

FUNDAMENTOS DE MANEJO DE PLAGAS

Santiago Clavijo A.



Universidad Central de Venezuela

A MANERA DE PRESENTACION

En aquel momento, cuando hace ya casi 24 años que comenzamos como docente e investigador en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, no pensamos que algún día estaríamos redactando una presentación a lo que pretende ser una versión organizada de las que han sido las áreas principales de actuación a lo largo de nuestra vida profesional.

Durante estos años, gracias a la misma Universidad en lo institucional, y al desaparecido doctor Francisco Fernández Yépez en lo personal, tuvimos inicialmente la oportunidad de complementar nuestra formación a nivel de postgrado para, posteriormente, reincorporarnos a la Facultad, donde hemos intentado adelantar actividades apegados a los lineamientos que desarrollamos en los capítulos que constituyen el cuerpo de este trabajo.

A lo largo del texto, tratamos de desglosar lo que en nuestra opinión constituyen los "fundamentos del manejo de plagas", empezando por las definiciones y conceptos básicos a los cuales les dedicamos el Capítulo 1.

En el Capítulo II hacemos énfasis en aquellos principios ecológicos de importancia en el manejo de plagas, los cuales se ven trasladados a la práctica agrícola en el Capítulo III, en el que a la par de acentuarla existencia de fluctuaciones de las poblaciones plaga en la naturaleza, intentamos resaltar la relación entre sus magnitudes y su capacidad para causar daño.

El Capítulo IV está dedicado a los aspectos de muestreo aplicado a la estimación, tanto de las poblaciones animales como de los efectos de ellas, haciendo un esfuerzo para poner en conjunto los métodos y procedimientos que se encuentran dispersos en la literatura especializada.

Finalmente, en el Capítulo V tratamos el tema de la legislación, particularmente la venezolana, relacionada con el control de plagas, aspirando a dejar al lector no sólo con la información de lo que existe, sino presentándole adicionalmente opiniones y propuestas que pueden ayudarlo a tomar posición en esta área tan importante aunque no siempre reconocida como tal.

Como ya señaláramos, en todos estos aspectos hemos y seguimos trabajando, bien sea en docencia o en investigación, sin olvidar las oportunidades en las que al asistir a reuniones técnicas, a la par de opinar, tuvimos la suerte de escuchar a otros, de los que sin ninguna duda aprendimos.

De la experiencia acumulada se derivó la necesidad de ensamblar - en forma que aspiramos coherente - una temática de importancia, con el objetivo de que sirva de guía a los que hoy se inician en el área del manejo de plagas, facilitándoles el acceso a la bibliografía específica, en la seguridad de que una vez conocida y discutida, las oportunidades de un ejercicio profesional más cónsono con las

verdaderas realidades ecológicas, económicas y sociales se harán mucho mayores.

El intento por alcanzar el objetivo lo consideramos una obligación y su logro, aunque sólo sea parcial, nos anima a continuar la búsqueda de una vía que conduzca al cambio del patrón tradicional de control de plagas en nuestras condiciones.

CAPITULO I

DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS APLICABLES EN MANEJO DE PLAGAS

La agricultura, definida como el proceso mediante el cual el hombre pone bajo explotación deliberada una porción de tierra en la que siembra especies vegetales y/o cría animales con el objeto de tener alimento, fibra y casi todos los otros elementos necesarios para la vida, encierra un conjunto de características que la hacen un sistema biológico particular, necesitado de subsidios energéticos y en el cual la utilización de lo que crece en él, por parte de otros seres vivos, constituye un factor de competencia para los intereses del agricultor. La competencia señalada origina el concepto de "plaga", con un sentido totalmente antropocéntrico, carente de validez natural, que denomina de esta forma a los organismos que de alguna manera interfieren con los intereses del hombre.

En términos generales, denominaremos "plaga" al conjunto de individuos de una determinada especie que, al actuar independientemente o en combinación con otros de especies distintas, pero de consecuencias similares, afectan las actividades e intereses del ser humano, pudiendo ser éstos tanto productivos como recreacionales y que van desde la simple posesión de bienes hasta la alteración del descanso y otras rutinas o placeres de la vida diaria, sin olvidar la salud. Regresando al campo agrícola y haciendo abstracción de sus otros efectos, se acostumbra a señalar como "plaga" a aquel organismo que amenaza el retorno con beneficios de lo invertido en la explotación, bien sea por disminución en la cantidad y/o calidad del producto, o bien por el deterioro de éste una vez producido. Debe quedar claro que la calificación de plaga no siempre se aplica con total justicia y que existen casos en los cuales este carácter no está demostrado, por lo que parece conveniente discutir algunas de las causas por las cuales una especie puede llegar a adquirir el rango de plaga.

CAUSAS POR LAS QUE UNA ESPECIE SE CONVIERTE EN PLAGA

1. CAMBIOS EN EL AMBIENTE QUE FAVORECEN LA BIOLOGIA DE LA ESPECIE

Las transformaciones causadas en el ambiente tienen un impacto en las poblaciones que en él viven, lo cual es particularmente cierto en las áreas de reciente incorporación a la explotación agrícola, donde los ecosistemas naturales son transformados y en algunos casos destruidos, para dar paso a los agroecosistemas. Estos ecosistemas, con su simplicidad comparativamente grande, presentan una fuente uniforme de alimento abundante que permite un incremento violento en las poblaciones de las especies capaces de alimentarse de los cultivos, las cuales llegan a producir un nivel de daño que justifica el calificativo de plaga.

Lo señalado puede ilustrarse con el caso de *Opsiphanes tamarindi* (Lepidoptera:

Brassolidae), plaga importante del plátano en la zona sur del Lago de Maracaibo, cuya presencia fue rara vez advertida hasta la siembra generalizada del cultivo, alimentándose antes de ésta fundamentalmente de plantas silvestres del género **Heliconia**.

La modificación en el ambiente no tiene que alcanzar el carácter drástico implícito en la transformación de los ecosistemas naturales en agroecosistemas; cambios dentro del mismo agroecosistema pueden ser responsables de que una determinada especie alcance características de plaga. Barnes (1970) describe cómo **Nysus raphanus** (Hemiptera: Lygaeidae), gracias al establecimiento de una maleza crucífera introducida de Europa (**Sisymbrium irio**) pasa a constituirse en una plaga importante de los viñedos en el sur de California. El insecto utiliza la maleza como alimento de los adultos durante los meses de invierno y al agotar el recurso se traslada a los viñedos, causándoles grandes daños. La presencia de la maleza permite el mantenimiento de las poblaciones invernales, que de otro modo serían destruidas por falta de alimento, garantizándose de esta forma la continuidad de la especie en el tiempo.

Dentro de la misma idea, prácticas agronómicas de uso común, tales como el riego y el abonamiento, son capaces de introducir modificaciones al agroecosistema, creando las condiciones para el desarrollo favorable de las poblaciones de especies determinadas, a través de un mejor estado físico de las plantas que las hace más apetecibles para los consumidores. El riego, particularmente, ejerce un efecto interesante al permitir vegetación en épocas del año en las cuales las condiciones naturales impiden o disminuyen las ofertas que en cuanto a plantas existen en los ecosistemas. **Spodoptera frugiperda** (Lepidoptera: Noctuidae) es una especie que tradicionalmente se asocia en Venezuela con cultivos sembrados en la época de lluvia, particularmente maíz; la siembra bajo riego de maíz para semilla ha demostrado que en los meses secos las poblaciones - en el cultivo - son más abundantes que en la época tradicional de siembra para consumo (período de lluvias), ocurriendo en estos meses una concentración de poblaciones naturalmente más pequeñas, en los "oasis" en que se constituyen las comparativamente reducidas extensiones sembradas para la producción de semilla, observándose infestaciones extraordinariamente grandes y daños posiblemente significativos desde el punto de vista económico. En relación a esto, Nickel (1973) presenta una interesante revisión de la situación de las plagas en función de cambios introducidos en el ambiente a través de prácticas agrícolas, que por centrarse en experiencias de países en desarrollo, se hace más relevante para nosotros.

2. CAMBIOS EN LA PREFERENCIA DE HOSPEDERA.

La introducción de nuevos cultivos o cambios en las variedades tradicionalmente sembradas pueden constituirse en una oportunidad para el incremento de poblaciones de una especie hasta ese momento sin ninguna importancia económica. El maíz dulce en Venezuela, aparte de la baja demanda, producto del patrón de consumo tradicionalmente dirigido al uso de maíces de tipo más duro -

utilizado para la alimentación animal en otras latitudes y que en nuestro país es el que tiene aceptación por parte del público - ha fracasado en sus intentos de establecimiento como cultivo hortícola debido a los fuertes y comparativamente mayores niveles de ataque y grado de daño infringido por *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) a las mazorcas destinadas para consumo en forma de jojotos. Los materiales genéticos de maíz, tradicionalmente sembrados, si bien sufren ataque de este insecto, pareciesen tener algún grado de resistencia o tolerancia que se refleja en infestaciones usualmente moderadas y a las cuales los agricultores no les prestan mayor atención, quizás convencidos de lo difícil, por no decir imposible, que resultarían las prácticas tendentes a impedir su presencia.

Los altos costos que implica actualmente la importación de maíz dulce para enlatarlo, así como los de las variedades para la elaboración de cotufas, hacen presumir la siembra regular de las mismas en el país en forma comercial, por lo que no es aventurado suponer un cambio en los patrones de control de plagas como resultado de diferencias que se derivan de los materiales genéticos a sembrar.

3. USO INAPROPIADO DE PLAGUICIDAS QUIMICOS

El uso indebido de productos químicos ha sido señalado tradicionalmente como el causante de la ruptura del equilibrio que existe entre una especie y los factores bióticos de mortalidad que la controlan en condiciones naturales. Lo señalado es particularmente cierto cuando pensamos en cultivos que han sido sembrados por períodos de tiempo relativamente largos y cuyas especies plagas han sido combatidas mediante el uso de plaguicidas químicos. En estas condiciones, la aparición de una nueva especie con características de plaga, asumiéndola autóctono o al menos de vieja y de baja o inconspicua presencia numérica hasta la fecha, debe ser atribuida a los efectos de los plaguicidas utilizados contra otras especies, sobre las poblaciones de sus enemigos naturales, particularmente parásitos y depredadores. Esto ha sido muy evidente en Venezuela en el caso del tomate, en el cual *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) se ha convertido en una plaga de primordial importancia como consecuencia de un uso inapropiado de los insecticidas aplicados contra otras especies plaga, práctica esta que, lejos de resolver los viejos problemas, ha generado una situación de crisis en el cultivo en las principales zonas tomateras del país.

Los efectos negativos de un uso inadecuado de plaguicidas han sido ampliamente demostrados en los trabajos realizados por Debach (1946 y 1947) en cítricas, cultivo en el cual la aplicación de insecticidas tiene que ser manejada con cuidados extremos en virtud de las estables relaciones existentes entre los insectos fitófagos y sus enemigos naturales, las que al ser alteradas generan problemas de magnitudes muy superiores a las que se desean remediar con el uso del producto químico.

4. TRANSPORTE A TRAVES DE BARRERAS GEOGRAFICAS

La presencia de barreras geográficas, entendiéndose como tales la existencia de extensos cuerpos de agua, macizos montañosos, zonas desérticas de climas extremos, etc., constituyen importantes obstáculos para la dispersión natural de las especies y tienden a mantenerlas dentro de lo que pudiéramos denominar límites de origen. El aumento en la capacidad y en la oportunidad de movimiento que el hombre ha venido ganando tanto para sí, como para los bienes que produce o adquiere se ha reflejado en un aumento de similar magnitud para las especies actual o potencialmente dañinas.

Los incrementos en el transporte comercial de productos dentro de un país y entre países, así como la mayor movilización humana con fines no relacionados directamente con la explotación agrícola propiamente dicha, han aumentado las oportunidades de introducciones de especies - particularmente las de pequeño y muy pequeño tamaño - a localidades donde previamente resultaban desconocidas o inexistentes. La ignorancia, por parte del público en general, del peligro implícito en la importación subrepticia de productos agrícolas y de plantas o partes de ellas, así como la falta de reglamentación y el incumplimiento de la existente, no sólo por los importadores sino aun por los llamados a velar por el resguardo de nuestros intereses agrícolas, han sido responsables de la introducción de plagas a lugares previamente libres de ellas.

La situación se agrava aún más porque tanto el transporte como la introducción resultan imperfectos desde el punto de vista biológico, ya que en la mayoría de los casos se traslada la plaga dejando atrás a sus enemigos naturales, favoreciéndose de esta manera el establecimiento de la especie en un nuevo ambiente que le resultará propicio para su desarrollo en virtud de carecer de mecanismos propios de regulación aplicables al invasor. A este respecto los ejemplos son muy abundantes a nivel tanto mundial como nacional, y para ilustrar la situación tomaremos los casos del gusano rosado del algodón, de la polilla guatemalteco, de la papa y de los taladradores de la caña de azúcar.

El gusano rosado del algodón, *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) según Pearson (1958), se dispersó de su centro de origen (Australia o Polinesia) y alcanzó la India, después Egipto y de allí a casi todas las regiones productoras de algodón en el mundo, gracias a la capacidad de sus larvas de entrar en diapausa en el interior de la semilla. Esta capacidad y las importaciones de semilla sin las debidas inspecciones y tratamientos, se han conjugado para hacer de esta plaga una de las más universales, remontándose su introducción a Venezuela al año 1925, posiblemente en semillas traídas de Brasil (Servicio Shell para el Agricultor, 1954).

El caso de la polilla guatemalteca de la papa, *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) es mucho más reciente; fue localizada en plantaciones del Estado Táchira a partir de 1983 (Bosque, 1985) como consecuencia de su introducción en "semilla" de papa, de la variedad Atzimba, proveniente de Costa Rica (Salazar y

Torres, 1985), la cual - a pesar de haber sido inspeccionada y detectada la presencia del insecto - logró autorización para su introducción y posterior siembra, constituyéndose actualmente en una seria amenaza para el cultivo, no sólo en el Táchira sino en el resto del país.

Para la aparición de una nueva plaga, el transporte de las especies no tiene que ser entre países exclusivamente como algunas veces se piensa; movilizaciones internas han generado rupturas artificiales de las barreras que determinaban la distribución de alguna especie, haciéndola más "nacional" y en muchas circunstancias más dañina.

Paredes (1985) describen los cambios en la distribución geográfica de los taladradores (Lepidoptera: Crambidae) de la caña de azúcar en Venezuela, e indica, con especial énfasis la variación ocurrida en el caso de las especies ***Diatraea rosa*** y ***D. busckella***, las cuales en 1952 fueron señaladas tajantemente separadas en espacio, estando las regiones cañeras del Centro, Llanos y Oriente ocupadas por la primera especie, quedando el Occidente reservado para la segunda de las nombradas. En 1980, ***D. busckella*** se había movido hacia el Centro y Llanos, así como ***D. rosa*** lo hacía hacia Occidente, produciéndose curiosos desplazamientos entre las especies (¿desplazamientos competitivos entre homólogos ecológicos? o en el mejor de los casos, adiciones regionales a la lista de taladradores de la caña de azúcar) todo ello producto del transporte de estacas de caña de una región a otra, con fines de siembra y sin la debida supervisión y certificación fitosanitarias.

5. CAMBIOS EN LA DEMANDA DEL CONSUMIDOR.

Los consumidores, a través de su poder de compra y de las exigencias que en este sentido pueden establecer, se han constituido en una fuerte razón para que algunas especies hayan sido consideradas como plagas. El aumento en el nivel de exigencia en cuanto a la presentación o aspecto del producto, que por otro lado es considerado símbolo de desarrollo, ha traído como consecuencia un incremento en los costos de producción de algunos renglones agrícolas como resultado de mayores gastos causados por los intentos de obtener productos más sanos y sobre todo con mejor apariencia. Este fenómeno, que pudiésemos calificar de origen estético, no sólo encarece el producto, sino que aumenta el peligro de contaminación humana, y en general ambiental, ya que los resultados deseados de ser posibles sólo se logran a través de una mayor cobertura química del cultivo o del producto en particular. A este respecto se hace necesario crear conciencia en el sentido de que un cierto nivel de daño puede y debe ser tolerado, máxime si no trae consigo una disminución en los valores nutritivos o en las propiedades organolépticas de los productos vegetales destinados a consumo fresco, que son precisamente los que enfrentan la exigencia mencionada.

Lo anterior puede ilustrarse con el caso del gusano del jojoto, ***Heliothis zea***, el cual está tan asociado al producto que su presencia es considerada como normal por parte de los consumidores. Si esta situación cambia y empezamos a exigir, a

la par de estar dispuestos a pagar mazorcas de maíz completamente libres del insecto o de su daño, estaremos poniendo una presión adicional sobre el agricultor, quien se verá obligado a aplicaciones de productos químicos que no serán del todo efectivas, que encarecerán la producción y el valor del producto, adquiriendo el insecto por esta vía el calificativo de plaga económica que actualmente no tiene.

Debemos añadir que no sólo la apariencia se ve afectada por las exigencias del consumidor. Un cambio en la demanda puede convertir un cultivo económicamente marginal en una buena fuente de ingresos para el agricultor. Este, en su esfuerzo por maximizar los rendimientos y por ende los beneficios, se sentirá tentado a prestar atención a prácticas agrícolas que en el pasado no eran rentables, aumentando así el costo de producción, el valor del producto y como consecuencia lógica la significación de los insectos que se alimentan de él.

CLASIFICACION DE LAS PLAGAS DE ACUERDO A SU IMPORTANCIA EN LOS AGROECOSISTEMAS

En cualquier agroecosistema es notoria la presencia de un conjunto de especies animales entre las cuales destacan las de hábitos alimenticios fitófagos. No todas las especies que se alimentan de plantas tienen similar categoría, ya que no ejercen el mismo grado de daño físico o éste no siempre se refleja con igual impacto sobre los rendimientos, medidos éstos en términos de unidades de producto o monetariamente. La señalada diferencia entre especies, evidente y fácilmente aceptable, también es aplicable a una misma especie dependiendo de su fase de desarrollo, de la magnitud de sus poblaciones, el cultivo atacado, la época del año y la localidad en que ocurre el ataque.

En el Gráfico 1 se ilustran las alternativas de comportamiento de especies fitófagas según un conjunto de posibilidades hipotéticas; a pesar de la gran simplicidad implícita en el planteamiento, el seguimiento de una u otra alternativa permite enfatizar el concepto de que cada situación merece la emisión de un veredicto particular y que la aplicación a priori de categorías para las plagas y sobre todo el instrumentar medidas de control en base a las mismas es una práctica errada y de necesaria modificación. Con esta salvedad que consideramos indispensable, podemos intentar categorizar las plagas de acuerdo a su importancia dentro de los agroecosistemas.

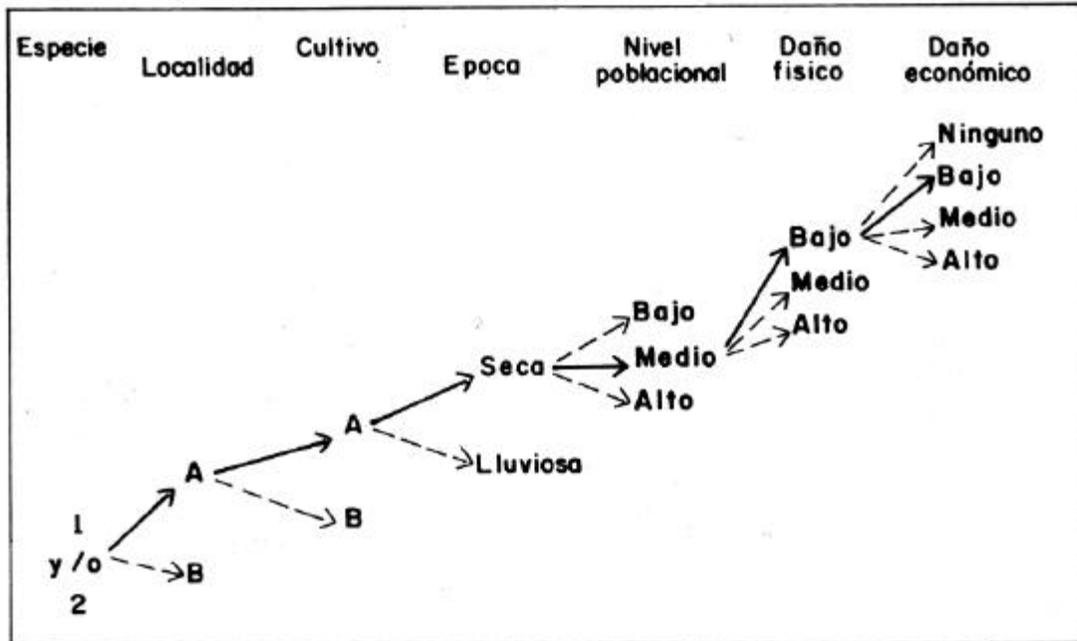


Gráfico Nº 1 Posibilidades Hipotéticas de Comportamiento en Especies Fitófagas según las Alternativas Señaladas

Smith y Reynolds (1966) dividen las plagas en tres categorías: claves, ocasionales y potenciales; respetando la propuesta en cuanto a conceptos y ampliándola con la inclusión de la categoría transeúnte, pensamos que una clasificación válida pudiese ser la siguiente:

PLAGAS PRIMARIAS

Aquellas especies que se presentan constantemente causando un daño físico, que se traduce en disminución del valor económico de la producción y que por lo tanto son sujetos de frecuentes prácticas de control. En ausencia de dichas prácticas, los niveles poblacionales alcanzan magnitudes capaces de generar daño económico. Dentro de esta categoría podemos señalar para Venezuela los casos de algunos insectos que atacan el algodón, como por ejemplo *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae), y el de *Neolucinodes elegantalis* en el tomate.

PLAGAS OCASIONALES

A diferencia de las primarias, estas especies sólo causan daño económico circunstancialmente en ciertos lugares, temporadas u oportunidades, no obstante ser residentes de los agroecosistemas. Usualmente sus poblaciones se encuentran controladas por los factores naturales de mortalidad y sólo cuando

éstos son alterados en sus capacidades reguladores, alcanzan magnitudes de importancia. Esta categoría puede ilustrarse con el ejemplo de ***Alabama argillacea*** (Lepidoptera: Noctuidae) cuyos efectos negativos no son constantes en el tiempo y que dependiendo de la fase del cultivo del algodón sobre la que se manifieste su daño, adquiere o no el rango de plaga de importancia económica. Otro buen ejemplo de plaga ocasional es el de ***Bucculatrix thurberiella*** (Lepidoptera: Lyonetidae) en el algodón, especie que, según Fernández y Zambrano (1976), se ha presentado en el cultivo después de que éste ha recibido numerosas aplicaciones de insecticidas en una misma temporada, lo que puede haber causado la eliminación de sus enemigos naturales. Así mismo, ***Sacharosydne saccharivora*** (Homoptera: Delphacidae) es una especie de característica ocasional como plaga en la caña de azúcar, estando particularmente restringida a años de sequías prolongadas en los cuales es posible observar daños apreciables, al menos en apariencia.

PLACAS POTENCIALES

Categoría constituida por aquellas especies residentes de los agroecosistemas, cuya presencia, usualmente en bajas cantidades, no causa ningún daño de significación económica y que son de especial importancia, pues los intentos de control ejercidos sobre las primarias y las ocasionales, puedan alterar los mecanismos de regulación natural que mantiene a éstas en situación de existir prácticamente inadvertidas. Citar ejemplos en esta categoría lejos de arrojar luz sobre el concepto podría desvirtuarlo, ya que la importancia del mismo descansa en el reconocimiento de que la alteración de las condiciones prevalecientes en los agroecosistemas, puede generar un incremento en la magnitud de las poblaciones de una especie fitófaga y, como consecuencia, un aumento en su capacidad de daño, por lo que evitar estas alteraciones - o al menos intentar que las mismas tengan carácter transitorio - es una de las metas en el manejo de plagas.

PLAGAS TRANSEUNTES

Estas especies no son residentes de los agroecosistemas por lo que su daño está restringido a aquellas ocasiones en las que ingresan a los mismos, utilizándolos simplemente como hábitat temporal dentro de un ciclo de su vida. Esta categoría está muy bien ilustrada con el ejemplo de las langostas migratorias, de las cuales ***Locusta migratoria*** (Orthoptera: Acrididae) en Africa es el caso mejor conocido, y que en nuestras condiciones pudiese verse representada por las ocurrencias muchísimo más esporádicas de la especie ***Schistocerca piceifrons*** o ***S. pallens*** (F. Cerdá,* comunicación personal). Dentro de esta categoría puede enmarcarse ***Spodoptera frugiperda*** la cual en su fase de "barredor" presenta un comportamiento típicamente invasor, cuyas razones e implicaciones biológicas nos son desconocidas en el trópico, pero que la califican como especie no residente del agroecosistema en esa fase, y permite su ubicación dentro de la categoría que hemos mencionado.

ESTRATEGIAS DISPONIBLES PARA ENFRENTAR LAS PLAGAS AGRICOLAS

La presencia de insectos y otros artrópodos fitófagos es uno de los eventos más comunes dentro de los campos de cultivo. Ante la misma se suscitan las más variadas reacciones de parte de los agricultores, las cuales pueden agruparse en categorías más o menos estables y que en la práctica representan las diversas filosofías con que son enfrentados estos elementos, usualmente considerados, en base a su sola presencia, como contrarios a los intereses económicos implícitos en la explotación agrícola. Huffaker et al. (1978) señalan tres estrategias básicamente distintas, que pudiesen quedar esbozadas bajo las acciones de prevención o erradicación, contención y las de no hacer nada. A nuestro juicio las alternativas conceptuales de que disponemos a la hora de enfrentar un problema de plagas están representadas por cinco estrategias diferentes que pudiesen definirse en los siguientes términos:

1. NO HACER NADA.

Posición extrema que expresa el carácter natural de la presencia de las plagas dentro de los agroecosistemas y que confía en que las mismas condiciones que permiten esa presencia se encargarán de evitar que éstas alcancen magnitudes capaces de una destrucción significativa. Esta estrategia descansa totalmente en los mecanismos de regulación natural como los responsables del establecimiento de una condición de equilibrio en el tamaño de las poblaciones de seres vivos y pudiese catalogarse como la filosofía más idealista, que desgraciadamente no puede ser aceptada como válida en forma generalizada y que se demostraría inadecuada en muchísimos casos para los propósitos de evitar el daño económico causado por plagas. La adopción de esta estrategia en muchos casos se debe a razones más bien prácticas que conceptuales, tal es el caso de la agricultura de subsistencia, en la cual el nivel adquisitivo del productor le impide la aplicación de medidas contra las plagas, así como en el caso de cultivos de bajo valor de mercado, en el que añadir costos por este concepto harían antieconómica la explotación de rubro.

2. HACERLO TODO.

Marca el otro extremo del espectro e implica la utilización de todos los recursos disponibles con el fin de evitar la presencia de las plagas. Esta posición refleja la filosofía de la exclusión que puede ser y es de gran ayuda, pero que lamentablemente cuando ha estado centrada en la aplicación de plaguicidas de origen químico, ha sido responsable de enormes desaciertos que se han manifestado en forma de desequilibrios biológicos a nivel de ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos. La aplicación de esta estrategia por la vía de los plaguicidas contempla la intención de mantener campos de cultivo totalmente libres de plagas, lo que se ha comprobado imposible desde el punto de vista natural y ha traído, por el contrario, un conjunto de efectos negativos colaterales entre los cuales es frecuente señalar (Stern, et al., 1959; Smith, 1970): La destrucción de especies animales silvestres; la aparición de resistencia a

productos químicos en el seno de las poblaciones plaga; la ruptura del equilibrio biológico y, como consecuencia de esta ruptura: resurgencias cada vez más frecuentes de las plagas combatidas; explosiones poblacionales de otras especies que hasta el momento habían pasado desapercibidas - y que abruptamente alcanzan la categoría de plaga - y por supuesto, los efectos tóxicos sobre el hombre y los animales domésticos, muy visibles en los eventos agudos, pero ocultos en la mayoría de los casos bajo la forma de intoxicaciones de tipo crónico, estando todos estos efectos preservados en sus alcances por la posibilidad cierta de acumulación de residuos tóxicos en el suelo y transporte de los mismos gracias a la acción de las aguas.

Otras vías de prevención, tales como labores de preparación de tierras, de discutida importancia agronómica, pero de gran relevancia como elemento de eliminación de plagas que viven en el suelo o que pasan parte de su ciclo en él, destrucción de restos de cosecha, épocas de siembra y uniformidad zonas en cuanto a la misma, así como el uso de variedades resistentes son elementos importantes que tienden a minimizar las necesidades de otras medidas por su impacto sobre el desarrollo poblacional de las plagas, aunque no siempre sean suficientes como para impedir la presencia de éstas en magnitudes capaces de hacer daño.

Estas dos primeras estrategias comparten una característica que es la de no requerir, para su instrumentación, la seguridad de la presencia de la plaga, la primera, por aceptarla como irremediable dado su carácter natural, y la segunda, por estar precisamente animada por la idea de que es posible evitar esa presencia mediante la adopción de medidas para tal fin. Las demás estrategias que expondremos, reflejan, a su vez, lo que sería la posición contrastante con las anteriores, es decir, requieren, al menos en teoría, constatar la presencia de la plaga para tener posibilidades de ser puestas en práctica.

3. ELIMINACION TOTAL DE LA POBLACION PLAGA.

Se pretende, una vez comprobada la presencia de la plaga, la eliminación total de la misma mediante la adopción de una metodología que puede incluir la utilización de una o más tácticas en la búsqueda de la desaparición definitiva del problema. Esta estrategia encierra el principio de erradicación que está claramente definido por el propósito de eliminar el organismo plaga del ámbito de una determinada área geográfica (National Academy of Sciences, 1969) y dentro del sentido estricto del término ha tenido muy pocos éxitos estables.

La intención de llevar a la práctica la estrategia de erradicación de plagas de importancia económica ha tomado el nombre de Manejo Total de la Población y el ejemplo más destacado aunque infructuoso ha sido el experimento piloto para la erradicación del picudo del algodón, *Anthrenus grandis*. Según Perkins (1982), el proyecto de erradicación del picudo del algodón, integró diversas tácticas en búsqueda del objetivo deseado (aplicación de insecticidas, desfoliación de la planta, trampas con feromonas, cultivos trampas y liberación de machos

estériles) lográndose sólo reducir dramáticamente las poblaciones del insecto en el área tratada (alrededores de Columbia, Mississippi, Estados Unidos). En este punto es necesario enfatizar que creemos válido el principio de erradicación cuando es aplicado a situaciones que involucran especies de reciente introducción a localidades limitadas en el espacio. Si la especie introducida, bien sea por vías naturales o accidentales, tiene la oportunidad de establecerse y reproducirse, y por lo tanto ocupar todos los espacios favorables que le ofrece el nuevo ambiente, será imposible su erradicación a pesar de los esfuerzos que se hagan, sin intentar desconocer con esta afirmación que la misma puede ser reducida en términos poblacionales a niveles tan bajos que su presencia deje de ser motivo de preocupación y hasta pueda llegar a pasar desapercibida. Una buena discusión en relación a este tópico fue la moderada por Cox (1978) y su consulta puede ayudar a fijar posición en cuanto a las posibilidades de la erradicación como filosofía aplicable al control de plagas.

