

## **Estrategia en la lucha contra plagas de artrópodos**

J. SERRANO VILAR

El presente trabajo trata de poner de manifiesto la importancia que tiene en un planteamiento racional de la lucha contra plagas, se llega a la conclusión de la posibilidad de determinar aproximadamente y a corto plazo:

1.º La evolución previsible de una población en función de su tasa media de generación y de la mortalidad media, variables ambas cuantificables mediante diversos métodos de muestreo.

2.º El efecto producido en una determinada población por una intervención de control física, química o biológica, efecto medido por la variación de la mortalidad media.

3.º La eficacia mínima que debe tener una intervención de control sobre una población, para que ésta se mantenga por bajo del umbral de tolerancia.

Además de las fórmulas matemáticas obtenidas para los tres casos se acompañan dos gráficos en coordenadas logarítmicas de fácil manejo para la rápida determinación de la tendencia de la población y de eficacias mínimas.

Estos gráficos ponen de manifiesto los mecanismos de regulación de las poblaciones a través de la sex ratio, tasa de natalidad y mortalidad media total, así como la potencialidad de las luchas biológica, integrada y dirigida.

Por otra parte el gráfico correspondiente a eficacias mínimas nos evidencia la necesidad de realizar las intervenciones de control a niveles de población muy cercanos al umbral de tolerancia, y cómo procedimientos con eficacias muy bajas, pueden ser suficientes aplicados a niveles de población reducidos.

J. SERRANO VILAR. *Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica. Salamanca.*

En el último decenio, la práctica de la lucha contra las diversas plagas de artrópodos de las plantas cultivadas y forestales, ha evolucionado hacia sistemas más racionales y en todos los casos el avance se ha conseguido en razón directa de la profundidad de conocimiento de los siguientes factores, entre otros:

1. Características de la población que se trata de combatir.

2. Composición de la comunidad de artrópodos que gravita sobre el ecosistema en que está integrado el vegetal a proteger.

3. Relaciones de interdependencia de la especie plaga con el ecosistema.

4. Fluctuaciones de las poblaciones y causas determinantes de las mismas.

5. Efectos secundarios producidos en la co-

munidad cuando se interviene de modo artificial mediante algún procedimiento físico, químico o biológico.

6. Umbrales de tolerancia y de daños económicos.

En cualquier caso, la obtención de datos fiables referentes a los puntos anteriores se basa primordialmente en la realización de diversos tipos de muestreo que han de valorarse mediante procedimientos estadísticos.

Los modernos conceptos de lucha integrada, dirigida, manejo de plagas y los esfuerzos de numerosos investigadores que tratan de adecuar modelos matemáticos a la evolución y comportamiento de plagas y enfermedades se basan fundamentalmente en los factores reseñados anteriormente.

### A) Características y fluctuaciones de la población

Numerosos autores se han dedicado al estudio y divulgación de las características y fluctuaciones de las poblaciones animales en general, por lo que estimamos suficiente resumir sus puntos más esenciales.

Conocido el ciclo biológico de una especie, las características de su población vienen como consecuencia del conocimiento de su:

- distribución espacial
- densidad
- relación de sexos
- tasa de natalidad
- tasa de mortalidad
- emigraciones e inmigraciones

El crecimiento de las poblaciones ha sido estudiado y expresado mediante ecuaciones matemáticas y gráficamente desde el siglo pasado. Desde CHAPMAN y VERSHULST, que expresaron la capacidad potencial de reproducción de las especies y la curva de crecimiento logístico respectivamente, hasta nuestros días, numerosos investigadores han expresado diversos modelos que tratan de sintetizar las fluctuaciones y dinámica de las poblaciones en los más variados supuestos.

Los factores que determinan estas fluctuaciones y por tanto la dinámica de las poblaciones, han sido objeto de controversia, pero podrían agruparse de la siguiente manera:

- a) *Factores independientes de la densidad:*
  - factores climáticos (temperatura, humedad, etc.)
  - distribución territorial de cultivos (fuente de alimentación).
- b) *Factores dependientes de la densidad:*
  - tasa de natalidad
  - relación de sexos
  - competencia inter e intraespecífica (GAUSSE)

- depredación (VOLTERRA, HOLLING)
- parasitismo (THOMPSON)
- alimentación
- enfermedades, etc.

