

## 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).

JOSÉ A. RETANA B.<sup>1</sup>

Gestión de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional

(Recibido 8 de junio 2000, aceptado 17 de octubre 2000 )

### ABSTRACT

Environmental temperature, relative humidity, precipitation and solar radiation are meteorological elements that affect distribution, growth rate, reproduction, migration and adaptation ways of insects. Some physiological activities of locust are influenced by climatic patterns and season conditions. The Phases Change which is a biological and morphological transformation of various species of gregarious locusts, is influenced by meteorological elements. On this way, typical solitary grasshopper can be transformed in a typical swarming locust. Increase of environmental temperature and an irregular precipitation distribution, such as those are presented in the North Pacific of Costa Rica during years influenced by El Niño, could produce an vigorous copulation and oviposition periods. A population increase is the first step for phase change and eventual plague. Was found a 72 % of coincidence between years of massive attacks of locust and El Niño years in the North Pacific of Costa Rica. During the event of 1997-1998 new swarms were reported in Liberia and Cañas of the same region.

### 1. Introducción

Se estima que anualmente se pierde alrededor de un tercio de la cosecha mundial debido al ataque parasitario a los cultivos, de los cuales, los provocados por insectos, constituyen el evento de mayor trascendencia en todo el planeta (López y Bayona 1984). En la década pasada la producción agrícola mundial se vió disminuida entre un 10 y un 15 por ciento a causa de este hecho (OMM 1990).

La langosta, del orden **orthoptera**, está considerada entre las más perjudiciales plagas. Sus diferentes especies asolan año tras año cientos de miles de hectáreas cultivadas alrededor del mundo, causando severos daños en cereales, pastos, legumbres y frutales. Se calcula que una manga

(grupo poblacional) grande, con una densidad de 80 millones de individuos por km<sup>2</sup>, puede consumir unas 100 toneladas de alimento verde por día. Una langosta de dos gramos de peso consume diariamente entre el 70 y el 100% de su peso en material fresco (Astacio 1987). El paso de esta plaga migracional, ha acompañado el históricamente el desarrollo de pueblos y civilizaciones alrededor del mundo. Relatos antiguos y contemporáneos, hablan sobre ataques de plagas de insectos precedidos o acompañados de fenómenos naturales, principalmente de tipo climático. En Israel por ejemplo, el "Sharav" (fenómeno del tiempo asociado al calor, la sequía y vientos cálidos provenientes del desierto del Neguev), está relacionado con la invasión de la langosta. Probablemente el relato bíblico donde se menciona que Dios

---

<sup>1</sup>Corresponding autor address: Ing. José Alberto Retana. Gestión de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Tel. 222-5616. Fax 223-1837.  
E-mail: jretana@meteo.imn.ac.cr.

hizo soplar "el solano" sobre Egipto para llevar la plaga a aquel país, fundamenta esta creencia (Exodo 10:13). En algunos poblados del norte de Argentina, se cree que los meses cálidos de primavera son el signo de aparición de la langosta, ya que el ambiente estacional "llama" a la reproducción (Schopflocher 1963). En Centroamérica, popularmente se han relacionado las temporadas de sequías con ataques de esta plaga.

Siguiendo el método científico, varios autores han tratado de relacionar la presencia masiva de la langosta con la ocurrencia de fenómenos naturales: datos provenientes de Africa, India, Israel y Oriente Medio recopilados por la Organización Meteorológica Mundial (Rainey 1963, WMO 1965), demuestran que depresiones o bajas presiones estacionarias asociadas a vientos bajos son coincidentes con la plaga y sus vuelos migracionales. Kulagin (1921) citado por Uvarov (1935), compiló una gran cantidad de registros de ataques masivos en Europa y trató de relacionarlos con los períodos climáticos de Bruckner, con no muy buenos resultados. Filipjev (1926) y Keppen (1870) citados por el mismo autor, atribuyen las plagas de 1921, 1924 y otras anteriores en Rusia, al calor y el período seco. Otra teoría, desarrollada en 1954, predice la aparición de la langosta en India y el suroeste asiático cada nueve años como consecuencia de los efectos producidos por las erupciones solares (WMO 1965, Schopfloeher 1963; sin referencia del autor de la teoría). Más recientemente, Morishita (1992) y Zapata (2000) han tratado de relacionar la aparición de saltamontes y langosta con alguna de las fases del fenómeno océano-atmosférico ENOS (El Niño-Oscilación Sur).

Si bien es cierto estas teorías e investigaciones arrojan resultados a veces poco consistentes, el efecto del clima sobre el desarrollo del ciclo de vida de las diferentes especies de langostas es reconocido por muchos de los principales acridiólogos del mundo (Uvarov 1935, Astacio y Landaverde 1988, Barrientos 1992). Los diferentes elementos meteorológicos afectan muchas de las principales actividades fisiológicas de los insectos, condicionando el consumo de alimento, el período de cópula y ovipostura así como el cese de actividades diarias, entre otras.

Aunque no se puede atribuir exclusivamente al clima la explicación de la periodicidad del ataque masivo, pues esto responde a un conjunto de elementos aún no bien entendidos, resulta necesario profundizar en este campo, dada la importancia de su efecto y su posible contribución a la mejor comprensión del ciclo de vida y las conductas de los acrididos. El objetivo del presente estudio es caracterizar por medio de análisis climatológicos sencillos, algunas condiciones agrometeorológicas importantes en el desarrollo de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker 1870) en el Pacífico Norte de Costa Rica y establecer relaciones cualitativas con la presencia de la fase cálida de ENOS.

## 1.1. La especie centroamericana

Lo que anteriormente se conoció como *Schistocerca americana* o bien *Schistocerca afin paranensis*, es actualmente clasificada como *Schistocerca piceifrons*. Esta, presenta dos subespecies: *Schistocerca piceifrons peruviana*, que aparece en Perú, el sur de Ecuador, Colombia, Venezuela, Panamá, Trinidad y Tobago y Guyana; y *Schistocerca piceifrons piceifrons*, que se distribuye desde México hasta el norte de Costa Rica (OIRSA 1991).

Estos insectos de la familia de los **acrídidos**, se agrupan en unas 15000 especies aproximadamente. En Costa Rica existen varias especies de acrididos, pero solo *Schistocerca piceifrons piceifrons*, tiene la particularidad de gregarizar o cambiar de fase. El gregarismo es la característica que permite a ciertas especies de saltamontes, cambiar de una fase individual, solitaria e inofensiva, a una fase grupal, altamente irritable y peligrosa.

Una plaga de langostas migratorias se caracteriza por la densidad de población y por la fase en que se encuentren. Esta característica (**gregariapta**), la convierten en la principal causa de plaga de langosta en esta región, aún cuando otras especies de saltamontes como *Schistocerca pallens* o *Schistocerca nitens*, puedan en algún momento formar poblaciones densas que pongan en peligro alguna zona agrícola.

## 1.2. Oviposición

La langosta deposita sus huevos en suelos preferentemente arenosos o arcillo-arenosos, a una profundidad de unos 10 cm en promedio. Los huevos alargados depositados en una masa de unos siete centímetros de longitud, son cubiertos por una capa espumosa protectora que proporcionará una fácil salida a las larvas. Una ovipostura puede tener entre 40 y 150 huevecillos (Skaf y Billaz 1986).

Según Rainey (1963), se ha comprobado que el huevo de la langosta del desierto *Schistocerca gregaria*, posee menos de la mitad del contenido de agua de una ninfa de primer estadio, lo cual contrasta con otras posturas de insectos que ofrecen al embrión una cantidad de agua suficiente como para completar su desarrollo. Esto obedece al hecho que la langosta minimiza las demandas de agua de la postura sobre sus propios recursos hídricos. De esta forma, el desarrollo del embrión queda sujeto a la presencia de agua disponible en el suelo, que pueda ser absorbida por el huevo y que a la vez, promueva el crecimiento de la vegetación que alimentará las larvas y ninfas futuras.

