

EFFECTO DE LA VARIABILIDAD CLIMATICA SOBRE LA FLUCTUACION POBLACIONAL DE LA RATA CAÑERA (*Sigmodon hispidus*) EN CAÑAS, GUANACASTE

José Retana, Manuel Solera, Johnny Solano¹
INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL, GESTION DE DESARROLLO
Hernán Álvarez²
INGENIO TABOGA, MANEJO DE PLAGAS

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre el comportamiento de las poblaciones de rata cañera (*Sigmodon hispidus*) reportado desde 1980 a 1995 en Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste. Las fluctuaciones poblacionales fueron relacionadas con las condiciones climáticas provocadas por el fenómeno oceánico-atmosférico de El Niño-Oscilación Sur (ENOS) de acuerdo al registro de la estación meteorológica ubicada en Ingenio Taboga. El ENOS generalmente produce condiciones secas en el Pacífico Norte de Costa Rica, haciendo disminuir la precipitación anual hasta en un 22% de su valor normal. Durante años ENOS la temperatura ambiental puede aumentar entre 0.3 y 0.4 °C durante la época lluviosa y 0.3 a 0.6°C durante el veranillo (julio-agosto). Se encontraron diferencias significativas (≤ 0.05) entre el número porcentual de roedores durante años ENOS y años no ENOS. Durante años ENOS la población decrece un cuatro por ciento. Se correlacionaron los datos de población anual con los de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima anuales, del período seco (enero-mayo), del período lluvioso (abril-diciembre) y del veranillo (julio-agosto). Los mejores resultados se obtuvieron con modelos regresivos múltiples para el período del veranillo (r^2 0.33), siendo el mes de julio el que da la mejor determinación (r^2 0.84). En cuanto a la temperatura, se encontró que la temperatura mínima (nocturna) tiene mayor influencia que la temperatura máxima (diurna), sobre las fluctuaciones de la población de ratas cañeras. El mejor coeficiente de correlación se encontró para la temperatura mínima anual (r^2 0.30). Tanto para la temperatura máxima como para la mínima, las correlaciones son inversas, en otras palabras, al aumentar la temperatura disminuye la población de ratas.

1. INTRODUCCION

El océano y la atmósfera, son los componentes más importantes del sistema que determina las fluctuaciones no estacionales del clima. Los eventos de esta naturaleza mejor conocidos y que ocasionan la mayor variación interanual son El Niño y la Oscilación del Sur (Wyrтки 1986). El primero se refiere a una contracorriente anómala de aguas cálidas que viajan del Pacífico Suroeste Tropical hacia la costa pacífica de América del Sur, desplazando las usuales aguas frías de la corriente de Humbolt. El segundo término se refiere a la oscilación de la presión barométrica entre el extremo este y oeste del Pacífico Sur. Cuando la presión aumenta en el Pacífico Este Tropical, disminuye en el Pacífico Oeste y viceversa (Wallace y Vogel 1994). Esta diferencia de presiones maneja la mecánica de los vientos del este hacia el oeste del Pacífico (Foerster 1997). Aunque estos dos eventos eran conocidos por la comunidad científica desde principios de siglo, no fue sino hasta 1969 cuando Jakob Bjerknes dio evidencia de su relación (Rasmusson y Wallace 1983, Wyrтки 1986). El término ENOS (El Niño-Oscilación Sur) se acuñó entonces para indicar la migración de corrientes marinas anormalmente cálidas del Pacífico oeste hacia el Pacífico este, con un simultáneo aumento de la presión atmosférica en el oeste y una disminución en el este. Bajo este concepto se utilizarán las siglas ENOS en este estudio.

El ENOS se presenta en forma recurrente, sin un período definido y con magnitud variada. Según su duración e intensidad, ocasiona importantes efectos en el clima a escala planetaria, alterando los patrones normales de comportamiento de la precipitación y la temperatura ambiental principalmente. Estos cambios del clima, impactan en todo el mundo, a una gran variedad de sistemas biológicos (marinos, costeros, flora y fauna silvestre) así como muchas de las actividades productivas del hombre (pesca, turismo, generación hidroeléctrica, comunicaciones, agricultura). Algunos sistemas naturales se han adaptado en cierto grado a

¹ Instituto Meteorológico Nacional. Apdo: 5583-1000 San José. Fax :2231837 Email: jretana@meteo.imn.ac.cr

² Ingenio Taboga. Departamento Agrícola. Control de Plagas. Tel: 6740210 Email: htaboga@sol.racsa.co.cr

estos disturbios acíclicos, por medio de la regulación de sus poblaciones y la producción de biomasa. Un caso típico, lo constituyen las plagas agrícolas, cuyas fluctuaciones poblacionales se ven altamente influenciadas por el clima (Calvo y Fuentes 1980; Porter *et al.* 1991, Morishita 1992)