4. SUPRESION TEMPORAL DE LA POBLACION PLAGA.

Detectada la presencia de la plaga, se hace necesaria la aplicación de medidas tendentes a suprimirla. Esta supresión puede ser hecha en bases tan empíricas, como instrumentar las medidas tan pronto son observados algunos individuos plaga independientemente de su número, o pueden ser iniciadas una vez comprobados ciertos parámetros poblacionales previamente establecidos. Lo que debe estar claro, y lo que caracteriza a esta estrategia, es que una vez decidida la aplicación de medidas se persigue la eliminación del mayor número de individuos, como objetivo principal, sin tomar en cuenta la permanencia de ese efecto reductor sobre la población, ni los efectos colaterales de la misma. La táctica o tácticas a utilizar se escogen en base a costos después de estudiar la factibilidad de llevarlas adelante, y sobre todo en base a la rapidez con que puedan ejercer su acción, por lo que usualmente la decisión conduce a la aplicación de productos químicos.

Por este carácter de respuesta ante un hecho circunstancial, no obstante la frecuencia de su ocurrencia y por la importancia de la efectividad inmediata de la acción emprendió a, esta estrategia pudiese estar bien ubicada bajo la denominación de combate de plagas.

5. MANEJO DE LA POBLACION PLAGA.

Es en nuestro concepto la estrategia más adecuada desde el punto de vista ecológico y las consecuencias de su seguimiento deberían reflejar ventajas económicas para los agricultores. Dentro de su filosofía, integra los aspectos positivos de todas las estrategias anteriormente señaladas. En ella se acepta la presencia de las plagas como un fenómeno natural, producto de las condiciones tanto bióticas como abióticas prevalecientes en el ambiente, las cuales pueden ser manipuladas, hasta cierto punto, con efectos sobre el tamaño de las poblaciones de especies indeseables. Es el tamaño de la población el aspecto más importante, ya que la sola presencia no asegura la generación de daño

económico, y niveles moderados de esa población pueden ser una garantía de que la misma no llegará a causar problemas, al permitir la continuidad de acción de ciertos factores de regulación natural (parásitos, depredadores y enfermedades).

Todos los elementos de prevención verdaderos, cuando están disponibles, son incorporados dentro del programa, y sólo cuando las fluctuaciones de la población alcanzan niveles próximos a los capaces de causar daño económico, se acepta la aplicación de medidas tendentes a la supresión temporal, sopesando los efectos generales de dicha medida y, en todo caso, animados por la intención de que se restablezca un equilibrio armónico entre los elementos que integran el agroecosistema.

Las estrategias reseñadas no tienen nada de hipotéticas y de hecho se aplican en mayor o menor grado dependiendo del país, marco legal existente, localidad geográfica nacional, cultivo, época del año y nivel técnico y/o económico del agricultor; sin embargo, sería irreal desconocer que la supresión temporal de las poblaciones plaga es la más utilizada, sin que haya elementos que la apoyen, salvo la de ser la de mayor facilidad aparente en cuanto a puesta en práctica, bien apoyada desde el punto de vista del asesoramiento técnico pagado por las empresas de agroquímicos, con unos costos directos aparentemente más bajos y con resultados que varían de acuerdo a la situación particular que se someta a estudio.

ANTECEDENTES Y DEFINICION DE MANEJO DE PLAGAS

Como hemos tratado de enfatizar, cada problema generado por las plagas es una situación particular que merece un estudio detallado de las causas que lo inducen, si es que deseamos arribar a soluciones que posean una cierta estabilidad en el tiempo. La aplicación de medidas, sin haber sopesado sus consecuencias, puede resultar satisfactoria en un principio, pero en mayor o menor tiempo, se demuestra ineficiente en base a su escasa perdurabilidad.

Manejo de Plagas no es un concepto nuevo, ni podemos aspirar que la sola invocación del mismo traiga la solución a nuestros problemas fitosanitarios. Desde hace mucho tiempo se ha pensado que el uso de todas las alternativas de control disponibles contra una determinada plaga, ajustadas esas alternativas a una situación particular, es la única forma de lograr resultados favorables y con posibilidades de mantenerse en el tiempo. Sin embargo, el término Manejo de Plagas sí puede considerarse relativamente reciente, apareciendo como una necesidad conceptual en virtud de la confusión que aún persiste, con el término "Control Integrado".

Control Integrado fue definido por Smith y Allen (1954) y por Bartlett (1956) como aquel sistema de control de plagas que combina e integra los métodos químicos y biológicos. Stern, et al. (1959), en un trabajo más conocido, ratifican el concepto y

se puede señalar esta fecha como la del comienzo del uso del término, con la subsecuente generalización que tiende a incluir el empleo de otros métodos dentro de la misma definición. Un buen ejemplo de la generalización mencionada la encontramos en la definición que para la FAO hacen Smith y Reynolds (1966): Control Integrado de plagas es un sistema de manejo de poblaciones plagas que utiliza todas las técnicas adecuadas, en una forma compatible, para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de aquellos niveles capaces de causar daño económico.

Es de destacar que esta definición incorpora el uso del término Manejo de Plagas que ya había sido usado por Geier y Clark (1961), manteniéndolo, sin embargo, como sinónimo de control integrado. En 1970, durante una conferencia realizada en la Universidad de Carolina del Norte (Estados Unidos), se discutió por primera vez, y en una forma organizada, los conceptos relativos al Manejo de Plagas y es desde ese momento, en nuestra opinión, cuando el término gana aceptación y uso general. A partir de esa oportunidad han surgido algunas definiciones que varían en estilo y longitud, pero que por fortuna encierran el mismo concepto básico como serían las de Glass (1975), The Council of Environmental Quality (1972), Luckman y Metcalf (1975), Rabb (1972) y Rabb y Guthrie (1970).

Una definición que debemos considerar reflejo de las múltiples existentes en la literatura sería: Manejo de Plagas es un sistema de control que tiende a seleccionar, integrar y aplicar en forma armónica, después de haber previsto las consecuencias ecológicas, económicas y sociales de esa aplicación, todos aquellos métodos apropiados para una situación determinada, con el objeto final de reducir las poblaciones, a niveles por debajo de aquel en el que causarían daño económico.

CARACTERISTICAS DE UN PROGRAMA DE MANEJO DE PLAGAS

Rabb (1970) introduce lo que ha pasado a ser la exposición clásica de las características de un programa de manejo de plagas, las cuales encierran la filosofía implícita en el concepto y que son de indispensable análisis y reflexión para todos aquellos involucrados en el campo de control de plagas. Estas características más allá de lo enunciativo, representan las bases conceptuales del manejo de plagas y, en forma concisa, se pueden plantear y desarrollar así:

1. El manejo de plagas se orienta hacia la manipulación de la población como un todo o por lo menos una parte importante de la misma y no hacia infestaciones locales.

Con esta característica se resalta que es muy poco lo que puede hacerse a nivel de finca si ésta es utilizada como un ente aislado dentro de la región. De nada valdrá que en una determinada explotación agrícola se aplique una serie de medidas tendentes hacia un programa de manejo de plagas, si en las vecinas la situación continúa siendo enfrentada en base a patrones tradicionales. Esta

orientación debe ser aplicada con criterios más amplios que restrinjan la individualidad en aras del bienestar colectivo y que permitan la adopción de prácticas específicas como producto del estudio de la situación general. La misma no descarta la existencia de diferencias, que de hecho se presentan, entre explotaciones agrícolas ubicadas en la misma localidad geográfica, pero enfatiza la necesidad de recordar qué acciones aparentemente individuales tendrán efectos sobre la comunidad total y que los mismos tienen que ser valorados antes de su adopción.

2. El objeto es reducir los niveles poblacionales de las plagas de manera que sus fluctuaciones por encima del nivel económico de infestación, tanto en tiempo como en espacio, se vean reducidas o eliminadas.

Esta característica pone en evidencia, una vez más, que el manejo de plagas, como concepto, acepta la presencia de éstas mientras que sus poblaciones no alcancen los niveles capaces de causar daño. Sólo cuando esto ocurra, estará justificada la aplicación de medidas temporales tendentes a la reducción poblacional. El objetivo final es el de modificar las condiciones que permiten a las poblaciones de plaga alcanzar los niveles de daño, tratando que esto ocurra con la menor frecuencia posible y, en lo ideal, nunca.

3. El método o los métodos escogidos para ser aplicados en el programa deberán estar diseñados para complementar el control natural, tratando de obtener una protección a largo plazo con el menor esfuerzo, al costo más bajo y evitando al máximo los efectos negativos sobre el ambiente.

La importancia de los agentes de control natural, tanto bióticos como abióticos, no puede ser olvidada y por el contrario debemos valorar en su justo nivel la contribución de los mismos a la regulación de las poblaciones. Que esta regulación sea insuficiente para satisfacer los criterios que hemos impuesto, en muchos casos bajo bases empíricas, no quiere decir que su papel pueda ser olvidado o menospreciado. Complementar esta acción natural es la vía más inteligente y la más económica, pero sin embargo, no la más común, por lo que su instrumentación debe constituirse en una meta recomendable desde todo punto de vista.

4. La idea es que el alivio del problema sea general y a largo plazo, en lugar de localizado y temporal, con un mínimo de efectos negativos sobre el ecosistema.

Un programa de manejo de plagas deberá rendir sus frutos en todas aquellas situaciones en que las condiciones sean iguales o al menos similares, y sus efectos se mostrarán en el tiempo de una manera perdurable, a menos que dichas condiciones cambien drásticamente. Como hemos aceptado que las plagas son sólo un elemento más de los ecosistemas y por tanto íntimamente relacionado con los otros elementos que lo componen, no debemos dejar de lado que las acciones que tomamos contra ellas van a tener efectos sobre los demás componentes. La

escogencia de aquellas medidas carentes de efectos colaterales negativos o aquellas en las cuales los mismos puedan ser minimizados es una fase importante dentro de un programa de manejo de plagas.

5. La filosofía del manejo de plagas es precisamente la de manejar las poblaciones de seres perjudiciales y no la de erradicarlas.

Manejo de plagas por lo tanto rechaza la posibilidad de destruir totalmente una especie plaga a lo largo de su distribución geográfica, reconoce que siempre existirán zonas en las que las condiciones permanecerán inalterables y favorables para parte de sus poblaciones, y que, en consecuencia, la solución residirá en mantenerlas al más bajo nivel poblacional, en lugar de intentar el imposible de eliminarlas totalmente.

POSIBILIDADES PARA EL MANEJO DE PLAGAS EN PAISES NO DESARROLLADOS

Una de las principales dificultades que encontramos al intentar familiarizar a nuestras comunidades agrícolas con el concepto de manejo de plagas es la idea, interesada desde el punto de vista económico o de buena fe, que algunos individuos, usualmente en posición de hacerse oír, mantienen en el sentido de que nuestra condición de desarrollo hace muy lejano el día en que podamos aplicar los principios implícitos en el mismo.

Smith (1977) esboza unas ideas que consideramos válidas en relación al papel del manejo de plagas en los países no desarrollados y que tomaremos como base para demostrar la factibilidad de su instrumentación en nuestras condiciones. Los programas de manejo de plagas reúnen para su instrumentación en países no desarrollados, las siguientes características:

a) **Son una necesidad** por ser estos países precisamente los que presentan las tasas más altas de desarrollo poblacional y por lo tanto requieren de mejores niveles de productividad para copar las necesidades crecientes de alimentación de sus habitantes. Las pérdidas atribuibles a plagas en regiones tropicales varían entre un 30 y un 50%. De acuerdo con Costle (1979), las pérdidas causadas por las plagas alcanzan, a nivel mundial, aun 35% de los productos agrícolas antes de la cosecha ya un 20% de los productos cosechados. En los Estados Unidos, las cifras son de un 33% antes de la cosecha, muy cercano al promedio mundial, y de sólo un 9% en los productos cosechados, lo que ratifica que la diferencia de producción entre un país desarrollado y uno que no lo es estriba fundamentalmente en el manejo postcosecha de los productos agrícolas, y que el uso intensivo de productos químicos en la fase previa a la cosecha no representa la solución a los problemas de plagas, ya que Estados Unidos puede considerarse el país en el que más se invierte en la adquisición y aplicación de plaguicidas, sin que esto se manifieste en bajos niveles de daño durante la fase del cultivo.

b) **Son apropiados**, pues en estos países, usualmente ubicados en las regiones subtropicales y tropicales del mundo, se observa una mayor diversidad en cuanto a especies presentes, con unas relaciones ecológicas más complejas y que se traducen en la práctica en un mayor número de especies potencialmente dañinas, sometidas a regulación gracias a la acción de elementos naturales de control. La aplicación de medidas que no tomen en cuenta esta diversidad y complejidad ecológica, lejos de aliviar los problemas presentes, se manifestará en forma de un agravamiento de los existentes y la casi segura aparición de nuevas y más difíciles situaciones.

c) **Poseen el apoyo tecnológico mínimo**, aunque en algunas circunstancias pudiese señalarse la falta de personal suficientemente entrenado. Se requieren personas entrenadas en varias áreas: investigadores y especialistas en zoología agrícola, fitopatología y malezas que unidos a los de otras disciplinas agronómicas puedan constituir el soporte técnico para la toma de decisiones, las cuales para ser válidas deben basarse en adecuadas evaluaciones de campo y correctas aplicaciones de las medidas de control, lo que por supuesto implica la necesidad de personal bien entrenado a nivel medio.

Las necesidades de personas, tanto profesional como técnico, sólo podrán ser cubiertas mediante un esfuerzo educativo coherente que permita la formación de individuos a diferentes niveles, como respuestas a las demandas del mercado y por supuesto a la vocación y capacidad de los aspirantes.

Como elemento general debe indicarse la existencia de información básica, insuficientemente valorada en su importancia, producto de largos años de observaciones y que está esperando la oportunidad de ser utilizada. Las experiencias provenientes de otras regiones del mundo pueden ser aplicadas después de un proceso de evaluación local e integrándolas al conocimiento propio constituirse en los lineamientos primarios de un programa de manejo de plagas, al cual se le puede ir agregando información a medida que ésta se vaya adquiriendo, a la par de incluir las modificaciones y ajustes que la práctica vaya señalando como necesarios.

d) **Gozan de aceptación**, por lo menos a nivel técnico, y el reto lo constituye el ganar la misma aceptación de parte de los agricultores, empresarios agrícolas y de los administradores de los programas de los gobiernos, siendo el papel del Estado en nuestras condiciones, de primordial importancia en virtud de su participación en la toma de decisiones y en la fijación de políticas.

e) **La infraestructura es quizás la parte más débil** a la hora de argumentar sobre la factibilidad de la aplicación del programa de manejo de plagas en países no desarrollados. La infraestructura física, si bien es importante, puede ir desarrollándose a la par que se forma el personal y de acuerdo a las necesidades y al tipo de información que se vaya requiriendo. Los aspectos que constituyen la infraestructura y el problema que ésta representa pueden ser resueltos si se posee

la disposición oficial, se cuenta con la ayuda privada y sobre todo, si existen los recursos económicos al alcance para este fin.

La disponibilidad de presupuestos adecuados ha sido la limitante más destacada en los países en desarrollo. En los momentos actuales, los más críticos en los últimos 50 años, persiste el criterio de restringir, olvidándonos que parte de las economías que se pretenden por ésta vía, pudiesen generarse con creces, a través de una inversión decidida, que a la larga nos permita mayores disponibilidades en los rubros básicos y disminución sustancial en la dependencia tecnológica.

Para Levin (1986), las posibilidades de implementación de programas de manejo de plagas, si bien dependen de un conjunto de factores, serán más fáciles en regiones que están siendo desarrolladas para la agricultura que en aquellas de larga tradición agrícola, donde los intereses de todo tipo se han establecido firmemente; como consecuencia de lo anterior, las oportunidades de aplicación de manejo de plagas serán mayores en países en desarrollo que las que existen en naciones de economía agrícola tradicional.

Antes de abandonar la argumentación a favor de las posibilidades del manejo de plagas en países no desarrollados, parece conveniente rescatar un par de observaciones realizadas por E. H. Smith (1972), las cuales compartimos y creemos válidas universalmente:

1. No estamos utilizando todos los conocimientos que se poseen en la lucha contra las plagas.
2. No podemos esperar a conocerlo todo acerca de las plagas para instrumentar algunas medidas de control.

Al aceptar ambas observaciones, tenemos que admitir también que manejo de plagas es la mejor estrategia disponible y que estamos en el momento más adecuado para hacerla funcionar.

REQUISITOS OPERACIONALES PARA LA INSTRUMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANEJO DE PLAGAS

Para el logro del establecimiento de un programa de manejo de plagas no basta reconocer su importancia y argumentar en los círculos universitarios acerca de sus ventajas económicas y ecológicas. La definitiva implantación de esta estrategia de control requiere de algunos requisitos operacionales entre los que se destacan:

1. Se requiere ganar adeptos para este tipo de programa.

Es indispensable convencer a los que actúan en el campo (agricultores,

profesionales y técnicos agrícolas, entes financiadores, etc.) de que ésta es una alternativa posible y la que aparentemente presenta menos inconvenientes en términos ambientales. El intento de captación de voluntades se ve facilitado a nivel general por el fracaso de los métodos convencionales en el control de plagas, por la existencia de ejemplos exitosos a nivel internacional y por el deseo de estar a la moda, aspecto éste de gran importancia en las etapas iniciales de todo proyecto. Al mismo tiempo se debe tener cuidado que no ocurran interpretaciones erróneas y se pueda creer que el manejo de plagas es un método en sí mismo y que con sólo invocar su nombre se obtendrán soluciones rápidas y perdurables. Las dificultades de un programa de manejo de plagas deben ser claramente expresadas y los alcances medidos cuidadosamente, puesto que un fracaso en las etapas iniciales puede causar el alejamiento de aquellas personas atraídas por la innovación.

2. La existencia de un buen servicio de extensión es indispensable.

No estamos exigiendo todo un equipo especializado en esta labor, lo que por otra lado sería deseable, pero al menos se hace necesaria la divulgación de los principios detrás del programa a implementar y una buena demostración de las prácticas a aplicar. Para esto es necesario cerrar la brecha entre extensionistas e investigadores, haciendo entender a aquéllos que la labor de transmisión de información no puede ser ejecutada sin un conocimiento detallado de lo que se quiere enseñar, y a éstos, que los conocimientos que se almacenan y que no pueden ser puestos al alcance de los usuarios tienden a perder vigencia y sobre todo a ser observados como producto de inversiones carentes de justificación. Un compromiso entre ambas posiciones - la del extensionista que clama por resultados de acción rápida y efectiva, de fácil demostración y comprobación, y la del investigador que siempre necesita un paso adicional antes de decidirse a ofrecer el producto de sus trabajos - es indispensable para la implementación de un programa de manejo de plagas.

3. El manejo de plagas es trabajo en equipo.

Por más que se logre y sea deseable la especialización a nivel individual, el enfoque disciplinario y unilateral no puede rendir frutos. Este concepto, que es ampliamente aceptado dentro de las disciplinas (entomología, malezas, fitopatología, etc.), no es fácilmente desarrollado interdisciplinariamente. Son numerosas las oportunidades en que se emiten recomendaciones tendentes a la solución de un problema y con ellas se origina o favorece la aparición de otros. La actuación de un equipo, en el seno del cual se analicen las bondades de las recomendaciones y se puedan prever los inconvenientes de su aplicación, ahorraría mucho tiempo y esfuerzo e indudablemente se traduciría en una mayor eficacia en el trabajo propuesto.

4. La consideración de los aspectos económicos se hace mandatoria.

La inclusión de especialistas en esta área es de vital importancia, no sólo porque

es indispensable demostrar que la implantación de un programa de manejo de plagas se traduciría en ventajas económicas para los usuarios, lo cual es factor primordial para la aceptación de parte de él, sino porque el análisis de costos de las prácticas de control de plagas han dejado de ser simples ejercicios contables - donde se compara la inversión en que se incurre al comprar y/o aplicar lo necesario para tal fin y los beneficios económicos recibidos como retorno a esa inversión- para transformarse en algo más complejo, donde la toma de decisiones implica un riesgo y este riesgo no puede ser medido en términos exclusivamente monetarios. La consideración de los costos ecológicos y de los costos sociales ha pasado a tener importancia y por lo tanto el riesgo en la toma de decisiones es mucho mayor.

LAS POBLACIONES HUMANAS Y LA NECESIDAD DE ALIMENTOS

El hombre, con el correr del tiempo y gracias a la experiencia adquirida a través de sus propios aciertos y errores - transmitida esa experiencia de generación en generación, no siempre con total eficiencia -, ha ido librándose de las leyes que rigen a otras poblaciones vivientes y ha visto incrementar las suyas de una forma realmente asombrosa que podríamos calificar de epidémica.

Además de los adelantos científicos y tecnológicos que han permitido el control de enfermedades humanas y los incrementos en producción y productividad, tanto en renglones alimenticios como en los bienes de confort (calzado, vestido, vivienda), el hombre ha adquirido un cierto control sobre las manifestaciones de su comportamiento, que si bien no impide los enfrentamientos bélicos, retarda los mismos hasta que las contradicciones y las necesidades de los intereses que se mueven en el seno de nuestras sociedades se sobreponen al instinto natural de conservación y producen choques, los cuales intencionalmente hasta ahora, no llegan a tener la magnitud destructiva que los mismo adelantos tecnológicos podrían permitir a sus usuarios.

Una revisión retrospectiva de los cambios numéricos ocurridos en las poblaciones humanas (Corbet, 1970; Borlang, 1983) indica que se necesitaron miles de años para que la humanidad alcanzara los mil millones, lo cual debe haber ocurrido alrededor de 1830; desde este momento pasaron 100 años (1930) para totalizar los 2.000 millones; los 3.000 millones fueron alcanzados en 30 años; los 4.000 millones en 15 años (1975), estimándose que para el año 2.025 (FAO, 1982), las poblaciones humanas se habrán duplicado en relación a 1975, y en el planeta "convivirán" 8.195 millones de seres vivos. Según esta última proyección (FAO, 1982), la población mundial se incrementará en un 85% entre 1980 y el 2025, casi todo este aumento tendrá lugar en los países en desarrollo, particularmente en África. Fuentes más recientes ratifican este violento crecimiento poblacional alargando la estimación hasta el año 2100, en el cual, la cifra de habitantes alcanzará los 10.400 millones (German Bundestag, 19 89; World Meteorological Organization and United Nations Environmental Program, 1990), lo que impone como necesidad continuar diseñando estrategias que permitan alcanzar niveles

satisfactorios de vida para todos.

Ante esta situación, los involucrados en la producción de alimentos y, sobre todo, los que tienen que ver con el desarrollo e instrumentación de tecnologías agrícolas (manejo de plagas en la práctica debe traducirse en parte de un paquete tecnológico), deben tener claro el tamaño del compromiso que enfrentan y aceptar que el objetivo de alimentar poblaciones cada vez mayores se convierte en una obligación, al menos de carácter ético. A nivel global se ha mantenido un cierto balance entre el crecimiento poblacional y el aumento en la producción agrícola, fundamentalmente en base al incremento de la superficie bajo cultivo, alternativa esta que está llegando al límite de sus posibilidades (Calvin, 1983).

Lo señalado ha permitido la acumulación de alimentos, fundamentalmente granos, que hacen posible la grotesca paradoja de coexistencia en la tierra de millones de seres humanos hambrientos con millones de toneladas de granos fuera de su alcance (Swaminathan, 1983). En nuestro criterio se hace indispensable que la humanidad como un todo, aunque esto siga pareciendo un sueño que particularmente creemos realizable, enfrente de forma colectiva el reto de mejores niveles de vida para todos, lo que implica la adopción de medidas a distintos plazos. A corto plazo es imprescindible lograr una justa distribución de alimentos y otros bienes esenciales, no ya como un problema de caridad sino de derecho de las grandes mayorías, acompañándola con todos los esfuerzos necesarios para aumentar fundamentalmente la productividad de las tierras cultivadas. Estos aumentos de productividad no deben verse ligados, como hasta ahora, a aumentos en los niveles de energía utilizados, sino a una mejor eficiencia en su uso. A mediano plazo deben continuar los esfuerzos de estimación de la capacidad de carga de la Tierra en relación a las poblaciones humanas limitando, por convencimiento, el crecimiento de las mismas hasta un nivel que permita un razonable grado de salud y confort para todos.

La estabilización de la población mundial es el gran objetivo a lograr y en el cual incluimos de una manera indisoluble la necesidad de un nuevo sistema de relaciones dentro de nuestras sociedades.

BIBLIOGRAFIA CITADA

BARNES, M. M.

1970 Genesis of a pest: "Nysius raphanus" and "Sisymbrium irio" in vineyards. J. Econ. Entomol. 63: 1462-1463.

BARTLETT, B. R.

1956 Natural predators. Can selective insecticides help to preserve biotic control? Agr. Chem. 11: 42-44.

BORLANG, N. E.

1983 Feeding the world during the next doubling of the world population. Chemistry and World Food Supplies; the New Frontiers, Chemrawn II, Perspectives and Recommendations. International Rice Research Institute. Los Baños. Filipinas: 133- 158.

BOSQUE, M.

1985 La polilla guatemalteca (*Scrobipalopsis solanivora* Povolny). Recomendaciones para su control. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Sanidad Vegetal. Caracas, Venezuela. 18 p.

CALVIN, M.

1983 Basic chemical research and future food supplies. Chemistry and World Food Supplies: The New Frontiers, Chemrawn II, Perspectives and Recommendations. International Rice Research Institute. Los Baños. Filipinas: 107-124.

CORBET, P. S.

Pest management: Objectives and prospects on a global scale. Concepts of pest management. Proc. of Conference held at North Carolina State University at Raleigh. Raleigh, North Carolina: 19 1 208.

COSTLE, D. M.

1979 Changing what can be changed: dealing with constraints of food supply. Proc. IX International Congress of Plant Protection. Opening Session and Plenary Session Symposium. Washington, D.C.: 4-5.

THE COUNCIL OF ENVIRONMENTAL QUALITY.

1972 Integrated Pest Management. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. 41 p.

COX, H. C.

1978 Eradication of plant pests pro's and con's. Bull. Entomol. Soc. Am. 24 (1): 35-54.

DEBACH, P.

1946 An insecticide check method for measuring the efficacy of entomophagous insects. J. Econ. Entomol. 39: 695-697.

1947 Predators, DDT and citrus red mite populations. J. Econ. Entomol. 40: 598.

FAO

1982 El estado mundial de la agricultura y la alimentación 198 1. Colección FAO: Agricultura N- 1 4. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma: 45-5 1.

FERNANDEZ S., L. y F. ZAMBRANO.

1976 *Bucculatrix* sp. (Lepidoptera: Lyonetiidae) una nueva plaga del algodonero, *Gossypium hirsutum* L., en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 9 (1): 75-86.

GEIER, P. W. y L. R. CLARK.

1961 An ecological approach to pest control. Proc. 8th. Tech. Meeting Inter. Unión Conserv. Nat. Res. Varsovia: 10-13.

GERMAN BUNDESTAG,

1989 Protecting the earth's atmosphere. An international challenge. Bonner Universitäts-Buchdruckerei Bon: 465.

GLASS, E. H.

1975 Integrated pest management rationales, potential, needs and implementation. Ent. Soc. of Amer. Special Publication 75-2141 p.

HUFFAKER, C. B., C. A. SHOEMAKER y A. P. GUTIERREZ.

1978 Current status, urgent needs, and future prospects of integrated pest management. Pest Control Strategies. Academic Press. New York: 237-259.

LEVIN, R.

1986 Perspectives in integrated pest management: from an industrial to ecological model of pest management practice. John Wiley and Sons. New York: 1 - 18.

LUCKMAN, W. H. y R. L. METCALF.

1975 The pest management concept. Introduction to insect pest management. John Wiley and Sons. New York: 3-35.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES,

1969 Principles of plant and animal pest control. Vol. 3. Insect pest management and control. National Academy of Sciences. Publication 1695. Washington, D.C. 508 p.

NICKEL, J. L.

1973 Pest situation in changing agricultural systems - A review. Bull Entomol. Soc. Am. 19 (3): 136-142.

PAREDES, P.P.

1985 Cambios en la distribución geográfica de los taladradores de la caña de azúcar desde 1952 a 1980. Caña de Azúcar 3 (2): 71-82.

PEARSON, E. O.

1958 The insect pest of cotton in tropical Africa. Empire Cotton Growing Corporation and Commonwealth Institute of Entomology. Londres: 164-170.

PERKINS, J. H.

1982 Insects, experts and the insecticide crisis. Plenum Press. New York. 304 p.

RABB, R. L.

1970 Introduction to the conference. Concepts of pest management. Proc. of a conference held at North Carolina State University at Raleigh. Raleigh, North Carolina: 1-5.

1972 Principles and concepts of pest management. Implementing practical pest management strategies. Proc. of a national extension pest management workshop. Purdue University, Lafayette, Indiana: 629.

RABB, R. L. y F. E. GUTHRIE.

1970 Concepts of pest management. Proc. of a Conference held at North Carolina State University at Raleigh. Raleigh. North Carolina. 242 p.

SALAZAR, J. y F. TORRES.

1985 Adaptabilidad y distribución de la polilla guatemalteco de la papa, *Scrobipalopsis solanivora* Povolny en el Estado Táchira. Resúmenes del IX Congreso Venezolano de Entomología. San Cristóbal. 1 al 4 de julio de 1985. Resumen No 25. Sin paginación.

SERVICIO SHELL PARA EL AGRICULTOR.

1954 Plagas importantes del algodón en Venezuela. Serie A. Informe N1. Compañía Shell de Venezuela: 15.

SMITH, E. H.

1972 Implementing practical pest management strategies. Proc. of a national extension pest management workshop. Purdue University. Lafayette. Indiana. : 1-4.

SMITH, R. F.

1970 Pesticides: their use and limitations in pest management. Concepts of Pest Management. Proc. of a conference held at North Carolina State University at Raleigh. North Carolina 242 p.

1977 History of insects control and the role of pest management in international agriculture. UC - IAID Pest Management Training Workshop for Entomologists: 27-34.

SMITH, R. F. y W.W. ALLEN.

1954 Insect control and the balance of nature. Sci. Amer. 190: 38-43.

SMITH, R. F. y H. T. REYNOLDS.

1966 Principles, definitions and scope of integrated pest control. Proc. FAO Symp. Integrated Control. 1: 1 1-1 7.

STERN, V. M, R. F. SMITH, R. van DEN BOSCH, y K. S. HAGEN.

1959 The integrated control concept. Hilgardia 29:81-101.

SWAMINATHAN, M.

1983 Our greatest challenge: feeding a hungry world. Chemistry and World Food Supplies: The New Frontiers, Chemarawn 11. Perspectives and Recomendations. International Rice Research Institute Los Baños. Filipinas: 25-46.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION and UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM.