Popov (1958) y Rainey (1963), estudiando la langosta del desierto (*Schistocerca gregaria*), consideran que 20 mm de lluvia uno o dos días antes de la ovipostura, es la cantidad mínima que asegura la suficiente humedad al suelo como para que no se presenten problemas hídricos en el desarrollo embrionario (esto sin considerar el agua necesaria para las plantas y tomando como fundamento un suelo arcillo-arenoso o arenoso).

### 1.3. Desarrollo de ninfas

Se estima que la duración del ciclo de desarrollo de la langosta toma entre dos y tres meses, si bien sólo varios meses luego de alcanzar el estado adulto, es sexualmente madura y apta para procrear. Aunque su ciclo es relativamente corto, un buen porcentaje de las generaciones anuales ven interrumpido su ciclo normal de vida por un fenómeno de detención del crecimiento conocido como **diapausa**.

Cuando las condiciones ambientales o ecológicas son desfavorables, esta especie de langosta entra en un estado de letargo obligatorio, donde detienen su desarrollo hasta que las condiciones en su entorno vuelvan a ser favorables. Este estado letárgico se conoce como diapausa. Por lo general el inicio y final de la diapausa son impuestos y levantados por un factor determinado y previsible (que podría ser el período lluvioso), lo que da una mayor probabilidad de sobrevivencia en tiempos difíciles (Barrientos, 1992).

Este ciclo de desarrollo puede producirse en forma equilibrada con el entorno en cuanto al número de individuos se refiere, formando parte de la fauna natural del ecosistema. Sin embargo, en forma acíclica, estas poblaciones crecen desmedidamente y creando mangas de langostas migratorias que se desplazan principalmente en busca de alimento. A pesar de su voracidad, su apetito no es el único móvil de sus ataques masivos y su migración.

Varias teorías han sido desarrolladas para explicar el fenómeno pero es la teoría de las fases la que permite entender mejor el comportamiento del insecto con relación a sus ataques.

### 1.4. Teoría de las Fases

Fue desarrollada en 1921 por B. Uvarov, y es la teoría más aceptada. Dice que algunas especies de langostas no son estables en sus características biológicas o morfológicas a lo largo de su ciclo de vida. Estas especies son afectadas por estímulos internos y externos, dentro de los cuales el factor clima es muy importante. Estos estímulos provocan que las langostas cambien, literalmente, de aspecto y conducta. Este cambio se conoce como cambio de fase o transformación fásica. De la fase solitaria, que es aislada, sedentaria y agrícolamente poco dañina; pasan a la

fase gregaria, donde se observan cambios morfológicos significativos (tamaño, color). Además la conducta social también varía, volviéndose gregarios, más inestables y nerviosos, buscando siempre concentración poblacional. En esta fase, el peligro potencial de plaga aumenta debido a que el grupo se vuelve más agresivo y denso. Para completar estas transformaciones la langosta requiere frecuentemente más de una generación (Skaf y Billaz 1986). Aquellos acrididos que no presentan una transformación fásica, son conocidos popularmente como saltamontes o chapulines. Sin embargo, estos pueden presentarse en poblaciones densas y ocasionar severos daños (Barrientos 1992).

### 1.5. Factores que promueven el cambio de fase

El gran polimorfismo de la langosta es bien conocido así como la asociación de este con el grado de densidad poblacional y consecuentemente con la presencia o ausencia de plagas (Skaf y Billaz 1986, Barrientos 1992).

Actualmente se sabe que la densidad poblacional es el principal factor que impulsa el mecanismo de cambio de fase (Barrientos 1992, Astacio 1987, Skaf y Billaz 1986, Hunter 1967). Según Barrientos (1992), son necesarias tres condiciones para la formación de una manga: multiplicación, concentración y gregarización. Cuando un grupo se multiplica considerablemente y si esa población no se dispersa y más bien se concentra en áreas reducidas superando el umbral de agrupamiento, existen grandes posibilidades que se cambie de fase.

### 1.6. La densación como factor de cambio

Cuando por algún motivo una población de organismos sobrepasa los límites acostumbrados en número para su entorno, esta comunidad se convierte en un peligro para el equilibrio y sobrevivencia de los demás organismos vecinos, transformándose en una plaga (Hilje *et al.* 1987).

En el caso de las langostas, las causas que provocan el incremento de la densidad de una población son muchas y variadas. Por ejemplo, alta reproducción y baja mortalidad, reducción del área de alojamiento de un grupo dado, inmigración, clima, etc. (Barrientos 1992). Dentro de estas causas, el clima juega un papel importante, ya que condiciona el desarrollo del ciclo de vida de los insectos y muchas de las principales actividades fisiológicas como la alimentación y la reproducción (Uvarov 1935, OMM 1990, OMM 1992).

### 1.7. Efecto de los elementos meteorológicos

La temperatura y humedad relativa del aire, la precipitación, el brillo y la radiación solar, son los elementos meteorológicos que más inciden en la distribución, tasa de crecimiento, reproducción, migración y adaptación de los insectos (Porter *et al.* 1991; Cornford, 1996). La langosta

posee termotropismo y fototropismo positivos lo que la hace adaptarse favorablemente a ambientes de altas temperaturas y radiación solar. Son estos elementos los que van a regular significativamente muchos de los comportamientos en las mangas. De acuerdo con Mathys (1990) el resurgimiento de la plaga de langostas en el Sahel, se debe principalmente a las condiciones climatológicas. Situaciones climáticas cambiantes pueden provocar que el ciclo biológico se acelere y surjan brotes de langostas (Barquero 1991).

En definitiva, existe suficiente evidencia de que el comportamiento de la langosta del desierto, *Schistocerca gregaria*, está directamente influenciado por la temperatura, precipitación, viento a 600 m sobre el suelo, posición de la ZCI (Siddiqi, K. recopilado por OMM, 1965).

Durante eventos ENOS, se sabe que se dan variaciones en la temperatura, la precipitación, el patrón de vientos, generación de tormentas y la posición de la ZCI. Es probable entonces que la especie centroamericana, al igual que su congénere del Viejo Mundo, sea afectada en forma semejante por estos elementos.

### 1.7.1. La temperatura

La temperatura regula el inicio de actividad por la mañana y el letargo por la noche. Nikolsky (1925) citado por Uvarov (1935), reporta que para la langosta del desierto (*Schistocerca gregaria*), los movimientos se inician entre los 12 y 13°C y, a los 16°C los individuos jóvenes empiezan a bajar de las plantas. Las mangas cesan su actividad a los 16°C, cuando cae la noche.

Para el vuelo migracional de esta especie, se reportan temperaturas del aire de 23 y 27°C. Barrientos (1992), menciona que el ciclo de claridad-oscuridad (día y noche), junto con la temperatura, regulan los tiempos de actividad y letargo de la especie centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons*.

De acuerdo con Uvarov (1935), la temperatura actúa en dos formas sobre el comportamiento de las mangas de langosta con relación a su migración: Actúa como un estimulador de la excitabilidad de la manga ya que al contacto con la superficie caliente del suelo, se produce un estímulo suplementario que hace aumentar la tensión nerviosa del grupo y que continúa alimentándose por la mútua excitación de los individuos. Las reacciones reflejas de los acrididos son más energéticas cuando están sujetas a experimentos en grupos, que cuando se experimenta individualmente. El efecto de la temperatura ambiente sobre el movimiento masivo puede verse como la suma de reacciones individuales.

Por otro lado, el aumento de la temperatura hace incrementar la energía de los movimientos reflejos. La longitud del salto aumenta con la temperatura lo cual influye en la velocidad de movimiento en mangas de saltones. En este tipo de insectos, la reacción al aumento de temperatura

se canaliza por movimientos reflejos, los cuales obedecen directamente al incremento de la temperatura corporal.

