

Metodología utilizada en España para la realización de estudios bio-ecológicos sobre las poblaciones naturales del *Dacus oleae* (Gmel.). Resultados provisionales obtenidos en dos años de trabajo*

A. MONTIEL BUENO y R. MORENO VÁZQUEZ

Desde 1980 se aplican en España metodologías de trabajo para la realización de estudios bioecológicos sobre poblaciones naturales de *Dacus oleae* (Gmel.).

El objetivo básico de estos trabajos, englobados en el marco general de investigación denominado Plan Nacional Mosca del Olivo, es el de profundizar en el conocimiento de la especie, fundamentalmente en relación con el medio ambiente en que se desarrolla, de tal forma que pueda disponerse de una información básica que permita la realización de trabajos posteriores, a medio plazo, para la obtención de modelos previsivos simples, transferibles a los agricultores.

En el informe que se presenta, además de los protocolos de trabajo utilizados, se incluyen y comentan los resultados obtenidos, durante las campañas 1980-81 y 1981-82, en dos olivares de la provincia de Jaén, la más importante, tanto en superficie cultivada como en producción, de las zonas oleícolas de España.

A. MONTIEL BUENO y R. MORENO VÁZQUEZ. *Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica. Unidad Técnica del Olivo de Jaén y Unidad Técnica de Bioestadística de Málaga (España).*

INTRODUCCION

El díptero tripetidae *Dacus oleae* (Gmel.) es, posiblemente, la plaga más extendida en las diferentes regiones olivareras españolas, debido a lo cual el Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica puso en marcha en 1979 un plan de investigación, coordinado a nivel nacional, conocido con el nombre de Plan Nacional Mosca del Olivo.

No es, sin embargo, hasta 1980 en que dicho Plan Nacional adquiere una concreción técnica precisa, tanto en lo referente a las metodologías de trabajo seguidas, como a la definición de las distintas líneas de trabajo, aspecto este último, en el que tienen una incidencia especial los trabajos realizados por co-

legas italianos (BALLATORI, PUCCI y RICCI, 1979; CIRIO, 1979).

En definitiva, con el Plan Nacional de Mosca del Olivo pretendemos obtener un mejor conocimiento de la especie, fundamentalmente en relación con el medio ambiente en que se desarrolla, básico para la realización de trabajos posteriores que permitan, a medio plazo, el establecimiento de modelos matemáticos simples de previsión, fácilmente transferibles a los agricultores.

Para la consecución de este objetivo fundamental, el Plan Nacional Mosca del Olivo, desarrolla actualmente las siguientes líneas de trabajo:

— Estimación cuantitativa de las poblaciones naturales del *Dacus oleae* (Gmel.), tanto a nivel de los estados evolutivos adultos como de los preimaginales.

— Estudio de la dinámica de las poblaciones adultas y preimaginales del *Dacus oleae*

* Presentado al International Symposium on Fruit-Flies of Economic Importance. Atenas, noviembre 1982.

(Gmel.), en el que se aborda, como tema principal, el estudio de las posibles relaciones existentes entre las capturas de adultos y las infecciones posteriores observadas en fruto.

— Estudio de la capacidad de atracción, de diferentes sistemas de observación de las poblaciones adultas de *Dacus oleae* (Gmel.).

MATERIAL Y METODOS

Como norma general, se recomienda a cada unidad operativa que colabora con el Plan Nacional Mosca del Olivo, que los trabajos se realicen en un solo punto de cada provincia o comarca olivarera, y cuando por disponibilidades de personal, medios materiales, etc., pudieran llevarse a cabo en más de un punto, sea la variedad o las técnicas de plantación y cultivo, los factores que decidan la elección de aquél.

Cada punto de observación tiene para nosotros las características de un huerto o plantación que, en general, ha de reunir las condiciones siguientes:

— Homogeneidad en cuanto a arbolado, producción, variedad, etc.

— Superficie no inferior a 5 hectáreas.

En la actualidad cada huerto o plantación se subdivide en 5 parcelas de superficie aproximada a 1 hectárea, con objeto de disponer de repeticiones suficientes (fig. 1).

En el caso de existir mezcla de variedades, caso que con frecuencia se produce en ciertas zonas olivareras, sólo se utilizan aquellos árboles que pertenecen a la variedad estudiada.

Los datos climáticos se obtienen a nivel de plantación, mediante una estación climática convencional, dotada con termohigrógrafo registrador semanal y pluviómetro (fig. 2).

Fig. 1. — Vista general del olivar de Portichuelo (Jaén).





Fig. 2.—Estación climatológica situada en el olivar estudiado.