1990 Formulation of response strategies. Intergovernmental Panel on Climate Change. Report prepared for IPCC by Working Group III: 23.

CAPITULO II

PRINCIPIOS ECOLOGICOS DE IMPORTANCIA EN EL MANEJO DE PLAGAS

ECOLOGIA, ECOSISTEMAS NATURALES Y AGROECOSISTEMAS

Ecología, según el concepto más tradicional, es la ciencia que estudia las interrelaciones entre los organismos vivos y su ambiente. El grado de interés particular y sobre todo el nivel de detalle que se aplique en los estudios ecológicos conducen a diferenciaciones en los mismos que van desde la consideración del individuo como un ente aislado, pasando por la asociación de varios de éstos en una población, hasta llegar a las comunidades constituidas por poblaciones de diferentes especies. En el caso de especies de plagas, el reconocimiento de las características del individuo - a pesar de su importancia - deja de tener sentido práctico si no pueden ser visualizadas en conjunto, puesto que son las poblaciones las unidades capaces de causar el daño de significación económica.

Reconocer que las poblaciones de una determinada especie tienen un cúmulo de características que las definen y que las expresiones de las mismas son el resultado de la interacción con poblaciones de otras especies, así como con los componentes no vivos del ambiente, resulta de importancia primordial a la hora de decidir intervenir con la intención de disminuirlas en número o en su capacidad de daño.

Manejo de Plagas, en la forma como ya ha sido definido, no es más que ecología aplicada y su instrumentación exitosa dependerá de la utilización de la información proveniente de los estudios de comunidades, pues es fundamental reconocer que la agricultura representa un sistema en el cual interactúan seres vivos con un ambiente inanimado y que el hombre es sólo parte del mismo con una capacidad restringida, aunque importante para influir en el destino final de ese sistema; el reconocimiento de las características particulares de los sistemas agrícolas establece un marco especial de referencia que resulta indispensable destacar.

Southwood y Way (1970) y Solomon (1973) han señalado las diferencias entre los ecosistemas naturales y los ecosistemas agrícolas o agroecosistemas. Aceptando las limitaciones que imponen las generalizaciones, pensamos que existen características altamente contrastantes que son de indispensable discusión; entre ellas están:

1. CONTINUIDAD O PERMANENCIA EN EL TIEMPO.

Mientras los ecosistemas naturales se mantienen y perpetúan por sí mismos, los agroecosistemas carecen de esa capacidad y por lo tanto tienen una duración limitada, que puede variar desde unos pocos días, como en el caso de algunas hortalizas, hasta años si consideramos la situación de ciertas especies frutales.

Esta falta de continuidad en el tiempo alcanza a todos los elementos que componen el agroecosistema; de esta forma podemos observar interrupciones en la presencia de especies fitófagas, que tienen que abandonar el área del cultivo ante la desaparición de sus fuentes de alimento, así como la desaparición de otros elementos bióticos asociados, tales como los enemigos naturales de esas especies, otras especies animales (polinizadores, depredadores generalizados, descomponedores de materia orgánica, etc.) y hasta especies vegetales indeseables, todos los cuales ven cortadas sus expectativas de continuidad, por la usualmente brusca alteración (destrucción) del sistema al final de cada ciclo de cultivo.

Lo descrito es válido aun para aquellas situaciones en las que se siembran permanentemente la misma planta, ya que los períodos entre ciclos de cultivo con sus actividades de preparación de tierras, ejercen su acción disturbadora, siendo ésta máxima cuando se implementan sistemas de rotaciones de las especies cultivadas.

La falta de continuidad de los agroecosistemas debe verse como positiva en el sentido de dificultar el establecimiento definitivo de las especies plagas, sin olvidar que a la par establece una serie limitaciones para la acción mantenida y estable de sus enemigos naturales. A menor permanencia del agroecosistema, se corresponderán menores oportunidades de que los enemigos de las especies plagas ejercen su acción natural de una manera eficiente para nuestros intereses.

2. SELECCIÓN DE LA VEGETACIÓN.

En los ecosistemas naturales, la vegetación existente es producto de la selección natural que escoge aquellas especies mejor adaptadas para las condiciones prevalecientes, las cuales son fundamentalmente de índole climática y edáfica. Los individuos de cada especie, tanto por lo espacio como por nutrientes, lo que produce plantas prácticamente amoldadas a una situación de continua lucha por la sobrevivencia.

La situación en los agroecosistemas es totalmente distinta, lo expuesto anteriormente trae como consecuencia una diferencia en cuanto a aspecto y características físicas, entre las plantas que crecen naturalmente y aquellas que son cultivadas con propósitos específicos. Esta diferencia, usualmente a favor de las plantas cultivadas, puede tener efectos contradictorios cuando se analizan en relación a sus plagas. Por un lado es aceptable suponer que plantas poco desarrolladas, débiles y sometidas a una alta competencia serán pasto fácil de aquellos animales que se alimentan de ellas; sin embargo no se puede desconocer el atractivo que para los herbívoros representan las plantas vigorosas, suculentas y en abundante proporción.

La evaluación de las prácticas agrícolas en función de su impacto sobre el grado de atracción que ejercen las plantas hacia sus consumidores es un elemento de

importante determinación para cada situación particular.

3. DIVERSIDAD INTER E INTRAESPECIFICA

La diversidad es una de las características más contrastante entre los ecosistemas naturales y los agroecosistemas. El número de especies distintas es mucho mayor en los ecosistemas naturales que en los agroecosistemas. En estos, lo usual es encontrar una especie de planta, siendo poco frecuente la situación de cultivos asociados en la agricultura empresarial y extremadamente raras las explotaciones en las que se mezclan varias especies al mismo tiempo. Esta simplicidad vegetal se ve llevada al extremo por las prácticas de control de malezas, que intentan mantener los cultivos libres de la presencia de otras especies vegetales distintas a las sembradas por el agricultor.

En condiciones de diversidad específica baja, como la descrita para los agroecosistemas, es fácil comprobar que la misma se extiende hasta la fauna presente, encontrándose mucha menor diversidad animal asociada a los cultivos, lo que se traduce en menores actuaciones de la fauna benéfica no específica, la cual en las condiciones de los ecosistemas naturales pueden hacerse cargo de brotes poblacionales de una especie particular, a la par de mantener su acción más general.

Debe quedar claro que la mayor diversidad no garantiza menores problemas de plagas; en algunos casos la presencia de más de una especie vegetal puede constituirse en un problema y con ello se está ofreciendo hospederas para alimentación, oviposición o refugio. Lo interesante es determinar la diversidad conveniente, entendiéndolo por ello aquella que sin comprometer al cultivo permita el mantenimiento de las poblaciones beneficiosas, al favorecer la permanencia de tramas alimenticias complejas y estables.

Al comparar la diversidad intraespecífica nos encontramos con una situación similar. En los ecosistemas naturales la variabilidad dentro de las especies es mucho mayor que en los agroecosistemas. En estos existe, para empezar, una fecha de siembra que establece una uniformidad en edad de la que están libres las especies en condiciones naturales. Además, lo que se siembra ha sido seleccionado fundamentalmente en base a rendimiento, siendo la uniformidad del material, en cuanto a desarrollo y maduración, uno de los elementos más importantes.

Aceptando esto tenemos que reconocer que en la eventualidad de un ataque de plagas, en un momento crítico del ciclo de cultivo, los efectos serán consistentemente negativos para todos los individuos de la población en virtud de la uniformidad señalada. Esto no se presenta en los ecosistemas naturales, donde dentro de una misma especie vamos a encontrar individuos en diferentes estados de desarrollo, lo que siempre permitirá que algunos escapen a la acción negativa de sus enemigos, siendo esta variabilidad parte integral de la estrategia de supervivencia de la especie, la cual le es extraída durante los procesos de mejoramiento genético.

4. DISPONIBILIDAD DE AGUA Y NUTRIENTES

Los agroecosistemas, por su carácter artificial, poseen unas disponibilidades de agua y nutrientes usualmente superiores a sus necesidades reales, situación que contrasta con la de los ecosistemas naturales. En éstos lo normal es la existencia de un equilibrio entre las disponibilidades y las necesidades, el cual permite la vigencia del sistema. En los agroecosistemas, el agricultor está interesado en un rápido crecimiento que conduzca a la obtención de una gran cantidad de producto en el tiempo más corto posible. Para esto, suministra cantidades de fertilizantes, tanto orgánicos como inorgánicos, así como en muchos casos suplementa las disponibilidades naturales de agua a través del riego, lo que le permite una tasa alta de fotosíntesis en relación a la biomasa producida, siendo esto característico y contrastante con lo que ocurre en los ecosistemas naturales, donde hay una gran producción de biomasa a niveles de fotosíntesis mucho menores.

5. BROTES VIOLENTOS DE PLAGAS

Esta es quizás la característica más contrastante entre los ecosistemas naturales y los agroecosistemas y pudiese considerarse una consecuencia de todas las anteriores. La aparición de brotes violentos de plagas está condicionada a la ruptura del equilibrio natural dentro de un ecosistema y esa ruptura es mucho más fácil dentro de un agroecosistema en virtud de que el mismo es más inestable y por lo tanto proclive a reaccionar ante alteraciones relativamente moderadas de sus condiciones. Existe toda una larga discusión en relación a las razones de esa inestabilidad de los agroecosistemas. En términos generales, se acepta que una baja diversidad tiende a manifestarse en la forma de una menor estabilidad para un sistema.

Al hablar de diversidad se recomienda tener claro la diferencia entre diversidad específica y diversidad trófica; mientras que la primera hace referencia al número de especies distintas presentes en una comunidad y, en consecuencia, mayor número, mayor diversidad, la segunda enfatiza las relaciones entre los niveles tróficos, siendo más diversa aquella comunidad que posea mayores relaciones de dependencia entre sus distintos niveles tróficos. Esta es la diversidad que realmente nos interesa y su ausencia es la responsable de las apariciones súbitas de plagas en los agroecosistemas.

La ruptura de un eslabón en una cadena alimenticia simple y aislada, como las que se presentan en los sistemas agrícolas, genera un desequilibrio de consecuencias económicas importantes para el agricultor. No obstante las diferencias señaladas, los agroecosistemas mantienen un carácter de unidad ecológica en la cual conviven diversas especies en el marco establecido por el ambiente físico y los cuidados suministrados por el agricultor. No obstante las diferencias señaladas, los agroecosistemas mantienen un carácter de unidad ecológica en la cual conviven diversas especies en el marco establecido por el ambiente físico y los cuidados suministrados por el agricultor. La solución a sus

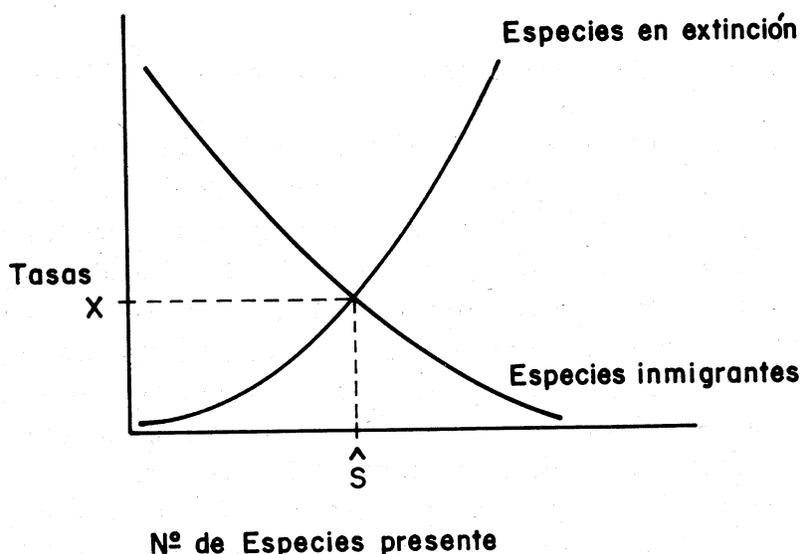
LOS AGROECOSISTEMAS COMO ISLAS ECOLÓGICAS

McArthur y Wilson (1967) postularon una teoría sobre los procesos de colonización de islas desiertas desde el punto de faunística, la cual se ha hecho extensiva a otros ambientes y que en particular se ha tomado como base para explicación de la forma cómo un agroecosistema puede ser poblado. La teoría parte de la premisa de que cualquier comunidad tiene un límite en cuanto al número de especies que la componen y que una vez alcanzado este límite, la tendencia es hacia el mantenimiento de un equilibrio. Este equilibrio es producto del balance entre las especies que inmigran y las que se extinguen, y en la ocurrencia de ambientes estables, las especies observadas representan este equilibrio. (Gráfico 2).

Es importante dejar claro que el punto de equilibrio hace referencia al número de especies y no a la identidad de las mismas, pues éstas pueden cambiar, al ser reemplazadas las que se extinguen, por especies presentes en las zonas origen de las invasiones. El número de especies en el cual se alcanzaría el equilibrio va a depender de diversos factores, entre los que destacan la distancia hasta la fuente de colonizadores y el tamaño

Gráfico N° 2

El Número de Especies Presentes como Resultado del Equilibrio entre las Tasas de Inmigración y Extinción (Macarthur y Wilson, 1967)



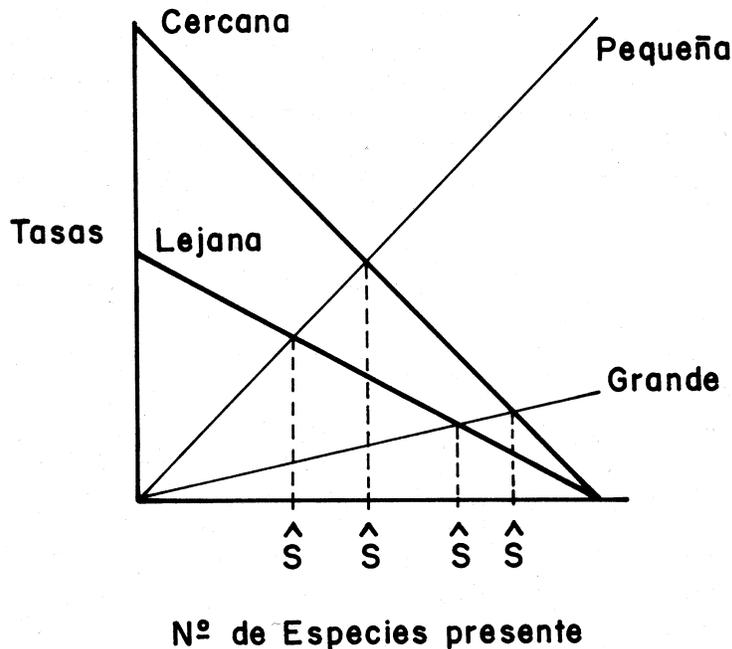
del área o "isla" a ser colonizada. Cuando más corta es la distancia y más grande el tamaño, mayor será el número de especies que podría encontrarse (Gráfico 3).

Mientras la tasa de inmigración está íntimamente relacionada con el número de especies disponibles para la colonización y la distancia hasta la fuente de colonizadores, la tasa de extinción tiene que ver más con el tamaño del área colonizada, siendo la tendencia hacia tasas de extinción más altas en áreas pequeñas (Price y Waldbauer, 1982).

Simberloff (1986) presenta una interesante discusión sobre las asimilaciones que del concepto de isla se han hecho a plantas individuales, grupos de plantas, campos de cultivos, todos los campos de cultivos de una región y la especie de planta como un todo. La extrapolación de esta teoría a los procesos de colonización en agroecosistemas ha sido cuestionada por Levins y Wilson (1980), Rey y McCoy (1979) y Price (1976), fundamentalmente en base a la inexistencia de un equilibrio entre especies dentro de los sistemas agrícolas. Esta falta de equilibrio viene dada por la diferencia entre las tasas de colonización y extinción de las especies herbívoras y los de las especies parasíticas y depredadoras. Levins y Wilson (1980) señalan que la teoría ecológica no puede ser aplicada directamente al manejo de plagas porque muchos de sus postulados hacen abstracción de importantes características de los agroecosistemas que afectan radicalmente estos postulados. Estos autores resaltan que la coexistencia de las especies en los agroecosistemas no es resultado exclusivo de la mutua regulación, producto de la depredación y la competencia por recursos, ya que en los campos agrícolas la disponibilidad de alimentos está regida por el agricultor, quien en cada temporada de cultivo establece un número de plantas.

De existir regulación como resultado de la alimentación, ésta debe estar en función no de la disponibilidad sino del estado fisiológico de las plantas o del cambiante microclima que se genera por el crecimiento de las mismas. Cualquier intento

Gráfico N° 3
 Número de Especies Presentes en Función al Tamaño de la "Isla" y su Distancia a la Fuente de Invasión



de demostrar o establecer coexistencia entre especies debe tomar como unidad la región biogeográfica y no el campo de cultivo.

Price (1976) enfatiza que el modelo de colonización de un cultivo debe ser distinto y mucho más complejo que el desarrollado para las islas. Según este autor, en un campo de cultivo, el hábitat es muy simple al comienzo, sólo puede ser colonizado después de la germinación y su complejidad irá aumentando con el tiempo.

Los recursos necesarios para la sobrevivencia de los herbívoros están usualmente disponibles desde el principio, no siendo la misma situación para el caso de depredadores y parásitos. En el caso de las especies herbívoras, no sólo la existencia del alimento está garantizada, la protección también es suministrada por las plantas, lo que les restringe la necesidad de moverse entre ellas, evitándoles exponerse a espacios hostiles. En cambio, depredadores y parásitos no encontrarán usualmente sobre la misma planta todos sus recursos alimenticios, por lo que tendrán que moverse de planta en planta, quedando expuestos a espacios relativamente grandes en los que las condiciones climáticas son más extremas y enfrentarán la posibilidad de ser consumidos, a su vez, por sus depredadores.

Esta diferencia en las etapas iniciales del cultivo hace suponer la existencia de diferencias entre las tasas de colonización y extinción de las especies herbívoras y las de sus enemigos naturales; diferencias que deben hacer difícil alcanzar un

equilibrio entre las especies, sobre todo si recordamos la temporalidad característica de los agroecosistemas y que puede conducir a la reducción del número de artrópodos potencialmente beneficiosos en relación a los potencialmente dañinos.

FACTORES QUE AFECTAN EL TAMAÑO DE LAS POBLACIONES PLAGA EN LOS AGROECOSISTEMAS

Southwood y Way (1970) señalan un conjunto de factores como los responsables del tamaño de las poblaciones de una determinada especie en los agroecosistemas. El Gráfico 4, desarrollado por los mencionados autores, ilustra las vías de actuación de factores, los cuales son agrupados en dos grandes segmentos: los que afectan la invasión y los que afectan las expresiones vitales de una población (natalidad, mortalidad, desarrollo y emigración).

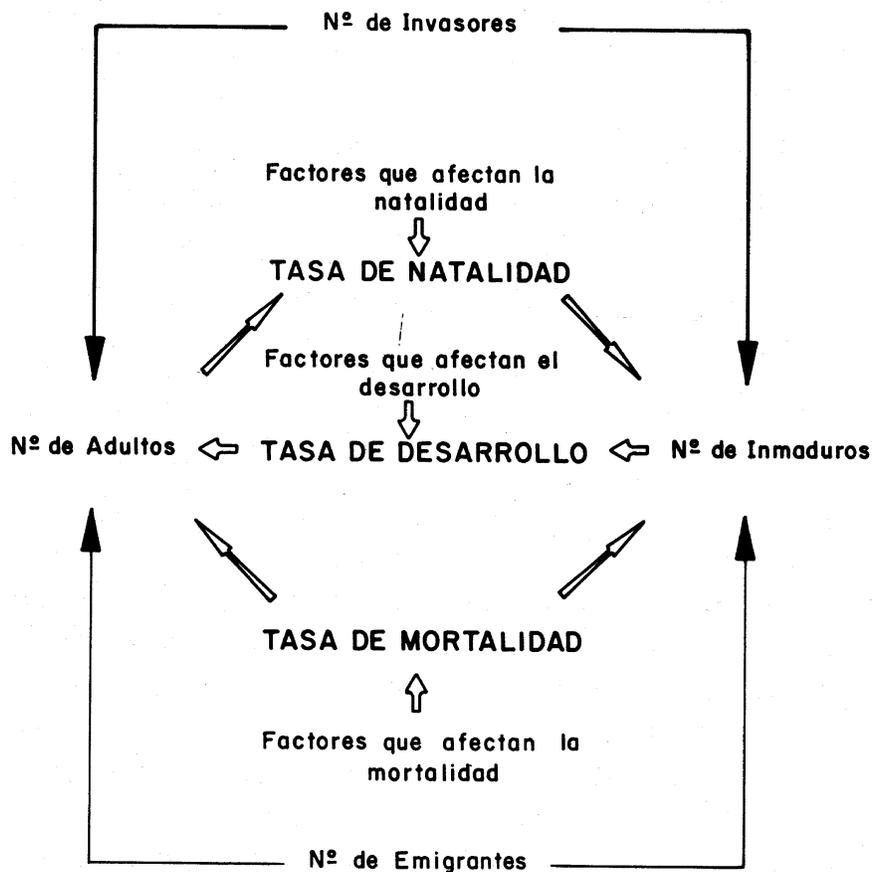
FACTORES QUE AFECTAN LA INVASION

Número de invasores potenciales

El número de individuos disponible para la invasión de un cultivo recién plantado dependerá del tamaño de la población presente en la vegetación o lugar de origen, y del nivel de actividad migratorio de la misma.

Migración es un concepto que ha sido largamente discutido en sus implicaciones biológicas y ecológicas, y para los efectos del manejo de plagas tiene una connotación muy particular. Johnson (1969) al describir la migración esencialmente como una transferencia de adultos (de una nueva generación) desde un hábitat hacia otro, nos ayuda en el establecimiento de una definición de trabajo. Southwood (1962) propone una hipótesis en relación a la ventaja evolutiva de la migración, resumiéndola como la capacidad que le permite a las especies "mantener el paso" en relación a los cambios en el espacio de sus hábitats. En función de esto, aquellas especies que viven en hábitats temporales tendrán una mayor actividad migratorio que las que lo 'hacen en hábitats más estables en el tiempo, lo que implicaría que la mayoría de las plagas agrícolas, sobre todo las que afectan cultivos de ciclo corto, poseen un alto grado de capacidad para la migración.

Gráfico N° 4
Factores que Afectan el Tamaño de las poblaciones en los Agroecosistemas
(Southwood y Way, 1970)



Según Cloudsley-Thompson (1988) la migración es un proceso costoso, porque la mayoría de los individuos migrantes fallan en el intento de alcanzar un nuevo ambiente, muriendo sin dejar descendencia, estando allí otra de las ventajas evolutivas del fenómeno, tal sería la de eliminar el segmento excedentario de las poblaciones. El mismo autor señala un conjunto de generalizaciones que pueden caracterizar tanto al proceso como a los individuos que lo adelantan:

- a) durante la migración la locomoción es privilegiada, mientras que la alimentación y la reproducción son reprimidas;
- b) la migración usualmente ocurre antes de la reproducción, por lo que en ese momento los valores reproductivos y las habilidades colonizadoras están en su máximo;

- c) los individuos migrantes usualmente descansan en hábitats temporales,
- d) los parámetros fisiológicos y ecológicos de la migración son modificados por los factores ambientales.

Cambios en la calidad del hábitat inducen la actividad migratoria, en algunos casos influyendo directamente sobre los adultos presentes, y en otros modificando la composición de la población en favor de individuos con capacidad de emigrar. ***Peregrinus maidis*** (Homoptera: Delphacidae) presenta dos tipos de adultos en maíz, cuando juzgados en función de su desarrollo alar (macrópteros y braquípteros). Al principio del ciclo del cultivo se encuentran los macrópteros, que son los responsables de la invasión y que una vez establecidos producirán descendientes predominantemente braquípteros. Hacia el final del ciclo y acompañando el proceso de secado de la planta se produce un nuevo cambio en la composición de los adultos de la población, apareciendo nuevamente una alta proporción de macrópteros que serán los encargados del movimiento hacia un nuevo hábitat más favorable. (Fernández - Badillo y Clavijo, 1990).

Separación entre el reservorio y el cultivo

La distancia entre el lugar de origen de las plagas, estando éste constituido por vegetación natural o agrícola, y el cultivo recién sembrado, constituye un factor importante que influirá en el número de individuos capaces de realizar una invasión exitosa. En forma general se acostumbra a aceptar que cuanto más corta es esta distancia mayor será la probabilidad de que un número más alto de individuos pueda alcanzar el nuevo hábitat. Al hablar de distancia hay que recordar la relatividad de sus expresiones según la especie que esté en consideración. Los áfidos (Homoptera: Aphididae) son transportados a grandes distancias por efecto de los vientos predominantes, los que "transforman" a unos débiles voladores en viajeros de grandes distancias; los gorgojos o picudos (Coleoptera: Curculionidae) son, por el contrario, insectos en general de una muy limitada capacidad de movimiento, para los cuales unos cientos de metros se constituyen en una distancia apreciable.

Condiciones para la invasión y establecimiento

Estas condiciones que afectan tanto el abandono del antiguo hábitat, como el proceso de movilización y el de llegada al nuevo, son fundamentalmente de carácter climático, por lo que aquellas que predominen en una determinada circunstancia serán las responsables de la magnitud numérica de la invasión. Según Johnson (1969) las respuestas a las condiciones climáticas variarán con las especies en consideración, pudiéndose sólo generalizar que el frío y las lluvias tienden a frenar el movimiento, así como la intensidad y dirección del viento son los componentes responsables de la distancia recorrida y de los lugares a los que llegan la mayoría de los individuos de cualquier especie que abandona un hábitat. La comprobación del efecto de los vientos es fácilmente observable a nivel local con el uso de trampas pegantes de dos caras, en una de las cuales - la que

coincide con los vientos predominantes - encontraremos abundancia de pequeños insectos, cuando es comparada con la otra, lo que en muchas circunstancias ayuda a establecer la dirección en que progresa la invasión, en adición al número relativo de invasores.

Atracción del cultivo sobre la plaga

El grado de atracción que un cultivo ejerza sobre una especie plaga es un factor de primordial importancia para la invasión, hasta tal punto que se intenta manipular en procesos de mejoramiento de plantas para resistencia a insectos. La atracción está incluida como elemento clave del proceso de localización de la planta hospedera, el cual en la mayoría de los casos en insectos, es de la responsabilidad de las hembras, quienes pondrán sus huevos sobre lo que se constituirá en la fuente de alimento de sus descendientes.

De esta manera veremos que las especies fitófagas ponen en las plantas que alimentarán a sus larvas o ninfas, así como en las especies parasíticas y saprófitas la localización del alimento es el resultado de la capacidad discriminatoria de las hembras. En el caso de los insectos sociales, las castas obreras alimentan a las crías, obviándoles a las larvas el trabajo de localización. Por supuesto que no siempre la situación será resuelta por las madres y existen ejemplos de oviposición en los que no hay contacto con la fuente de alimento, siendo la búsqueda de ésta de la responsabilidad y de la suerte de los individuos recién nacidos, estando este caso ilustrado por el de especies parasíticas que ponen sus huevos y la eclosión de éstos ocurre lejos de lo que será su especie hospedera, dependiendo la vida de estos nuevos individuos del encuentro casual con ésta, sin olvidar que este tipo de oviposición no es totalmente al azar, ya que sobre ella privó un cierto "conocimiento" de los hábitos de vida de la especie a ser parasitada.

La localización y atracción hacia la planta hospedera puede ocurrir visualmente o por medio del olfato, dependiendo de la especie en consideración. En cuanto a la visión, se acepta que la forma, el color y el contraste del mismo, en relación al medio, son estímulos que ejercen su influencia, sin embargo se tiende a creer que el olfato debe jugar un papel más importante que la visión. El efecto inicial de los olores en especie altamente móvil, es el de inhibir la locomoción, por lo que una vez que la planta es localizada, hay muy pocas posibilidades de que el insecto se aleje de ella, siendo este efecto considerado de corto alcance.

A corto alcance, la quimio-recepción ejercida a través del olfato, tacto y gusto son elementos claves en el reconocimiento de la planta. La quimio-recepción por contacto ocurre usualmente al nivel de los tarsos, los que de recibir el estímulo adecuado, inducirán la distensión y movimiento de las partes bucales. Una vez activado el proceso, quimio-receptores ubicados en las partes bucales entrarán en juego, produciéndose la prueba del alimento y si éste ha sido seleccionado adecuadamente, la alimentación continuará hasta la plena satisfacción. En resumen, se puede decir que la alimentación es una respuesta a una compleja e

interactuante secuencia de estímulos que comienzan a actuar desde la localización y selección de la fuente de alimento y que termina cuando se han satisfecho las necesidades del individuo.

FACTORES QUE AFECTAN LAS EXPRESIONES VITALES DE LA POBLACION (NATALIDAD, MORTALIDAD, DESARROLLO Y EMIGRACION)

Cantidad y calidad del alimento

Los agroecosistemas, al igual que cualquier otro ecosistema, poseen una capacidad de carga que no puede ser excedida sin que ocurran disturbios en las poblaciones que los ocupan. Uno de los elementos de esa capacidad de carga es precisamente la cantidad de alimento disponible para una determinada especie animal. En el caso de los agroecosistemas, la disponibilidad de alimento para una especie plaga no puede considerarse como limitante para su crecimiento poblacional, en virtud de la abundancia representada por las plantas sembradas. Esta falta de limitación siempre hará referencia al tamaño poblacional que nos interesa desde el punto de vista económico, ya que las plantas disponibles y la corta permanencia de la mayoría de los cultivos, permitirá un crecimiento significativo de la población en cuanto al daño infringido, sin que se agoten los recursos alimenticios utilizados por la especie plaga.

La calidad del alimento es otro factor que en el caso de los agroecosistemas puede ser manipulado para disminuir los niveles de población de la plaga que nos afecta. Este elemento no sólo hace referencia al valor nutricional del cultivo para la plaga, el cual puede ser modificado a través de la fertilización y del riego, sino a las características físicas y químicas de la planta, ejerciendo efectos sobre su selección y posterior utilización como alimento. Es conveniente dejar claro que los procesos de mejoramiento genético, usualmente emprendidos hacia la meta de mayores rendimientos, dejan de lado estos efectos, produciéndose la situación de que mejores cultivares agronómicos también se constituyen en mejores fuentes de alimentos para sus plagas.

Clima

El clima, como resultante de los diferentes componentes meteorológicos actuantes en un determinado agroecosistema, juega un importante papel sobre los procesos vitales de las poblaciones. En primer lugar, el clima establece el marco en el que se desarrollarán las poblaciones, tanto de las plagas como de sus enemigos naturales; cada especie animal tiene unos rangos climáticos, no sólo para la vida sino para las diversas actividades que esa vida implica, por lo que variaciones del mismo se reflejan en la eficiencia del cumplimiento de esas actividades. En adición, los componentes del clima pueden jugar un importante papel como agentes de mortalidad natural, actuando directamente y/o favoreciendo la actividad de otros.