Fisiológicamente, la temperatura actúa como catalizador del proceso estacional. La duración de etapas, como la incubación, dependen de la temperatura ambiental (Skaf y Billaz 1986; Barrientos 1992).

Luego de eclosionar, la larva de langosta pasa sucesivamente por varios estados y estadios cuya duración está influenciada por el nivel de energía térmica acumulado (grados día). En teoría, un aumento de la temperatura ambiental, puede acelerar no solo el tiempo de eclosión de los huevos en la tierra, sino los demás procesos de cambio de estado de las langostas.

### 1.7.2. Radiación solar

Se cree también que junto a la temperatura y la humedad, las horas de brillo solar, influyen sobre los cambios de fase en la langosta (Salvat 1972). Es notorio el hecho que las especies gregarias o bien la fase gregaria presenta coloraciones oscuras en el cuerpo del insecto, cuyos pigmentos negros juegan un papel importante en la absorción de la radiación solar provocando un aumento en la temperatura corporal.

Observaciones hechas por La Baume (1918) y Siviridenko (1924), citadas por Uvarov (1935), indican que las langostas marroquíes inician el agrupamiento en suelo desnudo, rocas o montículos cuando el día es "caluroso y soleado".

### 1.7.3. La precipitación

La precipitación es uno de los elementos más influyentes en la determinación de las temporadas de cópula y oviposición. Se requiere cierto nivel de humedad en el suelo para asegurar la eclosión de los huevos y luego satisfacer las necesidades hídricas de las ninfas (Rainey 1963).

Según Das (1998), las langostas diseminadas en las zonas áridas y secas de todo el mundo, se han adaptado perfectamente a la irregularidad de las lluvias estacionales que caracteriza estas zonas. Por otro lado, muchos reportes de aparición de plagas de langostas coinciden con períodos de estacionalidad de lluvias o bien períodos secos (Cornford, 1996).

Mabbett (1994) indica que muchas plagas coinciden con el final de una sequía. Según Morales (1994) en Guanacaste, Costa Rica, el inicio de lluvias es determinante para la presencia de saltones.

### **1.8. Relación entre la plaga de langosta centroamericana y la presencia del fenómeno El Niño**

Los primeros reportes de ataques de langosta en Costa Rica se remontan a la época colonial, cuando en 1659 se informa muy fugazmente sobre una invasión en Aserri (muchos de estos reportes no son precisos ni en cuanto a la especie de langosta ni en cuanto a la zona atacada) (Alfaro 1920). A partir de este momento estos registros acompañan el transcurrir histórico puesto que el ataque masivo de este insecto es un fenómeno recurrente.

Aunque es muy arriesgado establecer un período de aparición de plaga, algunos autores hablan de 7, 9 y 11 años (WMO 1965). Algunas de estas teorías asocian la presencia de langosta en poblaciones densas con diferentes eventos naturales como explosiones solares, vientos cálidos, movimientos de la Zona de Convergencia Intertropical, tormentas y huracanes (Rainey 1963, Cerdá 1988, WMO 1965, Schopfloch 1963).

Recientemente se ha querido explicar la presencia de langosta por las particulares condiciones del clima que ocasiona el fenómeno océano-atmosférico El Niño (Barquero 1991, Morishita 1992, Zapata 2002). Este fenómeno altera los patrones climáticos de muchas regiones en el mundo, causando cambios importantes en actividades productivas debido principalmente a los desbalances hídricos y térmicos generados. Las alteraciones de los patrones del clima también impactan de forma diversa algunos ecosistemas naturales, forzando a que estos se adapten principalmente en cuanto a su producción de biomasa y movimiento poblacional. Durante los eventos El Niño de 1982-1983 y 1997-1998, las poblaciones de aves guaneras de la costa peruana, focas y lobos marinos, así como la principal fauna comercial costera, se vio significativamente afectada por el calentamiento de las aguas y la variación en la precipitación. Muchas de estas especies disminuyeron drásticamente su reproducción o bien, se vieron forzadas a movilizarse a otras zonas en busca de alimento, causando un enorme desequilibrio biológico por la inmigración de especies.

### **1.9. Efectos indirectos**

Además del efecto directo de los elementos meteorológicos, es necesario considerar algunos de los efectos que se producen en el hábitat normal de la langosta y la acción del hombre sobre éste durante años secos como los que se pueden presentar durante eventos El Niño en Centroamérica. De acuerdo con Astacio (1987), es necesario considerar el conjunto de factores que puedan conducir al aumento de la interacción entre individuos (densación) y su posterior gregarización.

### **1.9.1. Mantenimiento de potreros**

Durante períodos de sequía se ha promovido la disminución de la carga animal en fincas ganaderas como estrategia para enfrentar períodos adversos. Si no hay un buen mantenimiento de potreros, las áreas verdes sin ganado pueden desmejorarse y transformarse en charrales, que son los sitios adecuados de reproducción de langosta. De hecho, durante la década de los 80's, uno de los principales factores que contribuyó con la reaparición de grandes poblaciones de langosta en Costa Rica, fue el mal manejo de pastizales y potreros (Barrientos 1992).

### **1.9.2. La oferta de alimento**

Largas temporadas secas ocasionan una reducción considerable de la producción vegetal y por lo tanto de la oferta de alimento. Los campos normales de alimentación se reducen y si la población de langostas no varía en número, la concentración del insecto aumenta. Una vez alcanzado el límite de densidad, se inicia el proceso de gregarización.

### **1.9.3. Pirodensación**

En épocas secas las quemaduras aumentan lo que hace reducir el espacio poblacional en charrales principalmente (el charral es un hábitat normal de desarrollo de la langosta), dejando pequeños parches de vegetación con alta infestación de insectos (Morales 1991).

### **1.9.4. El riego**

Campos agrícolas tecnificados, corregirán déficits hídricos con riego, lo que podría crear oasis atractivos para los insectos en general. Astacio y Landaverde (1988) indican que estas condiciones artificiales del mantenimiento de la humedad, es rechazado muchas veces por la langosta. Sin embargo, se sabe que la sed afecta el consumo de alimento. Se tienen reportes que cuando el clima es caliente y seco, y la oferta de alimento es poca o bien, el alimento está deshidratado, la langosta es capaz de comer tierra o ropa húmeda y hasta plantas venenosas. (Uvarov 1935, Barrientos 1992).

## **2. Método**

Se realizó una revisión bibliográfica que describe la particularidad del gregarismo de la langosta centroamericana y las posibles causas de este. Se enfatizó en la influencia de los diferentes factores meteorológicos (precipitación, la temperatura y la radiación solar) sobre el gregarismo de la especie centroamericana. Utilizando información de la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional, se caracterizó

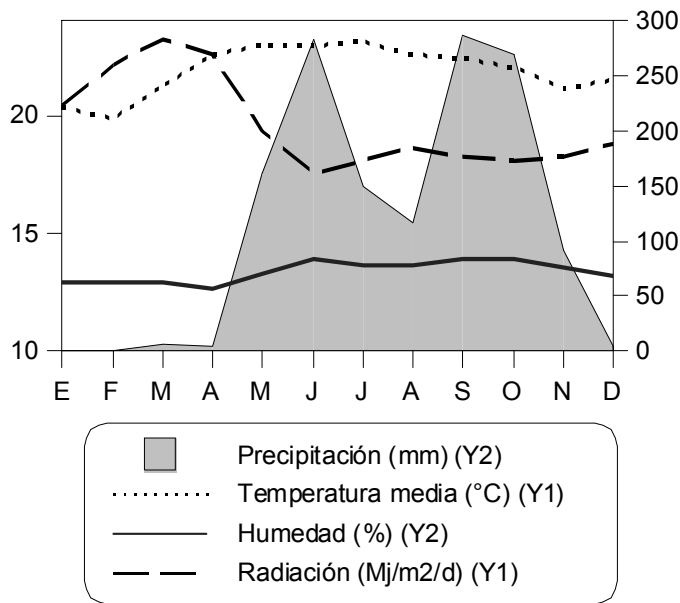
el comportamiento agrometeorológico de las principales zonas donde se desarrolla la langosta en Costa Rica. Esta caracterización se refiere a los promedios meteorológicos observados en estaciones cercanas a las zonas del país donde normalmente se presenta la plaga.