A) Estimación cuantitativa de las poblaciones naturales de *Dacus oleae* (Gmel.)

1. Obtención de datos

— A nivel de adultos.

La información sobre la población adulta de *Dacus oleae* (Gmel.), existente en la plantación, se obtiene por medio de diferentes sistemas instalados en la misma.

En la actualidad los sistemas utilizados son los siguientes:

— Atracción olfativa (mosquero McPhail, con solución acuosa al 3 por 100 de fosfato amónico) (fig. 3).

— Atracción cromática (placas rectangulares amarillas engomadas) (fig. 4).

— Atracción cromático-sexual (el mismo tipo anterior, pero con una cápsula conteniendo 20 mg. de Spiroacetal) (fig. 5).

En cada parcela, de aproximadamente 1 hectárea de superficie, se instalan al azar:

— Dos trampas olfativas, situadas en el interior de los árboles, altura media y orientación sur. La solución de fosfato amónico se renueva semanalmente.

— Dos trampas cromáticas, situadas en el exterior de los árboles, altura media, tangencialmente a la copa de los árboles y orientación sur. Las trampas se renuevan cuando están excesivamente sucias o hayan perdido adherencia.

— Una trampa cromático-sexual, en la misma posición y altura que la anterior. La cápsula que contiene la feromona se renueva mensualmente.

Las observaciones sobre las capturas de adultos tienen periodicidad semanal, con excepción de aquellos momentos en que, de acuerdo con la experiencia para cada zona, se prevén fuertes incrementos de las capturas, en que son



Fig. 3. — Mosquero tipo McPhail.

recomendables dos observaciones semanales (figura 6).

— A nivel de estados preimaginales.

La información precisa sobre estos estados evolutivos de la especie, se extrae mediante muestras semanales, obtenidas, en cada parcela, aplicando un método de muestreo bietápico.

La realización práctica de esta metodología consiste, sumariamente, en:

— Elección al azar en cada parcela, de 4 árboles para muestrear.

— En cada árbol se eligen al azar 10 ramas, de unos tres o cuatro años de edad con varios brotes. En la elección han de ser consideradas las posibles orientaciones y alturas. En cada rama se observa el número de brotes que tiene y el número de frutos de cada brote.

— De cada rama se elige al azar un brote con fruto, tomando tantos brotes como sea necesario para disponer de una muestra mínima de 10 frutos/árbol. Estos brotes con fruto, convenientemente identificados, son enviados a laboratorio, en el que se analiza la infección en fruto de los diferentes estados preimaginales.

2. Metodología estadística

Es de sobra conocido que las estimaciones directas de las poblaciones absolutas son, en la mayoría de los casos, imposibles de realizar, sin embargo, las densidades medias, más fáciles de obtener, pueden ser utilizadas para estimar el total poblacional. No obstante, no debe olvidarse que el soporte vegetal receptivo a la especie, puede variar de unas zonas a otras, o de unas variedades a otras, por lo que siempre que esto ocurra será necesario tomar datos sobre los aspectos fenológicos, para efectuar las oportunas correcciones a las densidades medias obtenidas en las muestras.

La metodología que puede aplicarse en estos casos es muy amplia y en teoría serían utilizables la casi totalidad de los tipos de muestreo probabilístico, aunque en la práctica los métodos más utilizados son el aleatorio, el bietápico y el polietápico, todos ellos con o sin estratificación.

En nuestro caso el tipo de muestreo utilizado es el bietápico, para el que se definen una unidad primaria y distintas unidades secundarias.

A lo largo de los años, han variado las unidades muestrales utilizadas siendo, en la actualidad, la unidad primaria el árbol, y las distintas unidades secundarias, la rama, el brote, el piso y el fruto.

Con los datos obtenidos puede estimarse el tamaño óptimo de la muestra para las diferentes unidades primarias y secundarias, utilizando una metodología que al mismo tiempo permite conocer la distribución espacial de las distintas variables estudiadas. Con respecto a ésta

última, son diversos los autores (ver SOUTHWOOD) que han elaborado métodos para analizar la distribución espacial de las poblaciones animales. En este trabajo se ha aplicado el propuesto por IWAO (1968), basado en el parámetro \hat{m} («mean crowding») definido por LLOYD (1967). Este método, en esencia, se reduce a la estimación de los parámetros α y β de la siguiente regresión lineal:

$$m^* = \alpha + \beta \cdot m$$

en donde, m : media poblacional y \hat{m} = «mean crowding» = $\hat{m} + (\sigma^2/m - 1)$.