Los efectos de las altas temperaturas y una irregular distribución de lluvias, como las que suelen acompañar la presencia de ENOS en algunas zonas del planeta, pueden provocar un aumento en la población de insectos con alta potencialidad de plaga, como en el caso de la langosta y saltahojas (Morishita 1992, Retana 1996, Cornford 1996, Salinger *et al.* 1997, La República 1997), mosquitos, gusanos y otros como los roedores, que se encuentran influenciados por la lluvia y por la temperatura (SUMMA 1996, Sivakumar 1997). Períodos prolongados de sequía en regiones húmedas o lluvias torrenciales en áreas normalmente secas, tienden a favorecer las llamadas pestes oportunistas como lo son los roedores y a la vez hacen más difícil la sobrevivencia de sus predadores naturales. Durante el ENOS de 1994, el gobierno Indio invirtió más de \$2000 millones para hacer frente a una plaga de ratas que surgió luego de una ola de calor que duró 90 días (SUMMA 1996).

En 1993, una sequía seguida de lluvias torrenciales hizo que la población de ratones en el suroeste de Estados Unidos se multiplicara por diez, lo que generó el surgimiento de un hantavirus pulmonar mortal (SUMMA 1996, Mills y Childs 1998). Durante el evento ENOS de 1958, las poblaciones de ratas fueron extremadamente altas en Nuevo México, encontrándose poblaciones en zonas de pasturas abandonadas y hábitats marginales (http://www.fw.vt.edu.fishex/nmex_main/species/050610.htm).

2. LA RATA CAÑERA Y LA VARIABILIDAD CLIMATICA

Desde el punto de vista agrícola, los múridos, son las plagas de mamíferos más perjudiciales, no solo por los daños directos causados por consumo de cereales y granos, sino por la excavación de galerías subterráneas que algunas especies construyen. En este grupo se incluyen roedores como las ratas (López y Bayona 1983).

La rata cañera o rata del algodón *Sigmodon hispidus*, es uno de los mayores limitantes para la producción de caña de azúcar a nivel mundial. En México se han reportado pérdidas de 20 t/ha, y en Guatemala las pérdidas pueden llegar hasta un 40% del total de producción (Dieseldorft 1993). Según Alvarez (1998), las disminuciones en el rendimiento pueden ser del orden de un 60%. El mismo autor menciona que en regiones tropicales, las pérdidas anuales de un 10%, se traducen en 5 millones de toneladas de azúcar.

Estos roedores viven en poblaciones densas que fluctúan debido a varios factores aún no bien entendidos. En condiciones naturales las poblaciones son grandes. La hembra es sexualmente madura a los 30 o 40 días, mientras que el macho está preparado a los 60 días. El período de gestación es de 27 días y la camada es normalmente de 12 ratoncitos. Por lo tanto una sola pareja en potencia puede dar origen a unos 35000 individuos por año (Gispert 1991). Sin embargo, la rata cañera al igual que otros congéneres, tienen un alto sentido de control poblacional, ya sea por canibalismo (Gispert 1991) o bien por dispersión. Se han encontrado correlaciones positivas entre la dispersión y la densidad de la población (http://www.fw.vt.edu.fishex/nmex_main/species/050610.htm). Tanto en la dispersión como en la emigración, las barreras naturales (micro flora y geografía) no son un obstáculo para su avance, a parte de que son buenas nadadoras (Bowne *et al.* 1998).

Uno de los principales factores que pueden afectar las variaciones poblacionales de la rata cañera, es el clima. Elementos meteorológicos como la temperatura y la precipitación, han sido exitosamente relacionados a las fluctuaciones de las poblaciones de otras plagas como la langosta y otros acrididos (Retana 1996, Morishita 1992, Rainey 1963). La precipitación incide decididamente en la oferta alimenticia, dado que estos mamíferos son principalmente vegetarianos, aunque ocasionalmente pueden alimentarse de insectos y otros animales pequeños. Según Hilscher-Conklin (1997), las ratas en condiciones naturales pueden utilizar la agresión y el canibalismo como arma para asegurar la sobrevivencia del grupo en épocas de altas densidades y baja oferta alimenticia. Se esperaría entonces que en años con disminuciones importantes de las precipitaciones y que afecten negativamente la producción agrícola y de pastos, las poblaciones de ratas disminuyan por mecanismos de autorregulación. Modelos predictivos de altas poblaciones, utilizadas para disminuir el riesgo de contagio de enfermedades portadas por las ratas cañeras,

han sido desarrollados experimentalmente en Argentina. Estos modelos asumen que la población crece por efecto de la precipitación sobre la vegetación y los insectos blanco de alimento de las ratas (Mills y Childs 1998). En este mismo sentido, Humbert (1968) cita que en México, los daños en cañaverales causados por ratas, disminuyen cuando la estacionalidad favorece el espigamiento y cosecha de cultivos próximos como arroz y maíz. Las altas precipitaciones parecen tener un efecto significativo en la densidad de población. Fauconnier y Bassereau (1975) indican que bajo ciertas circunstancias de fuertes lluvias, los ataques de ratas toman proporciones epidémicas, como sucedió en Guyana con pérdidas de 12500 toneladas métricas de caña de azúcar.