Tomando como base los registros climatológicos de la estación de Liberia, Guanacaste, se relacionó las condiciones particularmente secas durante años de fase cálida de ENOS, con registros de aparición de plaga. La serie de años clasificados como El Niño, es la propuesta por Trenberth (1997), mientras que la serie de años con ataques de langosta, proviene de diferentes fuentes de información histórica.

### 3. Resultados y Discusión

La región de Guanacaste, principalmente la franja comprendida por los cantones de Cañas, Bagaces y Liberia ha sido la zona históricamente más afectada por ataques de langosta (ver cuadro 3). Estos cantones ofrecen en general, condiciones apropiadas para el desarrollo del insecto: suelos arcillo-arenosos y planos, alta temperatura y radiación solar, condiciones pluviométricas favorables y extensos campos de cultivos y pastizales.

En el gráfico 1 se presentan las condiciones promedio de las estaciones de Cañas y Liberia que representan esta zona.



**Gráfico 1. Condiciones meteorológicas promedio para la zona comprendida entre Cañas y Liberia**

En Costa Rica, se delimitan dos períodos de oviposición y desarrollo de la langosta, separados por una diapausa de estación seca (enero hasta principios de mayo) y otro tiempo que es coincidente con parte del veranillo de medio año (finales de julio hasta principios de setiembre). Este segundo período no es considerado como una diapausa.

Las características climáticas de estos dos momentos (diapausa de estación seca y veranillo) se presentan en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Características climáticas promedio de los períodos de pausa en el desarrollo de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en la región Cañas-Liberia.**

Elementos Promedio	Diapausa (ene-may)	Veranillo (jul-ago)
Precipitación decadal (mm)	9	77
Temperatura media (°C)	28	27
Brillo solar (h)	9	6
Humedad relativa (%)	63	84
Radiación solar (Mj/m²/d)	22	18
Evapotranspiración (mm/d)	7	4

Ambos períodos se consideran los más secos en la región. Este puede ser el motivo para evitar reproducirse, ya que las condiciones hídricas, no aseguran la sobrevivencia de larvas y ninfas.

#### 3.1. Ovipostura

En el Pacífico Norte de Costa Rica, la langosta oviposita en dos momentos durante el año, que coinciden con el período lluvioso. El primero, de mayo a julio, corresponde al inicio de las lluvias (tercera década de mayo), y el segundo período de ovipostura se da en los meses más lluviosos, setiembre a noviembre. Si se considera un tiempo de eclosión de 3 décadas, se promedia para ambos períodos un aproximado de 60 mm de lluvia, tomando como base los registros de precipitación de Cañas y Liberia.

En mediciones realizadas por el Departamento de Agrometeorología del Instituto Meteorológico Nacional (entre 1988-1992), se promedió en Liberia una humedad volumétrica del suelo (gramos de agua/volumen de suelo) a 10 cm de profundidad, de 11% para el período seco (enero a abril) y de 21% para el período lluvioso (mayo a diciembre),

en un suelo arcillo-arenoso. Análisis estadísticos de estos datos revelan que hay diferencias significativas entre la humedad del período seco y la humedad del período lluvioso. Esto corrobora la apreciación de Barrientos (1992) que menciona que la langosta centroamericana puede condicionar su período de postura a la mejor opción hídrica del año. La primera oviposición (mayo a julio) finaliza precisamente con la llegada del “veranillo”, entre julio y agosto frecuentemente, y que se caracteriza por ser un tiempo de disminución de precipitación. El segundo período de oviposición (setiembre a noviembre) finaliza con la transición de la época lluviosa a la seca.

La temperatura ambiental promedio para esa misma zona durante el primer período de oviposición, es de 27,4°C y para el segundo es de 26,5°C.

En la literatura se reportan tiempos de eclosión de 80 días con 19°C a 10 cm de profundidad, hasta tiempos de 15 días a 34°C (Rainey 1963, Astacio y Landaverde 1988).

### 3.2. Desarrollo de las ninfas

Luego que las ninfas emergen, alcanzan el estado saltón en dos meses. La diapausa detiene el desarrollo de las ninfas desde enero hasta mediados de mayo cuando inicia el período lluvioso. Durante esta época, se presentan en Guanacaste los meses más secos del año.

La precipitación decadal es de 9mm, la temperatura media es de 28°C con una humedad relativa de 63% y una radiación solar aproximada de 22 Mj/m<sup>2</sup>/d (cuadro 3). A 10 cm de profundidad de suelo, en Liberia, se puede esperar una humedad volumétrica aproximada de 6%.

Es probable que estas condiciones desfavorables para el crecimiento de la mayoría de organismos, sea uno de los factores que provoquen la detención del desarrollo de la langosta hasta que las condiciones del medio vuelvan a ser favorables. Precisamente la entrada de lluvias en la tercera década de mayo, coincide con la presencia de saltones (según el ciclo biológico reformado por FAO-OIRSA, y presentado por Barrientos 1992).

Las lluvias proporcionarán la humedad de suelo suficiente para el desarrollo embrionario de este período y para el crecimiento de la vegetación que sustentará las ninfas en desarrollo.

Alrededor de la primera década de agosto y hasta la segunda década de setiembre se interrumpe la cópula y ovopostura en forma semejante al período de diapausa. Este período es más lluvioso que el primero aunque sufre los efectos finales del "veranillo" (julio-agosto). Un resumen de las principales condiciones meteorológicas durante el desarrollo del ciclo de vida de la langosta en Guanacaste, se presenta en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Valores medios de algunos elementos meteorológicos para la duración aproximada de los diferentes estados del ciclo de vida de la langosta *Schistocerca piceifrons piceifrons* en la región Cañas- Liberia.**

Estado	Duración		Promedio meteorológico regional (Cañas-Liberia)			Observaciones		
	Días	P	Temp. (°C)	Prec. (mm)	Grados día (°C/ciclo)	Muda	Color	
Huevo	30	30	1	26,5	64	405	Falsa muda	Marrón
			2	27,4	69	432		
1° estadio ninfal	8	38	1	26,7	58	110	primera muda	Pardo
			2	27,3	83	114		
2° estadio ninfal	10	48	1	26,7	48	137	segunda muda	amarillo con bandas negras
			2	27,3	76	143		
3° estadio ninfal	10	58	1	26,7	58	137	tercera muda	amarillo y negro
			2	27,4	78	144		
4° estadio ninfal	11	69	1	26,7	51	151	cuarta muda	café y rojo
			2	27,3	78	157		
Ultimo estadio	11	80	1	26,8	46	166	quinta muda	café, rojo y verde
			2	27,4	77	173		
Volador joven	100	180	Alcanza la madurez sexual al segundo o quinto mes			no hay muda	pardo oscuro	
Adulto maduro	vive 6-7 ciclos reproductivos					no hay muda	Amarillo	

P = Período anual : (1: setiembre a diciembre, 2: mayo a agosto)

Nota: Grados día = (T-T<sub>mb</sub>) \* D; donde: T= temperatura media (°C) T<sub>mb</sub>= temperatura mínima biológica 13 °C (Uvarov 1935 y Chacón 1985); D= Duración en días del período dado

### 3.3. Brotes de langosta en relación con El Niño

En el cuadro 3 se presenta un registro de ataques masivos de langosta en Costa Rica y los años de eventos ENOS que han sido reportados en la literatura mundial. En la mayoría de los casos El Niño se presenta una coincidencia con la época de aparición de la plaga.