Desde la aparición del concepto de lucha integrada y de su aplicación a diversos problemas (STERN, SMITH) se ha avanzado considerablemente en el conocimiento de las fluctuaciones de las poblaciones, así como en la predicción de los efectos que pueden derivarse de las diversas intervenciones de control de las plagas.

Hoy día existe ya un importante conjunto de conocimientos acerca de las relaciones presa-predador y parásito-hospedante, así como se han construido modelos matemáticos que explican el comportamiento de determinadas plagas, utilizando las técnicas de análisis de sistemas y modernos métodos de computación (HUGHES, GILBERT, WATT) con los que se simulan las diversas situaciones de una población.

### B) Dinámica de una población a corto plazo

La experiencia ha demostrado que la más simple de las plagas está sujeta a las numerosas interacciones del ecosistema de que forma parte, por lo cual siempre resulta muy difícil el problema de construir un modelo matemáticamente válido en el que tengan cabida las diferentes variables a tener en cuenta, especialmente aquellas imprevisibles como las climáticas o las difícilmente cuantificables como depredación, parasitismo, enfermedades, etc.

La valoración o cuantificación de la influencia individualizada de cada uno de los factores causantes de las fluctuaciones y determinantes de la dinámica de una población, especialmente a largo plazo, es muy complicada. Sin embargo, pueden medirse al menos globalmente y a corto plazo los efectos producidos por grupos de factores de modo que puede preverse la variación o tendencia de una población al año siguiente de la modificación de uno o varios factores cuantificables.

Es tan importante desde el punto de vista práctico de la defensa contra plagas conocer aproximadamente de antemano cuál será la variación relativa de la población al año siguiente de una intervención de control física, biológica o química, como el grado de eficacia obtenido con dicha intervención.

Este conocimiento de la tasa de variación nos indicará qué procedimientos de control pueden ser desechables, cuándo deben combinarse varios procedimientos diferentes o bien con qué periodicidad se ha de aplicar para mantener una población por bajo del umbral de tolerancia.

Agrupando por una parte los factores determinantes de los aumentos de población (tasa de natalidad, relación de sexos, etc.) y por otra los factores causantes de los descensos de población (depredación, parasitismo, competencia, enfermedades, etc.) pueden relacionarse tres variables mediante una ecuación:

g: tasa de generación media anual individual, que representa el potencial reproductivo por individuo de una población dada y que es igual al producto del número medio de descendientes por reproductor multiplicado por la proporción de reproductores en la población.

s: tasa de supervivencia media anual individual que representa el tanto por uno de individuos que llegan a la madurez sexual.

p: coeficiente multiplicador anual de la población.

Siendo N el número de generaciones anuales de la especie, se tiene:

$$P_1 = P_0 (g.s)^N \text{ o bien } \frac{P_1}{P_0} = p = (g.s)^N$$

Las tasas g y s son medias anuales, es decir, para las N generaciones al año existen las parejas de valores:

$(g_1, s_1), (g_2, s_2), \dots, (g_N, s_N)$  para cada una de las generaciones primera, segunda, .....enésima del año. Tomamos g y s como medias geométricas de los N valores del año:

$$g = \sqrt[N]{g_1 \cdot g_2 \cdot \dots \cdot g_N}, s = \sqrt[N]{s_1 \cdot s_2 \cdot \dots \cdot s_N}$$

Para cada valor de N la ecuación  $p = (g.s)^N$  representa un haz de parábolas de grado N, que tomando g en el eje de ordenadas y p en el de abscisas son tangentes en el origen al eje de ordenadas.

Desde el punto de vista práctico es más útil transformar  $s = 1 - \frac{m}{100}$ , donde m = porcentaje medio anual de mortalidad.

Por otra parte la ecuación  $p = (g.s)^N$ , tomando logaritmos, se nos transforma en  $\frac{1}{N} \log p = \log g + \log s$  y haciendo:

$$\frac{1}{N} \log p = P$$

$$\log g = G$$

$$P = G + S$$

$$\log s = S$$

o sea que en coordenadas logarítmicas para cada valor de N tenemos una familia de rectas paralelas a la primera bisectriz.