Por otra parte, la temperatura puede jugar un papel importante en cuanto al confort térmico del organismo y su acción sobre la succulencia de pastos y gramíneas, que son su principal fuente alimenticia. Se ha reportado que la especie se ve limitada a zonas con una temperatura media anual de 12.8°C y por lo menos 180 días como estación de crecimiento de cultivos (http://www.fw.vt.edu.Fishex/nmex_main/species/050610.htm).

3. LA VARIABILIDAD CLIMATICA DE LA ZONA

La estación meteorológica de Ingenio Taboga se localiza en el cantón cuarto (Cañas), de la provincia de Guanacaste. Geográficamente se sitúa en la cuenca del río Tempisque, en la llanura aluvial de este valle, en cercanías al río Bebedero. El relieve es plano ondulado con pendientes de 5 a 15% (Van Ginneken y Calderón 1978). Según Gómez (1984) el tipo de vegetación que presenta la zona es el Bosque Siempre Verde Estacional de Bajura, con una vegetación arbustiva y bosques aislados. Los suelos son inceptisoles principalmente *Ustic dystropept* asociado con suelos arcillosos y pedregosos; además se presentan suelos latosoles pardos y pardo amarillentos (IMN 1992). De acuerdo con Alpízar (1999)³ la estación Ingenio Taboga forma parte de la zona de vida llamada Bosque Húmedo Premontano Transición a Tropical.

La estación lluviosa en promedio, se presenta a finales de mayo y concluye en noviembre. Entre julio y agosto se presentan períodos cortos de ausencia de lluvias fuertes conocidos como los veranillos. Los meses de setiembre y octubre son los más lluviosos. El clima se clasifica como subhúmedo seco, muy caliente, con exceso moderado de agua en agosto, setiembre y octubre. La precipitación promedio anual para un registro de 23 años es de 1624 mm. En los meses de agosto, setiembre y octubre la precipitación acumulada en promedio es de unos 829 mm, lo que representa el 51% del total anual de la lluvia. De diciembre hasta abril la lluvia contribuye con 75 mm aproximadamente, lo que significa 4.6 % del total anual (IMN 1992).

La temperatura media mensual presenta poca variación de un mes a otro siendo esta de 27.7 °C, la amplitud entre la temperatura máxima y la mínima es de 8.5 C°. La temperatura máxima promedio anual es de 32.2 C°. La mínima promedio anual es de 23.1C°. La duración teórica de brillo solar es de 12.6 horas aproximadamente. Los meses más soleados son: enero, febrero, marzo y abril, con aproximadamente 9.8 horas de brillo solar por día. Los meses más nublados son agosto y setiembre con un promedio de 5.4 horas. La humedad relativa promedio anual en esta zona de Taboga es de un 75%, caracterizándose por presentar durante la estación seca un valor medio diario de 60% y sube a 81 u 85% en la estación lluviosa.

En general en toda la provincia de Guanacaste predomina el viento alisio del noreste y este con velocidades promedio anual de 12.8 Km/h. En la estación seca predominan los vientos con velocidad horaria de 60 a 70 Km/h, mientras que en la época lluviosa incursionan los oestes ecuatoriales y la brisa de mar.

Las condiciones climáticas citadas presentan variaciones año con año debido a diferentes fenómenos atmosféricos (huracanes, bajas presiones, etc). La fase cálida de ENOS, es la mayor fuerza de variabilidad climática conocida, y en nuestro país provoca alteraciones en los patrones normales de los diferentes parámetros meteorológicos. Varios autores (Ramírez 1990, Alfaro y Amador 1996, Vega y Stolz 1997) concuerdan con que durante años ENOS, en la vertiente del Pacífico de Costa Rica, se presentan disminuciones en las cantidades normales de precipitación anual y en su distribución a lo largo del año.

³ Alpízar, E. 1999. Zonas de vida correspondientes a la Península de Nicoya. Consultor forestal del Centro Científico Tropical. (Comunicación personal)

Para Fernández y Ramírez (1991) cuando se presenta ENOS la estación lluviosa es irregular y la estación seca siguiente tiende a ser más cálida y seca de lo normal. Incluso, en el Pacífico seco, la estación lluviosa puede terminar dos o tres semanas antes. Vega y Stolz (1997) afirman que la principal manifestación de ENOS en el clima general del país, es el incremento anómalo del viento Alisio, lo cual inhibe la formación de importantes sistemas nubosos que puedan precipitar en el Valle Central y la vertiente del Pacífico. Según Stolz y Sánchez (1998) en la vertiente Pacífica el promedio de lluvias durante ENOS es inferior a lo normal con déficits de 30 o 40%.

Durante ENOS, en la vertiente del Pacífico, se presenta una prolongación del veranillo (entre julio y agosto) registrándose una mayor cantidad de días secos por mes (Ramírez 1990, Fernández y Ramírez 1991, Vega y Stolz 1997).