Ahora bien, dado que algunos registros antiguos son poco precisos en cuanto a la verdadera especie de langosta causante del ataque y la ubicación de la zona afectada, no se puede asegurar que en el cuadro se presenta información de una sola especie de langosta o de ataques en Guanacaste. Sin embargo, de acuerdo con lo expuesto sobre la capacidad de gregarizar de la especie *Schistocerca piceifrons piceifrons* y su ubicación natural en esta región, resulta muy probable que la mayor parte de reportes antiguos se refieran a esta especie y que la zona de referencia sea su zona natural de vida.

**Cuadro 3. Años de ataques masivos de langosta en Costa Rica y ocurrencia del fenómeno ENOS.**

AÑO	MAGNITUD ATAQUE	ZONA ATACADA	MES ATAQUE	FUENTE	MAGNITUD EL NIÑO	FUENTE
1800	plaga	Alajuela	Junio	Alfaro 1920	-	
1852	brote	Alajuela	Setiembre	Alfaro 1920	débil	Quinn 1987
1854	plaga	Alajuela	Junio	Alfaro 1920	débil	Quinn 1987
1870	presencia	-	-	Bredo 1985	-	
1873	presencia	-	-	Bredo 1985	débil	Quinn 1987
1876	amenaza	Puntarenas	Julio	Alfaro 1920	-	
1877	amenaza	-	-	Alfaro 1920	fuerte	Quinn 1987
1881	-	-	-		fuerte	Quinn 1987
1902	presencia	-	-	Bredo 1985	débil	Quinn 1987
1911	-	-	-		débil	Quinn 1987
1912	-	-	-		débil	Quinn 1987
1914	invasión	Guanacaste	oct-nov	Alfaro 1920	moderado	Quinn 1987
1915	invasión	Guanacaste	Junio	Alfaro 1920	-	
1917	-	-	-		débil	Quinn 1987
1918	presencia	-	-	Astacio 1988	débil	Quinn 1987
1922	brote	Puntarenas	Agosto	Periódico local	débil	Quinn 1987
1923	-	-	-		débil	Quinn 1987
1925	-	-	-		fuerte	Quinn 1987
1926	brote	Zona Norte	Junio	Periódico local	fuerte	Quinn 1987
1929	-	-	-		fuerte	Quinn 1987
1931	-	-	-		débil	Quinn 1987
1932	-	-	-		débil	Quinn 1987
1939	amenaza	-	-	Bredo 1985	-	
1940	amenaza	Guanacaste	Octubre	Cosmos 1994	débil	Quinn 1987
1941	plaga	Guanacaste	Agosto	Periódico local	fuerte	Quinn 1987
1942	plaga	Guanacaste	Agosto	Periódico local	-	
1943	-	-	-		débil	Quinn 1987
1944	-	-	-		débil	Quinn 1987
1946	plaga	Guanacaste	Setiembre	Periódico local	débil	Quinn 1987
1948	plaga	-	-	Periódico local	Muy débil	Quinn 1987
1949	plaga	-	-	Bredo 1985	Muy débil	Quinn 1987
1950	plaga	-	-	Bredo 1985	-	
1951	plaga	-	-	Bredo 1985	débil	Quinn 1987
1953	plaga	-	-	Bredo 1985	débil	Quinn 1987
1954	plaga	-	-	La Nación 1987	-	
1957	-	-	-		moderado	Quinn 1987
1958	-	-	-		moderado	Quinn 1987
1963	-	-	-		débil	Quinn 1987
1965	-	-	-		moderado	Quinn 1987
1969	-	-	-		débil	Quinn 1987
1972	-	-	-		moderado	Quinn 1987
1976	-	-	-		débil	IMN
1977	-	-	-		débil	Quinn 1987
1982	-	-	-		fuerte	Quinn 1987
1983	amenaza	Guanacaste	Octubre	República 1984	fuerte	Quinn 1987
1984	amenaza	Guanacaste	-	La Nación 1987	-	
1986	plaga	Guanacaste	Julio	La Nación 1987	débil	IMN
1987	plaga	Guanacaste	Ago	Mora 1987	débil	IMN
1991	plaga	Guanacaste	-	OIRSA	débil	IMN
1992	plaga	Guanacaste	Feb	MAG	débil	IMN
1993	plaga	Guanacaste	ene-abr	MAG	débil	IMN
1994	-	-	-		moderado	IMN
1997	brotos	Guanacaste	ago-nov	CORECA	fuerte	IMN
1998	Brotos	Guanacaste	ene-feb	MAG-CORECA	fuerte	IMN



Con respecto a la magnitud del ataque de langosta que se presenta en el cuadro, se ajustaron algunos términos para describir las observaciones de los registros. Por lo tanto, se considera **invasión** a grandes mangas de jóvenes y adultos voladores provenientes de Nicaragua principalmente, y que se establecieron en Costa Rica como sitio de paso o punto final de migración según las diferentes fuentes. La **amenaza**, corresponde a poblaciones importantes de saltones o bien, mangas de adultos, que por concentración y eventual gregarización, ponen en peligro alguna zona agrícola. El **brote** es la aparición de grupos densamente poblados de langosta voladora (Morales y Astacio 1991). La **plaga** es una comunidad de organismos que sobrepasó el número poblacional permisible para su entorno, convirtiéndose en un peligro para el equilibrio ecológico de los demás organismos. El término **presencia** se usa para indicar que se registró un evento importante, pero el (los) autor (es) del reporte no da más información sobre la magnitud del ataque. Con relación a la magnitud del evento El Niño, está definida internacionalmente de acuerdo al índice que evalúe su presencia.

Como se puede desprender del cuadro 3, de 32 casos (años) de ataques registrados de langosta, un 72% (23 casos) se presentan durante años El Niño. El porcentaje de coincidencia es mayor si se considera que de existir algún tipo de conexión entre los dos fenómenos, el episodio biológico puede aparecer alrededor de la puntualización que se le quiera dar al episodio atmosférico, y no necesariamente en el mismo momento (año) puesto que el desarrollo de ENOS viene a alterar las condiciones ambientales en que transcurre el ciclo de vida de la langosta y ésta puede transmitir las características fisiológicas, influenciadas por ambientes determinados, a futuras generaciones hasta que alguna progenie alcance el grado máximo de gregarización (Barrientos 1992, Skaf y Billaz 1986). Si se toma en cuenta no solo los años en que la langosta y ENOS han coincidido, sino aquellos años de ataque de langosta próximos (anteriores o posteriores) al año ENOS, la coincidencia es cercana al 90%.

Ahora bien, según el cuadro 3, existe un período de unos 25 años (1957 a 1983) en que se presentaron alrededor de 7 eventos ENOS, sin que se reportaran ataques masivos de langosta. Este "desfase", si se quiere pensar en una verdadera relación entre ambos fenómenos, puede encontrar parte de la posible respuesta en dos hechos fundamentales para el control de plagas en Costa Rica:

1- Los primeros esfuerzos de combate de langostas con agroquímicos se realizaron en 1948, usando básicamente compuestos clorados (Hilje *et al.* 1987). A partir de esta fecha y en una forma progresiva, se incrementa este tipo de control por parte de instituciones estatales y particulares. La década de los 50 marca el tiempo de introducción del agroquímico en el país. Antes de 1950 solo existían 6

compañías comercializadoras. De 1950 a 1960 aumentó a 19, lo que significó un cambio muy importante en la práctica agrícola del control de plagas. Para 1985, se contaban con 150 compañías incorporadas al mercado local (Hilje *et al.* 1987).