La correcta evaluación del efecto del clima sobre el desarrollo de las poblaciones es algo que hay que encarar con detalle, sobre todo a nivel del hábitat particular de las especies plagas, pues se ha demostrado que el uso de los parámetros macroclimáticos ayuda poco en la interpretación de los cambios numéricos y que el conocimiento del microclima pudiese rendir un mayor provecho. La relación entre macro y microclima debe establecerse como importante herramienta a utilizar en los programas de manejo de plagas.

Competencia Intraespecífica

La competencia entre individuos de una misma especie es un hecho que se presenta sólo en poblaciones que han alcanzado unos niveles muy elevados en cantidad, situación en la cual la lucha por alimento y espacio, impedirá la continuación del crecimiento poblacional y regresará la población al nivel que los recursos del ambiente puedan soportar. La competencia intraespecífica ha sido considerada por Milne (1957) como el único factor perfectamente independiente y responsable de evitar que las poblaciones alcancen magnitudes tan grandes que puedan conducir a la extinción de las mismas por agotamiento de todos los recursos existentes. Desde el punto de vista práctico, la competencia intraespecífica es de escaso o ningún valor en términos de manejo de plagas, puesto que entrará en acción a unos niveles de población tan elevados que la harán ineficiente para nuestros propósitos de evitar daños de significación económica.

Competencia Interespecífica

La competencia entre individuos de diferentes especies es un hecho que se da aun a niveles moderados de población, cuando se encuentran en un mismo hábitat dos o más especies que utilizan recursos comunes. Si la coincidencia entre las especies, en cuanto a utilización de los recursos disponibles, es idéntica, estaremos en presencia de verdaderos homólogos ecológicos, y sólo en esta situación podremos observar la posibilidad del desplazamiento competitivo de una de las especies involucradas (DeBach y Sundbay, 1963). Este tipo de competencia no se ha probado como importante desde el punto de vista de las plagas agrícolas, aunque ha permitido teorizar sobre la posibilidad de reemplazar una especie plaga por otra - también plaga-, pero con menor capacidad de daño o con mayor facilidad de control.

En el caso de los enemigos naturales, Huffaker et al. (1971) le restan importancia práctica al efecto y señalan que si un enemigo natural que ejercía una buena regulación es reemplazado por otro, esto significa que el nuevo es más efectivo y que por lo tanto ejercerá un mejor nivel de control.

Enemigos Naturales

La presencia de enemigos naturales en cualquier ecosistema se ha demostrado importante para la regularización numérica de las especies que le sirven de hospedera. Existe un buen nivel de controversia en relación a la forma de actuación de los enemigos naturales, sobre todo en relación a cambios en su capacidad de mortalidad según se produzcan cambios en la densidad poblacional de la especie atacada. Es, precisamente, la respuesta de un factor de mortalidad natural a los cambios de la densidad de la población sobre la que actúa la que ha generado una clasificación de los factores de mortalidad natural, agrupándolos en dos grandes categorías: los densodependientes o bióticos y los densoindependientes o abióticos.

Andrewartha y Birch (1954) consideran irrelevante esta clasificación desde el punto de vista de la regulación natural de las poblaciones y sólo le conceden un valor descriptivo, mientras que Milne (1957) la amplía descomponiendo los factores densodependientes en los perfectamente y los imperfectamente dependientes de la densidad.

De cualquier manera, desde los trabajos pioneros de Nicholson (1933), Nicholson y Bailey (1935) y Smith (1935), la separación señalada es aceptada, o bien conceptualmente o como herramienta de trabajo, por todos los que laboran en control biológico y en entomología agrícola en general, sin olvidar que las ideas manejadas desde entonces, se sustentan en lo planteado por Malthus (1803) y Howard y Fisk (1911).

Según sean las respuestas en la capacidad de mortalidad del enemigo natural en relación a los cambios de densidad de la población plaga se acostumbra a clasificarlas en: directamente dependientes, retrasadamente dependientes o inversamente dependientes. La acción será directamente dependiente de la densidad cuando a aumentos en la población de la plaga se observen aumentos en la capacidad de mortalidad del enemigo natural, bien sea porque cada individuo consume o elimina más hospederos o porque se produce un aumento en el número de individuos ejerciendo sus funciones. Será retardadamente dependiente de la densidad cuando el aumento en la capacidad de mortalidad del enemigo natural se hace presente en la siguiente o subsiguientes generaciones como resultado de un aumento en su capacidad reproductiva. Hablaremos de efectos inversamente dependientes de la densidad cuando aumentos en la densidad de la población plaga se ven acompañados por disminuciones en la capacidad de mortalidad del enemigo natural.

La efectividad de un enemigo natural no es constante, está más bien en función de las condiciones prevalecientes en una determinada circunstancia. El rango de densidad poblacional sobre el que actúan eficientemente es variable según la

especie, lo que explica que hayan buenos enemigos naturales para niveles de población bajos de la plaga y viceversa, así como un buen enemigo natural no lo sea en toda la extensión de la distribución geográfica de una plaga. Según Huffaker et al. (1971) existe "el mejor" enemigo natural para cada hábitat y éste puede no ser siempre el mismo, por lo que la aceptación o rechazo de una especie de enemigo natural a priori, puede conducir a fracasos en los programas de importación y liberación de enemigos naturales.

Plaguicidas

De todos los nombrados, éste es el único factor que no tiene carácter natural, pero que debido a su presencia dentro de los agroecosistemas ha pasado a constituirse en un elemento familiar, de impacto sobre las poblaciones animales presentes y al que hay que conocer si se desea extraerle el máximo beneficio con el mínimo de efectos colaterales indeseables.

Los plaguicidas órgano-sintéticos ingresaron a los sistemas agrícolas desde finales de la década de los años 40 y aunque su carácter de elemento milagroso se ha desvirtuado con el tiempo a la luz de los problemas que han generado, estamos convencidos de que su presencia está garantizada en virtud de las innegables ventajas que representan a la hora de reducir rápidamente las Poblaciones plaga. El conocimiento detallado de sus características y efectos, no sólo sobre las plagas, sino sobre el ambiente en general, debe conducirnos a un uso más eficiente de estos productos, que nos permita su aplicación sólo cuando sea necesario y en estos casos, aplicar dosis mínimas y mediante las técnicas más efectivas - con la seguridad de que se alcanzará el objetivo de poner en contacto al producto con la plaga. El advenimiento de nuevos productos químicos es un hecho concreto y cambios en los efectos de éstos, ya no sólo buscando la mortalidad directa por intoxicación, sino por alteración de los procesos de desarrollo así como reducciones poblacionales resultado de interferencias en la comunicación entre los sexos, son parte de un futuro que se está haciendo realidad en el mundo. La utilización de los plaguicidas como complemento al control natural es una táctica del manejo de plagas y la evaluación del impacto de los mismos es parte integral de un programa para tal fin.

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA CALIDAD DE LAS ESPECIES USUALMENTE PRESENTES EN LOS **AGROECOSISTEMAS**

Dentro de cualquier agroecosistema vamos a encontrar un conjunto de especies que emigran hacia éste una vez establecido produciéndose toda una secuencia de colonización. En adición a éstas, también es posible observar la presencia de especies residentes, las cuales han permanecido en el lugar físico en el que se siembran los cultivos usualmente alojadas en el suelo y dispuestas a alimentarse de las plantas tan pronto como éstas estén disponibles. Mientras que las primeras tendrán poblaciones numéricamente dependientes de los dos grandes grupos de factores reseñados en las páginas anteriores, las especies residentes dependerán

para su crecimiento poblacional del número inicial de individuos y de los factores que afectan la natalidad, desarrollo y mortalidad de los mismos.

Estas diferencias en cuanto a tipos de especie han conducido a diferencias de nomenclaturas que se reflejan en los términos de plagas exógenas y plagas endógenas en relación a su origen. Denominaremos plagas exógenas aquellas que se originan fuera del cultivo, lo invaden una vez establecido y lo abandonan a partir del momento en que comienza su deterioro; por el contrario aceptaremos como plagas endógenas aquellas presentes en el área antes de la siembra del cultivo, usualmente en el suelo, y que tan pronto como ocurre la implantación de lo sembrado pasan a utilizarlo.

El anterior tipo de clasificación utilitaria nos aproxima a la discusión de lo que ha sido extremadamente controversias en ecología y que no es más que la existencia o no de diferencias entre las especies en relación a sus estrategias reproductivas como consecuencia de procesos de selección inducidos por el ambiente.

Dobzanski (1950) fue el primero en sugerir que la selección natural opera en forma diferente según las condiciones prevalecientes en el ambiente, por lo que en zonas templadas la selección estará dictada por la acción de los factores físicos del ambiente, mientras que en áreas tropicales la misma dependerá de las interacciones entre factores biológicos, lo que conducirá a la “escogencia” de poblaciones con características radicalmente distintas. MacArthur y Wilson (1967) retoman estas ideas y desarrollan los términos selección r y selección k, los que por derivación se aplican en forma de especies r y especies k. Las características de los dos tipos de especies las hacen más o menos eficientes según el tipo de ambiente al que estén sometidas y han sido señaladas con cierto detalle por Stearns (1976), Rapaport y Drausal (1979), y Price (1976), entre otros muchos autores; estas características serían, para el caso de las especies r y por contraste para las k, las siguientes:

- presentes en ambientes inestables y con recursos fácilmente utilizables, donde hay baja competencia interespecífica y las regulaciones poblacionales no dependen de factores densodependientes;
- son malas competidoras, manifiestan altos valores de r (capacidad de incremento natural) y poseen una gran capacidad de adaptación a los cambios físicos del ambiente;
- poseen un rápido desarrollo y unos tiempos generacionales muy cortos, con unas curvas de sobrevivencia caracterizadas por una alta mortalidad en las fases jóvenes,
- son buenas colonizadoras y en condiciones de clímax se constituyen en parte de las especies subdominantes o raras.

Las características señaladas no tienen que estar presentes en su totalidad para que una determinada especie se clasifique como r o k, así como tampoco es

obligante que una especie manifieste la misma estrategia de vida en todas las circunstancias.

Tratando de regresar al campo agrícola y a sus plagas en particular, pudiese generalizarse que éstas, en términos amplios, actúan como estrategias r en función de su comportamiento invasor (caso de plagas exógenas) y que una vez establecidas en el cultivo y siempre que éste con su permanencia lo permita, pueden modificar esa estrategia y comportarse como k. Aunque desconocemos evidencias concretas de ese cambio, se puede suponer que en frutales es posible que se presenten, mientras que en cultivos más temporales la estrategia de las poblaciones de plagas exógenas siga siendo r. Pero no todas las plagas agrícolas tienen que comportarse como estrategias r; las endógenas bien pueden ejemplarizar a las estrategias k dentro de los agroecosistemas, en base a sus ciclos largos, bajas tasas reproductivas y buenas habilidades competitivas.

Evidencias en relación a la validez de estas estrategias en parásitos de especies plagas han sido señaladas por Price (1973) y Force (1972 y 1975), los cuales indican que esta teoría es fuerte e importante en este grupo de insectos. Según estos autores, lo que se conoce apunta hacia un gradual reemplazo de estrategias r. y k en la medida que las condiciones del agroecosistema van cambiando. En términos generales hay un aumento en el número de especies parásitas con el paso del tiempo, existiendo una tendencia al reemplazo de las primeras que arriban (r) por las últimas en llegar (k); así mismo, con el cambio desde los bordes del cultivo hacia el centro se observa un progresivo aumento en el número de especies parásitas, estando en la periferia aquellas capaces de soportar el ambiente físico comparativamente más riguroso que impera en esta zona.

Por otro lado, al comparar el tipo de parásito en función de la hospedera atacada (larvas o pupas), se encontró que los parásitos de larvas eran más abundantes hacia el comienzo del ciclo del cultivo y en los bordes de éste, que los parásitos de pupas, los cuales fueron más diversos en sus hábitos alimenticios, permitiéndose en muchos casos un hiperparasitismo facultativo, que les amplía su habilidad competitiva y los conduce hacia un comportamiento k.

En relación a los depredadores se pudiese aceptar que, en función a su alta capacidad de búsqueda y amplitud en términos de fuentes de alimentación utilizados, unido a ciclos de vida usual y comparativamente largos, así como a sus tasas reproductivas bajas, se clasifican como estrategias k, sin que se descarte la existencia de excepciones a esta generalización.

Southwood (1977) establece unas categorías para las plagas en función de las estrategias que adelantan en determinadas circunstancias. Estas categorías son: plagas r, plagas k y plagas intermedias, para cada una de las cuales existen métodos más o menos apropiados de control (Cuadro I). De las categorías señaladas, la de plagas intermedias es la única que necesitaría alguna explicación, ya que las otras ya han sido discutidas, pudiendo decirse que se reconoce con la misma, la existencia de variación en el comportamiento de las

plagas en términos de su estrategia de vida y que si bien existen especies con típico comportamiento, la mayoría se ubica en posiciones intermedias en el espectro delimitado por los extremos r y k.

Cuadro Nº 1
Métodos de control en relación a las estrategias reproductivas de las plagas
(Southwood, 1977)

MÉTODOS DE CONTROL	PLAGAS R	PLAGAS INTERMEDIAS	PLAGAS K
Insecticidas	++ +		++
Enemigos naturales		+++	
Cultural	+ +	+	+++
Alteración de la reproducción		+	+ + +
Resistencia de la Hospedera	+ +	+ +	+ +

LAS POBLACIONES, SUS FLUCTUACIONES Y LA REGULACION DE LAS MISMAS

El término población tiene un uso tan amplio en el lenguaje diario, que tratar de definirlo es una necesidad de carácter operativo, no siempre fácil de lograr (Solomon, 1976). Entenderemos por población, el conjunto de individuos de una misma especie que ocupa una determinada localidad geográfica y que de alguna manera se mantiene aislado espacialmente de otros grupos de la misma especie. Especie debe ser aceptada en el sentido biológico que le da Mayr (1969), es decir, como grupo de poblaciones naturales que se cruzan entre sí y que están aisladas reproductivamente de otros grupos de características similares. La dinámica de poblaciones se encarga de estudiar las variaciones en número de individuos que se suceden normalmente en la naturaleza y los factores responsables de esas variaciones, quedando el problema restringido a la determinación de las ganancias y pérdidas numéricas, como producto de los factores que actúan sobre las poblaciones y que se manifiestan sobre las tasas de inmigración y natalidad - como elementos positivos- y en las de mortalidad y emigración - como negativos.

Variaciones en las mencionadas tasas generan fluctuaciones que deben ser entendidas como respuestas a la acción de los factores naturales del ambiente, que al actuar sobre los individuos de la población generan una respuesta colectiva. Uno de los primeros elementos que se debe resaltar al hablar de dinámica poblacional es que no existe la posibilidad de un crecimiento ¡limitado

para una población, en el marco de un ambiente determinado. Por eso fluctuación, como proceso que muestra etapas de máximos y mínimos no necesariamente iguales en el tiempo, enfatiza el concepto de limitación, ya no sólo al crecimiento sino a la reducción numérica de las poblaciones.

Chapman (1931) señala que las poblaciones son producto del potencial biótico de sus individuos expresados en la medida que la resistencia ambiental lo permite, idea que puede ser aceptada si reconocemos como componentes del ambiente los indicados por Andrewartha y Birch (1954): clima, alimento, otros animales (incluyendo a otros individuos de la misma especie y organismos capaces de producir enfermedades) y un lugar en donde vivir.

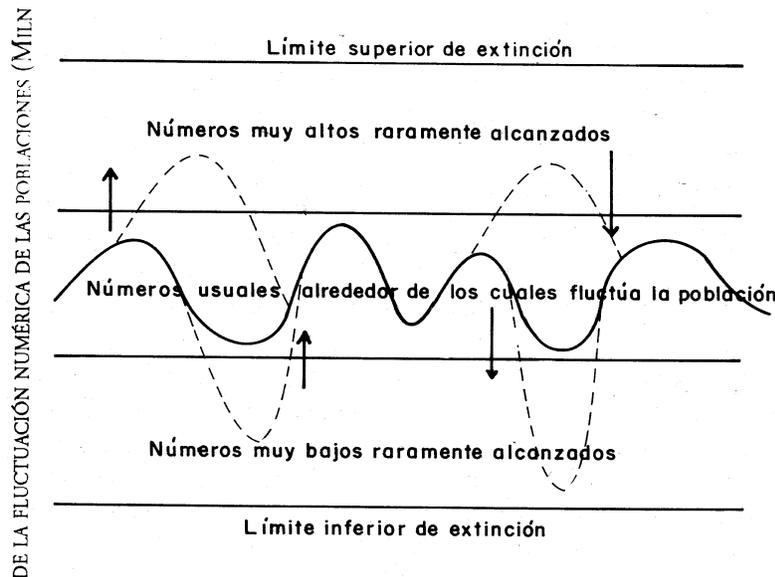
La evidencia de fluctuaciones poblacionales como resultado de la acción de agentes que constituyen parte del ambiente, ha conducido a interesantes discusiones desde el punto de vista intelectual, originándose todo un conjunto de teorías sobre la regulación de las poblaciones animales en la naturaleza y que hoy tienden a ser integradas, a pesar de sus fanáticos, en la búsqueda de una explicación racional a este fenómeno complejo.

En el Gráfico 5, tomado de Milne (1957) con un sentido diferente al propuesto por el autor, se intenta presentar de una manera simple lo que en la naturaleza es un proceso complejo y que continúa esperando por una explicación del todo satisfactoria.

En relación a los números que determinan la magnitud poblacional, se establecen tres zonas de las cuales la intermedia representa los valores de población usuales, variables en el tiempo y en el espacio, y que constituyen lo que entendemos por fluctuación. Las otras dos zonas, calificadas por números anormalmente altos o bajos, constituyen los extremos de esas fluctuaciones, cuando fallan los mecanismos de regulación natural y están limitadas por los niveles que decretarían la extinción de la especie. El límite superior de extinción no puede ser alcanzado en virtud de la acción de la competencia intraespecífica, que eliminará los menos dotados permitiendo la subsistencia de los más aptos y la preservación de la especie. En el otro extremo, el límite inferior de extinción sólo puede ser alcanzado si los factores climáticos cambian de una manera drástica y por un período de tiempo lo suficientemente largo; esta situación no se sucede en toda la extensión de la distribución geográfica de la especie, ya que la existencia de zonas o refugios que escapan al cambio climático, garantizan la supervivencia de la misma.

Gráfico N° 5

Factores Responsables de la Fluctuación Numérica de las Poblaciones (Milne, 1957; con Modificaciones)



La salida de la zona de los números usuales y hacia la de los anormalmente altos, se produce por cambios climáticos y por fallas en los mecanismos de competencia interespecífica, parasitismo y depredación, que de alguna manera le ofrecen ventajas a la especie. El regreso es producto de la competencia intraespecífica, un retorno a la normalidad de las condiciones climáticas, y el restablecimiento de los efectos de la competencia interespecífica y el de los enemigos naturales.

La incursión en la zona de los números anormalmente bajos, estará determinada por la acción negativa de cambio en los elementos climáticos, los cuales no pueden permanecer indefinidamente (so pena de extinción) y que una vez restablecidos en su normalidad permitirán el retorno de la población a la zona usual.

Chitty (1957) sugiere, que la regulación es producto de cambios en la vitalidad promedio de los individuos, como resultado de cambios en la composición genética de las poblaciones, la cual se modifica en función de las densidades. Las fluctuaciones serían entonces producto de la selección de distintos genotipos a altas y bajas densidades poblacionales. Pimentel (1961) va un poco más allá, adjudicándole a un sistema de mutua influencia, entre las plantas y sus herbívoros así como entre los enemigos naturales y sus hospedadoras, la responsabilidad de la regulación poblacional a través de la selección genética, producto de la acción de la densidad poblacional que induce una presión de selección que se manifiesta en la escogencia de ciertos genotipos según sea el nivel de la población.

Antes de abandonar este tema realmente interesante, debemos ratificar que en la naturaleza existen límites para las fluctuaciones de las poblaciones y que estos límites están establecidos por la acción de diferentes factores. Lo expresado no significa que dichos límites satisfagan nuestros intereses y de hecho eso es lo que ocurre con ciertas especies; el establecimiento de límites aceptables y el mantenimiento de los mismos es reto del manejo de plagas.

BIBLIOGRAFIA CITADA

ANDREWARTHA, H. G. y A. C. BIRCH

1954 The distribution and abundance of animals. The University of Chicago Press. 782 p.

CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L.

1988 Evolution and adaptation of terrestrial arthropods. Springer-Verlag. Berlín. 141 p.

CHAPMAN, R. N.

1931 Animal ecology with special reference to insects. McGraw Hill. New York: 191-202.

CHITTY, D.

195 Self-regulation of numbers through changes in viability. Cold Spring Harb. Symp. quant. Biol. 22: 277-280.

DEBACH, P. y R. A. SUNDBAY.

1963 Competitive displacement between ecological homologues. Hilgardia. 34: 105-166.

DOBZANSKY, T.H.

Evolution in the tropics. Am. Sci. 38: 209-221.

FERNANDEZ-BADILLO, A. y S. CLAVIJO A.

1990 Poliformismo alar de la chicharrita del maíz, *Peregrinus maidis* (Homoptera: Delphacidae) en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 16(1):,27-34.

FORCE, D. C.

1972 R and k strategists in endemic host-parasitoid communities. Bull Entomol. Soc. Am. 18(3): 135-137.

1975 Succession of r and k strategists in parasitoids. Evolution and strategies of parasitic insects and mites. Plenum Press. New York 224 p.

HOWARD, L. O. y W. F. FISK.

1911 The importation in to the United States of the parasites of the gipsy moth and die brown-tail moth., U.S. Dept. Agr. Bur. Entomol. Bull 91. 312 p.

HUFFAKER, C. E., P. S. MESSENGER y P. DEBACH.

1971 The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. Biological Control. Plenum Press. New York London: 16-17.

JOHNSON, C. G.

1969 Migration and dispersal of the insects by flight- Methuen. Londres. 763 p.

LEVINS, R. y M. WILSON.

- 1980 Ecological theory and pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 25: 287-38.
- MACARTHUR, R. H. y E. O. WILSON.
1967 The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton. New jersey. 203 p.
- THUS, T. R.
1803 An essay on the principle of population as it affects the future improvement of society. J. Johnson. London. 61 0 p.
- MAYR, E.
1969 Principles of systematic zoology. McGraw Hill, Inc. New York. 428 p.
- MILNE, A.
1957 Theories of natural control of insect populations. *Cold Spring Harb. Symp. quant. Biol.* 22: 253-266.
- NICHOLSON, A. J.
1933 The balance of animal populations. *J. Anim. Ecol.* 2: 132-178.
- NICHOLSON, A. J. y V. A. BAILEY.
1935 The balance of animal populations. *Proc. Zool. Soc. Lond., Part 3*: 551-598.
- PIMENTEL, D.
1961 On a genetic feed-back mechanism regulating population of herbivores, parasites and predators. *Ain. Nat.* 25: 65-79.
- PRICE, P. W.
1973 Parasitoid strategies and community organization. *Envir. Entomol.* 2: 623-625.
- 1976 Colonization of crops. by arthropods: Non-equilibrium communities in soybean fields. *Environ. Entomol.* 5 (4): 605-61 1.
- PRICE, P. W. y G. P. WALDBAUER.
1982 Ecological aspects of pest management. Introduction to insect pest management. John Wiley and Sons, Inc: 33-68.
- RAPAPORT, E. H. y B. DRAUSAL.
1979 Tácticas y estrategias r, k y "S.O.S". *Tópicos de Ecología Contemporánea*. Fondo de Cultura Económica. México. 190 pp.
- REY, J. R. y E. D. McCOY.
1979 Application of island biogeographic theory to pest of cultivate crops. *Environ. Entomol.* 8 (4): 577-584.
- SIMBERLOFF, D.
1986 Island biogeographic theory and integrated pest management. *Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice*. John Wiley and Sons. NewYork: 19-35.
- SMITH, H. S.
1935 The role of biotic factors in the determination of population densities. *J. Econ. Entomol.* 28: 873-898
- SOLOMON, M. E.
1973 Ecology in relation to the management of insects. *Insects: studies in population*

management. Ecological Society of Australia. Memories 1. Camberra: 154-164.

1976 Population dynamics. Edward Arnold Ltd. Londres. 67 p.

SOUTHWOOD, T. R. E.

1962 Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. Biol. Rev. 33: 171-214. 1977. Entomology and mankind. Proc. XV Int. Cong. Entomol. Washington, D.C: 36-51.

SOUTHWOOD, T. R. E. y M. J. WAY.

1970 Ecological background to pest management. Concept of pest management. Proc. of a Conference held at North Carolina State University at Raleigh. North Carolina: 6-29.

CAPITULO III

LAS FLUCTUACIONES POBLACIONALES Y SU IMPACTO

PARAMETROS POBLACIONALES DE IMPORTANCIA EN EL MANEJO DE PLAGAS

Aceptando como un hecho real la existencia natural de fluctuaciones en las poblaciones animales, no tendremos objeciones para ratificar dicha existencia en el seno de los agroecosistemas, refiriéndola en particular al caso de las plagas.

Stern et al. (1959) fueron los primeros en enfatizar la existencia de niveles poblacionales para las plagas dentro de los ecosistemas agrícolas, tratando de establecer ciertos parámetros para definir no sólo la magnitud de esa ocurrencia natural, sino las relaciones de la densidad poblacional con el nivel de daño económico capaz de ser producido por la misma. Los parámetros definidos fueron: Posición General de Equilibrio, Nivel Económico de Infestación y Umbral Económico de Infestación (ver también Stern 1966 y 1973).

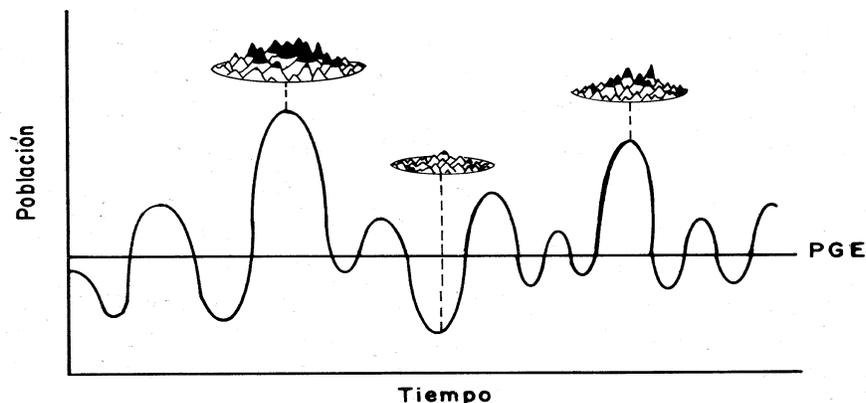
POSICION GENERAL DE EQUILIBRIO (PGE)

Es la densidad poblacional promedio de una especie plaga, estimada a través de un período de tiempo usualmente largo y en ausencia de cambios permanentes en el ambiente.

El Gráfico 6 ilustra los cambios momentáneos de población en relación a la Posición General de Equilibrio y sobre todo

Gráfico N° 6

La Posición de Equilibrio (PGE) según Stern et al., 1959



resalta que los mismos no son de igual magnitud y significación en la generalidad de los lugares donde se encuentren presentes los individuos que constituyen la población. De esta forma, tanto en momentos de máxima como de mínima poblacional, habrá posibilidades de que en el área ocupada por la especie se presenten lugares con muy contrastante número de individuos que se comportarán distinto en relación a la capacidad para infringir daño económico.

La Posición General de Equilibrio se mantendrá, como ya se ha señalado, en la medida que el ambiente no presente alteraciones permanentes. Ambientes inestables podrán generar cambios en la misma, que se reflejarán en unas nuevas posiciones generales de equilibrio que perdurarán en la medida en que lo hagan las condiciones que las definieron (Gráfico 7).

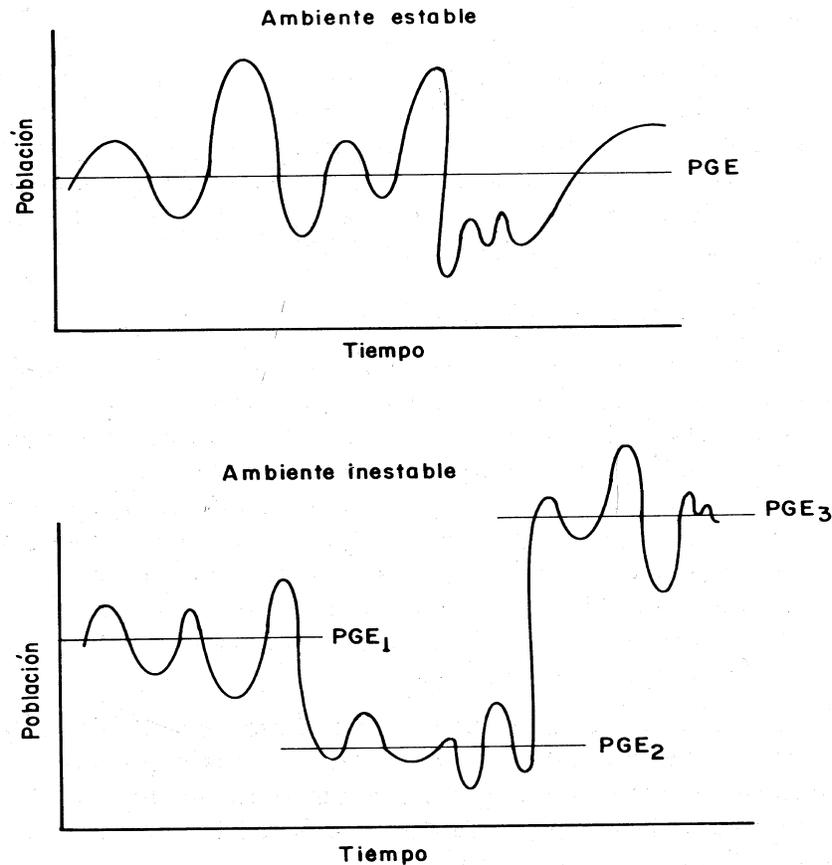
NIVEL ECONOMICO DE INFESTACION (NEI)

Define la densidad poblacional mínima capaz de causar daño económico y es un parámetro que varía con el tipo de cultivo, el grado de explotación tecnológico del mismo, el área geográfica en la que se siembre, la época del año y las fluctuaciones de la oferta y la demanda, que en definitiva fijarán el precio del producto. Según su definición original, este nivel no debe ser alcanzado por la población, ya que si esto ocurriera, el daño habría sido producido y la medida de control a aplicar, en el mejor de los casos, sólo ayudaría a disminuir la cantidad de daño, pero de ningún modo lo evitaría.

En algunos casos, el término es utilizado en referencia al momento en el que se debe aplicar la medida, por lo que tener en cuenta lo señalado en el párrafo anterior es de importancia conceptual y da pie para la introducción de la definición de Umbral Económico de Infestación.