Los parámetros α y β tienen una significación biológica. Así α , conocido como «índice de contagio básico», indica si el componente básico de la población es el individuo ($\alpha = 0$), la colonia ($\alpha > 0$), o si existe algún tipo de repulsión entre los individuos ($0 > \alpha \geq -1$); mientras que β indica si la distribución de los componentes básicos en las unidades de muestra es regular ($0 \leq \beta < 1$), al azar ($\beta = 1$) o agregativa ($\beta > 1$).

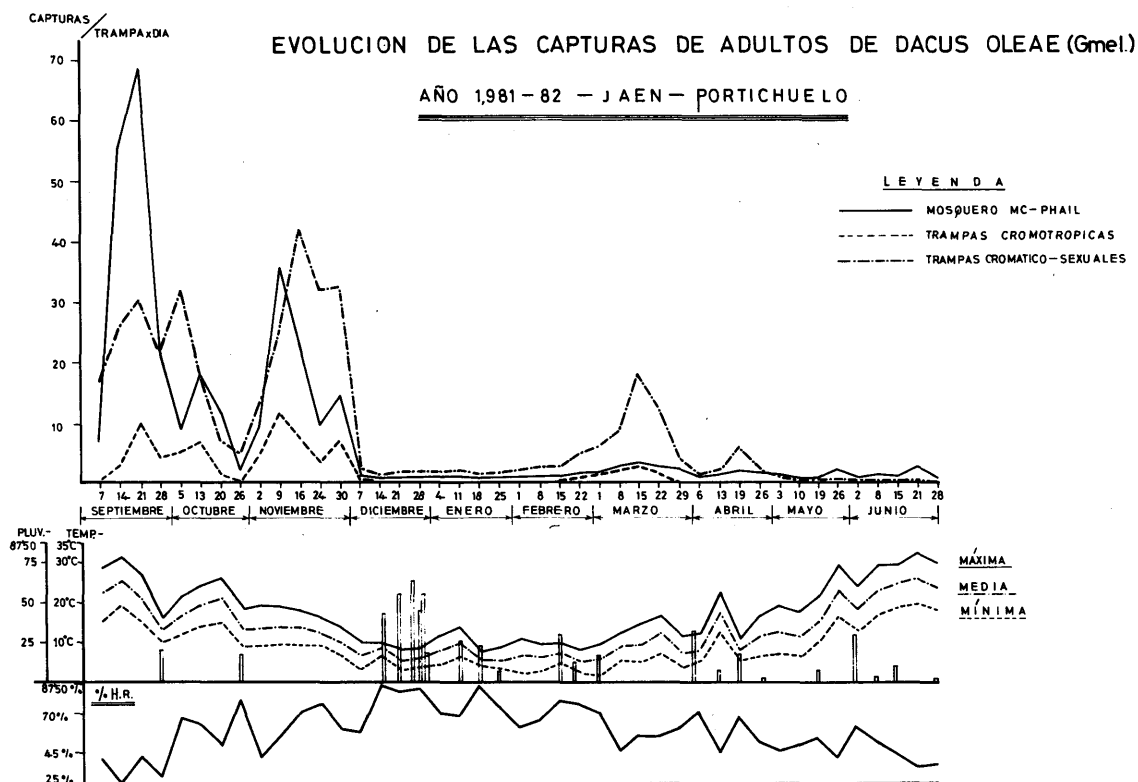
Respecto del tamaño de la muestra, el principal inconveniente con que se encuentra el investigador, a la hora de realizar el muestreo es el de conocer a «priori» cual debe ser el tamaño mínimo de aquella para que la estimación de la media poblacional tenga la precisión que previamente se haya fijado. Descartado el método de sondeo previo de la población antes de cada muestreo, debido a que su aplicación tendería a duplicar el trabajo, los métodos de que actualmente se dispone tienen como denominador común la posibilidad de ir conociendo secuencialmente la precisión de la estimación, lo que permite detener el muestreo en el momento en que se alcance la precisión deseada. Dentro de este grupo, existen métodos que están basados en la deducción de alguna función que relacione la varianza (s^2) y la media (\bar{x}), como es el de IWAO KUNO (1968) que propusieron la relación:

$$s^2 = (\alpha + 1) \bar{x} + (\beta - 1) \bar{x}^2$$

Fig. 4. — Trampa croniométrica tipo Rimitrap.

Fig. 5. — Trampa cromático-sexual.