2- En 1953, se suscribe en Ciudad de Mexico, la carta constitutiva del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), durante la Quinta Conferencia de Ministros de Agricultura de México, Centroamérica y Panamá. Con este hecho se pretendió intensificar la lucha contra la langosta en el área.

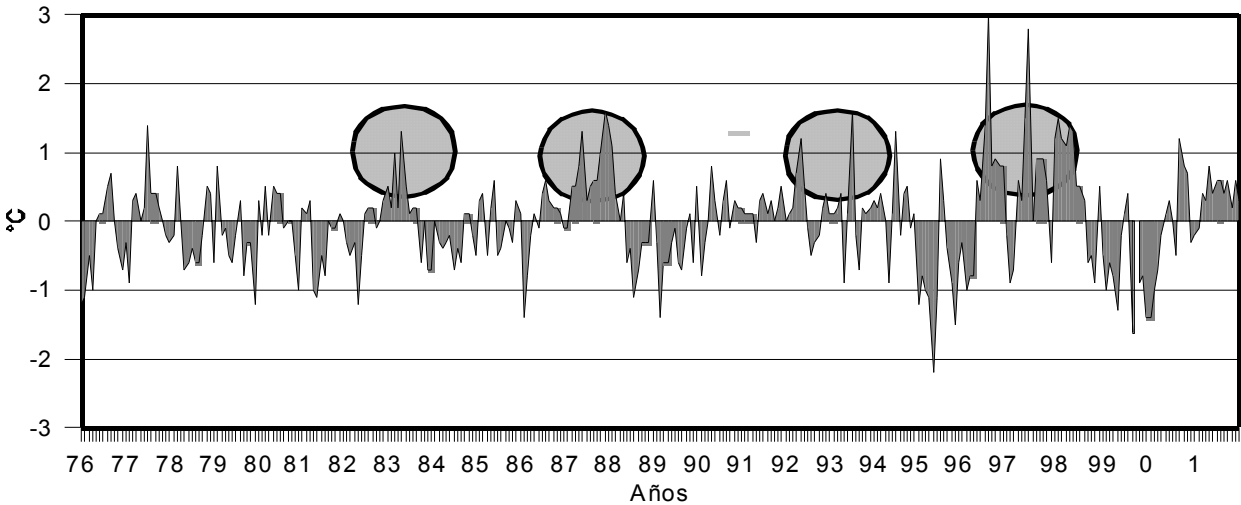
Tal y como lo reconocen los mismos expertos del OIRSA (Astacio y Landaverde 1988) para los años 70, el desarrollo de la agricultura y la ganadería y la aparición de nuevos problemas en relación a la protección de cultivos, propician el descuido y abandono de la prospección acridiana (vigilancia e inspección de zonas de peligro de plaga de langostas), por lo que el problema aparece nuevamente en Costa Rica en 1983 y 1984 (luego del período ENOS 82-83). Posteriormente se repite en 1987 (durante ENOS 86-87), y a partir de ese año no ha desaparecido, más bien se ha incrementado, tal y como sucedió a principios de 1992 y 1993 (durante ENOS 91-94) cuando fueron infestadas unas 2000 a 3000 hectáreas en Cañas. Durante El Niño de 1997-1998 se presentó un pequeño brote en Cañas, Guanacaste, durante el período seco.

### 3.3.1. La temperatura

De acuerdo con la información que se presenta en el cuadro 3, el tiempo más probable de aparición de plaga es entre junio y octubre. Según el ciclo de vida reformado por FAO-OIRSA (Barrientos 1992), este período corresponde con los períodos de ovipostura y desarrollo del saltón de la primera generación anual de *Schistocerca piceifrons piceifrons*.

De acuerdo con Retana (1999), durante años El Niño, en la zona de Guanacaste, principalmente entre Cañas y Liberia, la temperatura máxima puede elevarse hasta 0.6°C en promedio durante los meses lluviosos (entre mayo y noviembre), siendo más significativo el aumento durante los meses del veranillo (julio y agosto)..

Tomando esto en cuenta se puede observar en el gráfico 2 de anomalías de temperatura en Liberia, que la aparición de la langosta en los últimos años (área circular), se da alrededor de los picos máximos registrados y que corresponden a los años de eventos El Niño.

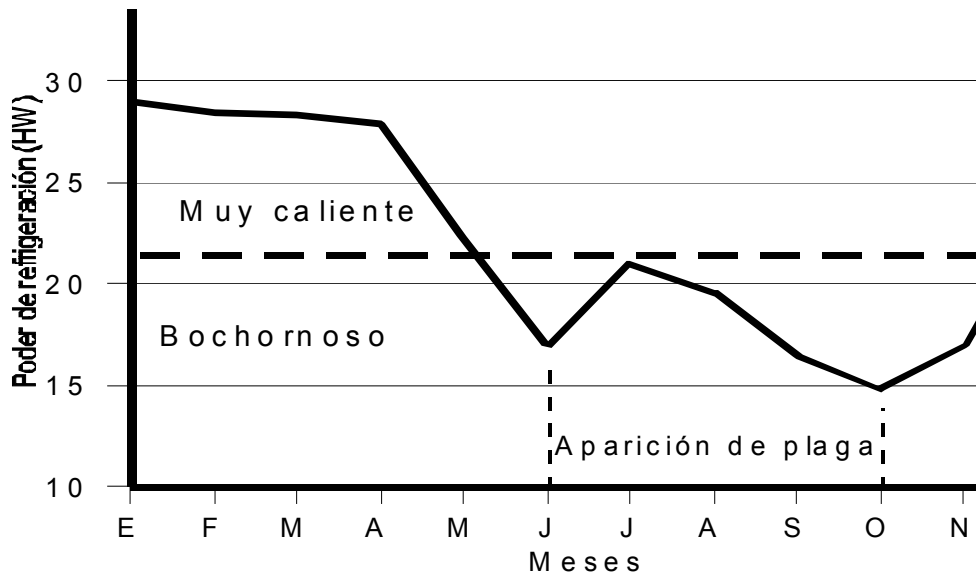


**Gráfico 2. Anomalia de la temperatura máxima. Liberia, Guanacaste**

La temperatura juega un papel muy importante en el condicionamiento de algunas de las principales actividades de la langosta. Según Barrientos (1992), se han observado vuelos de *Schistocerca piceifrons p.* contra la dirección del viento durante la época de reproducción, lo cual hace aumentar la temperatura corporal. Chacón (1985), refiriéndose a otras fuentes, menciona que el vuelo puede elevar la temperatura corporal de la langosta entre 15 y 20°C. Además, la cópula se realiza principalmente durante las horas de más alta temperatura (Barrientos 1992). Podría pensarse que las altas temperaturas sean un catalizador para la cópula, tal y como lo da a entender Uvarov (1935) quien dice que es probable que un "estímulo interno" provocado por el vuelo durante la

madurez sexual, favorezca la cópula. Durante el desarrollo del fenómeno El Niño, las condiciones térmicas que se presentan, podrían favorecer la actividad reproductiva de langostas maduras. Uvarov (1935), menciona que teóricamente se puede sugerir que largos periodos cálidos pueden provocar que las hembras hagan uso total de las reservas de huevos en sus ovarios. De darse una ovopostura masiva en áreas reducidas, se podría provocar un aumento de la densidad de población de pequeños grupos y la posibilidad de la gregarización sería mayor.

Utilizando el procedimiento para el cálculo de sensación térmica descrito por Rivas (1991), en el gráfico 3 se muestra la posible sensación de calor que experimenta la langosta a lo largo de un año con presencia de El Niño.



**Gráfico 3. Sensación térmica (HW: mcal/cm2\*seg) para la langosta centroamericana en Liberia, Guanacaste**

El concepto de sensación térmica se basa en la relación de frío o calor que experimenta un cuerpo viviente. Para esto se toma en consideración la temperatura y la humedad ambiental, el viento a dos metros de altura y la temperatura corporal base. Para la langosta se estima una temperatura corporal base de 13°C según Uvarov (1935) y Chacón (1985).