Gráfico N° 7

Cambios de la Posición (PGE) dependiendo de la Estabilidad del Ambiente



UMBRAL ECONOMICO DE INFESTACION (UEI)

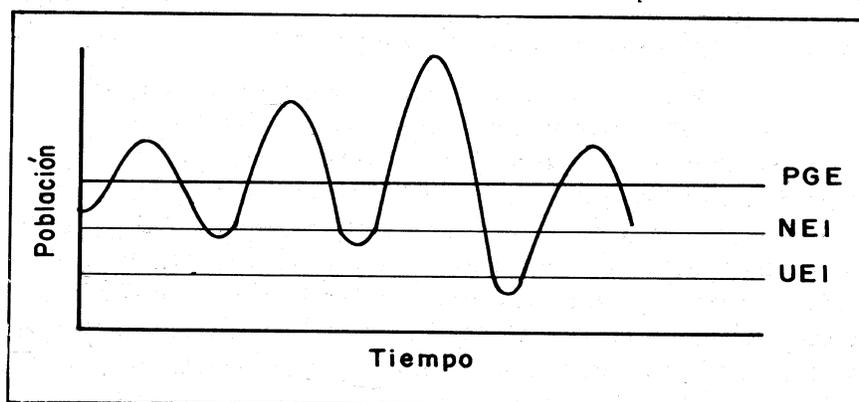
Se entiende como la densidad poblacional a la que deben aplicarse medidas de control si se desea evitar el daño económico, es decir, si se espera evitar que la población alcance el Nivel Económico de Infestación. En consecuencia, el Nivel Económico de Infestación siempre será un valor superior al Umbral Económico de Infestación, de manera de permitir que medidas aplicadas, al alcanzarse éste, impidan que las poblaciones lleguen a aquél. El Umbral Económico de Infestación tampoco es un valor constante y variará de acuerdo a los mismos factores que hacen variar el Nivel Económico de Infestación.

Al integrar estos conceptos con las categorías de las plagas de factible ocurrencia en los agroecosistemas, es posible obtener una mejor idea de dichas categorías. De esta manera en el Gráfico 8 tenemos la situación de una Plaga Primaria, la cual manifiesta una PGE superior al NEI durante todo el ciclo de cultivo o por lo

menos durante las fases críticas del mismo; si se desea evitar el daño económico, la aplicación de medidas de control se hace inevitable.

Gráfico N° 8

Posición General de Equilibrio (PGE), Nivel Económico de Infestación (NEI) y Umbral Económico de Infestación (UEI) en el caso de una Plaga Primaria



La aplicación de medidas de control tiene como objeto el reducir la PGE a niveles por debajo del UEI, pudiendo ser esta reducción temporal, como la lograda con la aplicación de insecticidas (Gráfico 9), o más permanentemente si se pueden usar otras medidas de carácter perdurable, tales como variedades resistentes o introducción de enemigos naturales, si los hubiere y trabajasen eficientemente (Gráfico 10). Los Gráficos 11, 12 y 13 muestran lo que sería la ubicación de estos parámetros según sea el caso de una Plaga Ocasional, Potencial o Transeúnte, respectivamente.

Para el caso de las Plagas Ocasionales se observa que sólo en determinadas oportunidades las poblaciones pueden alcanzar el NEI en virtud de alteraciones en la magnitud de la oscilación por encima de la PGE, la cual en este tipo de plaga estará por debajo de los otros parámetros; en estos momentos la intervención del hombre mediante la aplicación de medidas de control, es indispensable para evitar el daño económico.

Las Plagas Potenciales mantienen conceptualmente una PGE siempre inferior en magnitud al UEI y al NEI, ya que estos no han sido estimados en virtud de no haber ocurrido el daño; los intentos de control ejercidos sobre las Primarias y/o las Ocasionales, pueden introducir alteraciones en esta relación y fomentar un cambio permanente que conduzca a una reclasificación de la especie en términos de

Ocasional o Primaria.

Las Plagas Transeúntes difieren de las otras categorías, en lo que a estos gráficos concierne, por carecer de PGE dentro de los agroecosistemas. No es que no posean PGE, sino que las magnitudes de sus oscilaciones deben ser mucho mayores y las mismas deben ocurrir en el marco del ambiente en el que usualmente se encuentran, del cual el agroecosistema, en el mejor de los casos, es sólo una parte incapaz de reflejarlas. Gráficamente la presencia de las plagas transeúntes, sólo puede representarse como puntos que reflejan la magnitud poblacional observada en un momento dado y la relación de estos puntos con el UEI y el NEI, establecidos en base a experiencias anteriores, dictaminará la necesidad de aplicar medidas de control. Si la presencia de estas plagas transeúntes se hace frecuente, será indispensable el estudio de las mismas fuera de; agroecosistema, es decir, en su ambiente de origen, tratando de controlar sus poblaciones en el mismo, a fin de evitar la migración e invasión de los cultivos o al menos reducir el número de individuos en capacidad para tales actividades.

Gráfico Nº 9 Cambios en la Posición General de Equilibrio (PGE) de un Plaga Primaria Producto de la Aplicación de Medidas de Control de Carácter Temporal.

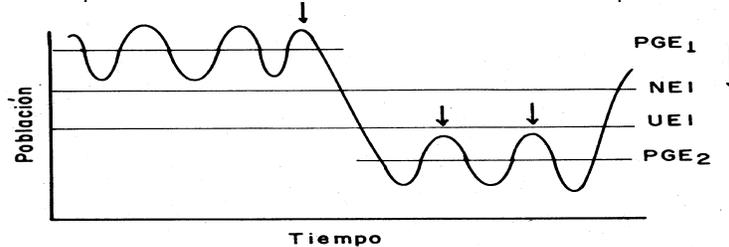


GRÁFICO Nº 10. CAMBIOS EN LA POSICIÓN GENERAL DE EQUILIBRIO (PGE) DE UNA PLAGA PRIMARIA PRODUCTO DE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL DE CARÁCTER PERMANENTE

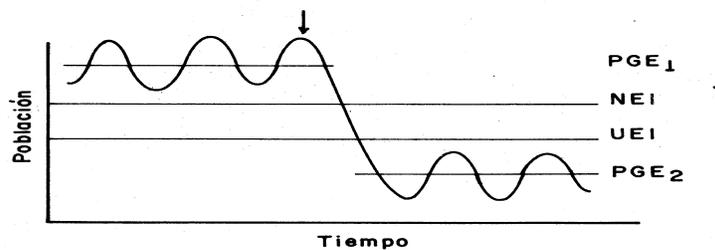


GRÁFICO Nº 11. POSICIÓN GENERAL DE EQUILIBRIO (PGE), NIVEL ECONÓMICO DE INFESTACIÓN (NEI) Y UMBRAL ECONÓMICO DE INFESTACIÓN (UEI) EN EL CASO DE UNA PLAGA OCASIONAL

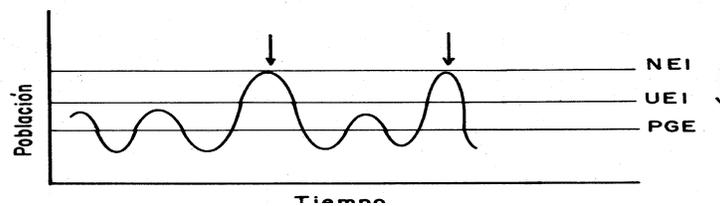


Gráfico Nº 12

Posición General de Equilibrio (PGE), Nivel Económico de Infestación (NEI) y Umbral Económico de Infestación (UEI) en el Caso de una Plaga Potencial.

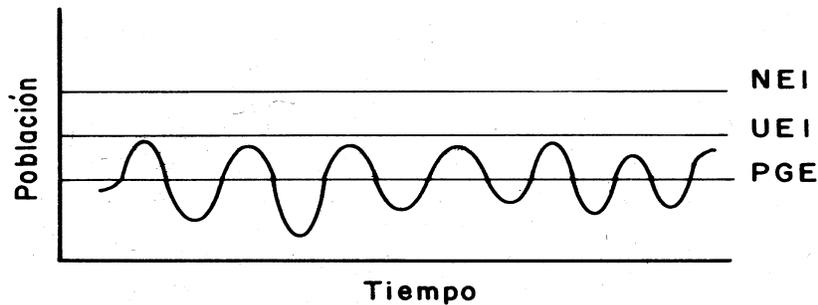
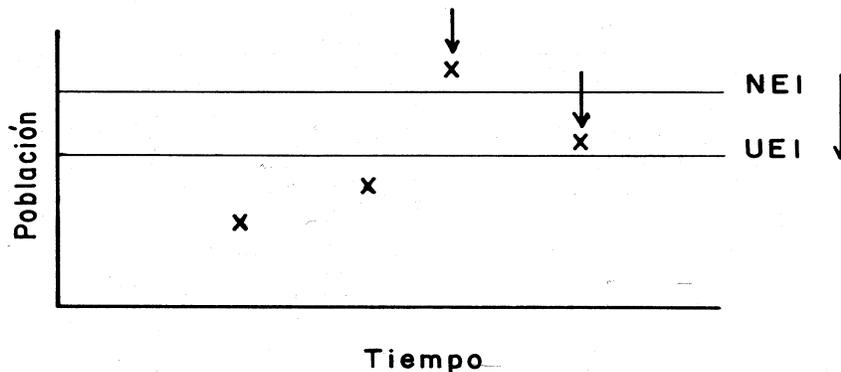


GRÁFICO Nº 13

NIVEL ECONÓMICO DE INFESTACIÓN (NEI) Y UMBRAL ECONÓMICO DE INFESTACIÓN (UEI) EN EL CASO DE UNA PLAGA TRANSEÚNTE



en base a experiencias anteriores, dictaminarán la necesidad de aplicar medidas de control. Si la presencia de estas plagas transeúntes se hace frecuente, será indispensable el estudio de las mismas fuera del agroecosistema, es decir, en su ambiente de origen, tratando de controlar sus poblaciones en el mismo, a fin de evitar la migración e invasión de los cultivos o al menos reducir el número de individuos en capacidad para tales actividades

Lo señalado hasta ahora pudiese conducirnos a conducciones no muy acertadas si no tomamos en cuenta lo siguiente:

1. La estimación de la Posición General de Equilibrio, del Umbral Económico de Infestación y del Nivel Económico de Infestación es el paso más difícil dentro del proceso de investigación tendente a la implantación de un programa de manejo de plagas. La necesidad de desarrollar métodos adecuados para la

estimación de las poblaciones presentes, así como los factores tan variables que afectan los valores aceptables de daño, hacen de este aspecto uno de los más complicados y decepcionantes para el investigador. Una vez establecidos los parámetros, la labor no puede considerarse terminada, pues las condiciones imperantes, tanto en el proceso productivo como en los patrones económicos que lo rigen, cambian frecuentemente haciendo obligantes las reevaluaciones y ajustes. El establecimiento de un modelo que permita los ajustes periódicos se hace indispensable, teniendo en cuenta que puede comenzarse con algo simple e irlo mejorando en la medida que se obtenga mayor información.

Headley (1972) propone una definición para Umbral Económico de Infestación basada en un modelo que considera el valor económico de la producción, los costos de control y nivel de la población- la cual establece en los siguientes términos: umbral económico de infestación es el nivel de población a partir del cual se genera un incremento en daño igual al costo de prevenir ese daño, enfatizándose que no es un nivel de cero daño y que dicho nivel poblacional se constituye en el óptimo desde el punto de vista económico. La utilización de la definición o del modelo conduce a las siguientes conclusiones:

- a) el umbral económico está determinado por el precio del producto que se intenta proteger y los costos de los insumos usados para tal fin;
 - b) es perfectamente válido que el nivel poblacional que justifica las medidas de control sea mayor que el que inicia el daño físico;
 - c) el nivel de población escogido como umbral económico es el óptimo, en base al máximo retorno de lo invertido, por lo que poblaciones mayores o menores, no generarán mejores reintegros a lo gastado en su control,
 - d) no existen razones para intentar la eliminación total de la población plaga presente a menos que los costos de mantener la población en cero sean menores que los de mantenerla por encima de este nivel y esto no parece posible en ningún caso.
2. PGE, UEI y NEI estimados para una especie en un cultivo dado y para una localidad determinada, no son extensibles a otras especies que ataquen el mismo cultivo en el mismo lugar ni a la misma especie, que ataca cultivos diferentes en la misma o diferente región geográfica.

El conocimiento de estos parámetros para unas condiciones, permite una idea sobre el impacto del daño en los rendimientos del cultivo, que en ningún caso reemplaza la necesidad de evaluar cada situación en particular.

3. No todos los cultivos y, lo que es más importante, no todas las situaciones en las que una plaga ataca, pueden ser evaluados a través de las comparaciones entre los niveles de población existentes y los niveles de daño permisibles. Las flores, frutas y en general los casos tiene efecto directo sobre el producto que va a ser comercializado, permiten niveles muy bajos de daño, llegándose al extremo de que en algunas circunstancias la sola presencia de un insecto o

muestra de sus actividades basta para reducir o destruir totalmente el valor comercial de lo que tanto tiempo ha tomado producir.

Mención aparte merecen los insectos transmisores de enfermedades a las plantas, animales y seres humanos. Es frecuente oír la expresión de que, cuando hablamos de insectos vectores de enfermedades, estamos tocando un tema que escapa a los lineamientos de un programa de manejo de plagas, ya que al aceptar la presencia de una cierta población de vectores, existiendo el reservorio de la enfermedad u organismos contaminados en el área, es al mismo tiempo aceptar que cierto número de los organismos que estamos interesados en proteger contraerán la enfermedad y verán mermadas, cuando no aniquiladas, sus capacidades productivas.

En el caso de las plantas y de los animales domésticos sometidos a explotación es factible jugar con la relación económica producto de la comparación de las pérdidas materiales con los costos de evitar esas pérdidas, y de acuerdo con los resultados, decidir si se toman o no medidas de control, aceptando que un cierto número de individuos sufrirán los efectos de la enfermedad.

Cuando está en juego la salud humana es poco ético, por decir lo menos, el anteponer intereses monetarios a los de la vida misma. En esta situación no es factible el señalamiento de niveles económicos de infestación, sino que hay que proceder a reducir la población vectora al máximo, aunque reconozcamos la imposibilidad de erradicarla, y al mismo tiempo, abordar el problema desde otros ángulos no restringidos exclusivamente a la eliminación del vector y que tienen que ser englobados en acciones de conjunto que requieren de una buena dosis de conceptualización social.

Poston et al. (1983) sugieren revisar el concepto de Umbral Económico, en función del alto grado de juicio personal existente en aquéllos que han sido establecidos, y que en su criterio han conducido a la diferenciación de cuatro categorías en cuanto a su instrumentación como elemento de decisión: umbrales nominales, umbrales simples, umbrales integrales y por supuesto, decisiones tomadas sin la utilización de umbrales de infestación.

Los umbrales nominales constituyen la mayoría de los actualmente existente y han sido establecidos en base a la experiencia de gente que trabaja en un cultivo determinado, sin que existan trabajos experimentales que los apoyen, los valores son estáticos y tienden a permanecer en uso por mucho tiempo; en la práctica representan una disminución en las actividades de control con la consecuente reducción en costos, por lo que deben ser considerados como un adelanto en relación a prácticas del pasado.

El caso de los umbrales simples está representado por estimados basados en cuantificaciones muy gruesas del impacto de las poblaciones plagas sobre los rendimientos de las plantas atacadas. Usualmente se expresan en relación a

respuestas promedio basadas en un conjunto de condiciones calificadas como normales, entre las cuales se incluyen el precio del mercado, los costos actuales de las medidas de control y la capacidad productiva potencial del cultivo, las que introducida en una fórmula o en un modelo manejable mediante calculadoras simples, producen una respuesta en términos del nivel poblacional al cual hay que instrumentar medidas de control. Este tipo de umbral económico, no es capaz de manejar cambios que se suceden en el tiempo y sobre todo no incorpora los efectos de los ataques por otras plagas ni los efectos detrimentales que sobre los rendimientos pueden ejercer otros factores del ambiente.

La tercera categoría, la de los umbrales integrales, no está representada en los actualmente en uso, puesto que su establecimiento implica la aplicación conjunto de todas las variables que inciden en la toma de decisión y esto requiere del conocimiento y concurso de muchas personas, con diferentes formaciones disciplinarias, que trabajan en equipo, de manera de lograr el diseño de modelos complejos que se asemejan a la realidad de campo y que puedan ser manejadas y obtenidas las respuestas, mediante el empleo de computadoras, cada vez más al alcance del usuario común.

La no utilización de umbrales sigue siendo una situación común; en Venezuela ésta es una circunstancia normal que se intenta justificar en base a la existencia recurrente de problemas generados por plagas con efectos severos sobre la producción del cultivo. La aceptación de esta situación debería limitarse a aquellos casos en los que los umbrales económicos son tan bajos y las abundancias poblacionales en relación a los mismos tan altos, que hacen impráctico el muestreo, ya que cada vez que estimemos las poblaciones éstas estarán en o por encima del umbral económico establecido.

LA EVALUACION DEL DAÑO CAUSADO POR LAS PLAGAS

Cada cultivo y cada especie plaga tienen unas características particulares que definen el mejor método de evaluación. Si a esto añadimos la posibilidad muy concreta, ante todo en las regiones tropicales, de que en un mismo cultivo actúe más de una especie con capacidad para generar daño, podemos tener una idea de la necesidad de evaluar cada situación bajo una perspectiva particular y sobre todo de la complejidad implícita en los procesos necesarios para una estimación acertada del daño producido en relación a la densidad de la población plaga presente. Las evaluaciones que nos ocupan tienen que descansar en el uso de técnicas experimentales que conduzcan a resultados susceptibles de ser analizados estadísticamente, si realmente deseamos confiabilidad en las conclusiones a que arribemos.

Judenko (1965), Pitre et.al (1979) y Walter (1985) han generalizado en relación a los métodos disponibles para relacionar la magnitud de las poblaciones plagas con el daño infringido por ellas. De una forma amplia estos métodos, válidos para la fijación de umbrales económicos, pueden agruparse en cuatro categorías basadas en:

1. relación entre poblaciones observadas y los rendimientos obtenidos;
2. comparación del daño visible con los rendimientos;
3. creación artificial del daño
4. las exigencias del mercado.

1. RELACIÓN ENTRE LAS POBLACIONES OBSERVADAS Y LOS RENDIMIENTOS

El establecimiento de esta relación puede ser intentada mediante la utilización de infestaciones naturales o artificialmente inducidas.

a) Poblaciones naturales

Por este método se siembra todo un conjunto de parcelas experimentales o se divide una siembra comercial en tantas áreas de observación como niveles de infestación vayan a permitirse.

Estas parcelas o áreas deben cumplir con los requisitos mínimos para un experimento de campo, en cuanto a tamaño, replicaciones, homogeneidad, etc. Y en las mismas, la única variable a ser permitida por el investigador serán los diferentes niveles poblacionales a los que se dejará llegar la plaga antes de la aplicación de medidas de control. Dentro de los tratamientos se puede incluir un testigo con el objeto de ver qué pasaría sin la intervención del hombre. Al final del ensayo se cosecharán las parcelas, se tomarán los rendimientos y por comparación se establecerá el nivel y el umbral económico de infestación. Cuanto mayor sea el conocimiento de los hábitos y biología de la plaga, así como el de su dinámica poblacional, más afinados podrán ser los tratamientos a probar. El principal inconveniente de trabajar con poblaciones naturales es que el factor principal experimento, tal es las poblaciones de la plaga, está fuera de control del investigador y se da el caso de que algunos niveles no se consiguen naturalmente durante el período de ensayo y/o que estos niveles no permanecen constantes a lo largo de la duración del mismo.

De cualquier forma este método puede ser un buen comienzo que permita afinar posteriormente a la luz de los resultados que se obtengan.

b) Poblaciones criadas en el laboratorio e infestadas artificialmente en el campo

La diferencia fundamental estriba en que se trabaja con poblaciones criadas en el laboratorio, posteriormente llevadas al campo con la finalidad de infestar las parcelas experimentales a los niveles deseados. La ventaja es que podemos garantizar unos niveles de infestación por el tiempo que lo deseemos y además podemos jugar con otros factores distintos al simple número de insectos, como sería, por ejemplo, el taño (instar) de los mismos, si en el caso que nos ocupa, el daño es realizado por estados inmaduros. Un inconveniente es el que de alguna forma debemos garantizar que las poblaciones artificialmente establecidas en el campo, así como también excluir el efecto de mortalidad natural sobre estas

poblaciones. Debido a esto, el tamaño de las unidades experimentales debe ser más pequeño que en el caso anterior y los costos de experimentos como estos suelen ser más elevados que cuando se trabaja con poblaciones naturales.

2. COMPARACIÓN DEL DAÑO VISIBLE CON LOS RENDIMIENTOS

En algunos casos no se posee la oportunidad de trabajar directamente con la población, bien porque no se conocen métodos efectivos de cuantificación (muestreo) o porque el insecto posee una gran movilidad o se encuentra en lugares difíciles de alcanzar. En otras circunstancias el insecto ha sido tan bien estudiado que se conoce la relación entre sus poblaciones y el daño visible causado por las mismas.

Cualquiera sea la razón, es posible la estimación de los NEI y los UEI, mediante la comparación entre el daño visible y los rendimientos obtenidos. El procedimiento experimental sería como el descrito para los métodos anteriores, con la diferencia de que se esperaría a la manifestación clara de los síntomas para la aplicación de las medidas de control y los diferentes tratamientos vendrían a estar representados por diferentes niveles de daño visible.

3 CREACION ARTIFICIAL DEL DAÑO

Cuando la forma de producir el daño por parte de los insectos es totalmente conocida, se puede simular artificialmente el daño causado por los mismos y así evitarnos el problema de manipular sus poblaciones en el campo o en el laboratorio. La idea sería causar diferentes niveles de daño mediante procedimientos manuales o mecánicos y comparar dichos niveles con los rendimientos. Este es el método más fácil si se quiere, pero tiene como crítica adversa, el hecho de ser una manipulación del hombre, con un alto porcentaje de artificialidad y que siempre queda la duda de si el daño que nosotros reproducimos se corresponde en toda en toda su extensión con el causado por la plaga que nos interesa.

Cuando se realiza en el campo se debe tener igual precaución que cuando trabajamos con infestaciones artificiales, es decir, debemos evitar que poblaciones naturales contribuyan al daño producido por nosotros y alteren los resultados finales.

4 LAS EXIGENCIAS DEL MERCADO

De todos los métodos mencionados, éste es quizás el que toma en cuenta el criterio más ajeno al proceso productivo mismo y el que introduce al consumidor como elemento decisivo a la hora de establecer niveles y umbrales económicos de infestación.

Como ya hemos señalado anteriormente, el efecto del consumidor se refleja sobre todo en aquellos productos de consumo fresco, bien sea para alimentación o para ornato.

Cuando éste es el caso, los NEI y lo UEI son prácticamente cero y por lo tanto, las medidas de control tienden a ser muy frecuentes y en algunos casos innecesarias, pero hay que comprender que el riesgo que corre el productor, lo obliga a esta actitud sobre todo cuando no existen alternativas a su alcance.

Una última aseveración de carácter general. Cuando hemos mencionado repetidamente la palabra rendimiento, lo hemos hecho aplicando el sentido más amplio de la misma y así debe ser comprendida. Los rendimientos son entendidos usualmente en bases cuantitativas, pero no debemos olvidar que el elemento cualitativo es parte importante de los mismos, y que una tendencia natural en las sociedades marca el paso hacia unas mayores exigencias en calidad, si los requisitos mínimos en cantidad han sido cubiertos. A mayores demandas en calidad, con una suficiente cantidad en la oferta, se corresponden precios diferenciales para los productos y, en consecuencia, el costo de producirlos puede ser incrementado con el objeto de reducir los niveles económicos de infestación y los de sus parientes más cercanos (umbrales de infestación) y buscar así un aumento de los beneficios económicos.

Judenko (1965) presenta un esquema de alternativas en cuanto a métodos para la estimación de pérdidas causadas por plagas, el cual señalamos a continuación:

1. Comparación de plantas dañadas naturalmente, con plantas naturalmente sanas.
2. Comparación de plantas con daños inducidos, con plantas naturalmente sanas.
3. Comparación de plantas dañadas naturalmente, con plantas sanas gracias a protección artificial.
4. Comparación de plantas con daños inducidos, con plantas sanas gracias a protección artificial.

Según el mencionado autor, el mejor método de evaluación dependerá de la especie plaga, del tipo de daño que cause y del cultivo que esté siendo infestado; encontrar el mejor método implica comparar varios y tener en cuenta que existen factores que complican la evaluación.

FACTORES QUE COMPLICAN LA EVALUACION DEL DAÑO

Siguiendo lo planteado por Judenko (1973), con algunas modificaciones, pudiésemos señalar los siguientes factores:

1. Más de un año al mismo tiempo como producto de la presencia de más de una especie plaga, complica el estimar el efecto individual a menos que sea factible evitar aquél en el cual no estamos interesados.
2. Variaciones del tipo de daño según sea el estado de crecimiento de la planta y/o la parte atacada, deben ser tomados en cuenta en todo proceso de evaluación.
3. Posibilidad de rendimiento compensatorios en las plantas que escapan al ataque, como consecuencia de ventajas derivadas de una competencia más débil de parte de las plantas atacadas, pueden conducirnos a conclusiones erróneas.

4. Posibilidad de rendimientos compensatorios en las plantas atacadas como consecuencia de que las partes que escapan del daño, producen más que lo que hubiesen producido de haber estado la planta completamente sana.

Harris (1974) presenta una explicación para el incremento de rendimiento que se observa en algunos casos a continuación de danos causados por insectos, señalando que estos casos comparten las características de que el daño ocurrió relativamente temprano en la temporada de cultivo y que el mismo tuvo un alcance y una duración limitados.

5. La selección de las plantas para la oviposición, por parte de las hembras, puede afectar la evaluación ya que esta selección puede verse inducida por la existencia o no de daño en la planta.
6. El efecto de los insecticidas sobre los rendimientos de un determinado cultivo pueden enmascarar una evaluación, apuntando las conclusiones hacia qué plantas sanas producen más que las dañadas, olvidando la posibilidad cierta de la exigencia de efectos de algunos insecticidas sobre la fisiología de las plantas sobre las cuales son aplicados.

Lo señalado anteriormente estaría de alguna manera incompleto si no rescatáramos las diferencias en los tipos de daño según cual sea la parte de la planta que lo recibe. Entenderemos por daño directo aquél que se realiza sobre la parte de la planta que se pretende como producto para la venta o utilización, mientras que daño indirecto será el que sufren las estructuras de la planta que no tienen valor del mercado. De esta manera, la diferenciación está marcada por la utilización o fin que se persiga con la parte afectada y es fácil aceptar, no sólo su existencia, sino la posibilidad de cambios en la clasificación del daño, aun dentro del mismo cultivo. Calificaremos de daño indirecto aquel que se realice sobre las raíces y/o follajes, cuando el producto que se persigue esta representado por las flores o frutos, siendo el sufrido por éstos, dentro del concepto, obviamente del tipo directo.

En el caso de la floricultura, el daño sufrido por las flores será siempre directo, pero también lo será el del follaje, si la planta se vende como un todo para efectos de ornato. En el mismo sentido contrastante, en sorgo granero, daño en las hojas es indirecto, mientras que en el sorgo forrajero el mismo debe considerarse como directo.

RELACIONES CUANTITATIVAS ENTRE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE LA PLAGA O SU DAÑO CON LOS RENDIMIENTOS DEL CULTIVO

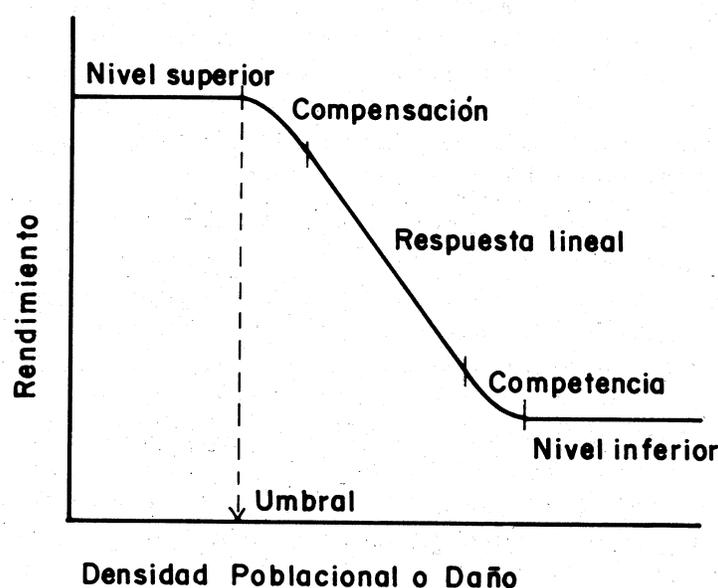
No hay ninguna duda en relación a que la presencia de insectos fitófagos, que se alimentan en un determinado cultivo. Constituye un factor que garantiza la realización de un daño. Lo que no siempre esta suficientemente claro es que este daño físico no se manifiesta siempre con el mismo impacto sobre el cultivo y, sobre todo, que a niveles bajos de población, el daño realizado no tiene por qué reflejarse negativamente en los rendimientos esperados, al igual que aumentos de

la población o del daño, por encima de cierto punto, no implican necesariamente disminución adicional en la producción del cultivo.

Tammes (1961) presenta lo que ha pasado a considerarse la curva de respuesta generalizada, en términos de rendimiento, de un cultivo ante el aumento de la densidad poblacional de una plaga o del daño causado por ella y que es discutida por Bardner y Fletcher (1974) en cierto detalle (Gráfico 14). La señalada curva de respuesta hipotética es del tipo sigmoidal, teniendo zonas muy marcadas que determinan comportamientos muy específicos, no necesariamente presentes en todos los casos.

Gráfico N° 14

Curva Generalizada de Respuesta del Rendimiento a Variaciones en la Densidad Poblacional de una Plaga o su Daño (Bardner y Fletcher, 1974)



A niveles bajos de población o de daño se establece un trayecto en el cual no se manifiesta ninguna alteración en los rendimientos como producto de procesos de compensación que se generan en las plantas, y que cuando comienzan a fallar en sus capacidades, permiten que la respuesta empiece a manifestarse hasta llegar a una absoluta imposibilidad de compensar el daño sufrido, ingresando en el segmento recto de la sigmoide. En este trayecto recto, se encuentra una respuesta que se manifiesta en términos de variaciones constantes de los rendimientos, en la medida que esta competencia se va haciendo marcada, la curva de respuesta tienden a nivelarse, punto en el cual aumentos en el número de individuos o del daño causado por ellos, no tendrán ninguna repercusión adicional sobre los rendimientos.

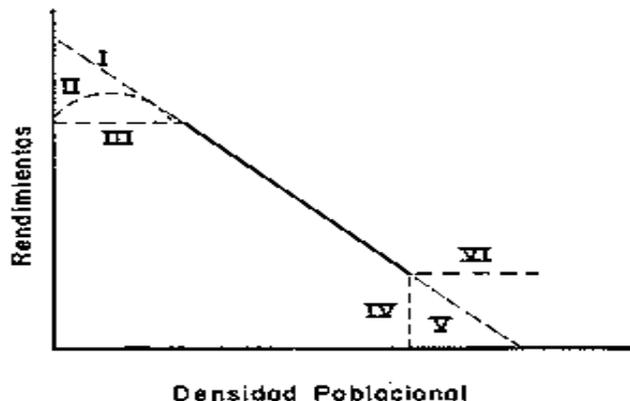
Los autores señalados (Bardner y Fletcher, 1974) destacan la existencia de un nivel poblacional o de daño que puede considerarse como un umbral a partir del cual la disminución en los rendimientos se hace detectable, enfatizando que, aunque pudiese coincidir, este umbral no tiene nada que ver con el umbral económico de infestación ni con el nivel económico de infestación definidos anteriormente. El que se manifieste un efecto en los rendimientos, no implica que éste pueda ser clasificado de económico ya que es indispensable para esta clasificación el tomar en consideración los costos que ocasionaría evitarlo.