Fig. 6.—Ciclo evolutivo de *Dacus oleae* (Gmel.).

en la que α y β son los parámetros de la expresión $\dot{m} = \alpha + \beta \cdot m$ citada anteriormente, o bien el de TAYLOR (1965) que propuso la relación:

$$s^2 = a \cdot \bar{x}^b$$

si bien este último método presenta algunos inconvenientes, desde un punto de vista estadístico estricto, para ser utilizado en un muestreo bietápico.

De acuerdo con lo anterior se puede determinar la precisión D, medida por el coeficiente de variación C.V., en función únicamente de la media, siendo posible a partir de esa función $D = f(x)$ diseñar dos tipos de curvas secuenciales: uno, en el que fijando el tamaño de las unidades primarias (UP), obtendríamos el número de unidades secundarias (US) que habría que tomar por cada UP, y otro tipo en el que al fijar el número de US por UP obtendríamos el número de UP a observar.

B) Estudio de la dinámica de la población del *Dacus oleae* (Gmel.)

1. Obtención de datos

— A nivel de adultos.

Los datos que se obtienen, independizados para cada uno de las diferentes trampas instaladas, son los siguientes:

— Número total de adultos de *Dacus oleae* capturados, indicando el número de machos y el número de hembras.

— Número de hembras con huevos, calculando el dato en porcentaje sobre 30 hembras, o sobre el total capturado si éste es inferior.

— Número de huevos por hembra con huevos, calculando el dato sobre 10 hembras con huevos, o sobre el total capturado si éste es inferior.

Los dos últimos datos se obtienen de las

Fig. 7.—Tamaño de la muestra (frutos/brote) para una precisión D previamente fijada.

capturas en mosquero McPhail haciendo extensivos los resultados a los otros tipos de trampas.

— A nivel de estados preimaginales.

La totalidad de la muestra, obtenida de la forma indicada anteriormente, se analiza en laboratorio, observándose los datos siguientes:

— Número de frutos de cada brote.

— Para cada fruto atacado, se indica el número y el tipo de picada que presenta, de acuerdo con las clases siguientes:

I_0 = número de picadas sin huevo.

I_1 = número de picadas con huevo o larva de primera edad.

I_2 = número de picadas con larvas de segunda o tercera edad.

I_3 = número de picadas con pupas, puparios vacíos o galerías abandonadas.

Para cada uno de los estados evolutivos observados, se indica si está vivo o muerto, y en este último caso, además, si la mortalidad es debida a factores bióticos o abióticos.

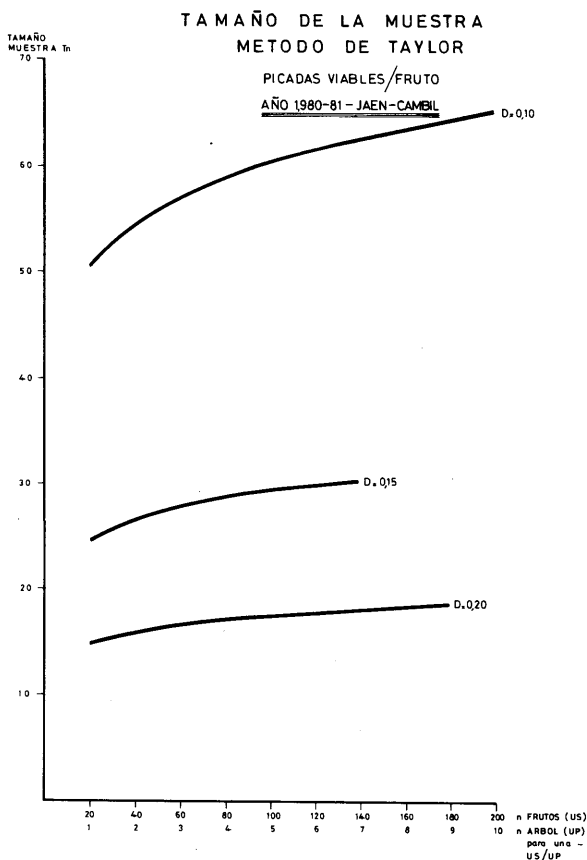
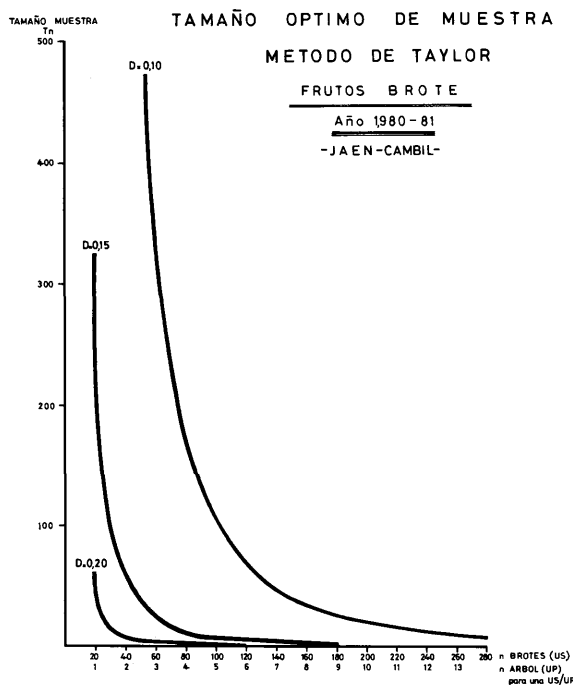
2. Metodología estadística

