

Variabilidad climática y producción de caña de azúcar en Costa Rica

MARY L. MORENO y ERIC J. ALFARO

Uno de los primeros estudios que relacionaron variabilidad climática con agricultura fue el de Cane *et al.* (1994), que, por medio de teleconexiones, determinó una correlación positiva entre producción de maíz, en Zimbabwe, y *El Niño-Oscilación del sur (Enos)* en el Pacífico Ecuatorial. Específicamente para nuestro cultivo de interés, la caña de azúcar, Kuhnel (1994 y 1996) relacionó la variabilidad de *Enos* con ese cultivo en Australia, encontrando también correlaciones positivas. En la región del Caribe, esa relación fue estudiada por Pulwarty *et al.* (1997), obteniendo correlaciones negativas entre la variabilidad de *Enos* y la producción de caña, principalmente en Trinidad y Tobago, lo que significa que la producción de caña en el Caribe se ve más bien beneficiada por la ocurrencia de los eventos de *La Niña*.

En Costa Rica, el Instituto Meteorológico Nacional ha realizado algunos estudios que analizan los impactos de la variabilidad climática de *Enos* sobre diferentes variables: la producción de arroz y frijoles (Villalobos 2001), la producción bovina de carne en la región Chorotega (Retana y Rosales 2001), los incendios forestales (Villalobos *et al.* 2000), la fluctuación poblacional de la rata cañera en Cañas (Retana *et al.* 1999) y, también, como posible fuente de predicción de potencialidad de plaga de langosta (Retana 2000 y 2003). Por otro lado, Enfield y Alfaro (1999) han mostrado que la variabilidad climática en Centroamérica está influenciada por la variabilidad de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial del Este asociada con *Enos*, y también por la variabilidad de la temperatura superficial del mar del Atlántico Tropical.

El incremento en la producción de caña de azúcar está determinado por el componente varietal, las condiciones del suelo, el manejo agronómico y, por supuesto, el clima, por lo que en el proceso de madurez de la caña aquél es un factor determinante para alcanzar o no el máximo potencial productivo (Oviedo *et al.* 2003). Debido a ello, el estudio del que a continuación se da cuenta se planteó dos objetivos: determinar las relaciones entre la variabilidad climática observada en la temperatura superficial del mar de los océanos Atlántico y Pacífico Tropical, circundantes de Centroamérica, y la productividad de las plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica; y estimar el efecto de la variabilidad climática sobre los ingresos económicos provenientes de dicha actividad agrícola, ya que si los productores pueden conocer con anterioridad los cambios climáticos también pueden prevenir las pérdidas relacionadas con tal variabilidad y mejorar la planificación de sus cultivos.

Para cumplir con los objetivos de investigación recién expuestos se trabajó con las series temporales de rendimiento (ton/ha) de la caña de azúcar desde la zafra de 1969/1970 hasta la de 2002/2003, para 34 datos anuales en total, obtenidos de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (Laica). A fin de minimizar el impacto de factores no climáticos, como el cambio tecnológico y las variaciones en precios, así como también el de un posible cambio climático (Alley *et al.* 2007) sobre la producción de caña, se calculó y eliminó la tendencia lineal en la serie de la producción (figura 1), por lo que los resultados se obtuvieron para la serie con esta tendencia removida.

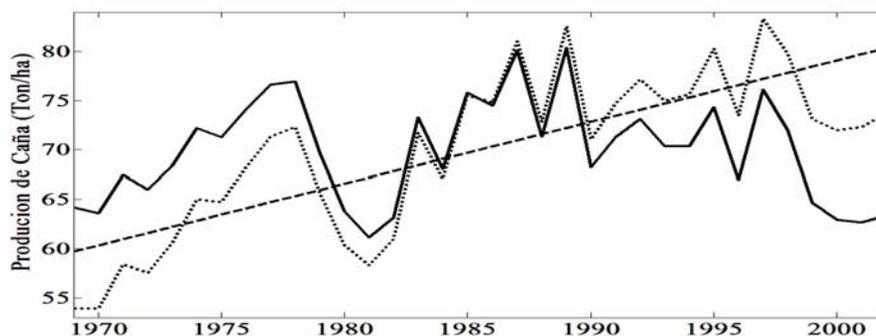


Figura 1. Serie de tiempo para la producción de caña en Costa Rica (línea punteada). La tendencia lineal de esta serie (línea a trazos) es de 0,62 ton/año, significativa al 99%. La línea continua es la serie de tiempo con la tendencia removida.