Oostenbrink (1966) señala la posibilidad de que en los extremos de la curva de respuesta, marcados por poblaciones bajas y por poblaciones altas, se presenten alternativas que impliquen formas distintas a la sigmoide para dicha curva.

El Gráfico 15 representa esas posibilidades hipotéticas, las cuales son referidas por el autor a poblaciones de nemátodos plaga expresadas en forma de logaritmos. En el extremo o zona

Gráfico N° 15

Variaciones Hipotéticas de la Curva Generalizada de Respuesta Poblacional-Rendimiento Según Oostenbrink



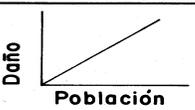
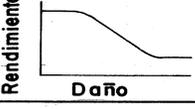
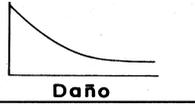
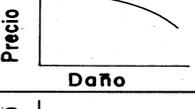
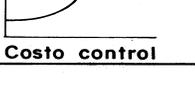
de la curva determinada por bajas poblaciones, podremos encontrar una respuesta estrictamente lineal (I) si la disminución en los rendimientos comienza a manifestarse tan pronto aparece la plaga, o dicho de otra forma de disminución en los rendimientos, los cuales decrecerán proporcionalmente de la medida que la población vaya aumentando. La alternativa II representa la posibilidad de que bajas poblaciones estimulen actividades de compensación en la planta, que excedan los límites marcados por el daño y que se manifiesten en la forma de incrementos en los rendimientos. Por supuesto, la alternativa III es la señalada como respuesta generalizada y que es producto de la compensación exacta o de la tolerancia a los daños sufridos, de manera de que un cierto nivel bajo de población no se manifiesta en alteraciones de los rendimientos del cultivo. Cuando se analiza el otro extremo de la curva, definido por las altas poblaciones, vamos a

encontrar otras tres alternativas. La V nos indica el mantenimiento de la linealidad en la relación población-rendimiento hasta el punto de que determinada población acarreará la pérdida absoluta del cultivo en términos de rendimiento. La respuesta IV señala la posibilidad de obtener algún rendimiento en cultivo. En el caso de la alternativa VI se plantea lo que se ha considerado como la situación más general y en la cual, alcanzado un determinado número de individuos en la población, la competencia entre ellos impide una mayor disminución en el rendimiento, manteniéndose éste a pesar de que se sucedan incrementos en la densidad poblacional de la plaga.

Southwood y Norton (1973), en un artículo sobre aspectos económicos a considerar dentro del manejo de plagas, presentan unas relaciones gráficas implícitas en el control de plagas que merecen ser discutidas con cierto detalle. El Gráfico 16 muestra dichas relaciones, que trataremos de considerar en el orden alfabético, diferenciando entre los casos de daño directo y daño

Gráfico N° 16

Relación entre Algunas Variables Implícitas en el Control de Plagas Según el Tipo de Daño en Consideración (Southwood y Norton, 1973)

Comparaciones	Daño indirecto	Daño directo
A		
B		
C		
D		
E		
F		

indirecto. Independientemente del tipo de daño, éste se manifiesta tan pronto como la población se hace presente y esta relación es de carácter lineal. Debemos ratificar que es está haciendo referencia a daño físico y es perfectamente aceptable la existencia de éste desde el monto que ocurre la alimentación, sin que por este se estén aceptando a la vez, efectos sobre otras variables (Comparación A). Cuando consideramos la relación entre el daño y el rendimiento, encontramos

una diferencia en cuanto a si el daño es indirecto o directo (Comparación B). Para el indirecto, la relación con el rendimiento es sigmoideal, ya descrita anteriormente, mientras que en caso de daño directo es observable una disminución pronunciada en el rendimiento, desde la zona de los daños mínimos y que tiende a estabilizarse una vez alcanzado un cierto nivel, después del cual no se producirán mayores disminuciones en el rendimiento, no obstante se sucedan aumentos en el daño. Al comparar las relaciones entre el daño y el precio del producto cosechado, será posible detectar diferencias entre daño indirecto y daño directo (Comparación C). En el primer caso, la alteración en el precio sólo se manifestará significativamente a altos niveles de daño y siempre que éste haya influido en la calidad del producto mercadeable, mientras que en presencia de daño directo, el efecto sobre el precio es marcado y progresivamente negativo, alcanzándose un nivel de precio mínimo bastante pronto en que relación al de daño. La relación en consideración, no toma en cuenta el rechazo del producto en cuyo caso habrá que introducir la presencia de un punto de cero precio, determinado por el daño que excede el máximo aceptado por el mercado. Si consideramos la relación entre los beneficios que recibe el agricultor y el daño sufrido por el cultivo, encontraremos diferencias cuando éste es indirecto o directo (Comparación D). Las diferencias están directamente relacionadas con las que existen entre el daño y el rendimiento (Comparación B), por lo que la similitud gráfica entre ambas comparaciones es bastante aproximada, salvo en el hecho que la disminución en los beneficios, es mayor que la de los rendimientos en los valores bajos del daño directo y casi idéntica a la de los precios (Comparación E), lo que explicaría su tendencia general en función de las variables rendimiento y precio. La comparación entre el costo de control y la reducción en el daño o en las poblaciones que lo causan, nos indican que la forma de las gráficas es muy similar entre el daño indirecto y el daño directo (Comparación E). Dicha forma podría señalarse como sigmoideal, denotándose una tendencia hacia resultados más efectivos en términos de reducción de la población o del daño a nivel de costos más bajos, en el caso del daño directo que en el indirecto, siendo en el caso de este último imposible evitarlo no obstante lo que se invierta, mientras que para daño directo es factible imaginar la posibilidad de minimizarlo al máximo si se invierte lo suficiente. Cuando analizamos la relación entre lo que se invierte en el control y los beneficios derivados de esa inversión, vamos a detectar diferencias en relación a si el daño es indirecto o directo (Comparación F). En caso de daños indirectos se observa un ligero aumento en los beneficios con el inicio de la inversión, los cuales muy pronto se estabilizan para dejar de manifestar ninguna alteración, no importa cuánto se siga invirtiendo en las labores de control, mientras que con los daños directos la relación presenta una forma sigmoideal que hace muy importante el conocimiento para casos particulares; dicha forma es el rengón en el cual aumentos en la inversión generan verdaderos incrementos en los beneficios (segmento recto de la sigmoide).

Headley (1972) hace un conjunto de consideraciones en relación a los aspectos económicos involucrados en el manejo de plagas, destacando la diferencia en el análisis de la relación beneficio/costo, dependiendo de si éste es realizado a nivel del productor individual o toma en cuenta el impacto sobre la sociedad como un

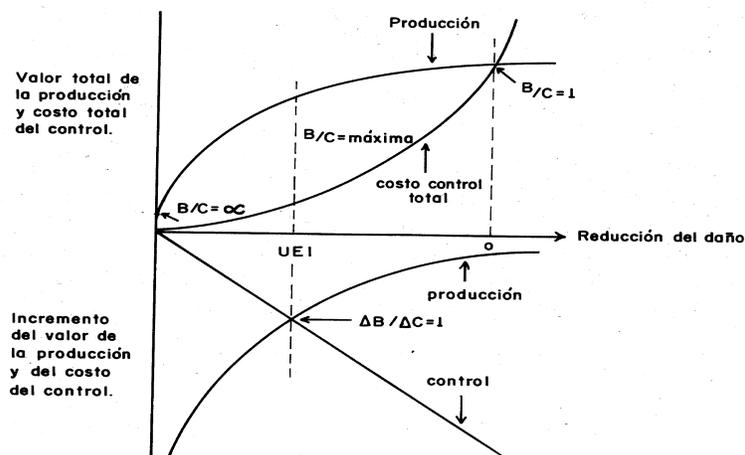
todo. En el caso del agricultor, el control de plagas sólo debe verse como la acción que se intenta con el objeto de evitar un daño y cuya ejecución estará condicionada a la disponibilidad de recursos económicos, siempre que el costo de prevenir el daño sea inferior al valor de los protegido.

El gráfico 17 presenta las relaciones entre el valor total de la producción y del costo total (parte superior), así como entre el incremento en el valor de la producción y el incremento del costo de control (parte inferior), ambas partes referidas en términos de reducción del daño causado por una plaga. Del análisis de dicho gráfico se desprende que al hacer la relación beneficio/costo (B/C), el valor de la misma podrá tener diferentes magnitudes según la región gráfica que se escoja. Si se decidiese no instrumentar ninguna medida de control, la relación tendería a infinito ($B/C=\infty$) al no invertirse ningún recurso para el control de la plaga. En el otro extremo de la gráfica, se puede observar la existencia de un punto en el cual el valor total de la producción se iguala con los costos totales de control, estableciéndose una relación en la cual el beneficio derivado de la protección contra el daño es igualado por el costo de las medidas usadas para evitarlo ($B/C=1$); pasado este punto el costo excede el beneficio y la inversión se muestra con efectos negativos para el productor ($B/C < 1$). Desde el punto de vista del interés económico del productor, la relación obtenida entre el beneficio y el costo debe estar a su favor ($B/C > 1$) y, en todo caso, persiguiendo la mayor eficiencia, la relación debe rendir un máximo. Este valor máximo se obtiene en el punto donde existen las mayores diferencias entre el valor total de la producción se iguales con el incremento del costo del control ($AB/AC=1$). Si lo anterior se lleva sobre el eje de la reducción del daño (o de la población) nos permite estimar el nivel al cual aplicar las medidas, lo que no sería más que otra forma de expresar el Umbral Económico de Infestación (UEI).

Southwood y Norton (1973) plantean que los ingresos provenientes de un cultivo son iguales al rendimiento total del mismo multiplicado por el precio unitario del producto; si se desea mejorar el ingreso mediante la modificación de nivel de infestación de una determinada plaga que está afectando los rendimientos, habrá que incurrir en un costo

Gráfico N° 17

Relaciones entre el Valor de la Producción y el Costo de Control en Función de la Reducción del Daño causado por una Plaga (headley, 1982)



atribuible a la medida utilizada para modificar la infestación. Afrontar un nuevo costo, sólo se justifica si el incremento en los ingresos supera el valor de instrumentar la medida de control, según la siguientes expresión:

$$C_m < RT_m \times P_{um} - RT \times P_U$$

Donde:

- C_m = Costo de la medida.
- RT_m = Rendimiento total después de aplicada la medida.
- P_{um} = Precio unitario después de aplicada la medida.
- RT = Rendimiento total sin la medida.
- P_U = Precio unitario sin la medida.

Norton (1976) partiendo de lo expresado en el párrafo anterior, propone que el costo de aplicar una medida debe ser menor que el producto de multiplicar el precio del producto por el nivel de ataque de una plaga, por el coeficiente de daño causado por la misma y por la reducción proporcional del daño después de aplicada la medida; de esta manera la relación se expresa:

$$C < p \times d \times \theta \times k$$

- C = Costo de aplicar la medida por unidad de superficie.
- p = Precio del producto.
- d = Pérdida de producto por unidad y superficie y por unidad de plaga.
- k = Reducción del ataque, lograda con la aplicación de la medida.
- θ = Nivel del ataque por la plaga

Aceptando como válida esa relación, el nivel económico de infestación vendría dado por la expresión:

$$\theta = \frac{C}{pxdxk}$$

constituyéndose el nivel de ataque, la mínima densidad poblacional capaz de causar daño económico.

A partir de esta fórmula de corte general, otros autores tales como Chiang (1982), Pedigo et al. (1986), Hutchins et al. (1988) y Onstad (1987) han ido desarrollando modelos más complejos y difíciles de manejar, destacándose el último de los nombrados, quien intenta ampliar la validez de su modelo hasta respuestas distintas a la lineal en lo que a la relación densidad de población daño se refiere, así como introducir el elemento tiempo dentro del mismo, de manera de contribuir a la cuantificación de la diferencia entre nivel económico y umbral económico.

Recientemente, Szmedra et al. (1990) al analizar las estrategias para la toma de decisiones en cuanto a control de plagas, mencionan que umbrales económicos determinados con información limitada y divorciados de factores de gran significación tales como las interacciones plaga - enemigos naturales, condiciones de humedad del suelo y en general aquellas que determinan el sistema total del cultivo, pueden llegar a producir decisiones alejadas de lo óptimo e inclusive más ineficientes desde el punto de vista económico que las que se derivan de prácticas más empíricas.

Mumford y Norton (1984) señalan que el proceso de toma de decisiones en manejo de plagas es un problema económico que, al igual que cualquier otro de la misma índole, implica la adjudicación de recursos escasos con la intención de satisfacer necesidades humanas. Estos autores al enfatizar que tanto las decisiones como los que las toman se encuentran en tan diversos niveles - que van desde la finca hasta los gobiernos nacionales - mencionan que adicionalmente al modelo basado en criterios de umbral económico, se puede llegar a tomar decisiones utilizando otros modelos tales como los del análisis marginal, los que aplican la teoría de la decisión y aquellos que se basan en el comportamiento producto de experiencias anteriores, que es precisamente lo más utilizado por los agricultores.

Las relaciones discutidas no dejan de ser hipotéticas y sirven solo como base para un ejercicio interesante, sobre todo cuando se contrasta con las realidades de un determinado cultivo. Los aspectos económicos del manejo de plagas representan un campo fascinante y de urgente necesidad de abordaje, pues es indispensable afinar los parámetros implícitos en la toma de decisiones. Los beneficios tienen diferentes connotaciones y los que hemos discutido hacen referencia exclusiva al productor. Los beneficios sociales en términos de menores riesgos para la salud, usos más flexibles del recurso tierra y de la mano de obra, preservación del

ambiente natural y, en general, todo aquello que pudiese representar ventajas colectivas, no siempre, y más bien rara vez, coinciden con los de los productores y con los de la industria involucrada en el sector agrícola. Es por esto que el Estado debe jugar un papel importante en el manejo de plagas, mediante medidas regulatorias que impidan que el balance se incline hacia el lado inapropiado. Una muy buena discusión sobre el tópico, no obstante el tiempo transcurrido, es la presentada por Smith (1971a), en la cual se precisan con detalles algunos aspectos relacionados con la economía y el control de las plagas.

FASES EN LAS EXPLOTACIONES AGRICOLAS EN FUNCION A LA FORMA COMO SE ENFRENTAN LOS PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS PLAGAS

Los conceptos que han venido presentándose tienen validez en el seno de los agroecosistemas y el grado de ajuste en su utilización dependerá del estado de desarrollo tecnológico que se aplique en una determinada situación. En este punto luce indispensable categorizar las fases que pueden manifestarse en las explotaciones agrícolas, teniendo presente que para un mismo rubro se pueden presentar distintas fases en una misma localidad y momento, por lo que la identificación de la fase de explotación es un elemento importante antes de generar una recomendación en relación al manejo de sus problemas de plagas.

Doutt y Smith (1971) y Smith (1971b) señalan una serie de fases para el cultivo del algodón que pueden generalizarse para otros cultivos y servir de referencia en la etapa de diagnóstico de la situación de los mismos en relación a sus plagas y a las formas de enfrentarlas. Estas fases serían:

1. Subsistencia: agricultura usualmente realizada en condiciones de secano (sin riego), cuyo producto no ingresa a los sistemas comerciales formales, estando destinado fundamentalmente al consumo familiar y los excedentes, si los hubiere, mercadeamos a nivel local. El control de plagas descansa en la acción de los factores naturales de regulación, en la resistencia genética de los materiales sembrados, en la aplicación de prácticas culturales y en la eliminación manual de los agentes dañinos, y sobre todo en la suerte.
2. Explotación: con la tecnificación del cultivo, representada por el uso de variedades más rendidoras, con requerimientos mayores en términos de nutrientes y agua, mayores superficies bajo cultivo y en general una mucho mayor inversión en términos económicos, los problemas causados por plagas pasan a ser de un interés más elevado, al menos en relación a la atención que les presta el agricultor. El control de las mismas adquiere el carácter de práctica normal, sin el requisito de demostrar su efecto negativo, por lo que usualmente se descansa en la aplicación de productos químicos, frecuentemente en base a calendarios preestablecidos, esquema este que rinde inicialmente unos llamativos resultados positivos en términos de los rendimientos obtenidos en los cultivos.

3. Crisis: después de un tiempo variable en la fase de explotación, se empiezan a notar fallas en el éxito de las aplicaciones de insecticidas, haciéndose necesario, con mayor frecuencia, repetir los tratamientos a intervalos de tiempo más reducidos, encontrándose productos que ya no son efectivos a las dosis que actuaron eficientemente en el pasado, lo que obliga a aumentar las mismas inicialmente y finalmente reemplazar estos productos por otros. Con estos nuevos productos sucede lo mismo aunque en un tiempo más corto, a la par de hacerse evidente la existencia de otras especies dañinas, distintas a las que originalmente eran centro de la preocupación del agricultor. La combinación de resistencia a los productos tradicionales, resurgencia de las poblaciones tratadas y aparición de otras distintas, hace mandatorio a juicio del agricultor, el aumentar la protección química, generándose un mayor nivel de inversión en este componente de la producción y pasando el control de plagas a ser el más importante de los factores de riesgo de la explotación agrícola.
4. Desastre: pasada la fase de crisis, la cual puede prolongarse dependiendo de las condiciones particulares de cada cultivo y localidad, se ingresa en la fase de desastre caracterizada por la imposibilidad de producir económicamente en virtud de la incapacidad de controlar las plagas no obstante lo que se invierte en la aplicación de productos químicos. En esta fase y en la anterior, es común escuchar en boca de los agricultores que las compañías químicas ya no hacen los productos como antes y que dichas compañías están estafando a los productores mediante la adulteración de los plaguicidas. De cualquier manera, la explotación comercial del rubro se hace imposible y los agricultores se ven obligados al abandono de lo que ha sido su modo de vida tradicional, cambiando primero de cultivo y lo que es peor, alejándose finalmente de la agricultura como actividad.
5. Manejo de Plagas: una vez alcanzada la fase de desastre, cualquier intento de continuar con la explotación económica de un determinado cultivo, pasa por la necesidad de un cambio profundo en la manera de enfocar el control de plagas. Para empezar, se hace indispensable el rescate de las labores culturales como elemento de control, siendo la preparación de tierras y la fecha uniforme de siembra por localidades, unidas a la destrucción de restos de cosechas y plantas espontáneas, elementos de primordial importancia. Cuando ya se ha establecido el cultivo, es necesario inculcar la idea de que no es conveniente ni posible mantener las plantas absolutamente libres de plagas y que un cierto nivel de infestación no sólo es permisible sino necesario para la manutención de las poblaciones naturales de los enemigos biológicos. La utilización de insecticidas debe retardarse al máximo, recurriéndose a éstos sólo cuando es necesario y empleando productos lo más específico posible, a las dosis más bajas y sobre todo evitando la dependencia en uno de ellos, no obstante lo efectivo que pudiese resultar, a objeto de evitar los problemas de resistencia.

La adopción de estas generalidades y la incorporación progresiva de métodos que permitan cuantificar acertadamente las poblaciones, de forma que las aplicaciones sólo se efectúen en el momento en el que se alcance el umbral económico, se traduce en el restablecimiento de la explotación comercial del rubro, con niveles de producción eficientes y, sobretodo, aun menor costo, tanto económico como ecológico.

6. Confianza: Cuando se tiene cierto tiempo dentro de un sistema de manejo de plagas, los agricultores tienden a olvidar, y en algunos casos son inducidos a hacerlo, que la situación que viven es producto de la acción global que han venido adelantando. En estas circunstancias se puede presentar un retroceso de los principios ecológicos, regresándose a la aplicación intensa e indiscriminado de insecticidas, lo que en corto plazo hace retornar la explotación agrícola a cualquiera de las fases anteriores al manejo de plagas, y de allí al desastre nuevamente es sólo cuestión de tiempo.

Al comparar los cultivos principales de la agricultura venezolana con las fases de desarrollo que hemos esbozado encontramos que la inmensa mayoría se encuentra enmarcada en la fase de explotación. Lo inteligente es mantenerlos en la misma para lo cual es obligante el generar información que permita a los agricultores minimizar sus intervenciones en los agroecosistemas y restringir las aplicaciones de productos químicos a aquellas situaciones que realmente las requieran. Lamentablemente ciertos rubros agrícolas importantes han venido confrontando serias dificultades que los colocan en las faces de crisis o de desastre.

El algodón, al igual que en otros países, presenta en Venezuela el mayor número de aplicaciones de insecticida por temporada de cultivo. En los Llanos Occidentales se han llegado a señalar más de 20 aplicaciones durante el ciclo, sin que las mismas logren evitar las pérdidas causadas por las plagas. La Asociación Nacional de Cultivadores de Algodón (ANCA) y el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) han adelantado programas de liberación de la avispa parasítica *Trichogramma* sp. para el control de larvas de Lepidoptera, que unidos a una restricción en el uso de insecticidas en las primeras etapas del cultivo, han permitido una reducción sustancial en el número de aplicaciones por temporada (menos de la mitad de lo usual), con los consiguientes beneficios para los agricultores y el ambiente general. No obstante esto, el programa no termina de establecerse definitivamente, las crías y liberaciones del parásito no se han mantenido como práctica de rutina y los agricultores tienden a depender nuevamente de los insecticidas casi exclusivamente.

Lo señalado no deja de ser una lástima, pues el algodón es el cultivo que en nuestro país presenta el mayor soporte legal para su producción, existiendo zonas y fechas de siembra legalmente establecidas así como disposiciones que obligan al uso de semilla libre de plagas y a la eliminación de las plantas una vez cosechadas. Con este marco legal y con las medidas de otro tipo que se han

demostrado válidas en la práctica, no es difícil visualizar la factibilidad de establecimiento de un programa de manejo de plagas para el cultivo.

Otro cultivo que tiende a encuadrarse en la fase de “desastre”, estando en ella de hecho en algunas regiones venezolanas (Valle de Quíbor), es el tomate. Este rubro hortícola se siembra continuamente a lo largo del año, presentándose plantas de diferentes edades en una misma localidad, garantizándose así una fuente de alimento sostenido para sus plagas. El alto valor del producto hace que los agricultores no escatimen gastos a la hora de intentar su protección, lo que ha favorecido una fuerte dependencia en el uso de insecticidas que se ha traducido en una situación cada vez más difícil de enfrentar de la manera tradicional.

Recientemente el sorgo, cultivo considerado como rústico y sin mayores problemas, ha empezado a manifestar serias limitaciones para su producción en Guárico y en las nuevas zonas de siembra de los estados del Oriente de Venezuela. La falta de uniformidad en las fechas de siembra, la permanencia de la planta después de la cosecha del grano, la germinación de plantas espontáneas y la existencia de hospederas alternativas, unidos todos estos factores a un uso intenso y en muchos casos injustificado de insecticidas, ha generado una situación que alarma a los agricultores que señala la necesidad de tomar medidas inmediatas.

Los cultivos mencionados son buenos ejemplos nacionales de la necesidad de establecer programas de manejo de plagas. Sin desconocer las dificultades, creemos que de inmediato se pueden introducir modificaciones en las prácticas usuales, que en el corto plazo pudiesen significar un alivio y que permitirían el tiempo necesario para generar la información indispensable para los programas de manejo de plagas. Las dificultades son de diferente índole, desplazándose desde las económicas y sociales hasta las técnicas, siendo éstas últimas las de menor magnitud comparativa.

OBJETIVOS DE INVESTIGACION EN CULTIVOS CON PROBLEMAS DE PLAGAS

Restringiéndonos por el momento a los aspectos técnicos, creemos que para la implantación de programas de manejo de plagas es indispensable generar un conjunto de informaciones que permitan sustentar sólidamente cualquier recomendación que vaya a ser transferida a los agricultores. Sin ánimo de encasillar el proceso de investigación, pero convencidos de la necesidad de sistematizar nuestra labor en el entendido de que es imposible realizarlo todo conjuntamente, creemos que los siguientes objetivos pueden ayudar a clarificar la situación en cualquier cultivo en el que las plagas sean un factor limitante:

1. Desarrollo de métodos de muestreo que permitan la cuantificación de las poblaciones plagas así como las de sus enemigos naturales. Estos métodos

deben ser de fácil aplicación, de forma que puedan ser instrumentados por individuos medianamente entrenados, a un, bajo costo.

2. Censo cualitativo y cuantitativo de las plagas en los cultivos y vegetación natural de manera de agruparlos en las categorías usuales; primarias, ocasionales, potenciales y transeúntes, después de haber realizado la evaluación económica, la estimación del daño y el establecimiento de los umbrales y los niveles de infestación económica.
3. Estudio de biología, ciclos de vida, reproducción, hábitos, distribución y comportamiento de las especies plaga en las diferentes zonas del país.
4. Reconocimiento de los factores de mortalidad natural, tanto bióticos como abióticos, y de su papel en la regulación de las poblaciones plagas.
5. Estudio del impacto de los enemigos naturales en la reducción de las poblaciones plagas y de la factibilidad de aumentar la efectividad de los existentes o de introducir nuevos agentes al agroecosistema.
6. Evaluación del control químico utilizado, buscando un uso correcto de los insecticidas que a través de la selección de productos, aplicados a las dosis apropiadas, con los métodos más convenientes y en los momentos en que se requieran, garanticen la eficacia de los tratamientos con el menor impacto negativo sobre el ambiente.
7. Estudio de otros métodos de control de plagas distintos a los ya mencionados, de forma de ampliar las posibilidades disponibles y dejar de depender exclusivamente del control químico. Estos otros métodos pueden ser culturales, físicos, genéticos, etológicos, etc.
8. Desarrollo de sistemas de colección, manejo, almacenamiento e interpretación de datos entomológicos que permitan una fácil y rápida consulta, y que pongan al alcance de los usuarios la información en archivos, tanto personales como institucionales, de difícil acceso.
9. Integración de la información a medida que se vaya adquiriendo en programas de manejo de plagas, que hagan uso de todas las alternativas disponibles para enfrentar los problemas a nivel de las diferentes zonas agrícolas del país.

Si un esquema como el presentado pudiese ser adoptado por cultivo a nivel nacional, llevado adelante por grupos regionales de investigadores integrados en un programa conjunto, estamos seguros que en relativo corto tiempo la información recogida permitiría un cambio sustancial en el patrón del control de plagas y estaríamos en el camino de una agricultura mucho más eficiente que la actual.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BARDNER, R. y K. E. FLETCHER.
1974 Insects infestations and their effects on the growth and yield of field crops: a review. *Bull. Ent. Res.* 64: 141-160.
- CHIANG, H. C.
1982 Factors to be considered in refining a general model of economic threshold. *Entomophaga* 27: 99-104.
- DOUTT, R. L. y R. F. SMITH.
1971 The pesticide syndrome-diagnosis and suggested prophylaxis. *Biological Control*. Plenum Press. NewYork: 3-15.
- HARRIS, P.
1974 A possible explanation of plant yield increase following insect damage. *Agro-Ecosystems*. 1: 219-225.
- HEADLEY, J.C.
1972 Defining the economic threshold. *Pest control strategies for the future*. National Academy of Science. Washington, D.C.: 100108.

1982 The economic of pest management. *Introduction to insect pest management*. John Wiley and sons. New York: 69-91.
- HUTCHINS y L. G. HIGLEY.
1986 Economic injury levels in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31: 341-368.
- HUTCHINS, S. H., L. G. HIGLEY y L. PEDICO.
1988 Injury equivalency as a basis for developing multiple species economic injury levels. *J. En. Entomol* 8 (1): 2-8.
- JUDENKO, E.
1965 Some methods of assessing crop loss caused by pest.. *Proc. XII Int. Congr. Entomol.* London: 614p.

1973 Analytical method for assessing yield losses caused by pest on cereal crops with and without pesticides. *Tropical Pest Bulletin* 2. Centre for Overseas Pest Research. 31p.
- MUMFORD, J. D. y C. A. Norton.
1984 Economics of decision making in pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 29:157-174.
- NORTON, G. A.
1976 Analysis of decision making in crop protection. *Agro-Ecosystem*. 3: 27-44.
- ONSTAD, D. W.
1987 Calculation of economic-injury levels and economic thresholds for pest management, *J. Econ. Entomol.* 80 (2): 297-303.
- OOSTENBRINK, M.

1966 Mayor characteristics of the relation between nematodes and plants. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen. 66-4 46p.

PEDIGO, L.P., S.H. PITRE, H. N., W. J. MISTRIC y C. G. LINCOLN.

1979 Economic thresholds: concepts and techniques. Economic thresholds and sampling of *Heliothis* species on cotton, corn, soybeans and other host plants. Southern Cooperative Series Bulletin. 231: 12- 43

POSTON, F. L., L. P. PEDIGO y S. M. WELCH.

1983 Economic injury levels: reality and practicality. Bull. Entomol. Soc. Am. 29 (1):49-53.

SMITH, R. F.

1971a Economic aspects of pest control. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Control by Habitat Management. 3: 53-83.

1971b Fases en el desarrollo del control integrado .Bol. Soc. Ent. Perú 6 54-56.

SOUTHWOOD, T. R, E. y G. A. NORTON.

1973 Economic aspects of pest management strategies and decisions. Mem. Ecol. Soc. Aust. 1: 168-184.

STERN, V. M.

1966 Significance of the economic threshold in integrated pest control. Proc. FAO Symp. on Integrated Pest Control. Roma. 1965: 4156.

1973 Economic threshold. Ann. Rev, Entomol. 18: 259-280.

STERN, V. M., R. F. SMITH van den R. BOSCH, y K. S. HAGEN.

1959 The integrated control concept. Hilgardia 29 (2): 8 1-101.

SZMEDRA, P. I., M. E. WETZSTEIN y R. McCLENDON.

1990 Economic threshold under risk: a case study of soybean production. J. Econ. Entomol. 83 (3): 641-646.

TAMMES, P. M. L.

1961 Studies of yield losses. II. Injury as a limiting factor of yield. Tijdschr Pizierkt., 67: 257-263.

WALKER, P. T.

1985 Bases for decisions in pest management. Crop loss assesement 2. Methods. Integrated Control of Insect Pests: and International Seminar. The British Council Course 531. University of Southampton. Material fotocopiado sin paginación.

