

Revisión de las técnicas de muestreo en entomología aplicada.

R. MORENO,

Se hace un análisis comparativo de las diferentes técnicas de muestreo utilizadas en el campo de la entomología aplicada, estableciendo criterios que permiten apreciar las ventajas de cada uno de los métodos conocidos actualmente. Se pretende con ello dar oportunidad para que los técnicos en el campo, apliquen en cada caso aquellas técnicas más aconsejables para un problema determinado. Del mismo modo, se pretende facilitar una serie de datos orientativos que puedan servir también para expresar a los agricultores en general sobre los umbrales permisibles de trabajo en las técnicas de tratamientos contra insectos.

Por otro lado, se ha intentado evitar aspectos enojosos de exposiciones matemáticas, que para el profano podrían resultar algo fuera de lugar.

R. MORENO. *Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica.* Málaga.

INTRODUCCION

Intentar exponer en estas pocas páginas la problemática del muestreo en entomología, y dar soluciones que satisfagan a la mayoría de los casos que se presentan en la práctica es tarea realmente imposible. Para una mayor comodidad he preferido adjuntar una extensa bibliografía que permitirá a la persona interesada encontrar en ella estudios o comentarios que puedan servirle de ayuda o guía cuando intente programar y desarrollar un muestreo en un caso específico.

En este trabajo he querido únicamente hacer una recopilación de las premisas en que se debe cimentar un muestreo probabilístico, y de los diferentes métodos de muestreo que el técnico tiene a su disposición.

CONCEPTO DE MUESTREO

Aunque es suficientemente conocida la finalidad que se persigue al realizar un muestreo, no creo que sea inapropiado recordar algunas cuestiones relacionadas con él.

Una población, dentro del campo de la entomología, está formada por un conjunto de individuos que se encuentran repartidos por su hábitat específico. De esa población deseamos conocer algunos parámetros, tales como el número total de individuos, la densidad media, o algún atributo (porcentaje de machos y hembras, parasitismo, longitud de las larvas, etc.). Como no es posible observar por separado la totalidad de individuos que componen la población, un sistema consistirá en extraer una muestra y a partir de ella estimar el parámetro poblacional que nos interesa. Estos estimadores son valores aproximados de los parámetros respectivos; pero de poco nos servirían si no pudiéramos concretar cuál es y qué confianza nos merece esa aproximación.

De todos los tipos de muestreo que existen (probabilístico, intencional u opinático, sin norma o errático) solamente el probabilístico es el que se ajusta a las exigencias antes citadas. En este muestreo la selección de los individuos se hace al azar tal como se estudia en estadística matemática, y, por consiguien-

te a los datos suministrados por la muestra se les podrá aplicar los métodos estadísticos de elaboración. Al resto de los muestreos no se les podrá aplicar estos métodos, por lo cual nunca se podrá saber cuál es el error o precisión con el que hemos obtenido el estimador.

Dentro del muestreo probabilístico existen diversos tipos, tales como aleatorio con reemplazamiento, aleatorio sin reemplazamiento, estratificado, por conglomerados, bietápico, polietápico, sistemático, doble múltiple, con submuestras impenetrantes, repetido y sucesional. Para estudiarlos existen numerosos textos (AUTORES VARIOS, 1969; AZORÍN, 1972; COHRAN, 1972; SÁNCHEZ-CRESPO, 1971) que explican detalladamente tanto su desarrollo matemático como las aplicaciones que pueden tener cada uno de ellos.

Especialmente en los casos en que se desee estimar la población total, o la densidad media de individuos, los resultados se expresan por unidad de soporte, ya sea éste vegetal, suelo, aire o agua, sobre los que se encuentran. Esta forma de actuar nos lleva directamente al concepto de unidad de muestreo. Para poder indicar el número de individuos por unidad de soporte, se deben tomar al azar unidades del soporte (unidad de muestreo) y contar los individuos que contienen.

Cuando se desea conocer cualquier atributo, por ejemplo, porcentaje de parasitismo se puede operar tomando cada individuo al azar y observar si está o no parasitado. Con ciertas especies éste método será factible; pero con otras (mosca blanca, cóccidos, etc.) será imposible, ya que en sentido estricto el muestreo al azar supone en principio un listado de todos los individuos, y, por consiguiente, el único método viable será el de seleccionar al azar unidades de muestreo y observar en ellas los individuos parasitados y sin parasitar.