En lo referente a la estimación de ciertos atributos de la población como pueden ser el grado de ataque por entomófagos, porcentaje de mortalidad natural, proporciones de machos y hembras, proporción de un determinado estado evolutivo sobre el total de individuos que componen la población, etc., al no poder elegir fácilmente el azar los elementos de esa población, tomando uno a uno cada individuo, se hace necesario el seleccionar al azar unidades de muestreo y, en cada una de ellas, observar el atributo que interesa, sobre la totalidad de individuos que integran cada unidad de muestreo.

Los métodos de muestreo, aplicables en este caso, son similares a los citados anteriormente para evaluar la densidad media poblacional.

Con independencia de estos métodos especí-

Fig. 8.—Tamaño de la muestra (picadas viables/frutos) para una precisión D previamente fijada.



TENDENCIA DE $(L_2+L_3)/FRUTO$ EN EL TIEMPO

AJUSTE A CURVA LOGISTICA

AÑO 1980 - 81
JAEN - CAMBIL

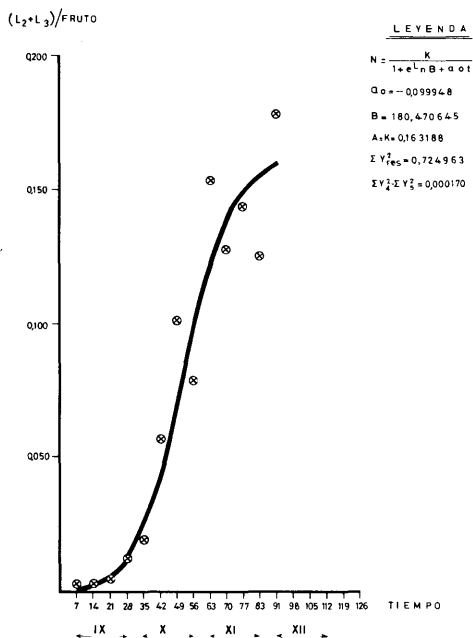


Fig. 9.—Ejemplo de ajuste logístico en el análisis de la evolución en el tiempo de un tipo de picada de *Dacus oleae*.

ficos de ecología de poblaciones de artrópodos, se utilizan también técnicas estadísticas de uso corriente. Así, por ejemplo, para analizar la tendencia de la evolución en el tiempo tanto para estados adultos como preimaginales del *Dacus oleae*, se ajustan las curvas obtenidas a aquellas funciones matemáticas que mejor expliquen, tanto desde un punto de vista matemático como biológico, los fenómenos observados. La misma metodología se ha aplicado en el caso, fundamental para el establecimiento de modelos previsivos, de las relaciones entre capturas de adultos e infestaciones preimaginales posteriores en fruto. Ajustes de tipo logístico o a regresiones de tipo exponencial o potencial, son frecuentes en estos casos.

C) Estudio de la capacidad atractiva de diferentes sistemas de observación de las poblaciones adultas del *Dacus oleae* (Gmel.)

Los distintos sistemas, las condiciones de utilización y su distribución en el área estudiada han sido descritas con anterioridad.

El objetivo fundamental de este estudio, es el poder seleccionar aquel tipo de trampa que mejor refleje, aunque de forma relativa, la población adulta de *Dacus oleae* existente, así como sus fluctuaciones. Para ello, y mediante el empleo de técnicas estadísticas de uso corriente, se analizan las relaciones observadas entre los diversos tipos de capturas de adultos obtenidas en los diferentes sistemas utilizados y, fundamentalmente, las correlaciones obtenidas entre las distintas capturas y las infestaciones posteriores detectadas en fruto.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Comentaremos en este aspecto algunas conclusiones obtenidas, con la aplicación práctica