Las variables climáticas empleadas fueron los índices de temperatura superficial del mar de *El Niño 3* y del Atlántico Tropical Norte, ambos obtenidos de la Agencia Nacional para la Atmósfera y el Océano, referentes a los mismos años mencionados. Los resultados que relacionan los índices anteriores con la producción de caña se obtuvieron usando el análisis de correlación y de tabla de contingencia (Alfaro *et al.* 2003).

Luego de identificar los cambios en la productividad de la caña ocasionados por la variabilidad climática, y como una forma de ejemplificar cómo podrían ser usadas estas relaciones clima-productividad, se procedió a calcular la variación en los ingresos obtenidos por los agricultores para algunos años -datos obtenidos también de Laica. Al relacionar la variable producción de caña con el índice *El Niño 3*, no se encontró ninguna relación significativa. Caso contrario ocurrió al relacionar los datos de producción de caña con el índice Atlántico Tropical Norte (ATN) (ver figura 2): las anomalías positivas (negativas) en la temperatura superficial del mar durante el trimestre noviembre-diciembre-enero tienden a estar relacionadas con anomalías negativas (positivas) de la producción de caña durante la zafra (ver figura 3). Esta relación, mencionada anteriormente, se confirmó al usar un análisis de tabla de contingencia. En el cuadro 1 se muestra la probabilidad condicional de los escenarios bajo lo normal, neutro y arriba de lo normal (BN, N, AN) en la producción de caña dado un escenario BN, N y AN en el ATN durante noviembre-diciembre-enero. Éstos sugieren que cuando las anomalías en la temperatura superficial del mar del ATN es BN (AN), el escenario más probable es una temporada con una producción de caña AN (BN) con un 82 por ciento (64 por ciento) de probabilidades. Nótese también que las probabilidades para las condiciones (BN, BN) y (AN, AN) son muy bajas.

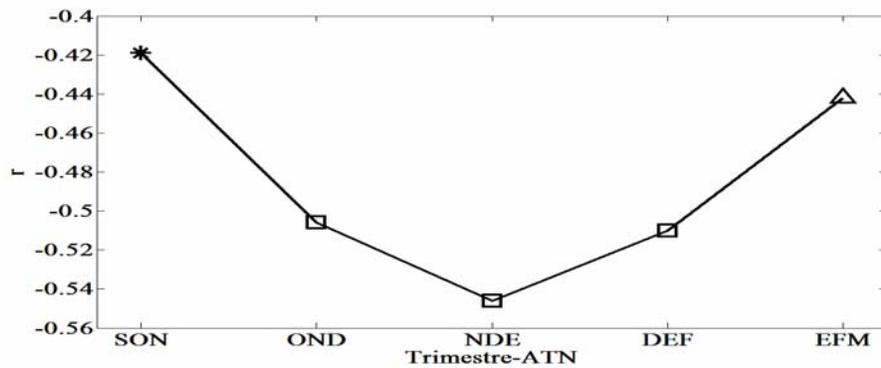


Figura 2. Correlaciones entre distintos trimestres del ATN y la producción de caña para el periodo 1969-2002. Los cuadrados representan una significación estadística mayor al 95%, los triángulos entre 95 y 99% y los asteriscos menor al 90%. La significación estadística de los valores se calculó de acuerdo a Davis (1976).

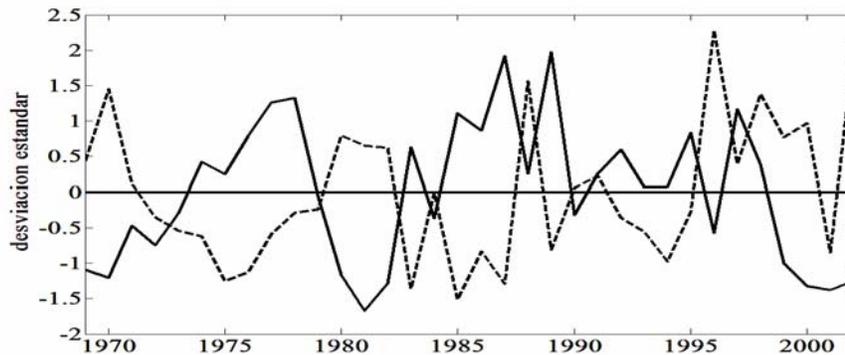


Figura 3. Serie de tiempo normalizada para la producción de caña en Costa Rica sin tendencia (línea continua) y para el índice ATN durante el trimestre nov-dic-ene (línea a trazos). La correlación entre las series es de -0,55, significativa al 95%.