MEDIDA DE LA MAGNITUD DE UNA POBLACION

El número de individuos que compone una población puede ser expresado de diferentes formas (MORRIS, 1960; SOUTHWOOD, 1971; STRICKLAND, 1961). Entre las más usuales tenemos:

— **Intensidad de la población:** Es una densidad media, ya que la población se define por el número de animales que hay en una unidad de muestreo.

Esta medida es la más adecuada cuando se quieren relacionar daños producidos en la planta y nivel de población que los ha causado, y también cuando se desean comparar densidades del entomófono y su huésped.

— **Población absoluta:** Como su mismo nombre indica, con esta medida estamos estimando el número total de individuos. La forma de reflejarla es mediante el número de individuos que hay por unidad de superficie. Se toma la unidad de superficie, ya que en numerosas ocasiones el hábitat de la especie no son únicamente las plantas cultivadas, sino el suelo o las malas hierbas; pudiendo suceder también que los adultos busquen sólo refugio en las malas hierbas, aunque éstas no sean su hábitat.

La población absoluta es en algunos casos más representativa que la intensidad de la población. Un ejemplo claro lo tenemos cuando se desean hacer comparaciones entre los tamaños de las poblaciones de *A. floccosus* que presentan varias parcelas. El hábitat de esta especie prácticamente se reduce a la última brotación, pudiéndose tomar como unidad de muestreo una hoja de dicha brotación. La densidad media se referirá entonces a la unidad de superficie foliar (cm^2 , 10 cm^2 , dcm^2 , etc.). Si la superficie foliar receptiva por árbol es similar en cada una de las parcelas, una densidad media, mayor en una

parcela que en otra, nos indicará que la población es también mayor en la primera parcela; sin embargo, si la superficie receptiva por árbol no es la misma, a una densidad mayor no tiene por qué corresponder una población mayor. Es decir, las comparaciones entre las densidades medias, tomadas éstas como medida de la población absoluta, serán posibles siempre y cuando la superficie foliar receptiva por árbol sea la misma en todas las parcelas; en caso contrario, antes de comparar se deberán realizar las correcciones oportunas basadas en la superficie foliar receptiva por árbol que tiene cada una de las parcelas. Un caso análogo nos lo encontraremos también cuando se trabaja con diferentes variedades que tienen hojas de distinto tamaño. En estas ocasiones será imprescindible, por lo tanto, tomar, a la vez que se extrae la muestra, datos sobre el estado de desarrollo en que se encuentran las brotaciones, número de ellas, y superficie foliar (BENJAMIN, 1968; ONILLON, 1971).

— **Índices de población:** Con este término se denomina a cualquier clase de medida que tenga alguna relación con el tamaño de la población. Entre los ejemplos más típicos tenemos las capturas realizadas por trampas, los daños producidos a las plantas huéspedes, o el conteo de diferentes productos, bien de secreción o excreción, que a lo largo de su vida dejan los individuos (AUTORES VARIOS, 1969; SOUTHWOOD, 1971).

Estos índices, por sí mismo, tienen muy poco valor, ya que aun siendo función de la densidad, dependen de otros muchos factores, tales como el comportamiento de los individuos según la hora del día, las condiciones meteorológicas, la eficiencia y estado de los aparatos utilizados, etc. (KRAMBIAS).

Si a través del conocimiento profundo de la biología de las especies se consigue determinar la incidencia de los factores antes citados

y se hacen las correspondientes correcciones en los índices, éstos pueden llegar a ser un instrumento muy útil, tal como ha sucedido en algunas ocasiones en que se ha podido pasar de índice a intensidad de población. Este es un campo de la entomología en el que hay muy poco hecho por el momento; pero merece que se le preste una mayor atención, debido a que estas estimaciones indirectas del tamaño de una población casi siempre son más fáciles y menos costosas de realizar que las directas sobre los individuos.

GENERALIDADES SOBRE LA PRACTICA DEL MUESTREO

Como ya he expuesto en apartados anteriores, de una población se pueden estudiar numerosos aspectos y según cuál sea el objetivo así será el método de muestreo y el diseño que se utilice. Esto no quiere decir que para cada caso exista un solo sistema específico; sino que entre la variada gama que tenemos a nuestra disposición, seleccionaremos aquel sistema que mejor se acomode a nuestro estudio. Ante la presencia de esta amplia metodología, y como paso previo a cualquier muestreo es conveniente analizar detenidamente los siguientes puntos:

- Puntualización exacta del objetivo u objetivos.
- Elección del tipo de muestreo más sencillo que nos permita conseguir el objetivo u objetivos señalados.
- Elección del diseño de acuerdo con el objetivo u objetivos perseguidos de forma que nuestros recursos tanto económicos como de tiempo puedan ser aprovechados al máximo; dentro siempre de unos límites de error en el muestreo fijados previamente.