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS DE ADULTOS EN EL TIEMPO

AJUSTE A CURVA LOGISTICA

MOSQUERO MC-PHAIL

AÑO 1981 - 82 -
JAEN - PORTICHUELO

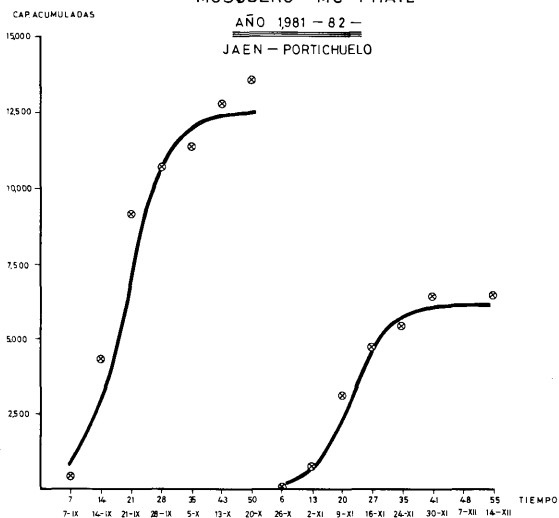


Fig. 10.—Ejemplo de ajuste logístico en el análisis de la evolución en el tiempo de las capturas de adultos de *Dacus oleae*.

de la metodología recomendada, en dos olivares diferentes de la provincia de Jaén, Cambil (1980-81) y Portichuelo (1981-82). Es necesario matizar que, por razones de espacio y tiempo, no se recogen en este trabajo los resultados obtenidos y, por otro lado que, al no haberse realizado un análisis exhaustivo de los datos, posible solamente si se utilizan ordenadores de gran capacidad, las conclusiones elaboradas forzosamente han de ser provisionales.

1. Densidad de fruto

Fundamental para la estima de la producción, se ha realizado mediante el análisis de la variable frutos/brote. Respecto a esta variable estudiada se ha observado:

— Una disparidad alta entre conteos sucesivos, aún cuando el C.V. para cada conteo es muy bajo, lo que puede ser debido a una falta de homogeneidad de la plantación o a una subjetividad en la elección al azar de las US en el muestreo.

— Dada la falta de homogeneidad de la plantación, la estimación realizada, para cada conteo, del tamaño óptimo de la muestra puede tener un reducido campo de aplicación.

— No obstante, lo anterior, y dado que existe una relación altamente significativa entre la varianza y la media, se han desarrollado métodos de muestreo secuencial, basados en la relación de TAYLOR o en la MEAN CROWDING, que permiten estimar el tamaño de muestra necesario para una precisión dada (figura 7).

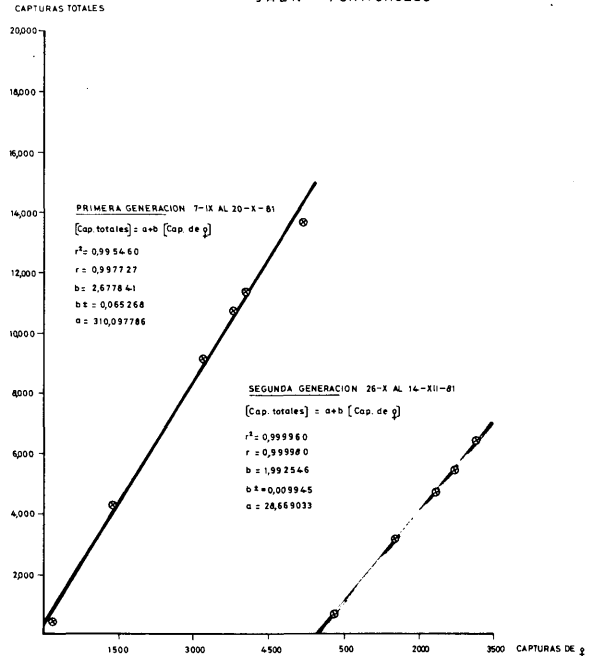
2. Desarrollo de estados preimaginales de *Dacus oleae* (Gmel.) en fruto

Las variables analizadas han sido los distintos tipos de infestación observados por fruto y brote, así como la tendencia de su evolución en el tiempo. Dado que los resultados obteni-