Los años identificados en que el ATN estuvo arriba de lo normal en noviembre-diciembre-enero, y los rendimientos de caña bajo lo normal, fueron: 1969, 1970, 1980, 1981, 1982, 1999, 2000 y 2002 (ver cuadro 1). Por otro lado, los años en los que el ATN estuvo por debajo de lo normal y el rendimiento de caña arriba de lo normal fueron 1974, 1975, 1976, 1977, 1983, 1985, 1986, 1987 y 1989.

Cuadro 1. Probabilidades condicionales -expresadas como porcentajes- entre la producción anual de caña y el índice ATN durante el trimestre nov-dic-ene en el periodo 1969-2002 ($\chi^2 = 22,1^{*}$, donde $\alpha = 0,01 \Rightarrow ***$, $0,05 \Rightarrow **$, $0,10 \Rightarrow *$).**

		Producción de caña (ton/ha)			
		BN	N	AN	
		BN	9***	27	64***
ATN, nov-dic- ene	N	9***	55**	36	
	AN	82***	18**	0***	

Con el fin de encontrar alguna explicación física que justifique los resultados expuestos en el cuadro 1 se realizó el análisis de tabla de contingencia entre las series anuales de ATN-noviembre-diciembre-enero con un índice de precipitación del trimestre febrero-marzo-abril en Costa Rica entre 1965 y 1998, usando los datos compilados por Magaña *et al.* (1999). Así, cuando el ATN-noviembre-diciembre-enero se encuentra bajo lo normal, existe un 55 por ciento de probabilidades de que la precipitación de febrero-marzo-abril se encuentre bajo lo normal; y cuando el ATN-noviembre-diciembre-enero se encuentra arriba de lo normal existe un 64 por ciento de probabilidades de que la precipitación en febrero-marzo-abril esté arriba de lo normal (ver cuadro 2). Lo anterior podría interpretarse de la siguiente manera: anomalías positivas (negativas) en el ATN están relacionadas con una mayor (menor) cantidad de precipitación en Costa Rica, lo que se relaciona a su vez con una menor (mayor) producción de caña, ya que hubo una mayor (menor) cobertura nubosa sobre la región.

Cuadro 2. Probabilidades condicionales, expresadas como porcentajes, entre el índice de precipitación para Costa Rica durante el trimestre feb-mar-abr en el período 1965-1998 y el índice ATN durante el trimestre nov-dic-ene en el periodo 1964-1997 ($\chi^2 = 11,9^{}$, donde $\alpha = 0,01 \Rightarrow ***$, $0,05 \Rightarrow **$, $0,10 \Rightarrow *$).**

		Precipitación (milímetros/día)			
		BN	N	AN	
		BN	55**	36	9***
ATN, NDE	N	18**	55**	27	
	AN	27	9***	64***	

Cuadro 3. Ingresos obtenidos por los productores de caña. 1995-2003. Los valores en cursivas de la séptima columna representan la disminución en los ingresos que coinciden con los análisis realizados del ATN y la disminución en los rendimientos de caña.

Por último, con los datos de productividad se procedió a realizar un cálculo de los ingresos obtenidos por los productores de azúcar en las zafras que van desde la de 1995-1996 hasta la de 2002-2003 (ver cuadro 3): en los años 1999 y 2002, en que el ATN se comporta arriba de lo normal y los rendimientos de la caña debajo de lo normal, los ingresos de los productores de azúcar disminuyeron en relación con el año anterior.