A continuación comentaré cada uno de estos puntos.

OBJETIVO

La fijación clara y exacta del objetivo que nos proponemos alcanzar es pieza esencial en el desarrollo posterior del muestreo.

En la literatura existen diversas clasificaciones de los objetivos y de los subsiguientes métodos de muestreo utilizables, según se considere un determinado carácter diferencial (mayor o menor intensidad del estudio, estimaciones directas o indirectas de atributos de la población, estudios en el espacio o en el tiempo, etc.). Yo pienso que en los estudios de entomología aplicada, una clasificación práctica muy útil es la que se desprende de la mayor o menor intensidad con la que tengamos que observar y medir la evolución y las características biológicas de una especie y del análisis más o menos exhaustivo que debamos hacer de los factores de cualquier tipo que inciden sobre ellos.

Según este criterio los objetivos los podemos clasificar en extensivos o intensivos.

En el caso de los extensivos, nuestros propósitos se dirigen primordialmente a valorar la población de una determinada plaga y a relacionar sus diferentes niveles poblacionales, tanto con las pérdidas que ocasionan en los cultivos como con las poblaciones de sus entomófagos específicos y los de otras especies. Si estos estudios se hacen en el espacio y en el tiempo estaremos en condiciones de decidir si en un momento determinado es conveniente adoptar cualquier tipo de medida biológica o química que impida que la especie supere unos niveles poblacionales intolerables, logrando a la vez minimizar los efectos biológicos laterales. A menudo, cuando estos estudios se realizan en zonas diferentes, los datos obtenidos sirven para predecir la población, con una mayor o menor aproximación, según sean los caracteres climáticos, edáficos, y de cultivo de la comarca en que se

trabaja; con lo cual indirectamente estaremos introduciéndonos en el campo, todavía muy poco explorado, de la lucha integrada.

Dentro del marco extensivo se encuadran también otros objetivos, tales como, conocimiento cualitativo de las especies que componen un ecosistema, valoración de la eficacia de los enemigos naturales sobre poblaciones muy restringidas de la especie atacada, mapas de población, etc.

En los intensivos lo que se pretende principalmente es el estudio de la dinámica de poblaciones. Para ello es necesario realizar observaciones continuas sobre poblaciones de pequeño tamaño, extrayendo informaciones sobre el número de individuos de cada uno de los estados de desarrollo y sobre los factores que regulen la población. Con estos datos se pueden construir tablas de vida que analizadas convenientemente servirán para determinar el peso que en el cómputo total de los efectos tienen los factores que inciden sobre las fluctuaciones de la población. Una meta final consistirá en la posible realización de un modelo matemático que sea capaz de reflejar las variaciones reales que a lo largo del tiempo presenta la población.

La distinción que he hecho entre objetivos extensivos e intensivos no quiere significar que no exista en muchas ocasiones una clara interdependencia entre ellos, y que las aportaciones de uno no enriquezcan y maten más convenientemente los resultados aportados por el otro. Por otra parte no existe una clara línea divisoria entre ambos tipos de objetivos, ya que ciertos trabajos, como, por ejemplo, grado de parasitismo, o evaluación del tamaño de una población, pueden ser efectuados en cualquiera de las dos líneas.

TIPOS DE MUESTREO

Como los métodos de muestreo suelen ser diferentes para uno u otro tipo de objetivo, a

continuación expondré para cada uno de ellos los métodos utilizados.

— **Extensivos:**

El método secuencial (ALLEN, 1972; ONSAGER, 1956; PIETERS; SEVACHERIAN, 1972; SYLVESTER; WOLFENBARGER), de acuerdo con nuestros conocimientos actuales, es el más apropiado para decidir sobre la conveniencia de adoptar medidas, ya sean químicas o biológicas, para combatir una plaga. Con este método evitaremos el proceso siempre complicado y costoso de valorar la densidad media de la población. Antes de ponerlo en práctica se ha debido determinar cuál es el valor de la densidad media por encima del cual se realizarán tratamientos y también el valor por debajo del cual no son necesarios los tratamientos (BARDNER; FAO, 1971; FARINGTON; GONZÁLEZ, 1967; SYLVÉN, 1968; WESTIGARD, 1971; WESTIGARD, 1975). Asimismo, previamente se habrá deducido cuál es el tipo de distribución que teóricamente nos puede representar la repartición de la especie dentro de su hábitat, y se habrán estimado los parámetros que definen dicha distribución. Una vez determinados estos puntos y tras concretar el grado de precisión con que han de obtenerse los resultados, precisión que en gran medida dependerá de las consecuencias económicas que produzca una decisión errónea, se pasará a la construcción del gráfico secuencial que nos permitirá saber directamente en el campo si es o no conveniente efectuar un tratamiento.