CAPITULO IV

LA CUANTIFICACION DE LAS POBLACIONES PLAGA

LA MUESTRA COMO ELEMENTO PARA EL ESTUDIO DE LAS POBLACIONES

Cada vez que intentamos conocer la composición de algo, bien sea cualitativa o cuantitativa, nos vemos obligados a tomar una muestra o conjunto de ellas, para, partiendo de su estudio, hacer generalizaciones en relación al todo. Una muestra no es más que una porción de algo usualmente mucho mayor, que se extrae o se observa por separado, ante la imposibilidad de una revisión total del universo, permitiendo así hacer inferencias en relación al mismo, en la medida que sea representativa de ese universo. Por lo tanto, el tamaño y el número de las muestras, dónde y cómo tomarlas, y con qué periodicidad, pasan a ser de primordial importancia en el trabajo ecológico general y en el estudio de las poblaciones animales o vegetales en particular.

Para el caso de las poblaciones, una de las primeras cosas que hay que tener en cuenta es que no existe un método universal que permita muestrear eficientemente todas las especies por igual, en un mismo ecosistema ni aun en un mismo hábitat, por lo que cada una debe ser conocida en sus particularidades antes de decidir cómo muestrearla. El ciclo de vida de la especie, las fases que lo componen, su distribución en el campo y en la planta, los ciclos de actividad diaria o temporal, y en general todo aquello que nos permita un mejor conocimiento de su comportamiento, contribuirán al diseño de programas eficientes de muestreo para la misma.

ESTIMADOS POBLACIONALES

Los estudios poblacionales pueden realizarse a través de diferentes estimados los cuales según Morris (1955 y 1960) pueden ser clasificados en absolutos, relativos e índices poblacionales. Serán estimados absolutos todos aquellos que permitan inferencias en cuanto al total de individuos presentes en relación a unidades de superficie (m^2 , hectárea, etc.) o a unidades de hábitat (hoja, fruto, planta, etc.), siendo la idea la de que, conociendo la unidad en que se expresa el estimado absoluto, es posible utilizarlo como factor de conversión según la situación. Los estimados absolutos pueden ser calificados como población absoluta, si hacen referencia a superficies; intensidad poblacional, si se expresan en relación a unidades de hábitat, o como población básica si combinan tanto superficie como unidades de hábitat, es decir, número de individuos por hoja y por m^2 .

Los estimados relativos son aquellos que se expresan en unidades que no son extrapolables, por lo que sólo pueden ser utilizados para comparar situaciones en

tiempo o en el espacio, sin que se pretenda con su uso hacer inferencias en relación a la población total. Se expresan como individuos por unidades de muestreo, pudiendo ser éstas trampas, mallas, lapsos de tiempo, etc.

Un tercer grupo de estimados está constituido por los índices poblacionales, en los cuales en lugar de contarse directamente los individuos, su presencia es inferida a través de las manifestaciones de la misma, bien sea ésta expresada como productos (excrementos, hilos de seda, nidos, etc.) o como daños causados (hojas comidas, frutos perforados, tallos taladrados, etc.).

Existe la posibilidad de relacionar los tipos de estimados señalados entre sí mediante el uso de técnicas de regresión estadística, para la aplicación de las cuales se hace indispensable la existencia de una abundante serie de datos que permita la contabilidad en los resultados, de manera de que partiendo de un estimado relativo o de un índice poblacional, se pueda llegar a la estimación de la población absoluta.

Existen diferentes especies de insectos que han sido señaladas como plagas del cultivo del maíz en Venezuela. Algunas de ellas se presentan conjuntamente en el campo y este hecho es un buen ejemplo de la inexistencia de un método general para la estimación de las poblaciones de diferentes especies en un mismo hábitat.

Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) se presenta en maíz, realizando comúnmente su daño en la parte terminal de la planta o cogollo, desde la emergencia de las plantas hasta la aparición de la espigas. Si se desea calcular la población de larvas, se puede recurrir a un estimado absoluto, es decir, determinar esa población en términos de larvas por planta, para lo cual no bastaría una revisión superficial de los cogollos, ya que de esta manera sólo señalaríamos la presencia de larvas relativamente grandes, pasando desapercibidas las más pequeñas. En esta situación resulta mandatorio cortar los cogollos y, al hacerlo, destruir esa planta para poder señalar con exactitud el número de larvas presentes en ella.

Lo descrito puede hacerse a nivel de investigaciones en las cuales la extracción o pérdida de las plantas se acepta como una necesidad, pero tendría difícil adopción si se recomendase a los agricultores como medida de estimación de las infestaciones. Para este caso, la sugerencia de una escala de daño como la desarrollada por Higuera et al. (1981) en sorgo, y aplicada con modificaciones en maíz (Fernández y Clavijo, 1985), sería más fácilmente aceptable por los agricultores, en virtud de que no implica destrucción de las plantas y es mucho más rápida de realizar (más subjetiva también), existiendo la posibilidad de relacionar el nivel de daño con el número de larvas presentes, si se desea alcanzar un método que permita la estimación absoluta de la población a partir de un índice poblacional.

Las metodologías de muestreo sugeridas para el cogollero del maíz, no son aplicables a ***Peregrinus maidis*** (Homoptera: Delphacidae) ni a ***Dalbulus maidis***

(Homoptera: Cicadellidae), especies vectoras de enfermedades en maíz, las cuales no sólo difieren del cogollero en cuanto a método de muestreo, sino que presentan diferencias de comportamiento (actividad) que hacen que un mismo método presente más dificultades para una especie (*D. maidis*) que para la otra (*P. maidis*), en virtud de la mayor "irritabilidad" de la primera, que obliga a más cuidado y rapidez en el proceso de muestreo.

Para ambas especies, el conteo de individuos (ninfas y adultos) presentes en cada planta puede hacerse visualmente con bastante exactitud partiendo de la base que se conocen lo suficiente como para no incurrir en errores de identificación.

Este método absoluto requiere de personal debidamente entrenado, por lo que no es fácil prever su adopción generalizada; en esta situación el establecimiento de una relación entre un estimado relativo (mallas entomológicas, trampas pegantes, etc.) o un índice poblacional (número de plantas enfermas), con el total de individuos por plantas, contados visualmente, pudiese ayudara una eficiente determinación de los niveles poblacionales de estas especies.

De lo anterior, no debe extraerse la conclusión de que el fin último y más importante del muestreo es la estimación de las poblaciones en términos absolutos.

La idea es que a través de un programa de muestreo se pueda obtener información útil para los fines que se persiguen; si se intentan censos poblacionales, es indudable que los absolutos son los indicados, pero si la intención es simplemente de detección (presencia o ausencia) o de comparación de situaciones en el espacio o en el tiempo - y sobre todo si se requiere tener una idea de la magnitud poblacional como elemento indispensable para la decisión de adoptar o no una medida de control- lo importante es escoger aquel tipo de estimado que nos suministra la información de la manera más segura, rápida y al costo más bajo.

DISTRIBUCION DE LAS POBLACIONES EN EL ESPACIO

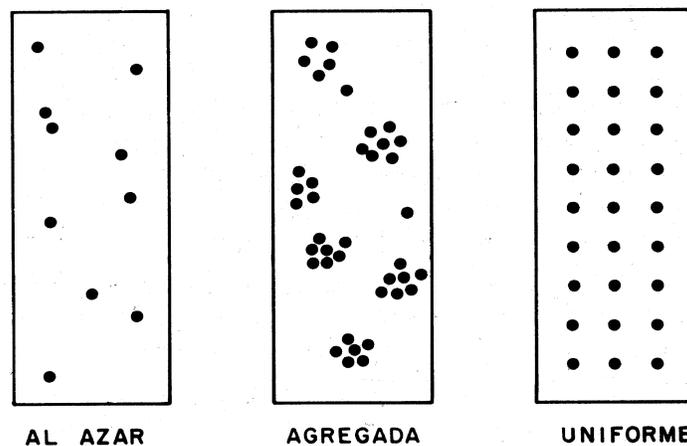
La distribución espacial de las poblaciones es una de las características ecológicas más importantes que se hace indispensable conocer si se desea muestrearlas eficientemente (Ruesink y Kogan 1982), ya que afecta el análisis estadístico de la información obtenida (Southwood, 1978) y determina parámetros específicos que permiten la separación de las especies, pues dicha distribución representa las expresiones poblacionales del comportamiento de los individuos que las conforman (Taylor, 1984).

El Gráfico 18 representa los tipos clásicos de distribución o disposición espacial de las poblaciones las cuales han sido clasificadas como: al azar, agregada y uniforme.

Una población se distribuirá al azar, cuando cualquier lugar del espacio tiene misma probabilidad de ser ocupado por un individuo de la población, sin que esta ocupación afecte la ubicación de otros individuos pertenecientes a la misma población. Este tipo de distribución se caracteriza porque la media (\bar{x}) obtenida a través de muestreos, es igual a la varianza (S^2) calculada a partir de las diferentes muestras. La distribución espacial será agregada en aquellos casos en los que la presencia de un individuo genera una mayor probabilidad de encontrar en las cercanías otros de la misma población, por lo que la media (\bar{x}) de las muestras tiende consistentemente a ser menor que la varianza (S^2) de las mismas. Diremos que la distribución es

Gráfico N° 18

Tipos de Distribución Espacial de las Poblaciones Animales en el Campo.



uniforme, cuando los individuos son encontrados siguiendo un patrón regular, de manera que localizar un ejemplar, disminuye la probabilidad de encontrar otro en las cercanías. En este caso la media (\bar{x}) de las muestras es mayor que la varianza (S^2).

Taylor (1984) señala que el interés práctico del conocimiento de la distribución espacial de las poblaciones estriba en el establecimiento de sistemas de muestreo, los cuales no serán apropiados a menos que esta distribución se determine en el campo.

Este autor también plantea dos tipos de errores que pueden afectar la determinación de la distribución espacial de las poblaciones de insectos, el primero, derivado del rápido crecimiento de dichas poblaciones, lo que genera cambios en la densidad de las mismas, que a su vez se traducirán en cambios en los valores de los parámetros utilizados para la determinación de la distribución espacial; y el segundo, consecuencia directa del primero, representado por la extrapolación de información y conclusiones en relación a la distribución espacial, fuera de los límites establecidos por las condiciones en que fueron obtenidos los parámetros utilizados para la determinación de la misma.

INDICES DE AGREGACION

Diferentes clases de índices han sido desarrolladas con la intención de estimar el tipo de distribución espacial de las poblaciones. Southwood (1978) propone utilizar como índice de dispersión la relación entre la varianza (S^2) y la media (\bar{x}) según la siguiente ecuación:

$$ID = \frac{S^2(n-1)}{\bar{x}}$$

en la cual:

ID = Índice de dispersión

S^2 = Varianza

\bar{x} = Media

n = Número de muestras

Este índice se utiliza para probar la distribución al azar, representada fundamentalmente por Poisson, mediante una prueba de Chi-cuadrado (χ^2); habrá concordancia, es decir la distribución será al azar, si el valor del ID está dentro de los límites (0,95 y 0,05) de los Chi-cuadrados (χ^2) encontrados en las tablas convencionales para n-1 grados de libertad.

Otro índice usado extensamente es el cálculo del parámetro K de la binomial negativa, el cual es calificado como índice de agregación de una población y que tiene como limitante la variación de su valor numérico como producto de las alteraciones en la densidad de la población bajo estudio (Taylor 1984).

Bliss y Fisher (Poole, 1974) señalan tres formas para calcular K. La primera es:

$$K = \frac{\bar{x}^2}{S^2 - \bar{x}}$$

en donde:

K = Índice de agregación

$x = \text{Media}$

$S^2 = \text{Varianza}$

y que es aplicable siempre y cuando la media sea pequeña y la relación K/x mayor a 6, o x grande y K mayor a 13, o x moderada y $(K + x) / x$ igual o mayor a 15.

En caso de dudas en cuanto a la aplicación de esta fórmula, sobre todo en lo relativo a la calificación de la media (pequeña, grande, moderada), se recomienda usar la siguiente ecuación para el cálculo de K :

$$K \log \left(1 + \frac{x}{K} \right) = \log \left(\frac{N}{f_0} \right)$$

en la que lo único que cambia es:

N = Número de muestras

$f_0 = \text{Número de muestras sin individuos}$

$\log = \text{Logaritmo en base 10}$

La resolución de esta ecuación se realiza mediante iteraciones, asignándole valores a k hasta obtener la satisfacción de la igualdad planteada.

La otra forma de calcular K es mediante la expresión:

$$N \ln \left(1 + \frac{\bar{X}}{K} \right) - E \left(\frac{Ax}{K+x} \right) = 0$$

en la cual todos los términos permanecen como antes, salvo Ax que representa la suma de las frecuencias observadas de las unidades que contienen más de x individuos y el logaritmo utilizado es el de base e . En este caso, nuevamente la resolución de la ecuación se intenta mediante iteraciones hasta lograr la igualdad planteada. La bondad de ajuste a la binomial negativa se prueba mediante el cálculo de los estadísticos U o T y el de sus respectivos errores standards.

El uso de U o T , así como el valor aproximado de sus errores standards puede lograrse utilizando el Gráfico 19, recomendándose U si las X son pequeñas y T si son grandes.

Si utilizamos U su estimación se hará mediante la fórmula siguiente:

$$U = S^2 - \left(\bar{X} + \frac{\bar{X}^2}{K} \right)$$

Y en caso de tener que utilizar T, la expresión de cálculo será:

$$T = \left(\frac{\sum fx^3 - 3x \sum fx^2 + 2x^2 \sum fx}{N} \right) - S^2 \left(\frac{2S^2}{x} - 1 \right)$$

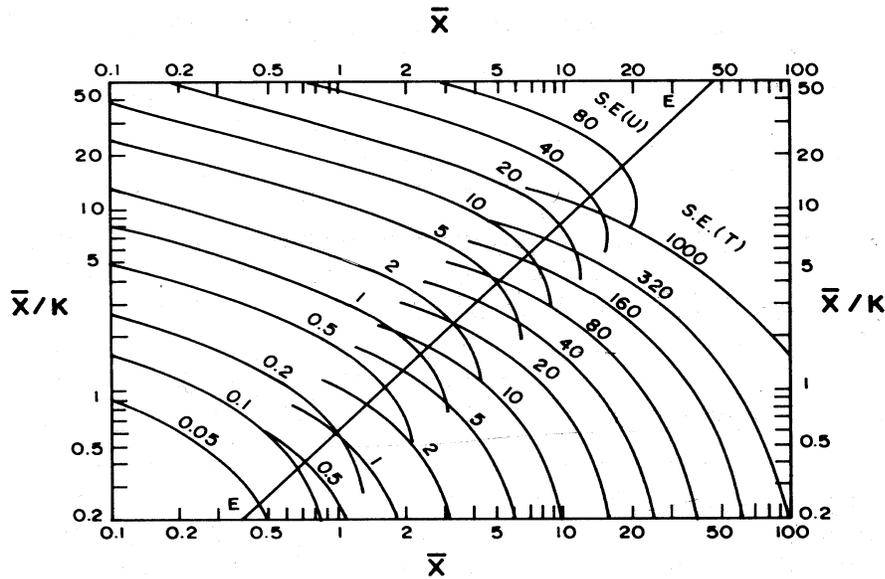
Habiendo calculado el valor de U o T según las fórmulas señaladas y estimado el de sus errores standards mediante el Gráfico 19 (Evans,1953), diremos que hay un buen ajuste a la binomial negativa si el rango de valores, producto de sumar y restar los errores standards a sus respectivos estadísticos (U o T) incluye el valor de cero (0); de ser este el caso, la población bajo estudio muestra una distribución espacial agregada.

De una manera general, el valor de K es indicativo del valor de agregación de la población y puede ubicarse entre cero e infinito. Cuando K se aproxima a infinito la distribución tiende a ajustarse a Poisson (al azar), mientras que cuanto más se acerca a cero mayor será el grado de agregación de la población y mejor su ajuste a la binomial negativa. Según Poole (1974) valores de K hasta un máximo de 8 indican agregación en la población y pueden usarse como indicativo rápido de la situación.

Morisita (1962) al tratar de evitar el efecto del camafio de las muestras en la estimación del nivel de agregación de las poblaciones, sugiere un índice de agregación que asume, para ser válido, el que la población está constituida por grupos de individuos, espacialmente diferenciados, y que dentro de cada uno de estos grupos la ubicación de los individuos es al azar. El índice se calcula mediante la fórmula:

$$I_s = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)} N$$

Gráfico N° 19
 Errores Standards Aproximados de T y U para N = 1 00. para otros
 Valores de N, error Standard debe ser Multiplicado por 10



en la cual:

I_s = Índice de agregación.

n_i = Número de individuos en cada una de las muestras.

n = Total de individuos en el total de muestras .

N = Número de muestras.

Si este índice de agregación es igual a 1, la distribución es al azar, si es mayor que 1, agregada, y si es menor que 1 será uniforme.

La significación estadística de la desviación del índice con respecto a la unidad puede ser probada mediante una prueba de F, en la cual:

$$F_c = \frac{I_s(n-1) + N - n}{N - 1}$$

El valor de F_c es comparado con la tabla de F con $n - 1$ grados de libertad para el numerador, e infinito para el denominador. Si F_c es mayor que la F de la tabla, al correspondiente nivel de significación (1 o 5%), se puede rechazar la hipótesis de

igualdad a 1, y, por lo tanto, el índice señalará agregación o uniformidad para la distribución espacial de la población, según sea el caso.

El **índice de Morisita** tiene los requerimientos señalados al comienzo de su tratamiento por lo que su aplicación no es muy amplia. Stiteler y Patil (1971) indican que la validez de su uso queda restringida a aquellos casos en los que las unidades de muestreo son entidades físicas, tales como una planta o una hoja. Taylor (1971), para el establecimiento de la distribución espacial, sugiere una relación empírica entre la media y la varianza de una población, la cual ha pasado a conocerse como la ley de potencia de Taylor (Southwood, 1978; Ruesink, 1980; Ruesink y Kogan, 1982).

Según la misma, la mencionada relación puede expresarse en la forma siguiente:

$$S^2 = a \bar{X}^{-b}$$

en donde:

S^2 = Varianza

\bar{X} = Media

a = Coeficiente que varía según la técnica de muestreo

b = Exponente que representa una constante de las especies.

Cuando a y b son iguales a 1, la relación describe la distribución de Poisson y estaremos en presencia de una población con una distribución espacial al azar.

El procedimiento de prueba utilizado para el principio de la ley de potencia de Taylor consiste usualmente en el cálculo de la regresión lineal del logaritmo de la varianza como variable dependiente contra el logaritmo de la media como variable independiente, resultando del mismo una expresión lineal recta en la cual "a" representa el intercepto y "b" la pendiente.

Si la pendiente calculada mediante el procedimiento señalado difiere significativamente de 1, la población tendrá una distribución distinta a la del azar.

Ruesink (1980) indica que para el caso de insectos plagas, el valor de la pendiente se ubica usualmente entre 1,4 y 2.

Taylor (1971) mantiene que sólo a muy bajas densidades se pueden encontrar resultados que indiquen una distribución de las poblaciones al azar y que en todo caso esta conclusión es espúrea, ya que lo que se demuestra en realidad es la incapacidad para estimar la verdadera distribución cuando la población es baja.

Más tarde el mismo autor (Taylor, 1984) atribuye la posibilidad de declarar distribuciones al azar en las poblaciones naturales al tamaño de la muestra,

haciendo énfasis que en un conjunto de muestras pequeñas en las que se presenta un sólo individuo en varias de ellas, se puede detectar una falsa distribución al azar, lo que puede evitarse tomando muestras más grandes.

Lloyd (1967) desarrolla el concepto de agregación media (mean crowding) en el sentido de la media del número de individuos en relación a un individuo que no está incluido en dicha media, cuando todos están ubicados en un mismo lugar. La intención de la medida es la de indicar los posibles efectos de interferencia o competencia que pudiesen derivarse de un encuentro fortuito. Tiene validez si se aplica sobre individuos que se mueven libremente en un hábitat continuo y uniforme, sin mostrar territorialidad. La agregación media puede calcularse según la fórmula:

$$\overset{\circ}{\bar{X}} = \bar{X} + \left(\frac{S^2}{\bar{X}} - 1 \right)$$

en la cual:

$\overset{\circ}{\bar{X}}$ = Agregación media

S^2 = Varianza

\bar{X} = Media

Utilizando la agregación media ($\overset{\circ}{\bar{X}}$) en relación a la media de la densidad de la población (\bar{X}), Lloyd (1967) calcula el grado de agregación de la misma en función de un índice de parcheo (patchiness) que puede ser estimado según la fórmula:

$$\frac{\overset{\circ}{\bar{X}}}{\bar{X}} = 1 + \frac{1}{K}$$

en la que K representa el parámetro de la binomial negativa, aunque puede ser tomado como una medida de agregación independiente del tipo de distribución considerada.

Dependiendo de que la relación entre la agregación media y la media de la densidad de la población sea menor, igual o mayor que uno, su distribución será uniforme, al azar o agregada respectivamente.

Iwao (1971) señala que lo desarrollado por Lloyd es una buena medida de la agregación de la población cuando existe un sólo tipo de distribución espacial, mientras que si existe más de un tipo de distribución, la regresión entre la agregación media como variable dependiente y la media de la densidad de la población como variable independiente, rinde una mejor información biológica. El uso de la regresión propuesta por Iwao, elimina el problema que ocurre en el

cálculo de otros índices cuando se suceden cambios en la densidad de la población, permitiendo así la estimación del tamaño de la muestra y la escogencia de la transformación adecuada de los datos para el análisis de la varianza (Iwao y Kuno, 1968).

Los diversos métodos sugeridos para la determinación del patrón de distribución espacial, refuerzan la importancia de este aspecto como atributo específico y obligan a ser cuidadoso en su estimación porque no sólo cambia entre especies sino que en la misma puede variar según las circunstancias.

Fye (1974) señala que muchas de las muestras de insectos presentes en algodón se corresponden con una distribución agregada al ser descritas por la binomial negativa, sin embargo algunas otras son ajustadas por Poisson, lo que sugiere una distribución al azar, mientras que unas pocas no pueden ser adscritas a ninguna de las distribuciones conocidas.

Clavijo (1978) al trabajar con larvas del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* determinó una distribución al azar para la población de larvas (grandes y medianas) contadas en las plantas, sin separar ni extraer la parte terminal o cogollo. García (1982) confirma los resultados con las larvas grandes y medianas de *S. frugiperda* y estima la distribución para la población de larvas pequeñas resultando agregada y responsable de la distribución de la población de las larvas, cuando ésta se estima descartando el criterio de tamaño. Segnini (1984) encontró que *Empoasca kraemeri* (Homoptera: Cicadellidae) presentaba variaciones en la distribución espacial de sus poblaciones tanto en relación a la época de cultivo como en cuanto a la fase de insecto involucrada en la estimación. En el caso de los adultos, la distribución espacial resultó al azar cuando sus densidades fueron muy bajas, situación frecuente al inicio del cultivo (invasión) y hacia el final del mismo (emigración). El resto del tiempo los adultos, así como los huevos y las ninfas, presentaron una distribución agregada de sus poblaciones.

Yépez (1985) cuando estudiaba tres especies de coquitos perforadores (Coleoptera: Chrysomelidae) que atacan la caraota en Venezuela, encontró que *Andrector arcuatus* presentaba una distribución de sus poblaciones adultas al azar en las primeras semanas para luego tomar definitivamente un patrón agregado, mientras que *Andrector ruficornis* y *Gynandrobrotica equestris* mantuvieron una distribución espacial al azar durante todo el ciclo del cultivo y durante las dos temporadas que duró el estudio.

Fernández (1984) luego de muestrear las poblaciones de ninfas y adultos, tanto macrópteros como braquípteros de *Peregrinus maidis* definió que la distribución espacial fue, en términos generales, agregada, sin embargo los adultos macrópteros, durante las siembras en período de lluvia, y al principio y al final de las siembras en período seco, presentaron una distribución espacial al azar.

Los ejemplos presentados, refuerzan la existencia de variación en los patrones de distribución espacial de las poblaciones de una misma especie y ratifican la necesidad de este tipo de conocimiento si deseamos muestrear eficientemente.

EL PROGRAMA DE MUESTREO

Antes de comenzar a trabajar en un programa de muestreo es necesario definir un conjunto de premisas entre las cuales podemos señalar:

1. OBJETIVO DEL MUESTREO

Una interrogante fácil, muchas veces no suficientemente clara en los programas de muestreo es: ¿qué se intenta con el muestreo? La intención determina el nivel de precisión, o dicho de otra forma, la magnitud del error que estamos dispuestos a aceptar y, en consecuencia, estará directamente relacionada con el número de muestras a tomar, el tamaño de las mismas y la frecuencia del procedimiento; todo esto condicionado por el costo implícito en su realización.

La estimación de la presencia geográfica de una determinada plaga puede realizarse mediante estudios extensivos, que demandan menor número de muestras por localidad que las que se requerirían para tomar la decisión de aplicar o no una medida de control, o para relacionar las magnitudes poblacionales con el daño infringido a un determinado cultivo, y éstas, a su vez, serán menores que las necesarias para la construcción de una tabla de vida que refleje acertadamente el impacto de los factores de mortalidad natural sobre el desarrollo de una población.

En el caso de insectos plaga, los muestreos tienen como intención estimar la abundancia de las poblaciones, como base para la predicción de futuros incrementos de las mismas en aras de la prevención de posibles daños (Strickland, 1961).

2. DEFINICIÓN DEL UNIVERSO A MUESTREAR.

Según Morris (1955), el universo está constituido por todos los individuos de una determinada especie localizados en un hábitat determinado dentro de una localidad geográfica; como consecuencia de esto, el muestreo estará dirigido al hábitat en el que se encuentra la población. Si intentamos conocer las fluctuaciones poblacionales de una especie en un agroecosistema determinado y si esa especie es de hábitos polívoros, nuestro hábitat estará constituido por el conjunto de plantas que pueden sustentarla (cultivos y vegetación natural); si por el contrario, nuestra intención es la de medir la influencia de las poblaciones como expresión de su capacidad de daño en un determinado cultivo, el universo estará constituido por aquellos individuos ubicados sobre las plantas que nos interesan.

3. ESCOGENCIA DEL METODO DE MUESTREO.

No existe un método universal de muestreo que pueda ser aplicado en todas las situaciones ni que sea eficiente para todas las fases de una determinada especie. La selección del método más eficiente implica no sólo evaluar su capacidad de estimación poblacional, sino también su rapidez y costo. Morris (1955), Strickland (1961), Southwood (1978), Kogan y Herzog (1980) y Ruesink y Kogan (1982) presentan detalladas exposiciones en relación a métodos de muestreo que pueden agruparse en la forma siguiente: a) muestreo de las plantas; b) muestreo de las plagas, c) muestreo de los enemigos naturales de las plagas.

a) Muestreo de las plantas

En manejo de plagas, los cultivos (las hospederas en general) son el objetivo central de la actividad y en muchas oportunidades se hace necesario la evaluación, cuando no la determinación, del estado de crecimiento de las plantas, el grado de desarrollo de las mismas, la superficie foliar actual, el nivel de daño en las plantas atacadas, etc. El muestreo de las plantas puede hacerse mediante dos métodos, la remoción de la planta o parte de ésta para su revisión posterior, o la revisión de la misma en el sitio. Escoger uno u otro es materia de los propósitos y de la capacidad de trabajo en el campo versus laboratorio, sin olvidar que cuando se trabaja en fincas comerciales, lo menos que se afecte la plantación será mejor recibido por el agricultor.

b) Muestreo de las plagas

Dependerá del comportamiento específico de la especie o las especies en consideración y en función del mismo podrá ser apropiado:

- conteo directo de los individuos mediante observación visual.
- separación de los individuos de su hábitat para posterior conteo, mediante técnicas que induzcan el abandono del mismo, tales como mover o golpear las plantas, utilización de sustancias químicas, lavado de las áreas ocupadas, etc., o que produzcan esta separación como en el caso de embudos con una fuente lumínica, aparatos con capacidad de succión, y el uso de mallas entomológicas.
- captura de los individuos mediante trampas, las cuales pueden ser de succión (muestreo de aire), de caída, lumínicas, con cebos alimenticios, feromonas, etc.,

c) Muestreo de los enemigos naturales de las plagas

En el caso de los enemigos naturales es necesario reconocer la diferencia entre aquellos que son de vida libre (depredadores) y los que están asociados en una

forma parasítica a sus hospederas. La metodología de muestreo a utilizar no difiere básicamente de la ya señalada, estando su aplicación condicionada al tipo de vida (libre o parasitaria) y a la fase del enemigo natural que se desea evaluar. En el caso de enemigos naturales íntimamente ligados a la hospedera (larvas parasíticas, enfermedades, nemátodos, etc.), el muestreo de la hospedera y la evaluación de la presencia en ella de los agentes biológicos de mortalidad es un procedimiento usual. Cuando se trata de depredadores y de las fases adultas de insectos parasíticos, los métodos de muestreo pueden asimilarse directamente a los señalados en el caso de las plagas.

4. REALIZACIÓN DE UN MUESTREO PRELIMINAR.

Antes de comenzar con un programa de muestreo es necesario realizar una actividad que nos genere información indispensable para decidir las características de dicho programa. Esta actividad nos permitirá la definición de la unidad de muestreo, el tamaño de la muestra, su localización, el número de muestras a tomar, el momento en el cual realizar el muestreo, y la periodicidad del mismo.

- La unidad de muestreo

Ya se ha señalado que el universo a muestrear está constituido por todos los individuos presentes en el hábitat de nuestro interés. En el caso de las plagas agrícolas, las plantas de un determinado cultivo constituyen el hábitat su objeto a evaluación y ésta pudiese ser nuestra primera aproximación a la definición de la unidad de muestreo. No obstante, no siempre ocurre una distribución uniforme de los individuos sobre la planta, por lo que una reducción en términos de qué revisar, puede llevarnos a la selección de determinada parte de la planta (raíces, hojas, frutos, etc.) como unidad de muestreo, en virtud de que hemos precisado el concepto de hábitat. En consecuencia lo verdaderamente importante es la definición del hábitat a ser muestreado, teniendo presente que dentro del mismo es factible diferenciar aquella parte que tiene un interés particular a los fines del muestreo; esa parte se constituirá en el lugar hacia donde se enfocará el muestreo y los componentes individuales de la misma pasarán a representar las unidades de muestreo.

Según Morris (1955), las unidades de muestreo deben tener las siguientes características:

- deben tener igual oportunidad de ser escogidas para constituirse en buenas representaciones del universo muestreado, por lo tanto han de permitir la realización del muestreo en una forma completamente aleatorizada.
- ser estables, es decir, no deben cambiar sus características a lo largo del tiempo y si esto ocurre, la magnitud del cambio debe ser fácilmente detestable. En cualquier caso, que los cambios no afecten la

posibilidad de ser escogidas por las poblaciones que están siendo evaluadas.

- la proporción de individuos que usa la unidad de muestreo como hábitat debe permanecer constante, independientemente de los cambios de densidad que experimente la población de los mismos.
- que el tamaño sea lo suficientemente pequeño como para permitir la toma y revisión de un número suficiente de ellas en cada lugar, de manera de hacer una buena estimación de la variación existente. El balance entre el número de muestras y el costo de su obtención puede ser más fácilmente alcanzado mediante muestras pequeñas que mediante muestras grandes.
- preferiblemente relacionabas con unidades de superficie, para facilitar la estimación absoluta de las poblaciones.
- su identificación en el campo debe ser fácil, así como su obtención, sin que esto disturbe apreciablemente las poblaciones a ser estimadas.