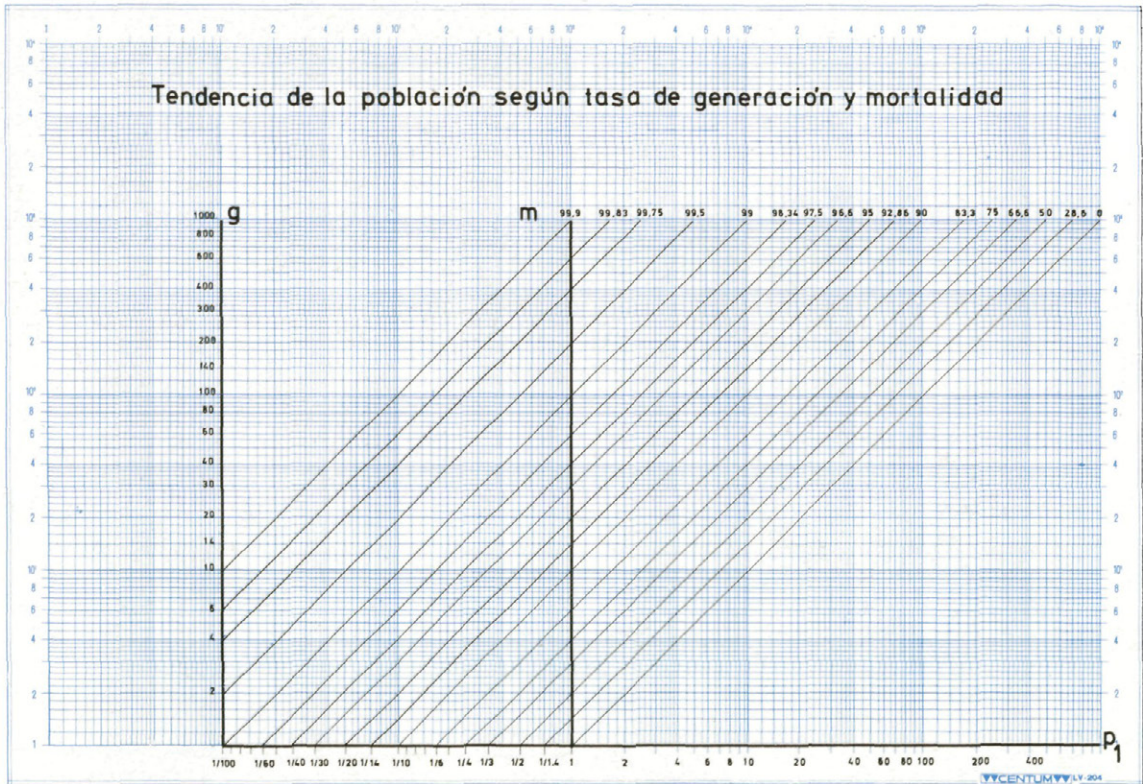
En la representación gráfica que se acompaña en el eje de abscisas se toma  $p_1$ , es decir, los coeficientes multiplicadores de población para  $N = 1$ .

Para otros valores de N se deduce  $p_N = p_1^N$ , es decir, se eleva a la enésima potencia el coeficiente multiplicador obtenido del gráfico.

En él existe una particularidad digna de resaltar y es que la vertical por  $p_1 = 1$  corta a la familia de rectas de mortalidad en el punto de equilibrio de las poblaciones a la altura del g correspondiente a cada una.

El estudio de este gráfico puede proporcionar datos muy prácticos a la hora de plantear una estrategia en la lucha contra una plaga determinada.

Para centrarnos vamos a utilizar el *Prays oleae*. Especie con tres generaciones anuales ( $N = 3$ ), con una proporción de sexos media de



44% de hembras y 56% de machos y una puesta media anual por hembra de 230 huevos ( $g = 100$ ). Con estas características, la población permanece estable, es decir,  $p = 1$ , cuando la mortalidad media anual es  $m = 99\%$ .