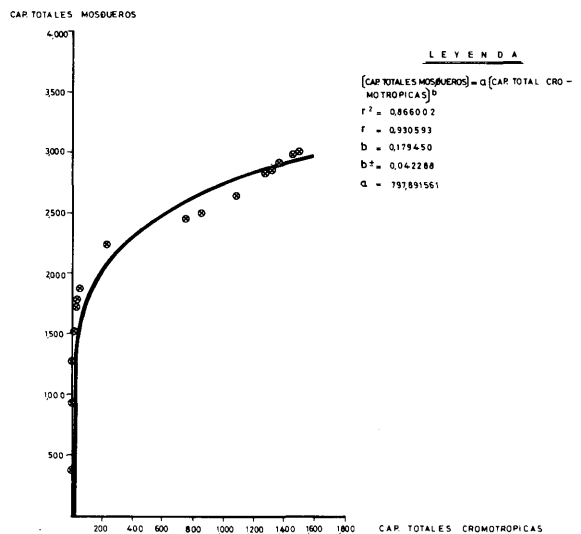
Fig. 11.—Ejemplo de ajuste lineal obtenido al comparar las capturas totales y las de hembras de *Dacus oleae* para un mismo tipo de trampa.

Fig. 12.—Ejemplo de ajuste potencial obtenido al comparar un mismo tipo de capturas de *Dacus oleae*, en trampas olfativas y cromáticas.

RELACIONES ENTRE CAPTURAS DE ADULTOS
AJUSTE A REGRESION LINEAL
MOSQUERO MC-PHAIL
AÑO 1981-82-
JAEN - PORTICHUELO



RELACION ENTRE CAPTURAS DE DIVERSAS TRAMPAS
AJUSTE A CURVA POTENCIAL
AÑO 1980-81-
- JAEN - CAMBIL -



RELACION ENTRE CAPTURAS DE ADULTOS E INFESTACIONES POSTERIORES EN FRUTO .-

AJUSTE A CURVA LOGISTICA

MOSQUERO MC-PHAIL

AÑO 1980-81-JAEN-CAMBIL

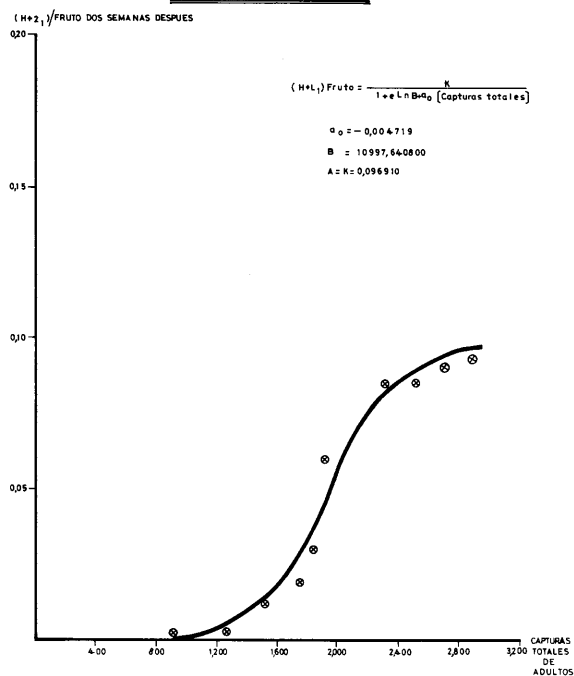


Fig. 13.—Ejemplo de ajuste logístico obtenido al comparar capturas de adultos de *Dacus oleae*, con infestaciones posteriores en fruto.

dos han sido similares en todos los casos, nos referiremos exclusivamente a la picada viable (suma de todos los tipos de infestación) por fruto:

— No se han detectado errores graves de muestreo, debido a la homogeneidad del ataque de *Dacus oleae*, lo que ha permitido el desarrollo de métodos de muestreo secuencial, basados en la relación de TAYLOR, y la obtención de una familia de curvas que permiten estimar el tamaño de muestra necesario para una precisión dada. En nuestro caso, y dado que no se observó más de una picada por cada fruto, las curvas tienden a la horizontalidad y reflejan la proporción de frutos atacados (fig. 8).

— Respecto a la evolución en el tiempo de la picada, se obtienen ajustes a curvas de tipo logístico, que pueden tener un claro significado biológico, como la existencia de factores, fundamentalmente climáticos y fenológicos, que limitan en el tiempo la picada de *Dacus oleae* y, esos factores limitantes, pueden ser en un momento dado proporcionales a la fracción de frutos atacados (fig. 9).

3. Desarrollo y características de las poblaciones adultas de *Dacus oleae* (Gmel.)

Se han analizado todos los tipos de capturas obtenidas en los diferentes sistemas, la tendencia que muestra su evolución en el tiempo, y las diversas relaciones entre ellas:

— La tendencia que muestran las capturas acumuladas de adultos de *Dacus oleae*, se ajustan bien a curvas de tipo logístico que tienen significado biológico (fig. 10).