La evaluación de la densidad media poblacional, ya sea de forma indirecta mediante índices poblacionales o directa (BINNS, 1976; SKIYOMI, 1976), es indispensable cuando en una zona se desean observar las variaciones que en el tiempo experimenta el tamaño de una población o cuando se intentan comparar las intensidades de población que tienen diferentes parcelas. En estas valoraciones no se

debe olvidar que el soporte vegetal receptivo a la especie puede variar de unos lugares a otros, o de unas variedades a otras, y que siempre que esto ocurra será necesario tomar datos sobre estos aspectos fenológicos para efectuar las oportunas correcciones a las densidades obtenidas en los conteos. La metodología que se puede seguir en estos casos es muy amplia y teóricamente son utilizables la casi totalidad de los tipos de muestreo probabilístico que antes he mencionado. En la práctica, los métodos más utilizados son aleatorio, bietápico, polietápico o sistemático, todos ellos con o sin estratificación. El resto, por su mayor complejidad, tanto en lo que respecta a los trabajos de campo como a la posterior elaboración de los datos, no suelen ser empleados.

En lo concerniente 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 de desarrollo sobre el número total de individuos de su misma especie, he expuesto en un apartado anterior que, si los elementos de una población pueden ser fácilmente elegidos al azar, el muestreo se haría tomando uno a uno cada individuo, y en caso contrario se tendrían que seleccionar también al azar unidades de muestreo y en cada una de ellas observar el atributo que interese en la totalidad de los individuos que integran cada unidad de muestreo. Los métodos de muestreo que se pueden utilizar en estos casos son similares a los citados para evaluar la densidad media. En relación con el estudio de la mayoría de estos atributos quiero hacer la consideración de que algunos factores bióticos y abióticos inciden fuertemente sobre ellos, y que por este motivo un valor de cualquier atributo tiene una significación muy pobre si no va acompañado

de la correspondiente estimación de los principales factores que han podido afectar al atributo valorado (ANDREWARTHA, 1970; MORRIS, 1965; MOUNTFORD, 1966; ROYAMA, 1970).

Las estimaciones directas de las poblaciones absolutas son en la mayoría de las ocasiones imposibles de realizar, en cambio las densidades medias debidamente corregidas nos sirven de índices muy aprovechables para estimar el total poblacional. Un método indirecto que se usa con adultos, especialmente de lepidópteros y dípteros, es el de marcado, suelta y captura; pudiéndose estimar el total de adultos, a partir del número de marcados que se capturaron (HARTSTACK, 1971; WOLF, 1971).

Dentro del grupo de objetivos de tipo extensivo existen trabajos que no requieren del uso de muestreo, como son, entre otros, los de colección cuya finalidad principal reside en el conocimiento cualitativo de la biocenosis o aquellos que se proponen una inicial comprobación de la eficacia de los entomófagos de una plaga, tal como se realiza en California con los enemigos de los agrios; donde únicamente se pretende determinar si la mortalidad de la plaga es mayor o menor cuando su parásito está presente, y para ello suelen aislar cada árbol en el interior de un invernadero y observar en él la citada mortalidad (AUTORES VARIOS, 1971).

Para finalizar esta breve revisión, quiero resaltar los errores que en algunos casos puede ocasionar un muestreo sin reemplazamiento. Si sobre una misma parcela se efectúan periódicamente muestreos de este tipo y en ella la densidad media de los individuos muestreados no es muy alta, con nuestra intervención estaremos alterando gravemente ese ecosistema y, en consecuencia, los resultados que progresivamente vayamos obteniendo divergirán cada vez más de los reales que se obtendrían si no hubiésemos actuado (LEFKOVITCH, 1966).