Con relación a las temperaturas medias mensuales, Fernández y Ramírez (1991) encontraron durante años ENOS un aumento de más de un grado centígrado, produciendo una estación seca más cálida. Esto concuerda con lo analizado por Alfaro y Amador (1996), quienes estudiaron registros de temperatura de estaciones del Atlántico, el Valle Central y el Pacífico Norte. Encontraron una buena relación entre las anomalías positivas de temperatura máxima y la ocurrencia de ENOS, lo que implica condiciones más cálidas durante los años de este fenómeno. Stolz y Sánchez (1998) mencionan que las anomalías positivas son del orden de 1 a 2°C, pero ocasionalmente pueden llegar hasta 4°C como sucedió durante 1997 en Guanacaste, Puntarenas y el Valle Central. De igual forma, Retana (1996) encontró una correlación de 0.76% entre las temperaturas medias de las zonas de Liberia y La Guinea en Guanacaste y las temperaturas superficiales del mar (TSM) de la Región Niño 3, que es una de las regiones más importantes en el monitoreo del ENOS.

4. METODOLOGIA

Los registros de precipitación y temperatura de Ingenio Taboga, se estudiaron en relación con el efecto anual que puede provocar el ENOS respecto del valor medio de cada serie. Para este análisis se consideró como año ENOS aquel que presente temperaturas superficiales del mar (TSM) en la Región Niño 3 (entre los 5°N y 5°S, 150°O y 90°O del Océano Pacífico) superiores a 0.5°C de su valor normal y que se mantengan en, o sobre este valor, por lo menos durante 6 meses en forma consecutiva. Según la serie histórica de TSM desde 1969 a 1997, los años ENOS han sido 1969, 1972, 1976, 1977, 1982, 1983, 1986, 1987, 1991, 1992, 1993, 1994 y 1997.

Los datos de población porcentual de ratas (1980-1995) se arreglaron en un modelo irrestricto al azar con dos tratamientos y ocho repeticiones: años ENOS (1982, 1983, 1986, 1987, 1991, 1992, 1993, 1994) y años no ENOS (1980, 1981, 1984, 1985, 1988, 1989, 1990, 1995). Se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas. Los promedios fueron analizados por el método de Duncan para separación de medias.

Para establecer relaciones entre los datos poblacionales y las variables meteorológicas, las series de información fueron transformadas como anomalías normalizadas. Con esto se asegura eliminar efectos de ciclos anuales tal y como lo proponen Tanco y Berri (1995) y Alfaro y Amador (1996). Se utilizaron modelos regresivos múltiples y lineales entre las series de población y las series de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima. Para detallar las relaciones encontradas, las series de las variables meteorológicas fueron divididas en cuatro períodos: anual, seco (de enero a mayo), lluvioso (de abril a diciembre) y veranillo (de julio a agosto).

5. RESULTADOS

5.1. Efecto de ENOS sobre el clima de Taboga

Tal y como se observa en el gráfico 1, algunos de los principales mínimos de la precipitación anual registrada en Ingenio Taboga, corresponden a años ENOS (1972, 1982, 1983, 1987). Según una metodología para caracterizar registros de lluvia propuesta por Villalobos y otros (1997), el 54% de los años ENOS

registrados en esta zona, corresponden a años secos, donde en promedio, la precipitación anual ha disminuido un 22% con respecto a su valor normal. De un total de nueve años clasificados como secos (precipitación anual < 1300 mm), siete han sido años ENOS. La mayor parte de estos años se han caracterizado por presentar un veranillo prolongado, con un importante déficit hídrico principalmente durante el mes de julio. El promedio de este mes durante ENOS es de 98.1 mm, en comparación con los 170.0 mm promedio que precipitan durante años considerados normales. Es necesario destacar que no todo año ENOS ha sido seco en la zona, sin embargo en términos de probabilidad, cuando se presenta un evento ENOS lo más frecuente es que el comportamiento anual tienda a ser seco.

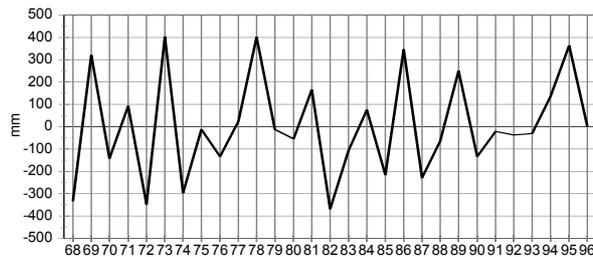


Gráfico 1. Anomalías normalizadas de la precipitación en Ingenio Taboga. Cañas

Es evidente que el fenómeno ENOS tiene grandes probabilidades de contribuir con la disminución de los totales anuales de precipitación observados en la zona, sin embargo, no todos los eventos de este tipo tienen este efecto tan marcado. En cuanto a la temperatura ambiente se refiere, la temperatura máxima tiende a subir durante los años ENOS, como se aprecia en el gráfico 2.