— En los dos olivares y años analizados y para los distintos tipos de trampas, la relación que se establece entre las capturas totales y las de hembras es lineal, lo que inclina a pensar que la «sex ratio» de las poblaciones adultas de *Dacus oleae*, se mantiene constante e igual al coeficiente de regresión (b) calculado (fig. 11).

— La misma situación anterior se presenta al comparar las capturas totales y las de hembras con las capturas de hembras con huevos, lo que puede significar que la «capacidad ovipositora» de la especie, se mantiene constante en el tiempo e igual al coeficiente de regresión (b) calculado.

— La confirmación de estos hechos en estudios posteriores, dará lugar a una gran simplificación del modelo matemático explicativo de la evolución de la especie, pues serán probablemente factores de tipo abiótico, climáticos y fenológicos, fundamentalmente, los que incidirán en ella.

Respecto a la eficacia de los distintos sistemas de observación de las poblaciones adultas del *Dacus oleae*, podemos hacer notar:

— La respuesta de los adultos a estímulos olfativos y cromáticos, es diferenciada según

la época del año, prevaleciendo los primeros en los períodos secos, e igualándose prácticamente en períodos húmedos. El ajuste potencial obtenido entre los dos tipos de capturas, pone de manifiesto este hecho (fig. 12).

— La respuesta de los adultos a estímulos cromáticos y cromático-sexuales es en todo momento proporcional y a favor de los segundos y el ajuste lineal obtenido entre los dos tipos de capturas, así lo demuestra.

— En definitiva, serán las relaciones que se establezcan entre capturas de adultos e infestaciones preimaginales en fruto, quienes fijen el criterio de selección de unas u otras trampas.

4. Relación capturas-infestación

Se han analizado las relaciones existentes entre las capturas de adultos con diferentes tram-

pas y las infestaciones en fruto de tipo I_1 observadas dos semanas después, las de tipo I_2 cuatro semanas después y las de tipo I_3 seis semanas después. Las relaciones indicadas se ajustan, en general, a modelos de curvas de tipo logístico (fig. 13).

Realmente el hecho a resaltar es que estas relaciones existen. No pretendemos, por el momento, extraer conclusiones sobre dichas relaciones, y si manifestar que el solo hecho de que existan y de que puedan expresarse matemáticamente, nos confirma que la metodología de trabajo utilizada es correcta y que se abre un camino, por supuesto perfeccionable, para poder establecer, en un futuro no muy lejano, el modelo más idóneo que defina el comportamiento evolutivo del *Dacus oleae* (Gmel.), en las condiciones ecológicas de nuestro olivar.

ABSTRACT

MONTIEL BUENO, A. y MORENO VÁZQUEZ, R., 1982: Metodología utilizada en España para la realización de estudios bioecológicos sobre las poblaciones naturales del *Dacus oleae* (Gmel.). Resultados provisionales obtenidos en dos años de trabajo. *Bol. Serv. Plagas*, 8: 43-53.

From 1980, they apply in Spain, methodologies of work for the realization of bioecologic studies about natural populations of *Dacus oleae* (Gmel.).

The basic objective of these works, englobed in the general frame of investigation denominate National Plan of the Olive Fly, is to penetrate the knowledge of the species, fundamentally in relation with the environment in wich they develop, so they can dispose of the basic information that permit the realization of later works, to half-time, for the obtainment of foreseeable simple models, transferables to the farmers.

In the information that is present, besides the protocols of work used, included and comented are the resultats obtained during the campaigns 1980-81 and 1981-82, in two olive-groves in the province of Jaén, the most important as in farm surface cultivated, as in production of the olive-tree grove zones of Spain.

REFERENCIAS

- BALLATORI, E.; PUCCI, C.; RICCI, C., 1979: Rapport présenté à la II Session FAO. *Tunis*.
- CIRIO, U., 1979: Rapport présenté à II Session FAO. *Tunis*.
- IWAO, S., 1968. A new regresion method for analyzing the agregation pattern of animal populations. *Res. Popul. Ecol.*, X: 1-20.
- IWAO, S.; KUNO, E., 1968: Use of the regresion of mean crowding on mean density for stimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. *Res. Popul. Ecol.*, 10: 210-214.
- LLOYD, M., 1967: Mean crowding. *J. Anim. Ecol.*, 36: 1-30.
- SOUTHWOOD, T. R. E., 1971: Ecological methods. *Chapman y Hall*. London.
- TAYLOR, L. R., 1965: A natural law for the spatial disposition of insects. *Proc. XII Int. Congr. Ent.*: 396-397.