Las unidades en las que se expresa el gráfico son medidas de energía que indican el poder refrigerante. Esto es, la capacidad del cuerpo de eliminar el calor ambiental. Esta capacidad, va a estar modificada por el viento y la humedad relativa del aire. A menor poder refrigerante, menor capacidad de eliminación del calor y mayor sensación térmica.

De acuerdo al gráfico 3, el menor poder de refrigeración, o sea cuando el organismo siente más el calor, (rango "bochornoso"), se da en los meses que coinciden con la aparición de la plaga que es de junio a octubre. Este resultado coincide con lo que se presenta en el gráfico 2 y con la información que reúne el cuadro 3. En los meses del año donde se ha registrado un mayor aumento de la temperatura máxima durante eventos El Niño, también se han observado apariciones o brotes de langosta centroamericana en Liberia.

**3.3.2. Déficits hídricos**

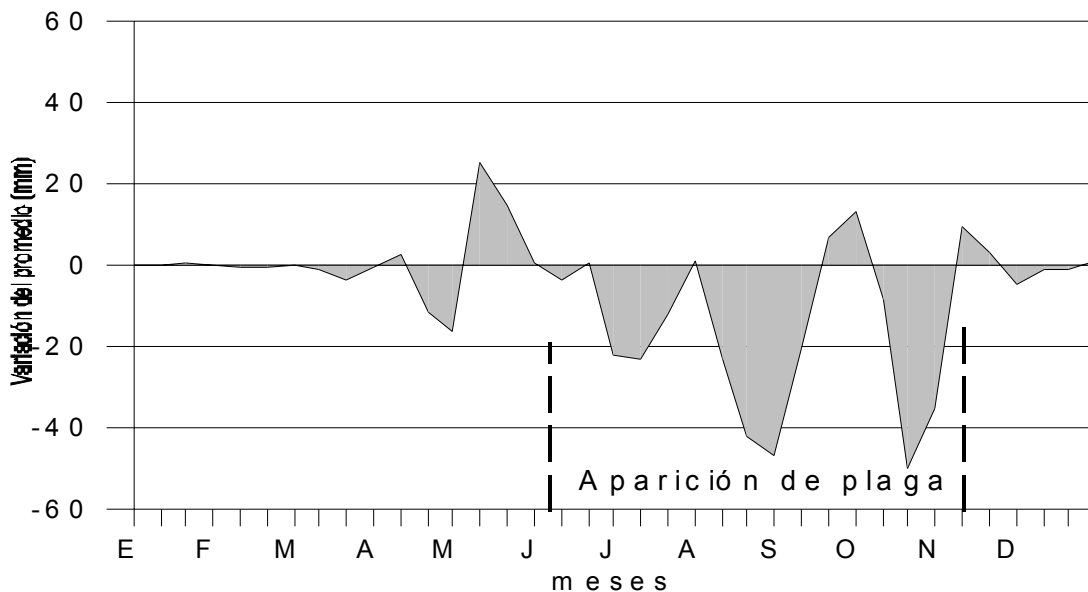
La disminución en la cantidad de lluvia esperada (promedio estadístico), la prolongación del verano y el adelanto en el inicio de la estación seca observados durante años ENOS (Ramírez 1990), pueden alterar la duración de varias etapas del ciclo de vida de la langosta. Tal y como lo menciona Barrientos (1992), los dos períodos de cópula pueden ser desplazados en caso de atraso de la entrada de

la lluvia o bien por sequía. De esta manera, la langosta ajusta la ovipostura al mejor momento hídrico, que le asegure la supervivencia de las ninfas.

Tomando como base el dato de 20 mm de lluvia como mínimo para la ovipostura de *Schistocerca gregaria* (Rainey 1963); para nuestras condiciones el ciclo podrá empezar desde la primera década de mayo en Cañas (promedio de 29 mm con base a una serie de 12 años ENOS), y desde la segunda década del mismo mes en Liberia (65 mm como promedio de una serie de 16 años ENOS). Esto fundamenta las fechas de cópula y ovipostura (abril-mayo) del ciclo biológico reformado por FAO-OIRSA (Barrientos 1992).

Sin embargo, la prolongación del verano (que es mencionado como uno de los principales efectos de El Niño en Guanacaste) podría afectar el segundo ciclo de cópula-ovipostura que normalmente se da entre agosto y noviembre. Barrientos (1992), dice que en caso de sequía, el segundo período de cópula se iniciaría en setiembre.

En el gráfico 4 se presentan las anomalías de precipitación promedio durante años Niño para la estación de Liberia, Llano Grande. Se puede observar que las mayores deficiencias de lluvia se dan entre junio y noviembre, que corresponden al período lluvioso y son coincidentes con la época de aparición de plaga.. Setiembre y noviembre son los meses donde se presentan las mayores reducciones de acuerdo con su promedio, mientras que octubre muestra valores positivos.



**Gráfico 4. Anomalías promedio en la precipitación registrada durante años ENOS. Liberia, Guanacaste (1957-1999).**

#### 4. Conclusiones

Algunos elementos meteorológicos juegan un papel importante durante el desarrollo del ciclo de vida de la langosta centroamericana, influyendo temporal y espacialmente sobre ciertas etapas de su ciclo de vida. La precipitación es uno de estos elementos que inducen el inicio del período de ovipostura y la finalización del período de diapausa. El inicio de los períodos de ovipostura es coincidente con períodos lluviosos. El final de los períodos de ovipostura, es coincidente con períodos de disminución de lluvia esperada. Algunos patrones climáticos en Costa Rica, principalmente la precipitación y la temperatura ambiental, son alterados por la presencia del fenómeno océano-atmosférico de El ENOS (El Niño-Oscilación del Sur). La manifestación de este evento en su fase cálida (El Niño), puede generar déficits hídricos prolongados y precipitaciones irregulares, además de elevaciones de la temperatura, principalmente en la provincia de Guanacaste.

Existe coincidencia en cuanto al tiempo (año/años) de aparición de plagas de langostas en Costa Rica, y el tiempo (año/años) de ocurrencia de la fase cálida del fenómeno ENOS. Del total de casos de ataques masivos de langostas registrados desde el año 1800 y que aparecen en este estudio, un 72% coinciden con eventos El Niño. Sin embargo, del total de casos ENOS solo un 49% es acompañado de ataques masivos de langostas. Existe una mayor probabilidad que un año de "langosta" coincida con un año ENOS, a que un año ENOS coincida con un año "langosta".

Aumentos en la temperatura contribuyen a crear ambientes adecuados para la gregarización, dado el efecto directo sobre la excitabilidad de las mangas y su posible influencia en el proceso reproductivo. Las anomalías en temperatura máxima y precipitación, presentadas durante años El Niño, determinan la importancia de estos parámetros meteorológicos sobre la ubicación temporal y la duración de algunas etapas del ciclo de vida de la langosta como el primer y segundo período de cópula-ovipostura y el período de aparición de saltones.

Los efectos directos y los indirectos derivados de la ocurrencia de fenómenos ENOS, pueden ayudar a generar ambientes favorables para la concentración de poblaciones de la especie *Schistocerca piceifrons piceifrons*. Si además de esto, la temperatura y la precipitación (principalmente) proporcionan condiciones óptimas para la reproducción, la multiplicación del grupo se favorecerá y la posibilidad de gregarización aumentará. Esto puede provocar que poblaciones del insecto se conviertan en focos potenciales de plaga a través del tiempo.