— Intensivos:

En los estudios que se proyectan con una finalidad puramente intensiva, el muestreo es de una importancia secundaria. Esto tiene una explicación lógica, ya que lo que se busca son poblaciones que estén sometidas a una serie de factores, la mayoría de ellos fácilmente medibles y cuya influencia sea la misma para todos los individuos. De esta forma se obtendrían tablas de vida con datos muy concordantes, que al ser analizados darían resultados con unos errores de estimación muy bajos. Por este motivo, antes de comenzar en campo un trabajo de este tipo será muy conveniente dividir el hábitat en estratos que posean una intravarianza mínima respecto a dichos factores, y hacer los estudios por separado, en uno o varios estratos. Los muestreos se realizarán periódicamente y en cada uno de ellos se elegirá al azar la muestra; o bien, si ello es posible, con el fin de reducir aún más la varianza se selecciona una primera muestra observándose siempre la misma en los muestreos sucesivos (ANDERSEN, 1970; ATKINSON; GIUSTINA, 1972; MANLY, 1973; PIELOU, 1969; REDDINGIUS, 1970; WARD, 1974).

Estos estudios, para que sus resultados sean extrapolables a otras situaciones, será conveniente realizarlos en varias zonas.

Por la misma causa comentada anteriormente para los extensivos, en este caso se debe tener un gran cuidado en que las tomas de muestras no produzcan alteraciones de la población no achacables a los factores que en realidad la regulan.

Como complemento de estos estudios en campo, y a pesar de que cuenta con numerosos detractores, yo pienso que los estudios en laboratorio, manteniendo controlados varios factores, pueden resultar muy útiles en el momento de elaborar conclusiones.

DISEÑO

En un programa de muestreo deben ser considerados los tres aspectos siguientes:

- Universo muestral.
- Unidad de muestreo.
- Tamaño y distribución óptima de las unidades de muestreo.

La selección del universo muestral estará relacionada con el hábitat de la especie y con el objetivo. El estudio completo del hábitat, incluyendo las variaciones que el mismo tenga en el tiempo, nos indicará las zonas del soporte que han de ser muestreadas y el peso que cada una de ellas tendrá en el muestreo; mientras que el objetivo nos limitará la superficie a la que se debe aplicar el muestreo, con dependencia de si éste es extensivo o intensivo. En el extensivo, cuando lo que se desea es decidir sobre la adopción de medidas para combatir una determinada plaga y con la finalidad de reducir costos, es conveniente muestrear un solo estado evolutivo, eligiéndose aquél que se encuentre más correlacionado con el daño, o el que mejor nos represente el potencial biótico de la especie; siendo también aconsejable que el estado evolutivo que se muestree permanezca inalterable durante un período de tiempo suficiente para que se pueda completar la inspección de los campos donde se ejecuta el trabajo.

En los casos de estudios intensivos, el universo muestral se reduce al máximo con la finalidad de que la intravarianza, respecto a los factores que regulan la población, sea mínima.

En la elección de la unidad de muestreo se debe intentar minimizar la varianza y el coste, incluyendo en éste el de toma de muestras y el de los conteos posteriores; debido a que una varianza alta ocasionaría un tamaño de la muestra considerable, lo que repercutiría desfavorablemente en los costes, los cuales no

deberán superar los recursos que tenemos a nuestra disposición y que en cualquier caso serán un factor limitante.

Para poder minimizar varianza y costes se deben hacer unos muestreos preliminares. En la literatura existen diversas teorías sobre estos trabajos previos, y una de las que yo creo que es útil, es la de tomar una unidad de muestreo que contenga otras posibles unidades. Supongamos que para muestrear en un árbol una determinada plaga, que puede habitar en brotes y hojas, se elige inicialmente como unidad de muestreo, el brote con sus correspondientes hojas. Esta unidad contiene otras posibles unidades de muestreo (hoja, entrenudo y hoja, dos entrenudos y hoja, etc.). Después de muestrear el árbol y obtener los datos se pueden calcular las varianzas correspondientes a cada una de las unidades de muestreo y a partir de ellas deducir, para una misma precisión de la estimación, el número aproximado de unidades de muestreo que se habrían tenido que tomar en cada caso. Si estos cálculos van acompañados de los costes requeridos para cada unidad de muestreo tendremos la posibilidad de seleccionar aquélla que mejor se acomode a nuestras necesidades.

Hay además otros aspectos interesantes que pueden ayudar a elegir una adecuada unidad de muestreo. Como norma general se puede decir que se obtiene un nivel más alto de precisión (para el mismo coste) tomando más unidades de pequeño tamaño que menos y grandes. La única desventaja del muestreo por unidades pequeñas es el número de ceros que resultarían cuando las densidades fuesen bajas, lo cual podría dificultar el análisis de los datos.

Otra advertencia es que una unidad de muestreo puede ser útil cuando la población cumple ciertas condiciones, pero que puede no serlo cuando esas condiciones varían.