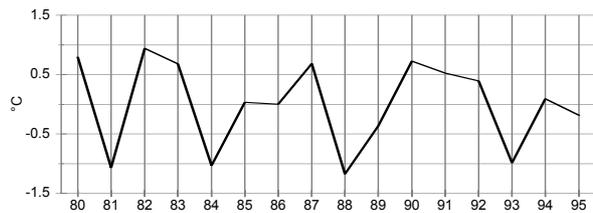


Gráfico 2. Anomalías normalizadas de la temperatura máxima. Ingenio Taboga

Durante los eventos ENOS de 1982, 1983, 1987, 1991 y 1992 la temperatura máxima ha subido en promedio anual, 0.5°C por encima del valor normal. Estudios realizados en el Instituto Meteorológico Nacional, indican que durante ENOS, la temperatura máxima en la cuenca baja del Tempisque, puede aumentar entre 0.3 y 0.4°C durante la época lluviosa, y entre 0.3 y 0.6°C durante el veranillo. La temperatura mínima o nocturna, no pareciera tener una fuerte relación con los eventos ENOS, tal como se muestra en el gráfico 3.

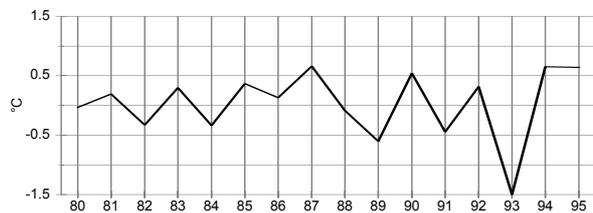


Gráfico 3. Anomalías normalizadas de la temperatura mínima. Ingenio Taboga

El comportamiento de la serie es errática. No se encuentra un patrón definido durante ENOS. Por ejemplo, 1982, 1991 y 1993 presentan valores negativos, mientras 1983, 1986, 1987, 1992 y 1994 muestran valores positivos.

5.2. Efecto de ENOS sobre la población de rata cañera

El análisis de varianza (cuadro 1) revela que existen diferencias significativas en la población de ratas capturadas durante años ENOS y años no ENOS. En el cuadro 2, se analizan estas diferencias.

Cuadro 1. ANDEVA para la población de ratas cañeras (*Sigmodon hispidus*).
Ingenio Taboga 1980-1995

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC
Tratamientos	1	69.3057	69.3057	4.943182
Error	14	196.2865	14.02046	
TOTAL	15	265.5992		

Coefficiente de variación: 83.84%

Significancia: sí

Cuadro 2. Separación de medias Duncan para la población de ratas cañeras (*Sigmodon hispidus*).
Ingenio Taboga 1980-1995

RMS 0.05 4.011
RMS 0.01 5.573

	2.3850
6.5475	4.1625*

*Significativo al 5%

Durante años ENOS, la población trampeada disminuye significativamente (α 0.05) en un 4% de su población habitual. Las condiciones climáticas más probables provocadas por ENOS (disminución de lluvias y aumento de la temperatura máxima), pueden ser responsables indirectos de la baja en la población. Períodos secos y calientes prolongados, hacen disminuir la oferta alimenticia de cultivos agrícolas, silvestres y pastos. Estudios del IMN han encontrado disminuciones importantes durante algunos años ENOS en cultivos como arroz en la zona Chorotega. Por otro lado, períodos de sequía alteran la succulencia de pastos, disminuyendo la concentración nutricional por efecto de lignificación de las paredes celulares y deshidratación. Estas condiciones promoverían el autocontrol de las poblaciones de ratas, tal y como lo mencionan Hilscher-Conklin (1997) y Gispert (1991).

5.3. Efecto de la variabilidad climática sobre la población de rata cañera

La dinámica poblacional de ratas cañeras puede responder a elementos meteorológicos como la precipitación y la temperatura ambiental, en el tanto que éstos afecten decididamente la oferta de alimentos primarios de los roedores. Dado el tipo de relieve que se presenta en la zona de estudio (plano ondulado), y según lo reportado por Bowne *et al.* (1998), la sobreoferta alimenticia como consecuencia de años lluviosos y con temperatura normal, produciría el movimiento de poblaciones importantes de ratas hacia los terrenos donde puedan encontrar alimentos primarios, sin importar el tipo de barreras físicas que se encuentren.

5.3.1. Efecto de la precipitación

El análisis de regresión se realizó para la población de ratas y cuatro períodos de precipitación: anual, época seca (de enero a mayo), época lluviosa (de abril a diciembre) y veranillo (julio y agosto). De esta forma se trató de determinar el período del año de mayor influencia en los movimientos poblacionales interanuales de la rata cañera.

La mejor relación encontrada fue durante el veranillo, que ocurre entre los meses de julio y agosto. El índice de correlación (r) entre variables fue de 0.57 mientras que el coeficiente de determinación (r^2) fue de 0.33. La precipitación acumulada entre julio y agosto, explica parte de las variaciones en la población de ratas cañeras, tal y como puede observarse en el gráfico 4, donde las correspondencias de picos máximos y mínimos son notorias.