Vamos a estudiar los efectos producidos en dicha población en los casos siguientes:

A) *La mortalidad media anual se incrementa en un 0,5% resultado de la potenciación de la entomofauna útil de la comunidad, o bien de un programa de lucha biológica.*

En este caso con  $g = 100$  y  $m = 99,5\%$  resulta  $p_1 = 1/2$  y por tanto:  $p = (1/2)^3 = 1/8$ , o sea

que en un año la población disminuye a la octava parte.

B) *La mortalidad media anual disminuye en un 0,42% debido a una disminución de la presión de parásitos o depredadores.*

Ahora con  $g = 100$ ,  $m = 98,58\%$  resulta  $p_1 = 1,4$  y por tanto  $p = (1,4)^3 = 2,74$ , en este supuesto la población casi se triplica en un año y en dos años se multiplica con 7,5.

C) *La especie incrementa la proporción de hembras, siendo ahora 65% el tanto por ciento de hembras y 35% el de machos, conservando el número de huevos por hembra igual a 230.*

En este supuesto  $g = 0,65 \times 230 = 150$ , si la mortalidad sigue siendo  $m = 99\%$ , la población se multiplica por  $p = p_i^2 = (1,5)^2 = 3,3$  en un año y por once en dos años.

D) *La especie incrementa la fecundidad media* de sus hembras a 340 huevos, conservándose la proporción de hembras en el 44% y la mortalidad en el 99%.

Ahora  $g = 150$  y se deduce  $p = (p_i^2) = (1,5)^2 = 3,3$ , es decir, la población se multiplica por tres en un año.

E) Sobre la población primitiva  $g = 100$ ,  $m = 99\%$  se actúa mediante una intervención de control química cuya eficacia es del 93%, pero que incide en la comunidad disminuyendo la mortalidad media en un 1,5%.

En este caso la población desciende a  $7/100 = 1/14,3$  inmediatamente después de la intervención, pero siendo ahora  $m = 97,5\%$ , esta población se multiplica por  $p = (p_i)^3 = 2,5^3 = 15,6$  con lo que el año siguiente la población es de  $1/14,3 \times 15,6 = 1,09$  lo que significa que el nivel de población se ha restablecido e incluso ha aumentado ligeramente.

F) Si en el caso E la eficacia obtenida con la intervención química, sólo hubiera sido del 85%, al año siguiente el nivel de población sería de  $15/100 \times 15,6 = 2,3$  respecto a la primitiva.

Estos ejemplos nos ponen de manifiesto una serie de particularidades del comportamiento de los fitófagos y de la dinámica de sus poblaciones:

1.º Puesto que la práctica demuestra que, salvo excepciones, las poblaciones evolucionan gradualmente sin oscilaciones brutales, quiere decirse que los valores de  $m$  (mortalidad total media) son a lo largo del tiempo muy similares y que la acción combinada de variaciones de mortalidad (parasitismo, depredación, etc.) con las variaciones de relación de sexos y fecundidad de los individuos reproductores tiende a estabilizar las poblaciones.

2.º En la práctica se han dado pocos casos

aún con reiteradas intervenciones irracionales, de aparatosas explosiones de población, lo que significa que los productos no selectivos no producen en las comunidades sobre las que se aplican mortalidades sustanciosas y/o que estas comunidades son tan ricas en especies parásitas y depredadoras que se reajustan entre sí restableciendo un dique de contención a la especie-plaga y/o que las especies parásitas y depredadoras tienen un gran poder de colonización.

3.º Pequeños aumentos de mortalidad inferiores al 0,5% determinan sustanciosos descensos en los niveles de población, siempre que sean sostenidos a lo largo del tiempo, lo que explica los éxitos obtenidos en los programas de lucha biológica y lucha dirigida.

**C) Determinación del efecto a corto plazo de una intervención de control**

La ecuación  $p = (g.s)^N$  puede aplicarse para conocer en la práctica el efecto producido a corto plazo con una intervención de control física, química o biológica.

Para ello, mediante los diversos métodos de evaluación de poblaciones, pueden conocerse sus niveles antes de la intervención ( $P_0$ ) y al año siguiente en una zona testigo ( $P$ ) y en la zona intervenida ( $P_T$ ). Asimismo puede evaluarse el valor de  $g$  obtenido del porcentaje de reproductores y del número medio de descendientes por reproductos.

