la identificación de valores extremos históricos de las anomalías del NDVI, la temperatura y la precipitación. Lo anterior permitió identificar los valores umbrales de temperatura y precipitación quincenales de los tipos de vegetación más representativos, así como los valores extremos del NDVI.

METODOLOGIA

Si se conoce la variación y tendencias de la precipitación y temperatura en función de sus anomalías, es posible identificar los periodos secos o húmedos, cálidos o fríos del clima, y su impacto en el verdor de la vegetación a escala regional. Para lo anterior, fue necesario determinar el elemento climático (temperatura, precipitación o ambos) que determina la fenología de la vegetación a escala regional actual. La metodología de este estudio consistió en a) la identificación de anomalías climatológicas de temperatura y precipitación para el periodo 1955-2003 para periodos de cada diez días que corresponden a los compuestos del NDVI, b) la determinación de los valores de temperatura de superficie del mar (SST) para la región El Niño 3.4, c) se identificaron los valores umbrales de NDVI y precipitación y temperatura. Para ubicar los valores climáticos y del NDVI umbrales para cada tipo de vegetación se identificaron inicialmente los rangos de tolerancia climática con base en los datos de la precipitación, la temperatura y el NDVI para el periodo de 1981 a 2003. Estos rangos fueron calculados mediante una distribución en terciles. El primer tercil corresponde al rango de precipitación y temperaturas extremas mínimas, el segundo tercil es el rango normal y el tercer tercil es el rango máximo extremo. Desde el punto de vista ecológico, al aumentar la probabilidad de alcanzar valores por debajo de la normal, se espera que los sistemas se encuentren cerca de su límite de tolerancia inferior, sobre el cual se encuentra su punto de resistencia. En el otro extremo, al aumentar la probabilidad de encontrar valores por arriba de la normal, los sistemas se sitúan cerca de su límite de tolerancia superior.

RESULTADOS

Los resultados del análisis de anomalías del NDVI indicaron que los valores mínimos del NDVI se presentan casi en las mismas fechas para todos los tipos de vegetación, pero no así los valores máximos. La agricultura, los bosques de encino, pino y bosques mesófilos presentan los valores mínimos de NDVI (primer tercil) en junio, mientras que las selvas altas y bajas presentan el primer tercil en mayo. Sin embargo, el tercer tercil de NDVI, se presentó en regiones de agricultura de temporal en septiembre, en los bosques de encino en julio, en los bosques de pino en mayo, en los bosques mesófilos en julio, en la selva alta perennifolia en agosto y en la selva baja caducifolia en enero. Con excepción de la agricultura y la selva baja caducifolia, todas las coberturas vegetales tienen una proximidad temporal de tres meses de diferencia entre los valores umbrales del NDVI inferior y superior, y ambos se presentan dentro de la temporada de lluvia.

La sequía de medio verano se presenta en agosto o septiembre, pero no alcanza el valor umbral inferior en el NDVI en ningún tipo de vegetación. Para enero, existen mayores probabilidades de que el NDVI se sitúe en un rango de normal a alto (valor umbral superior). Para los meses de abril y mayo (inicio de temporada de lluvias), las probabilidades se distribuyen equitativamente entre los tres rangos. Durante junio las mayores probabilidades están entre NDVI normales y altos. Para julio, agosto y septiembre aumenta la probabilidad de alcanzar el valor umbral superior. Finalmente en octubre predominan las probabilidades de valores dentro de lo normal. Lo anterior sugiere que el factor climático de la vegetación a nivel intra-anual evaluado a través del NDVI es la precipitación, más que las temperaturas extremas.

Todo lo anterior sugiere que los sistemas caducifolios o aquellos cuya fenología dependa de la precipitación como las selvas bajas caducifolias, los bosques de encino y pastizales, se encuentran muy cercanos a los umbrales de estrés durante los años de déficit de lluvia. Esta condición se acentúa si las lluvias no inician en mayo tal como se indica en el análisis de probabilidad condicional; años con sequía en ese mes presentan una probabilidad cercana al 40% de tener una anomalía negativa de NDVI. Sólo los bosques de encino-pino, pino y las selvas altas presentan NDVI dentro de la normal, aún bajo condiciones de sequía, incluso si el periodo de lluvias no inicia en mayo. Esto último puede deberse a que la cantidad de humedad del suelo es aún alta durante mayo, como lo indica el

balance de humedad para las zonas de mayor altitud en la sierra. Por otro lado, al igual que lo encontrado con los análisis espectrales, bajo condiciones de exceso de precipitación el NDVI no es alto para todos los tipos de vegetación. Esto sugiere que el aumento en la cobertura foliar en años húmedos no significa un incremento en el verdor de la vegetación (NDVI). Por el contrario, una mayor cantidad de lluvia inhibe la fotosíntesis (Davenport y Nicholson 1993). Por lo que un incremento en los eventos extremos (exceso de precipitación) bajo escenarios de cambio climático no significará un aumento en la productividad ni en el verdor de la vegetación (Chmielewski y Rötzer 2001; Prasad et al. 2005).

En este estudio se evidencia también la relación directa entre ENSO, la variabilidad de la precipitación y el NDVI en la SNO. En años de El Niño intensos (años extremos) todos los tipos de vegetación tienden a presentar una anomalía negativa del NDVI (1987-1988 y 1997-1998) ya que se presentaron anomalías de TSM de +2.0 y +3.0 respectivamente.

CONCLUSIONES

No obstante que los valores umbrales del NDVI pueden ser una aproximación de los que se esperan bajo cambio climático, estos valores han estado cercanos a los niveles de estrés sólo en dos años de extrema sequía; 1988 y 1998, sin embargo la vegetación se recuperó en años subsecuentes. En cambio, bajo escenarios de cambio climático, ésta situación de estrés podría permanecer por muchos años, poniendo en riesgo la resistencia de los sistemas naturales. En este sentido, este trabajo aporta elementos para futuras evaluaciones sobre la resiliencia de la vegetación ante el cambio climático. Finalmente, la probabilidad condicional aporta elementos para que, conociendo el pronóstico del clima con anticipación se pueda prever el grado de estrés que sufrirá anualmente la vegetación. Estos resultados pueden aplicarse para acciones de protección y conservación de la zona (la prevención de incendios, calendarios de reforestación, pronóstico de plagas etc.).

BIBLIOGRAFÍA

Chmielewski y Rotzer, T. 2001. Responses of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*. (108). 101-112.

- Davenport, M.L. y Nicholson, S.E. 1993. On the relation between rainfall and the normalized difference vegetation index for diverse vegetation types in East Africa. *International Journal of Remote Sensing*. (12) 2369-2389.
- Prasad, V. K. Anuradha, E. y Badinath, K.V.S. 2005. Climatic controls of vegetation vigor in four contrasting forest types of India-evaluating from National Oceanic and Atmospheric Administration's Advanced Very High Resolution Radiometer datasets (1990-2000). *International Journal of Biometeorology* (50) 6-16.