Como compendio y ampliación de lo hasta aquí expuesto, Morris ha establecido seis criterios para la elección de una unidad de muestreo:

1. Debe ser tal que todas las unidades del universo tengan igual probabilidad de selección.
2. Debe ser estable, y en caso contrario sus cambios deben ser fácil y periódicamente medidos.
3. La proporción de la población del insecto que utiliza la unidad de muestreo como hábitat, debe permanecer prácticamente constante.
4. Se debe poder medir en unidades de superficie.
5. Debe ser encontrada fácilmente en el campo.
6. Debe tener un tamaño tal que proporcione un equilibrio razonable entre la varianza y el coste.

Un caso particular de elección de unidad de muestreo es aquel que se presenta en los estudios que pretenden conocer la repartición espacial del insecto. En estas ocasiones se tiene que buscar una unidad de muestreo, independientemente de las varianzas, que nos indique de forma fiable si la población se distribuye regular, aleatoria, o agregativamente. Para resolver estos problemas existe una abundante bibliografía que puede ser consultada.

El tamaño de la muestra, tanto en el caso de hacer estimaciones a nivel de planta o a nivel de huerto como a nivel más amplio, es una función del error máximo que estamos dispuestos a admitir y de la varianza. El error dependerá del tipo de objetivo que nos proponamos. En el caso de los extensivos, que prácticamente se encuentran subordinados a resultados económicos, el error se establecerá de acuerdo con el perjuicio económico que

ocasiona la toma de una decisión equivocada. Para los intensivos este error no está claramente definido y se tiene la tendencia a obtener unas precisiones altas a costa sobre todo de restringir el universo muestral.

Como la varianza es la única variable desconocida en el cálculo del tamaño de la muestra, ya que el error se establece «a priori», todos los métodos que existen para determinar dicho tamaño intentan conocer previamente el valor de esa varianza, aunque sea de forma aproximada. Uno de los métodos se apoya en un muestreo previo al definitivo, deduciendo de él cuál puede ser la varianza y en consecuencia el número de muestras que se elegirán.

Otro consiste en efectuar muestreos preliminares exhaustivos en parcelas que tengan diferentes intensidades de población. Con los datos obtenidos, se calcula en cada una de estas parcelas el número de unidades de muestreo necesarias para alcanzar la precisión con la que se quiere realizar el trabajo. El mayor de todos esos valores que así se han obtenido se elige como número de unidades de muestreo que habrán de ser tomadas en los sucesivos muestreos. Con este método nos ponemos en el caso más desfavorable, por lo cual, en algunas ocasiones, tomaremos más unidades de muestreo de las necesarias, pero siempre se tiene la seguridad de estar dentro de la precisión que deseamos.

Otro método de reciente introducción se basa en los mismos principios que el muestreo secuencial (KUNO, 1969). En éste también se efectúan muestreos previos exhaustivos con la finalidad de encontrar, si es posible, una relación que ligue a la media y a la varianza. En cuanto esto se ha conseguido, la varianza interviene en función de la media y se pueden aplicar reglas análogas a las del muestreo secuencial. Este método tiene la ventaja sobre el resto de que con él siempre

se toman las unidades de muestreo que son suficientes para conseguir la precisión con que queremos trabajar.

Estos métodos que he citado para determinar la unidad de muestreo y para calcular el tamaño de la muestra son aplicables tanto cuando se persiguen objetivos de tipo extensivo como intensivo. A partir de aquí los caminos son diferentes. En los intensivos el diseño ha de estar supeditado al análisis que se pretende hacer de los datos recogidos, análisis que en la mayoría de las ocasiones será multivariante.

En cambio, en los extensivos, la distribución óptima del tamaño de la muestra dependerá del tipo de muestreo elegido, que como ya se expuso anteriormente suelen ser aleatorio, bietápico, polietápico o sistemático. Para cada uno de ellos existen expresiones que permiten calcular para la precisión que deseemos el número de plantas que se tienen que muestrear y el número de unidades de muestreo que se deben tomar por planta (AUTORES VARIOS, 1969; AZORIN, 1972; COCHRAN, 1972; KUNO, 1976; SÁNCHEZ-CRESPO, 1971).

CONCLUSION

Todas las consideraciones que he hecho sobre el muestreo de poblaciones en entomología han tenido como finalidad principal la de mostrar al técnico de una forma concisa una serie de métodos que empleados convenientemente le suministrarán una información fiable sobre dichas poblaciones, y le permitirá adoptar en consecuencia decisiones que tendrán un alto porcentaje de probabilidades de ser acertadas.