La tendencia de la población en la zona testigo es  $p = \frac{P}{P_0} = (g.s)^N$  y asimismo la tendencia en la zona intervenida es  $p_T = \frac{P_T}{P_0} = (g.s_T)^N$  (1-e)

$$s = \frac{1}{g} \sqrt[N]{p} \quad , \quad s_T = \frac{1}{g} \sqrt[N]{\frac{P_T}{1-e}}$$

y por tanto, Efecto = E =

$$\frac{1}{g} \left[ \sqrt[N]{p} - \sqrt[N]{\frac{P_T}{1-e}} \right]$$

el efecto a corto plazo se cuantifica por tanto, por el valor de  $s \cdot s_T$  en función de  $N$  y  $g$  características de la población,  $p$  y  $p_T$  tendencias también medibles, y eficacia del tratamiento en tanto por uno.

Mediante el cambio:  $s = \frac{100 - m}{100}$ , resulta:

$$E = m_T - m = \frac{100}{g} \left[ \sqrt{\frac{N}{p}} - \sqrt{\frac{N p_T}{1-e}} \right]$$

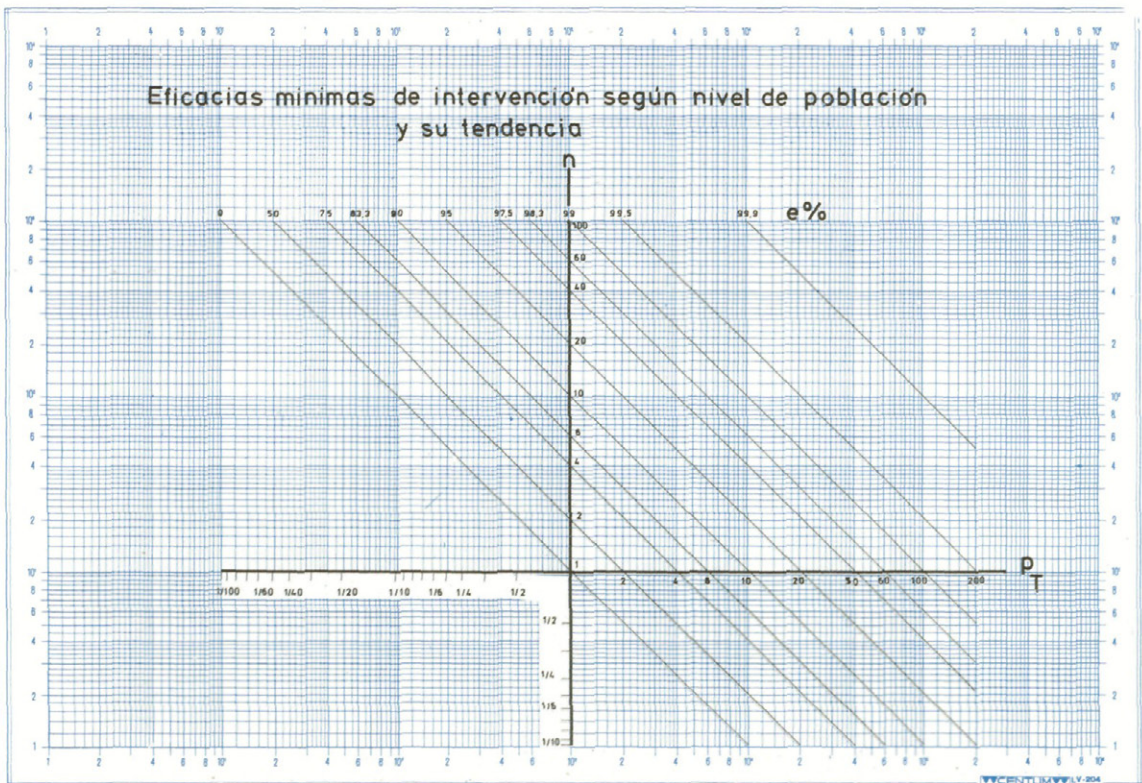
con lo que  $E$  se expresa en tanto por ciento de mortalidad.