Resulta necesario profundizar en el tema, a nivel de campo y laboratorio, para verificar la investigación que

hasta ahora se ha realizado, integrando la información de otros países del área. El uso de información relacionada entre eventos climáticos y ataques de plagas, son insumos importantes para futuros Sistemas de Alerta Temprana que sirvan como estrategia de la seguridad alimentaria nacional y regional.

La lucha antiacridiana debe envolver profesionales y técnicos de varias disciplinas científicas, para lograr una visión más amplia del problema y sus posibles soluciones. Dado que, algunas etapas del ciclo de vida de las langostas son marcadamente coincidentes con períodos secos y lluviosos, es necesario que los combates antiacridianos se refuercen con el conocimiento climatológico y meteorológico, para hacer más efectiva su labor.

#### RESUMEN

La temperatura, la precipitación y la radiación solar, son los elementos meteorológicos que más inciden en la distribución, tasa de crecimiento, reproducción, migración y adaptación de los insectos. Las langostas, acrididos del orden **orthoptera** condicionan muchas de sus actividades fisiológicas de acuerdo con los patrones climáticos y las condiciones del tiempo. Una de las características principales de las langostas es que pueden cambiar de fase, produciendo modificaciones fisiológicas y morfológicas que afectan su comportamiento poblacional, transformándose eventualmente en plagas peligrosas. El cambio de fase que experimentan y que las hace ser un peligro potencial de plaga, puede estar influenciado por elementos meteorológicos. Elevaciones en la temperatura ambiental y una irregular distribución de las precipitaciones, tales como las que se experimentan en el Pacífico Norte de Costa Rica durante años influenciados por El Niño Oscilación Sur (ENOS) pueden catalizar períodos de cópula y ovipostura, así como contribuir al hacinamiento, que es el detonante para la gregarización. La gregarización, es el mecanismo por medio del cual cambian de fase. En Costa Rica, en la zona baja de la Región Chorotega, se presenta un 72% de coincidencia entre años de ataques masivos de langostas y años de efectos ENOS. Algunas de las alteraciones climáticas (principalmente en los patrones de lluvia y temperatura ambiental) producto de este fenómeno océano-atmosférico, pueden contribuir con la gregarización de esta especie centroamericana. Durante el último evento ENOS (1997-1998), se reportaron nuevos brotes de langosta en los cantones de Liberia y Cañas.

Referencias

- Alfaro, A. 1920. La invasión de la langosta. Revista de Costa Rica. 1(5):143-148.
- Astacio, O. 1987. Manual del prospector antiacridiano. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). División de Sanidad Vegetal. Boletín técnico 22. Costa Rica. pp 1-49.
- Astacio, O.; Landaverde, R. 1988. La langosta voladora o chapulín *Schistocerca piceifrons* (Walker 1870) y otros acridios reportados en la región del OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. División de Sanidad Vegetal. 20 p.
- Barquero, M. 1991. Aparecen brotes de langosta en Guanacaste. La Nación, San José (C.R.); Set.05:4.
- Barrientos, L. 1992. Manual técnico sobre la langosta voladora *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker 1870) y otros acridoideos de centroamérica y el sureste de México. FAO-OIRSA. El Salvador. pp 1-50.
- Cerdá, F. 1988. La langosta del desierto *Schistocerca gregaria* (Forsk.) en Venezuela. FONAIAP Divulga. Venezuela. Jul-set. pp 13-15.
- Chacón, A. 1985. Agroclimatología. Antología. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. pp 385-398.
- Cornford, S. 1996. Informes sobre la langosta del desierto y algunas otras plagas durante 1995. OMM.45(4):382-385.
- COSMOS, 1994. Las temidas langostas. COSMOS, San José (C.R.); Nov.16:07.
- Das, H. 1998. Seminario itinerante sobre meteorología agrícola en relación con los fenómenos adversos. Organización Meteorológica Nacional. Traducción OMM-IMN, San José, Costa Rica. 24 de agosto al 4 de setiembre.
- Gispert, C. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera. Los fundamentos de la agricultura. Vol I. Editorial Océano. España, 1984.
- Hilje, Q.; Castillo, L.; Annthrupp, L.; Wesseling, I. 1987. Uso de Plaguicidas en Costa Rica. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. pp 3-10.
- Historia Natural. Invertebrados. Tomo V. Instituto Gallach-Océano. España. 1988.
- Hunter, J. 1967. Life history of the Central American locust *Schistocerca sp* (Orthoptera: Acrididae) in the laboratory. Annals of the Entomological Society of America. 60(2):468-477.
- Mabbett, T. 1994. All the pieces are in place. Agribusiness worldwide. 16(1):12-15.
- Mathys, G. 1990. Mayor pests, diseases and weeds of six Sahelian crops. Practical manual for observers in agrometeorology. World Meteorological Organization. Geneva. 106p.
- Mora, W. 1987. El cáncer verde. La Nación, San José (CR); Ago.02:2C.
- Morales, E.; Astacio, O. 1991. Terminología y simbología acridiana. OIRSA. Boletín 37. División de Sanidad Vegetal. Costa Rica. 24p.
- 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. Appl. Entomol. Zool. 27(2):297-299.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1990. Aspectos agrometeorológicos de la protección operativa de los cultivos. Nota técnica 192. Ginebra, Suiza. 197p.
- OMM (Organisation Meteorologique Mondiale). 1992. La Meteorologie au Service de la lutte anti-acridienne. Contribution d'un Service meteorologique national. Rapport CMag 53. Geneve. 38p.
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 1991. Reclasificación del complejo *Schistocerca americana*. División de Sanidad Vegetal. Boletín 32. Traducción de Evaristo Morales. Costa Rica. 22p.
- Porter, J.; Parry, M.; Carter, T. 1991. The potential effects of climatic change on agricultural insect pest. Agricultural Forest Meteorology. 57: 221-240.
- Quin, W.; Neal, V. y Antúnez, S. 1987. El Niño occurrences over the past four and a half centuries. J. Geophys. Res., 92.
- 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. Instituto Meteorológico Nacional. Boletín Meteorológico de abril. Costa Rica. pp 3-5.
- Rassmusson M.; Wallace, J. 1983. Meteorological aspects of the El Niño Southern Oscillation. Science. Vol 222: 1196-1202.
- Retana, J. 1999. Impacto del fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) en la producción pecuaria de Costa Rica. Tesis para optar al título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en zootecnia. Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. 81p.
- Rivas, L. 1991. Sensación térmica y parámetros meteorológicos. La meteorología en el mundo Iberoamericano. 4-5(1):10-13.
- Salvat. 1972. Enciclopedia Salvat diccionario. Tomo 7 Hugo-Lisb. Salvat Editores. Barcelona. p 1957.
- Schopflocher, R. 1963. Enciclopedia Agropecuaria Práctica. Agricultura General y Especial. Primera Edición. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
- Skaf, R.; Billaz, R. 1986. Guía práctica de lucha contra los acridios plagas de Brasil. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Traducción de Evaristo Morales. 32p.
- Uvarov, B. 1935. Locust and grasshoppers; a handbook for their study and control. The Imperial Bureau of Entomology. London. pp 69-169; 263-273.
- WMO (World Meteorology Organization). 1965. Meteorology and the desert locust. Technical note 69. Geneva, Switzerland. 310p.

- Zea, J.; Montealegre, E. 1992. El fenómeno "El Niño" y sus efectos en el comportamiento del clima en el Pacífico colombiano durante el período 1982-1986. Documento presentado en la Reunión Conjunta de los Grupos de Trabajo sobre Meteorología Agrícola de las AR-III y AR-IV de la Organización Meteorológica Mundial. Guatemala, 8-12 febrero de 1993.
- Zapata, F. 2000. Efecto de El Niño y la Niña en la aparición de plaga de langosta en Perú, período 1997-1998, al 2000. Monitoreo de Plagas y enfermedades. SENAMHI <http://www.senamhi.gob.pe/agro/plagas.htm>.