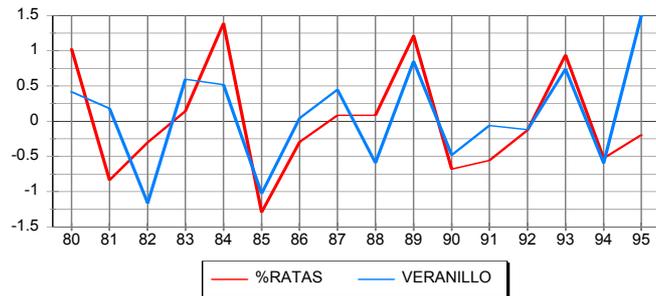


Gráfico 4. Anomalías normalizadas de la precipitación acumulada durante el verano (mm) y la población anual de ratas cañeras (*Sigmodon hispidus*). Ingenio Taboga, Cañas.

Un análisis de regresión de cada mes por separado, indica que el mes de julio es el que tiene mayor peso en la relación, tal y como se aprecia en el diagrama de dispersión (gráfico 5)

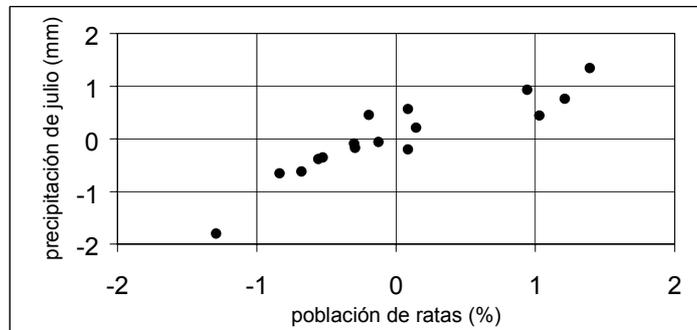


Gráfico 5. Diagrama de dispersión entre las variables normalizadas de población de ratas (*Sigmodon hispidus*) y la precipitación de julio. Ingenio Taboga, Cañas.

Se encontró una relación (coeficiente de correlación) de 0.92, que corresponde a un coeficiente de determinación del 84% (r^2 0.84). En otras palabras, aplicando un modelo regresivo entre las variables normalizadas, la precipitación de julio en el Ingenio Taboga, puede explicar hasta un 84% de la fluctuación interanual de la población de ratas cañeras dentro del ingenio tal y como se puede apreciar en el gráfico 6.

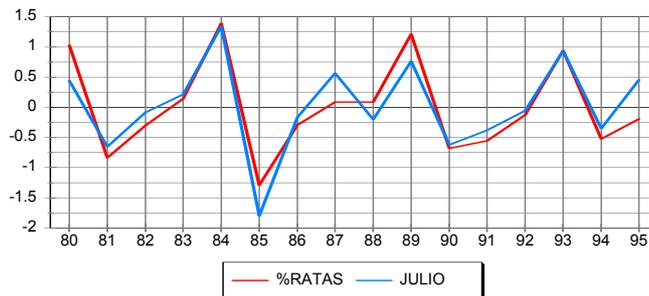


Gráfico 6. Anomalías normalizadas de la precipitación acumulada durante julio (mm) y la población anual de ratas cañeras (*Sigmodon hispidus*). Ingenio Taboga, Cañas

5.3.2. Efecto de la temperatura

Un análisis semejante al practicado a la precipitación, se realizó para evaluar tanto la temperatura máxima como la temperatura mínima. Los índices de relación encontrados aplicando un modelo de regresión simple, fueron los siguientes

VARIABLES DE RELACION	CORRELACION (r)	DETERMINACION (r ²)
Temperatura mínima anual vs población	-0.55	0.30
Temperatura mínima en período seco vs población	-0.51	0.26
Temperatura mínima en período lluvioso vs población	-0.45	0.20
Temperatura mínima en el veranillo vs población	-0.23	0.05
Temperatura máxima anual vs población	-0.26	0.07
Temperatura máxima en período seco vs población	-0.34	0.11
Temperatura máxima en período lluvioso vs población	-0.11	0.01
Temperatura máxima en el veranillo vs población	-0.31	0.10

El modelo aplicado no explica satisfactoriamente las relaciones entre la temperatura ambiental y el flujo poblacional de la rata cañera en el Ingenio Taboga. La mejor correlación se presenta entre la temperatura mínima anual y la población ($r^2=0.30$). Aunque las relaciones son estadísticamente bajas, los resultados indican que la temperatura ambiental afecta en forma inversa la densidad de población. Altas temperaturas corresponden a bajas densidades de población y viceversa. Este efecto se nota más fácilmente con la temperatura nocturna, tal y como se presenta en el gráfico 7.