No obstante, el técnico al tratar de llevar a la práctica un programa extensivo tropezarán con serias dificultades. Refiriéndome a España, todos sabemos que sus ciudadanos son altamente individualistas, y esto también se patentiza en la labor que realiza cada agricultor en sus huertos, y en particular en el régimen de tratamientos fitosanitarios que efectúa, ya que suele ser totalmente diferente de unos a otros. Por este motivo la intensidad con que se presentan ciertas plagas será muy variable, siendo necesario observar huerto por huerto para valorar debidamente si es conveniente utilizar cualquier medida de tipo fitosanitario para combatir la plaga. Como esto es realmente imposible no queda otro remedio que educar al agricultor, tarea por otra parte muy ímproba, para que él mismo sea, debidamente aconsejado por el técnico, el que tome las decisiones.

Aunque el agricultor en muchas regiones no se ha dado cuenta todavía que tiene esta responsabilidad, y aun dándose cuenta, en algunos casos, no dispone de la maquinaria que le permita realizar los tratamientos en el período en el cuál las eficacias serían más altas; no creo que estos sean motivos suficientes para que el técnico, al no ver traducidos sus esfuerzos y resultados en realizaciones prácticas por parte del agricultor, se desanime y no desee continuar en el camino emprendido. Este camino, sin duda, le llevaría a obtener conclusiones muy interesantes, que serían aprovechadas rápidamente por los agricultores, en el momento en que esos problemas que actualmente tienen estén más o menos resueltos; sin tener que esperar a que los técnicos emprendieran y concluyeran una marcha que antes habían paralizado.

ABSTRACT

R. MORENO, 1979.—Revisión de las técnicas de muestreo en entomología aplicada. *Bol. Serv. Plagas*, 3: 207-217.

A comparative analysis is made of the different sampling techniques used in the field of applied Entomology, establishing criteria which enable the advantages to be appreciated of each of the methods currently known. With this, it is sought to give an opportunity for experts in the field to apply in each case those techniques which are most advisable for a given problem. In the same way, it is intended to furnish a series of guiding data, which can also serve to advise farmers generally of the permissible work thresholds in insect treatment techniques.

On the other hand, it has been endeavoured to avoid irritating aspects of mathematical expositions, which would prove somewhat out of place for laymen.

REFERENCIAS

- ALLEN, J.; GONZÁLEZ, D., y GOKHALE, D. V. 1972: Sequential sampling plans for the Bollworm, *Heliothis zea*. *Environmental Entomology*, vol. 1, n.º 6: 771-780.
- ANDERSEN, F. S. 1970: Simple elementary models in population dynamics. *Proc. Adv. Study. Inst. Dynamics Numbers Popul.* 358-365.
- ANDREWARTHA, H. G. 1970: The concept of local population and the mechanisms of negative feedback in natural populations. *Proc. Adv. Study. Inst. Dynamics Numbers Popul.* 189-198.
- ATKINSON, P. R.: Preliminary analysis of a field population of citrus red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) and the measurement and expression of stage duration and reproduction for lifetables. *Bull. Ent. Res.* 67, 65-87.
- AUTORES VARIOS. 1971: Biological Control. (Proceedings of an Symposium on Biological control, held at Boston, Massachusetts. December 30-31, 1969). *Plenum Press*, London.
- AUTORES VARIOS. 1969: Problèmes d'écologie: léchantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. *Masson & Cia*.
- AZORÍN, F. 1972: Curso de muestreo y aplicaciones. Aguilar. Madrid.
- BARDNER, R., y FLETCHER, K. E.: Insect infestations and their effects on the growth and yield of field crops: a review. *Bull. ent. Res.* 64, 141-160.
- BENJAMIN, D. M., y otros. 1968: The determination of irregularly —shaped— areas of leaves destroyed by chewing insects. *Ann. appl. Biol.* 61, 13-17.
- BINNS, M. R. 1976: A sequential counting procedure for estimating the total number of randomly distributed individuals. *Journal of the American Statistical Association.* 74-79.
- COCHRAN, W. G. 1972: Técnicas de muestreo. *Compañía Editorial Continental*, S. A. México.
- FAO. 1971: Crop loss assessment methods. *FAO Manual on the evaluation and prevention of losses by pests, diseases and weeds*.
- FARRINGTON, J.: Economic thresholds of insect pest infestation in peasant agriculture: A question of applicability, *Pans*, 23 (2): 143-148.
- GIUSTINA, DELLA W. 1972: Etude sur les fluctuations des populations d'insectes vivant dans les serres légumières de la région parisienne. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 4 (1), 5-33.
- GONZÁLEZ, D., y otros. 1967: Population assessment of cotton bollworm in relation to pest control practices. *California Agriculture*, 21 (5): 12-14.
- HARTSTACK, A. W., y otros. 1971: Determination of trap spacings required to control an insect population. *Journal of Economic Entomology*, vol. 64, n.º 5, 1.090-1.100.
- KRAMBIAS, A.: Climatic factors affecting the catches of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zell.) (Lep., Gelechiidae) at a pheromone trap. *Bull. ent. Res.* 66, 81-85.
- KUNO, E. 1969: A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. *Res. Popul. Ecol.* XI; 127-136.
- KUNO, E. 1976: Multistage sampling for population estimation. *Researchs on Population Ecology.* 18 (1): 38-56.
- LEFKOVITCH, L. P. 1966: A theoretical evaluation of population growth after removing individuals from some age groups. *Bull. ent. Res.*, 57: 437-445.
- MANLY, B. F. J., y SEBER, G. A. F. 1973: Animal life tables from capture-recapture data. *Biometrics* 29, 487-500.
- MORRIS, R. F. 1960: Sampling insect populations. *A. Rev. Ent.* 5, 243-264.
- MORRIS, R. F. 1965: Contemporaneous mortality factors in population dynamics. *Canad. Ent.* 97: 1.173-1.184.
- MOUNTFORD, M. D. 1966: Relation of temperature to the duration of the development of insects. *Nature*, vol. 211.
- ONILLON, J. C. 1971: Contribution a l'étude de la dynamique des populations d'homoptères inféodés aux agrumes: I. Estimation de la surface d'une feuille en fonction de ses deux plus grandes dimensions. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 3 (2), 183-193.
- ONSAGER, J. A.: The rationale of sequential sampling with emphasis on its use in pest management. *Technical Bulletin No. 1.526*. Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture.
- PIELOU, E. C. 1969: An introduction to mathematical ecology. *Wiley-Interscience*.
- PIETERS, E. P., y STERLING, W. L.: Sequential sampling