**D) Determinación de la eficacia mínima de una intervención de control física o química para mantener una población por bajo del umbral de tolerancia**

Conocidos para una especie-plaga la  $s_T$  para una intervención determinada en un momento dado, puede saberse cuál ha de ser la eficacia mínima expresada en tanto por uno de mortalidad, necesaria para que al año siguiente la población no sobrepase el umbral de tolerancia.

En efecto: el nivel de población  $P_0$  se expresa en umbrales de tolerancia ( $u$ ). Será:

$$P_0 = n \cdot u$$



$$P_T = n \cdot u (1 - e)$$

$P_1$  menor o igual a  $u$

donde  $P_0$  es la población inicial,  $P_T$  la población remanente después de la intervención y  $P_1$  la población al año siguiente. Si hacemos  $1 - e = s$ , donde  $s$  es el tanto por uno de supervivencia a la intervención, y siendo:

$$P_T = (g \cdot s_T)^N$$

$P_1 = P_T (g \cdot s_T)^N = n \cdot u \cdot s \cdot P_T$  menor o igual a  $u$

tomando el signo igual  $n \cdot u \cdot s \cdot P_T = u$ ,  $n \cdot s \cdot P_T = 1$  y tomando logaritmos:

$$\log n + \log s + \log P_T = 0$$

$$\text{y haciendo } \log n = Y$$

$$\log P_T = X$$

$X + Y = -\log s$ , haz de rectas paralelas a la segunda bisectriz en coordenadas logarítmicas.

Se acompaña la representación gráfica de este haz de rectas en cada una de las cuales figura el valor de  $e$  en tanto por ciento de eficacia de la intervención de control.

Este gráfico nos pone de manifiesto los éxitos obtenidos en lucha dirigida e integrada, puesto que, sea cual fuere la ascendencia de la población plaga ( $p_t$  mayor que 1) las intervenciones de control deben realizarse a los niveles de población ( $n \cdot u$ ) más bajos posibles, puesto que en estos niveles, intervenciones con eficacias muy bajas como pueden ser las de tipo físico (laborales culturales, enterrado o quema de restos, atrayentes, etc.) o bien productos muy selectivos de menor eficacia, mantienen la población plaga por bajo del umbral de tolerancia.

Por otra parte el conocimiento del nivel de la población plaga y de la tendencia de ésta, cuando se interviene en un determinado momento con un procedimiento dado, nos indica cuál ha de ser la eficacia mínima a conseguir para que al año siguiente la población esté por bajo del nivel de tolerancia y asimismo qué procedimientos pueden ser desechables o deben combinarse dos o más para llegar al tanto por ciento de eficacia mínimo.

#### REFERENCIAS

- CHAPMAN, R. N. 1931: Animal ecology.  
 CLARK, L. R., y HUGHES, R. D. 1967: The ecology of insect populations in theory and practice.  
 DAJOZ, R. 1971: *Precis d'ecology*.  
 SMIGH, R. F., y VAN DEN BOSCH, R. 1967: Integrated control.  
 STEINER, H. 1965: General techniques of integration.  
 WATT, K. E. F. 1966: System analysis in ecology.

## ABSTRACT

J. SERRANO, 1978.—Estrategia en la lucha contra plagas de artrópodos. *Bol. Serv. Plagas*, 3: 7-14.

The present work endeavours to express the importance it has in a rational approach of the fight against plagues, the conclusion is reaches of the possibility of determining approximately, and on the short term:

1. The foreseeable evolution of a population, according to its average generation rate and of average mortality, both quantifiable variables through different sampling methods.

2. The effect produced in a given population by intervention of physical, chemical or biological control, effect measured by the variation in average mortality.

3. The minimum efficiency which control intervention must have on a population, for it to be kept below the tolerance threshold.

Apart from the mathematical formulae obtained for the three cases, two graphs are attached in easily handled logarithmic coordinates, for quickly determining the tendency of the population and with minimum efficiencies.

These graphs set forth the regulation mechanisms of populations through the sex ratio, birth rate and total average death rate, as well as the potentiality of biological, integrated and directed fight.

On the other hand, the graph corresponding to minimum efficiencies show us the need of performing control interventions on population levels very near the tolerance threshold, and how methods with very low efficiency, can be sufficient when applied to reduced population levels.