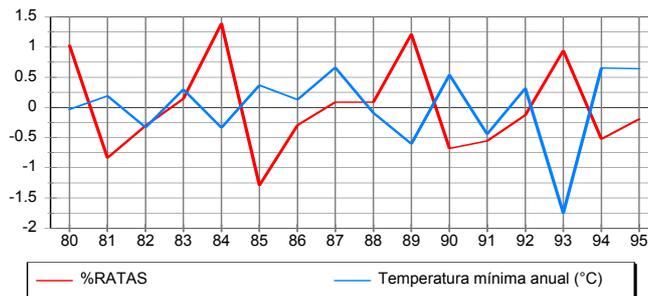


Gráfico 7. Anomalías normalizadas de la temperatura mínima anual y la población anual de ratas cañeras (*Sigmodon hispidus*). Ingenio Taboga, Cañas

Como se observa en el gráfico 7, picos máximos importantes en la densidad de población, se relacionan adecuadamente con disminuciones importantes de la temperatura mínima. La tendencia general es que al bajar la temperatura nocturna (mínima), la población aumenta. Esto se explica por los hábitos nocturnos de los roedores, quienes responden mejor a la temperatura de este período que a la temperatura diurna (máxima). Aunque la población anual de ratas no muestra una dependencia estadística importante con la temperatura máxima, esta incide directamente sobre la eficiencia en la utilización del recurso hídrico tanto de roedores como de cultivos. La demanda ambiental creciente por elevaciones importantes de la temperatura durante el día, hacen incrementar la evaporación y la transpiración de los organismos, con consecuencias directas en el gasto energético de mantenimiento. Por otra parte, la temperatura máxima juega un papel importante en la tasa de crecimiento de pastos y gramíneas agrícolas como la caña de azúcar. Conforme se acelere el proceso, estas plantas tienden a lignificar sus paredes, aislando materiales nutritivos a la acción digestiva (Plasse y Salom 1979). Según Humbert (1968), las hembras preñadas tienen altos requerimientos en fósforo para el mantenimiento y desarrollo del feto. Este elemento es tomado principalmente de los tallos tiernos de la caña de azúcar. En épocas secas, la disponibilidad del nutriente tendería a bajar rápidamente en períodos cortos de tiempo, debido a la deshidratación y el crecimiento de la gramínea.

6. Conclusiones

La época del veranillo es uno de los períodos del año más afectados durante los eventos ENOS. En términos generales, la precipitación es deficitaria, con mayor número de días secos y entre 0.3 y 0.6°C sobre el promedio diario de temperatura máxima. Una buena caracterización de estos episodios, se convertiría en herramienta fundamental para estimar los movimientos de la población de la rata dentro del cañaveral y así planificar mejor su lucha y control.

La precipitación del mes de julio responde positiva y significativamente a la densidad de la población de la rata cañera. Aumentos en la precipitación de este mes, se traducen en aumentos en la población anual de rata. La temperatura nocturna afecta más que la diurna. La relación entre temperatura y densidad de población es inversa.

Condiciones secas y cálidas, como las que tienen mayor probabilidad de suceder durante el desarrollo de un evento ENOS, son desfavorables para la población de estos roedores muy probablemente por la disminución de la oferta de alimento y agua. Por el contrario, condiciones atmosféricas favorables a la producción de materia verde (pasto y cultivos), se traducen en un aumento de individuos dentro del cañal. Bajo estas consideraciones, la rata cañera tiene la facultad de controlar la densidad de población en función de las condiciones extremas del clima, demostrando ser una especie adaptable a la variabilidad climática por medio de regulaciones en la producción de biomasa (reproducción).

Alertas tempranas del tiempo atmosférico y pronósticos de eventos meteorológicos extremos, como ENOS por ejemplo, constituyen una herramienta importante para ser integrada dentro de la planificación fitosanitaria de los ingenios. En el caso específico de Ingenio Taboga, el control y caracterización de la precipitación durante el veranillo puede proyectar estimaciones anuales de población de *Sigmodon hispidus*, lo cual puede significar un ahorro en el costo de medidas de control, al planificar estas para dos densidades diferentes.

La calificación y/o cuantificación del impacto de las fluctuaciones del clima sobre la actividad agrícola resulta importante para la toma de decisiones a mediano plazo puesto que El Niño seguirá acompañando la actividad del hombre como un medio natural de variabilidad climática interanual. De un manejo adecuado de la situación, depende en mucho la labor futura de adaptabilidad, la mitigación de efectos negativos y la mejor utilización de recursos.

Referencias bibliográficas

- Alfaro, E.; Amador, J. 1996. El Niño Oscilación del Sur y algunas series de temperatura máxima y brillo solar en Costa Rica. *Tópicos meteorológicos y oceanográficos*. 3(1):19-26.
- Alvarez, H. 1998. Importancia de los roedores como plaga en la caña de azúcar. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste. 15p.(correspondencia personal)
- Bowne, D.; Peles, J.; Barrett, G. 1998. Rat tales and landscape lessons: the effects of landscape spatial structure on movement patterns of the hispid cotton rat. *Enviro-Days* 1998. (<http://evsc.virginia.edu/~evscgsa/envirod98/envirod989821129.html>)
- Calvo, C.; Fuentes, G. 1980. Fluctuación de la población del áfido *Myzus persicae* (Sulzer), en un bosque húmedo premontano, Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. (4)1:15-19.
- Cornford, S. 1996. Informes sobre la langosta del desierto y algunas otras plagas en 1995. *Boletín de la OMM*. 45(4):382-383.
- Dieseldorf, F. 1993. Daños provocados por ratas cañeras y técnicas de control. *Agroindustria*. 21(154):4
- Fauconnier, R.; Bassereau, D. 1975. La caña de azúcar. *Agricultura Tropical*. Editorial Blume. Primera edición. Barcelona, España: 142.