- cotton squares damaged by boll weevils or *Heliothus* spp. in the coastal bend of Texas. *Journal of Economic Entomology*, vol. 68, n.º 4: 543-545.
- REDDINGIUS, J. 1970: Models as research tools. *Proc. Adv. Study. Inst. Dynamics Numbers Popul.*, 64-76.
- ROYAMA, T. 1970: Evolutionary significance of predators response to local differences in prey density: A theoretical study. *Proc. Adv. Study. Inst. Dynamics Numbers Popul.*, 334-357.
- SÁNCHEZ-CRESPO, J. L. 1971: Principios elementales de muestreo y estimación de proporciones. *I.N.E.* Madrid.
- SEVACHERIAN, V., y STERN, V. M. 1972: Sequential sampling plans for *Lygus* Bugs in California Cotton fields. *Environmental Entomology*, vol. 1, n.º 6: 704-710.
- SKIYOMI, M., y otros. 1976: A rapid estimation of animal population density on the assumption of negative binomial distribution. *Researchs on Population Ecology*, 18 (1): 28-38.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1971: Ecological methods. *Chapman and Hall*, London EC 4.
- STRICKLAND, A. H. 1961: Sampling crop pests and their hosts. *A. rev. Ent.* 6: 201-20.
- SYLVEN, E. 1968: Threshold values in the economics of insect pest control in agriculture. *Pans*, 14 (3), 356-366.
- SYLVESTER, E. S., y COX, E. E. L.: Sequential plans for sampling aphids on sugar beets in Kern County, California. *Journal of Economic Entomology*, vol. 54, n.º 6: 1.080-1.085.
- WARD, F. R.: 1974: Determining a formula relative cumulative frequency of ages in a given population. *Ann. Zool. Fennici*, 11: 237-239.
- WESTIGARD, P. H., y CALVIN, L. D. 1971: Estimating mite populations in Southern Oregon pear orchards. Vol. 103.
- WESTIGARD, P. H. 1975: Population injury levels and sampling of the pear rust mite on pears in Southern Oregon. *Journal of Economic Entomology*, vol. 68, n.º 6.
- WOLF, W. W., y otros. 1971: Proposed method for determining density of traps required to reduce an insect population. *Journal of Economic Entomology*, vol. 64, n.º 4: 872-877.
- WOLFENBARGER, D. O., y otros: Control and sequential sampling for damage by the tomato pinworm. *Journal of Economic Entomology*, vol. 68, n.º 4: 458-460.