Año/item	Rendimiento de azúcar por tn métrica de caña. Kg/T.M.C. Tel Quel	Precio por kilo de azúcar (colones/kilo)*	Ingreso por tonelada (colones)	Toneladas de azúcar por ha de caña	Ingresos por ha (colones corrientes)	% variación en los ingresos
1995-1996	96,75	79	7.643,25	8,25	63.056,81	-
1996-1997	99,56	91	9.059,96	7,76	70.305,29	11,50
1997-1998	97,26	99	9.628,74	8,65	83.288,60	18,47
1998-1999	96,26	101	9.722,26	8,16	79.333,64	-4,75
1999-2000	102,36	111	11.361,96	7,96	90.441,20	14,00
2000-2001	105,37	122	12.855,14	8,05	103.483,88	14,42
2001-2002	101,84	136	13.850,24	7,84	108.585,88	4,93
2002-2003	102,03	146	14.896,38	7,75	115.446,95	6,32

* Este dato se obtuvo promediando el precio de liquidación del azúcar blanco y crudo por kilo en cada una de las zafras.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de Laica.

Quedó, pues, comprobado que se puede establecer relaciones significativas entre las variables climáticas y la productividad del cultivo de caña, y los ingresos derivados, en Costa Rica. Los productores de caña de azúcar en particular, y otros productores en general, pueden emplear la información climática para planificar sus cultivos y así mejorar los rendimientos y sus ingresos.



Amenaza de lluvia, Nicaragua

Referencias bibliográficas

- Alfaro, E., J. Soley y D. Enfield. 2003. *Uso de una Tabla de Contingencia para Aplicaciones Climáticas*. Espol y Fundespol. Guayaquil.
- Alley, R. et al. 2007. *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Suiza. (<http://www.ipcc.ch>).
- Cane M., G. Eshel y R. Auckland. "Forecasting Zimbabwean maize yield using eastern equatorial Pacific sea surface temperature", en *Nature* 370, 1994.
- Davis, R. "Predictability of sea surface temperature and sea level pressure anomalies over the North Pacific Ocean", en *Journal of Physical Oceanography* 6, 1976.
- Enfield, D. y E. Alfaro. "The dependence of caribbean rainfall on the interaction of the tropical Atlantic and Pacific Oceans", en *Journal of Climate* 12, 1999.
- Kuhnel, I. "Relationships of Australian sugarcane yields to various climatic variables", en *Theoretical and Applied Climatology* 54, 1996.
- Kuhnel, I. "Relationship between the southern oscillation index and Australian sugarcane yields", en *Australian Journal of Agricultural Research* 45(7), 1994.
- Liga Agrícola e Industrial de la Caña de Azúcar. www.laica.co.cr
- Magaña, V. O., J. A. Amador y S. Medina. "The mid-summer drought over Mexico and Central America", en *J. Climate* 12, 1999.
- Oviedo, M., J. Durán y G. Calderón, 2003. *Determinación de la curva de madurez de siete variedades de caña de azúcar en Turrialba, Costa Rica. Serie: Tecnología de caña de azúcar. Documento Técnico. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)*.
- Pulwarty, R., J. Eischeid y H. Pulwarty, "Climate, climate forecasting and sugar production in Trinidad and Tobago: a preliminary analysis", en NOAA. 1997. *Environment, Science and Development (ESD), Helping Society Adapt to Climate Through the Use of Science and Technology, Sectoral Applications Research Program*. Climate Program Office, NOAA. EU.
- Retana, J. "Relación entre la temperatura superficial del mar (TSM) y anomalías de temperatura del aire en el Pacífico norte de Costa Rica durante años ENOS como posible predictor de potencialidad de plaga de langosta", en *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 10(1), 2003.
- Retana, J. "Relación entre algunos aspectos climatológicos y el desarrollo de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* en el Pacífico Norte de Costa Rica durante la fase cálida del fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS)", en *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 7(2), 2000.
- Retana, J. y R. Rosales. "Efecto de la variabilidad climática sobre la producción bovina de carne en la región Chorotega de Costa Rica", en *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 8(1), 2001.
- Retana, J. et al. "Efecto de la variabilidad climática sobre la fluctuación poblacional de la rata cañera (*Sigmon hispidus*) en Cañas, Guanacaste", en *Boletín Meteorológico* (Instituto Meteorológico Nacional) 22(8), 1999.
- Villalobos, R. "Impacto del fenómeno "El Niño" sobre la producción de arroz y frijol en dos regiones agrícolas de Costa Rica", en *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 8(1), 2001.
- Villalobos, R., J. Retana y A. Acuña. "El Niño y los incendios forestales en Costa Rica", en *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 7(1), 2000.