- Fernández, W.; Ramírez, P. 1991. El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: Una revisión. *Tecnología en Marcha*. 11(1):3-10.
- Foerster, J. 1997. El Niño and the upcoming winter. *On the Front*. (7)3: 10-13.
- Gispert, C. 1991. *Historia Natural*. Tomo I: Vertebrados. Editorial Océano. Instituto Gallach. Barcelona, España. 186p.
- Gómez, L. 1984. *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Editorial UNED, San José, Costa Rica.
- Hilscher-Conklin, C. 1997. *Rattus biologicus: aggression in rats*. *Rat and mouse gazette*. March-april. Sp. (<http://www.rmca.org/Gazette/aggression.htm>).
- Humbert, R. 1968. *The growing of sugar cane*. Elsevier Publishing Company. Amsterdam, Holland. 687p.
- IMN.1992. Descripción preliminar del clima de Taboga-Cañas, Guanacaste. Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas. Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica.
- La República. 1997. Emergencia nacional por El Niño. La República, San José (C.R.); Set.2:5A.
- López, C.; Bayona, R. *Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera*. Los fundamentos de la agricultura. Vol I. Editorial Océano. España, 1984.
- Mills, J.; Childs, J. 1998. Ecologic studies of rodent reservoirs: their relevance for human health. *Emergin infectious diseases*.4(4):sp.
- Morishita, M. 1992. A possible relationship between outbreaks of planthoppers, *Nilaparvata lugens* Stal and *Sogatella furcifera* Horvath (hemiptera: delphacidae) in Japan and the El Niño phenomenon. *Applied Entomology Zoology*.27(2):297-299.
- Porter, J.; Parry, M.; Carter, T. 1991. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and Forestry Meteorology*.57:221-240
- Rainey, R. 1963. *Meteorology and the migration of desert locusts*. World Meteorology Organization. Technical note 54. Geneva, Switzerland. 115p.
- Ramírez, P. 1990. El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur. *Boletín Meteorológico*. Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas. Instituto Meteorológico Nacional. Costa Rica. Año XIV-Abril:3-5.
- Rasmusson, E.; Wallace, J. 1983. Meteorological aspects of the El Niño/Southern Oscillation. *Science* (222):1195-1202.
- Retana, J. 1996. El ENOS como posible predictor de potencialidad de plaga de langosta. In: Berry, G. 1996. 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. IRI-IMN. 26-30p.
- Salinger, M.; Desjardins, R.; Jones, M.; Sivakumar, M.; Strommen, N.; Veerasamy, S.; Lianhai, W. 1997. *Climate variability, agriculture and forestry: an update*. World Meteorological Organization. Technical Note N°199. WMO841. Geneva, Switzerland. 51pp.
- Sivakumar, M. 1997. Tropical and subtropical agriculture. In: Salinger, M.; Desjardins, R.; Jones, M.; Sivakumar, M.; Strommen, N.; Veerasamy, S.; Lianhai, W. 1997. *Climate variability, agriculture and forestry: an update*. World Meteorological Organization. Technical Note N°199. WMO841. Geneva, Switzerland. 20-24p.
- Stolz, W.; Sánchez, M. 1998. Costa Rica: El Niño, la prensa y los servicios meteorológicos para el público. *OMM*. 47(3):295-196.
- SUMMA 1996. El mundo tiene fiebre. SUMMA. Medio Ambiente. Edición 28. Set:26-28.
- Tanco, R.; Berri, G. 1995. CLIMLAB (preliminary version). IRI. IRIP-AL 95/2. 43pp
- Van Ginneken, P.; Calderón, R. 1978. Mapa de categorías de pendientes. Oficina de Planificación Agropecuaria. San José, Costa Rica. Escala 1:200000

Vega, G.; Stolz, W. 1997. El fenómeno de "El Niño" y su impacto en la economía de Costa Rica. Oficina de pronósticos. Instituto Meteorológico Nacional. Folleto informativo. San José, Costa Rica. 9pp.

Villalobos, R.; Retana, J.; Zúñiga, B.; Ríos, A. 1997. Pronóstico de la precipitación total anual para la Región Chorotega mediante un método de asociación de grupos de años. Instituto Meteorológico Nacional. Gestión de Desarrollo. Nota Técnica N°6:9p.

Wallace, J.; Vogel, S. 1994. El Niño and climate prediction. Reports to the nation on our changin planet. National Oceanic and Atmospheric Administration Award (NOAA).24p

Wyrski, K. 1986. Research on El Niño. In: El Niño phenomenon and fluctuations or climate. Lectures presented at the thirty-sixth session of the WMO Council. World Meteorological Organization. WMO. N°649. Geneva, Switzerland. 31-41p.