- El tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra, o puesto en otras palabras, el número de unidades de muestreo que han de constituir la muestra está determinado por la variación existente entre las mismas y por el costo implícito en la disminución de esta variación al mínimo y en la estabilización de la misma.

Morris (1955) se pregunta si será mejor tomar una unidad de muestreo de muchos árboles o muchas unidades de muestreo de un número menor de árboles, señalando que la respuesta está en la comparación de las varianzas asociadas a los árboles y a las unidades de muestreo, así como en los costos de moverse entre árboles comparados con los costos de extraer y examinar cada unidad de muestreo.

Basado en su experiencia con plagas de plantas forestales, y que creemos que puede ser utilizada en otras circunstancias, este autor (Morris, 1955) sugiere una fórmula para el cálculo de; número de unidades de muestreo que deben tomarse para cada muestra.

La fórmula es la siguiente:

$$n = \sqrt{c \frac{S^2 m}{S^2 p}}$$

donde:

n = Número de unidades de muestreo a ser incluidas en cada muestra.

$S^2 m$ = Varianza calculada para las unidades de muestreo.

$S^2 p$ = Varianza calculada para las plantas muestreadas.

c = Resultado de dividir el costo de cambiarse de planta entre el costo de extraer y revisar cada unidad de muestreo.

En virtud de que las densidades de las poblaciones plagas fluctúan en el tiempo y como consecuencia de esto también sus varianzas, Southwood (1978) señala que no debe hacer mucho énfasis en la determinación refinada de un tamaño de muestra, ya que no se evita el riesgo de que resulte inapropiado en algunas circunstancias. De cualquier manera la fórmula presentada es una buena base para fundamentar una decisión en relación al tamaño de la muestra.

- La localización de la muestra dentro del hábitat

Una vez definida la unidad de muestreo y el tamaño de muestra, el siguiente paso es establecer si la toma de las mismas ocurrirá en cualquier parte del hábitat o se concentrará en lugares particulares del mismo. Cuando estamos en presencia de especies que ocupan cualquier parte del hábitat, por ejemplo, hojas de una planta, sin mostrar ninguna preferencia por la ubicación de las mismas, las muestras (las hojas) podrán ser tomadas en cualquier lugar de la planta y rendir la información deseada. Sin embargo, la situación más frecuente es la contraria, es decir, poblaciones de una determinada especie tienden a ubicarse en lugares particulares, por lo que si se desea una buena estimación poblacional es indispensable concentrar los esfuerzos de muestreo en aquellas partes del hábitat donde existe la mayor posibilidad de encontrar a los individuos.

Entre las dos situaciones señaladas, que pudiésemos calificar como los extremos, existe una intermedia y es la de la existencia de una ubicación diferencial de la población en función de ciertas subdivisiones o estratos de hábitat, en cuyo caso, y demostrada su existencia, se hace indispensable una estrategia de muestreo distinta a las que se pueden utilizar en los casos anteriores. En este punto debemos ser cuidadosos con el significado del término localización pues tiene dos sentidos: uno horizontal, en relación al campo de cultivo o en forma más general, el área bajo estudio; y el otro vertical, referido a la planta o unidad del hábitat. Un muestreo preliminar donde se divide el área en parcelas iguales y dentro de ellas se determine la existencia o no de ubicaciones particulares de las poblaciones en relación a la unidad de hábitat puede conducirnos a la escogencia del patrón de muestreo más adecuado a nuestros propósitos.

En función de lo que hemos venido discutiendo, el patrón de muestreo puede ser calificado (Southwood, 1978) como:

- *completamente aleatorizado*, cuando las muestras son tomadas estrictamente al azar sin ninguna referencia predeterminada en relación a la ubicación de los puntos de muestreo y donde cada muestra tiene la misma probabilidad de ser escogida.

- *estratificado*, cuando el hábitat se divide en estratos y dentro de cada uno de ellos se toma un número de muestras al azar. La estratificación puede ser horizontal y vertical (en el campo y en la planta) o puede afectar sólo uno de los componentes, es decir, se estratifica la superficie y dentro de cada subdivisión se toman las muestras completamente al azar, o los puntos de muestreo se escogen aleatoriamente y en cada uno de ellos se estratifica la unidad de hábitat.
- *sistemático*, en cuyo caso las muestras son tomadas repetidamente en el mismo lugar del muestreo sin que exista el criterio de aleatorización, estando su uso restringido a situaciones muy particulares, una de las cuales pudiese ser el seguimiento del proceso de colonización de una determinada especie.

Número de muestras a tomar

El número de muestras a tomar va a estar en función directa del nivel de precisión que se desee en la estimación. Ruesink (1980) señala que este nivel de precisión pudiese ser expresado en dos formas: que el error standard de la media estimada tenga un valor predeterminado, expresado en términos numéricos o de un porcentaje de la media; o establecer que la media estimada debe estar dentro de unos límites fijados alrededor de la verdadera media, expresados estos también en términos numéricos o como porcentaje. En la primera forma diríamos que la precisión del muestreo se establece al decir que el error standard de la media estimada debe ser igual a 2 larvas por m² o al 5% de la verdadera media, por ejemplo; mientras que en la segunda señalaríamos que la media estimada debe estar en algún punto dentro de los límites fijados por la media verdadera, más o menos 2 larvas por m², o por más o menos el 5% de la misma. Para el cálculo del número de muestras existen varias fórmulas que difieren fundamentalmente en relación al tipo de distribución espacial que se esté asignando o que haya sido determinada por la población bajo estudio, y a la forma como se exprese la precisión requerida (Cochran, 1963; Iwao y Kuno, 1968; Poole, 1974; Karandinos, 1976; Southwood, 1978; Ruesink, 1980).

Una fórmula de tipo general que puede ser aplicada sin considerar la distribución es parcial de la población, con la condición que el hábitat sea homogéneo, es la siguiente:

$$N = \left(\frac{S}{E \bar{X}} \right)^2$$

en la cual:

N = Número de muestra a tomar.

S = Desviación estándar de las muestras preliminares

x = Media estimada de las muestras preliminares

E = Nivel de precisión requerido (usualmente 0,05).

La aplicación de esta fórmula puede conducirnos a la determinación de un número de muestras excesivamente grande en comparación con las que se tomaron durante el muestreo preliminar para el cálculo de la media (X) y de la desviación standard (S). Si esta es la situación, Cochran (1963) sugiere el 'uso de una fórmula de corrección que puede expresarse en los siguientes términos:

$$n = \frac{N}{1 + N/n_0}$$

en la que:

n = Número de muestras a tomar.

N = Número de muestras calculadas mediante la ecuación anterior.

n_0 = Número de muestras tomadas para el cálculo de la media (X) y de la desviación standard (S)

En el aspecto de; cálculo del número de muestras, luce indispensable insistir en que el nivel de precisión lo fija el investigador y que el mismo representa el porcentaje de error que éste está dispuesto a aceptar. Aceptar un error del 10% (nivel de precisión = 0,10) significa que a la probabilidad escogida, usualmente 0,05, la media tiene 95 oportunidades de cada 100 de ser estimada con un error del 10% en relación a la media verdadera. Morris (1955) y Harcourt (1961) coinciden en que escoger un error del 10% (nivel de precisión = 0,10) es un límite aceptable, mientras que Southwood (1978) señala el 5% como el valor usual.

Cuanto más acertado se desea el muestreo, mayor será el número de muestras a tomar, por lo que a menudo se hace necesario un compromiso entre precisión y capacidad de trabajo, compromiso para el cual no existen reglas salvo la de tratar de tomar el mayor número de muestras de acuerdo con la disponibilidad de recursos.

El momento en el cual realizar el muestreo

La escogencia del momento adecuado para la realización del muestreo se constituye en un elemento práctico de importancia en todo programa y está determinado por las características particulares de la especie involucrada. La actividad diaria de los individuos enmarcada dentro de su ritmo circadiano, señalará el momento apropiado del día para adelantarlos procedimientos de muestreo, así como la actividad en relación a la época climática nos indicará en qué oportunidad del año es más conveniente la toma de muestras.

De cualquier manera, el objetivo del muestreo es el responsable del momento en el año en el que hay que realizarlo, estando en el caso de insectos plagas restringido a las épocas en que se siembran los cultivos, sin olvidar que muchas veces es necesario conocer dónde permanecen y en qué número lo hacen, las poblaciones de especies de importancia económica, cuando no están presentes sus hospederas cultivadas.

En relación al momento del día, es indispensable reconocer que a lo largo del mismo existen períodos de mayor actividad, fuera de los cuales es muy difícil observar la presencia de los individuos y que, de coincidir con los muestreos, pueden conducirnos a conclusiones falsas.

Lo señalado puede ilustrarse con las poblaciones del género *Megacephala* (Coleoptera: Cicindellidae), el cual se constituye en el depredador más abundante, a nivel de la superficie del suelo, en siembras de maíz ubicadas en las orillas del Lago de Valencia. Su presencia anual está restringida, apareciendo los primeros adultos y sus mayores poblaciones al comienzo de la época de lluvia, para luego disminuir de una manera ostensible en la medida que la precipitación se hace regular. El insecto es de hábitos nocturnos, por lo que visitas diurnas a los campos de cultivo, no detectan su presencia y sólo es posible su estimación poblacional si se recurre a procedimientos de muestreo efectivos durante la noche. Para este caso hemos utilizado trampas de caída, colocadas al atardecer y recogidas muy temprano en la mañana siguiente, las cuales nos han permitido confirmar su actividad nocturna así como cuantificar las variaciones de sus poblaciones en el tiempo.

La periodicidad del muestreo

Este aspecto está muy relacionado con la duración del ciclo de vida de la especie o especies involucradas así como con el objetivo del programa de muestreo.

Cuanto más corto es el ciclo de vida, más corto tendrá que ser el intervalo entre las muestras, sin olvidar que la superposición de generaciones, hecho común en el trópico, así como la invasión del hábitat por parte de individuos inmigrantes, puede hacer irrelevante el factor tiempo generacional, si lo que estamos intentando es la estimación del impacto económico de las poblaciones. En cambio,

para estudios de tablas de vida en las que se pretende conocer los factores de mortalidad natural que actúan sobre la población, el conocimiento de la duración de las fases pasa a constituirse en un elemento muy importante a la hora de decidir cada cuánto tiempo se deben intentar las estimaciones poblacionales.

MUESTREO SECUENCIAL

El muestreo secuencias fue desarrollado durante la segunda guerra mundial con el objetivo de facilitar el control de calidad en la producción de equipos militares, por lo que se mantuvo como secreto hasta 1945 cuando fue hecho público (Boivin y Vincent, 1983). A partir de esta fecha su uso se fue extendiendo a otras ramas de la industria y llegó a alcanzar el campo biológico, siendo dentro de éste particularmente utilizado en entomología donde existen numerosas publicaciones dedicadas a su aplicación en caso de insectos plagas (Pieters, 1978).

La finalidad del muestreo secuencias se aleja de la clásica estimación de la densidad de una determinada población en términos numéricos y tiende, más bien, a la dosificación de la misma en categorías más amplias, que se han establecido en función de la capacidad de daño y que conducen a la toma de decisiones en el sentido de aplicar o no medidas de control.

Onsager (1976) señala que mientras el muestreo ordinario usualmente requiere de un número fijo de muestras para una estimación de la densidad poblacional aun determinado nivel de precisión, lo cual implica que dicho número de muestras será inadecuado -por pequeño, a bajas densidades, y por excesivo, a grandes densidades, el muestreo secuencia] cambia el número de muestras requeridas para la toma de decisiones en función de la densidad poblacional presente, siendo este número pequeño si la población es muy baja o muy alta en relación a las categorías preestablecidas, haciéndose necesario su incremento sólo si la dosificación de la población presente es difícil.

En líneas generales, al comparar el muestreo convencional con el secuencias, en términos de ahorro de tiempo se lograrán reducciones del 50% al 75%, cuando se utiliza el secuencias (Shepard, 1980). La técnica del muestreo secuencias implica un procedimiento en el cual las muestras son tomadas en una secuencia, con intentos de decisión después de la obtención de cada una. Si las poblaciones son muy bajas o muy altas la decisión se alcanza después de unas pocas muestras; si es intermedia habrá que seguir muestreando hasta lograrla.

El diseño de un plan de muestreo secuencias requiere del conocimiento del tipo de distribución espacial de las poblaciones de la especie bajo observación y del umbral económico de infestación de la misma, así como de la fijación de una probabilidad de error aceptable para el procedimiento.

La distribución espacial es importante para la escogencia de las fórmulas apropiadas a ser utilizadas, habiéndose diseñado para poblaciones que se ajustan a las distribuciones binomial, binomial negativa y Poisson (Onsager, 1976).

El umbral económico de infestación sigue siendo un elemento fundamental para la toma de decisiones y en el caso del muestreo secuencias se hace indispensable conocer la densidad de población ante la cual hay que aplicar una medida de control, si se desea evitar el daño económico.

La probabilidad aceptable de error usualmente se hace igual para los dos tipos de errores, comúnmente señalados en estadística como: error tipo I y error tipo II. Debemos recordar que error tipo I es aquel que se comete al rechazar la hipótesis nula (H_0) siendo cierta, mientras que error tipo II es el que implica aceptar la hipótesis nula (H_0) siendo falsa. Las hipótesis que se manejan en este caso son:

Hipótesis nula (H_0): La densidad de la población está por debajo del umbral económico de infestación y por lo tanto no es necesaria la aplicación de medidas de control.

Hipótesis alternativa (H_a): La densidad de la población está en el umbral económico de infestación y se hace necesaria la aplicación de medidas de control.

Las probabilidades, α para el error tipo I y β para el error tipo II, ya hemos dicho que se hacen convencionalmente iguales, aunque pudiese no ser así, fijándose usualmente a niveles de 0,10 o 0,05.

Habiéndose satisfecho los requerimientos señalados, se procede al cálculo de los límites de aceptación y rechazo, con sus correspondientes representaciones gráficas, las cuales ayudan a visualizar el tipo de decisión a tomar. Para muchas personas el manejo de gráficas es el más tedioso que el de las tablas; a partir de las primeras se pueden generar tablas que indiquen el número y la clase correspondiente a dichas muestras. Los límites de la clase determinará el tipo de decisión; valores de campo mayores que el límite superior indicarán la necesidad de aplicar medidas de control, mientras que valores menores que el límite inferior señalarán lo contrario. Si los valores de los contajes de campo se mantienen dentro de la clase, no habrá decisión y se tendrá que continuar con el muestreo, lo que plantea la interrogante de ¿hasta cuándo?, si la indecisión se mantiene después de un cierto número de muestras. La respuesta la dará la comparación del costo de seguir el muestreo contra el de pararlo y repetir el procedimiento dos o tres días después. Si esto no es posible, existe la posibilidad de tomar la decisión en función del valor generado por el último muestreo, considerando su ubicación en relación a los límites de la clase correspondiente y escogiendo la más cercana.

Con el objeto de dejar claro los procedimientos esbozados en los párrafos anteriores procederemos al establecimiento de los elementos necesarios para un plan de muestreo secuencial de una especie hipotética, ante dos alternativas en relación a su distribución espacial: al azar (Poisson) y agregada (binomial negativa).

Características generales: se ha determinado que el umbral económico de la especie es de 10 individuos por muestra, estando cada una de éstas constituida por 50 pases de malla entomológica convencional. En consecuencia, la hipótesis nula (H_0) se fija en 9 individuos y la hipótesis alternativa (H_a) en 10 individuos. Para el caso de que su distribución fuese agregada se ha calculado un valor de K igual a 8,0.

Los límites de aceptación y rechazo van a venir dados por las líneas producto de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Línea superior: } d_1 = a_1 + bN$$

$$\text{Línea inferior : } d_2 = -a_2 + bN$$

En las cuales:

d_1 y d_2 = Densidades poblacionales expresadas como número de individuos

a_1 y a_2 = Interceptos de las rectas

b = Pendientes de las rectas

N = Número de muestras.

Las probabilidades de errores tipo I y tipo II se establecen iguales de forma que $\alpha = \beta = 0,10$.

PROCEDIMIENTOS DE CALCULO SEGUN LOS TIPOS DE DISTRIBUCION ESPACIAL

POISSON

$$a_1 = \frac{\log(1 - b/a)}{\log(H_a/H_0)}$$

$$a_2 = \frac{\log(1 - a/b)}{\log(H_a/H_0)}$$

$$b^* = \frac{0,4343(Ha - Ho)}{\log(Ha/Ho)}$$

BINOMIAL NEGATIVA

$$a_1 = \frac{\log(1 - b/a)}{\log(P_2 Q_1 / P_1 Q_2)}$$

$$a_2 = \frac{\log(1 - a/b)}{\log(P_2 Q_1 / P_1 Q_2)}$$

$$b = \frac{K \log(Q_2 / Q_1)}{\log(P_2 Q_1 / P_1 Q_2)}$$

$$P_1 = \frac{H_0}{K} \quad P_2 = \frac{H_a}{K}$$

$$Q_1 = 1 + P_1; Q_2 = 1 + P_2$$

La aplicación de las fórmulas para cada tipo de distribución espacial nos conduce a los siguientes resultados:

Poisson

$$a_1 = 20,8543$$

$$a_2 = -20,8543$$

$$b = 9,4825$$

$$d_1 = 20,8543 + 9,4913 \text{ N}$$

$$d_2 = -20,8543 + 9,4913 \text{ N}$$

Binomial negativa

$$P_1 = 1,125$$

$$Q_1 = 2,125$$

$$P_2 = 1,250$$

$$Q_2 = 2,250$$

$$a_1 = 45,5836$$

$$a_2 = - 45,5836$$

$$b = 9,4792$$

$$d_1 = 45,5836 + 9,4792 N$$

$$d_2 = - 45,5836 + 9,4792 N$$

Debe resaltarse que en ambas alternativas, la diferencia entre a_1 y a_2 viene dada por el signo en virtud de que α fue fijado igual a β ; de no haber sido así, los valores absolutos de los interceptas hubiesen resultado diferentes.

Los Gráficos 20 y 21 presentan las rectas producto de las ecuaciones calculadas y las zonas de decisión que se generan a partir de las mismas. La observación de los gráficos nos conduce a la ratificación de la dificultad práctica que se generaría al tratar de utilizarlos en el campo, en virtud de la necesidad de detenernos a ubicar, siempre con un nivel de aproximación, nuestros resultados en relación a las gráficas; y a la comprobación del efecto de la distribución espacial de las poblaciones de un organismo sobre el programa tendente a muestrearlas.

El asumir un tipo de distribución u otro, implica diferencias en los límites numéricos de decisión afectando en consecuencia el número de muestras necesarias para alcanzar una respuesta a la pregunta de si controlar o no.

Gráfico N° 20

Zonas de Decisión producto de un muestreo secuencial a una Población Cuya Distribución Espacial se ajusta a Poisson (Al Azar)

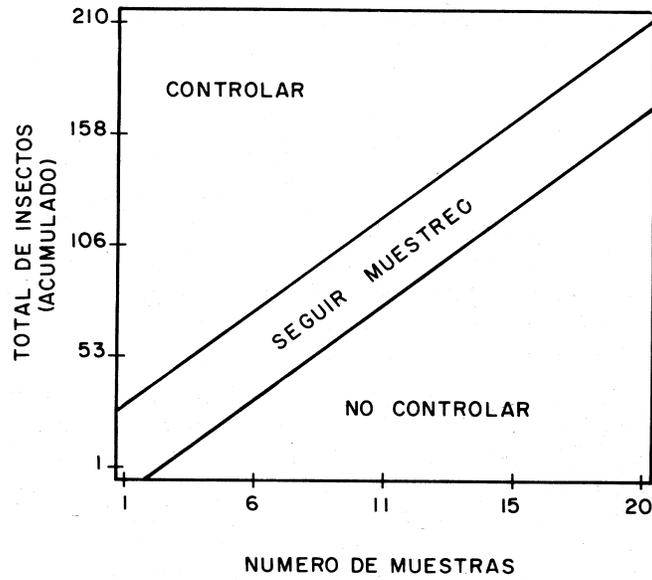
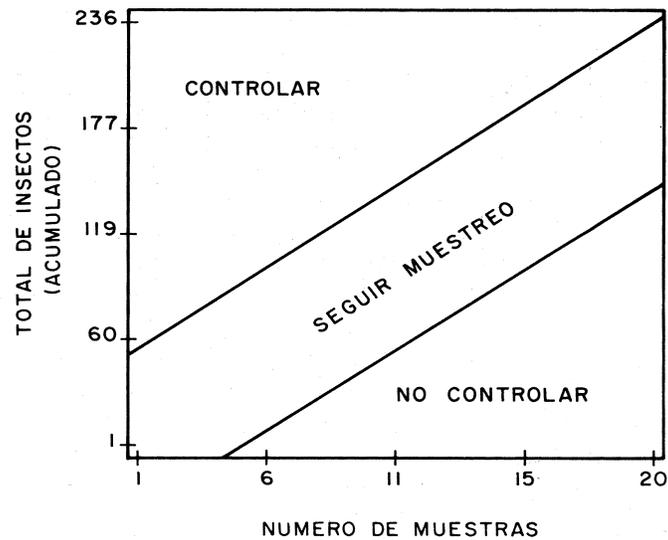


Gráfico N° 21

Zonas de Decisión Producto de un Muestreo Secuencial a una Población cuya Distribución Espacial se ajusta a la Binomial Negativa (Agregada)



como ya hemos señalado, a partir de estas gráficas se pueden elaborar tablas que facilitan la instrumentación del programa de muestreo secuencial en el campo. En el Cuadro 2 se plantea la relación entre el número de muestras y los límites de las clases que se generan de la aplicación de las ecuaciones ya presentadas para el caso de Poisson y la binomial negativa. Si dado un número de muestras, el valor acumulado de las capturas se mantiene dentro de los límites de la clase correspondiente, no habrá decisión y tendremos que continuar el muestreo.

Plan de Muestreo Secuencial que Indica para el Número de Muestras Tomadas, los Límites de las Clases para los Contajes Acumulativos, según la Distribución sea Poisson o Binomial Negativa

Número de insectos		
Número de muestras	Poisson	Binomial negativa
1	0-30	0-55
2	0-40	0-65
3	8-49	0-75
4	17-59	0-84
5	27-68	2-93
6	36-78	11-103
6	36-78	11-103
6	36-78	11-103
6	36-78	11-103
10	74-116	49-141
10	74-116	49-141
10	74-116	49-141
20	169-210	144-236

Si el mencionado valor está por encima del límite superior habrá necesidad de controlar, siendo lo contrario en caso de que este valor esté por debajo del límite inferior de la clase. El procedimiento descrito no es el único disponible para la estimación de las zonas de decisión. Iwao (Southwood, 1978; Boivin y Vincent, 1983) sugiere un procedimiento que permite dicha estimación mediante la utilización del intercepto y de la pendiente obtenidas en la regresión de la "agregación media" de Liyod (1967) *versus* la media de la densidad de la población (Iwao y Kuno, 1968), incorporando además el valor del umbral económico directamente a los cálculos necesarios.

Las zonas de decisión en este procedimiento se originan a partir del cálculo de dos curvas (superior e inferior) mediante la utilización de las siguientes fórmulas:

$$C_s = NxUE + t\sqrt{N[(a+1)UE + (b-1)UE^2]}$$

$$C_i = NxUE - t\sqrt{N[(a+1)UE + (b-1)UE^2]}$$

C_s = Curva superior

C_i = Curva inferior

N = Número de muestras

UE = Umbral económico

t = Valor de la t de Student al nivel de significación escogido, para una prueba de dos colas y con infinito número de grados de libertad.

a = Intercepción de la regresión Iwao- Kuno.

b = Pendiente de la regresión Iwao - Kuno.

Para la obtención de las dos curvas en referencia se hace necesario utilizar diferentes valores de N , lográndose de esta manera una representación gráfica que permite visualizar las zonas de decisión en forma similar al procedimiento convencional anteriormente descrito y de las cuales se pueden derivar tablas que faciliten su utilización práctica.

Adicionalmente se puede calcular el número máximo de muestras a tomar mediante la aplicación de la fórmula:

$$N_{max} = \frac{t^2}{d^2} [(a+1)UE + (b-1)UE^2]$$

N_{max} = Número máximo de muestras a tomar.

d^2 = Intervalo de confianza calculado para la media de la población

y el resto de las variables igual que en las fórmulas anteriores.

Este número máximo de muestras nos señala el momento en que debe detenerse el muestreo si no se ha alcanzado una decisión y esta situación debe interpretarse como indicativa de que la media de la población que está siendo muestreada está en el umbral económico y por lo tanto habrá necesidad de aplicar medidas de control.

Según Boivin y Vincent (1983) la aplicación del procedimiento descrito tiene las ventajas de no exigir un conocimiento en relación a la distribución espacial de la población; las medias obtenidas son evaluadas directamente contra el umbral económico y el muestreo tiene un momento predeterminado en el que debe detenerse y tomarse una decisión.

Cualquiera sea el procedimiento que se decida seguir, el muestreo secuencial tiene un importante papel que jugar en los programas de manejo de plagas, fundamentado en el ahorro que introduce en los planes de estimación poblacional. Ahorro y seguridad en cuanto a la decisión son elementos que no siempre se compaginan en el muestreo convencional y en cambio están implícitos e íntimamente ligados en el caso del muestreo secuencial.

La Supervisión de los Niveles Poblacionales de las Plagas y la toma de Decisiones en Función de la Predicción de su Ocurrencia

Hemos venido comentando sobre la forma más eficiente de lograr estimaciones de las poblaciones presentes en una determinada situación, como medio indispensable para generar recomendaciones ajustadas a la realidad. Lo expresado está de algún modo incompleto si no se hiciese referencia a los intentos de predicción de los ataques de plagas, basadas estas predicciones en el conocimiento que se haya acumulado en relación a las mismas.

Cualquier sistema de predicción del comportamiento de las poblaciones de una determinada plaga consta de cinco elementos importantes:

- Estimación de las poblaciones presentes en el campo.
- Predicción del desarrollo futuro de esas poblaciones.
- Cálculo de las pérdidas en rendimiento, resultantes de la acción de esas poblaciones.
- Comparación del valor de esas pérdidas con los costos de aplicar medidas de control, no hacerlo o repetir la estimación de la población antes de decidir.

En Holanda se ha desarrollado un sistema de supervisión y predicción de las poblaciones de plagas que afectan al trigo que recibe la denominación de EIPRE (Ward y Rabbinge, 1985).

EIPRE considera que los diferentes organismos plaga pueden interactuar, que la aplicación de un plaguicida puede afectar varias de las plagas y que el agricultor debe manejar el sistema como un todo en lugar de controlar especies individualmente.

Las predicciones y recomendaciones hacen referencia a campos de cultivo en particular y como consecuencia de esto las decisiones tienen que tomar en consideración las diferencias locales en cuanto a tipos de suelo, variedad

sembrada, rotación de cultivos, el estado de desarrollo de las plantas y la densidad poblacional de la plaga.

Las estimaciones de la población local se basan en evaluación de los individuos en términos de presencia o ausencia en un determinado número de plantas, en lugar de número de individuos por planta, a objeto de reducir el tiempo dedicado a esta actividad. La combinación de estas estimaciones a nivel de finca, con los datos regionales provenientes de trampas de succión, reducen aún más el tiempo de muestreo.

En Inglaterra la Estación Experimental de Rothamsted tiene una red de trampas de succión para áfidos que consta de 24 trampas en el Reino Unido, 3 en Holanda, 2 en Bélgica y 10 en Francia (Tatchell, 1982); esta red de trampas rinde información de los cambios diarios en las capturas de diferentes especies de áfidos que atacan los cereales y contribuye a tener una idea del nivel de infestación existente en las diferentes regiones.

Las predicciones en cuanto al desarrollo de esas poblaciones estimadas, se hacen utilizando modelos de simulación manejables mediante computadoras. La mayoría de los modelos dependen principalmente de la densidad de la plaga, la variedad sembrada, el estado de desarrollo de las plantas y las condiciones climáticas prevalecientes, para estimar el impacto sobre los rendimientos del cultivo.

Dada la variabilidad climática el modelo rinde conclusiones a corto plazo, unas pocas semanas cuando mucho, e incluye las posibilidades de error en la toma de decisiones.

El efecto de la población sobre los rendimientos toma en consideración el nivel de producción esperado para el cultivo así como las condiciones tanto agronómicas como climáticas que prevalecen.

El daño causado por los áfidos en trigo será despreciable si la producción va a ser baja, siendo de consideración sólo si el cultivo está bien fertilizado y convenientemente irrigado.

Las alternativas se calculan en base a aplicar o no insecticidas y/o fungicidas, incluyéndose en el caso de la aplicación los costos de producto, la mano de obra y el equipo necesario así como el daño causado por las ruedas de los equipos utilizados.

La decisión final se basa en la comparación costos beneficios; si los costos exceden los beneficios se recomienda no aplicar, si la situación es la contraria, la aplicación de plaguicidas es recomendada y si los costos son aproximadamente similares a los beneficios, se pospone la decisión y se continúan las estimaciones poblacionales, comenzándose de nuevo el proceso. Los agricultores reciben la

recomendación directamente a través de su agente de extensión o de compañías e individuos dedicados a estas actividades de supervisión y recomendación.

En Inglaterra existe un servicio particular que permite el acceso del agricultor triguero que posea un microcomputador, mediante la vía telefónica, a un programa que con unas preguntas muy concretas en relación a la situación de campo, genera una recomendación para cada caso en particular.

Lo discutido, que pudiese lucir fuera del alcance de nuestras posibilidades, no intenta otra cosa que enfatizar la posibilidad de tomar decisiones con bases mucho más cercanas a la realidad. La metodología existe y el acceso a ella es fácil; la difusión de las recomendaciones puede ajustarse a las capacidades reales existente, y la escogencia del método más adecuado para hacer llegar la información pasa a ser un reto que debemos enfrentar.

BIBLIOGRAFIA CITADA

BOIVIN, G, y C. VINCENT

1993 Sequential sampling for pest control programs. Agriculture Canada. Research Branch. Contribution 1983. 14E. 29p.

CLAVIJO, S.

1978 Distribución espacial del gusano cogollero de maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Fac. Agron. (Maracay) Alcance 26:93-99.

COCHRAN, W. G.

1963 Sampling techniques. John Wiley and Sons. New York. 431 p. EVANS, D.A.

1953 Experimental evidence concerning contagious distributions in ecology. Biometrika. 40: 168-211

FERNANDEZ, B.A

Morfología, biología y ecología de la chicharrita del maíz, *Peregrinus maidis* (Ashmed, 1980) (Homoptera: Delphacidae). Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía. UCV. 183p

FERNANDEZ, R. Y S. CLAVIJO

1985 Efectos de dos insecticidas (Diazinon y *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaky sobre los rendimientos del maíz, el porcentaje de infestación por *Spodoptera frugiperda* (S) y el grado de daño en parcelas experimentales de maíz. Bol. Ent. Venezuela N.S. (7): 53-60.

FYE, R.E.

1974 Populations defined and approaches to measuring population density, dispersal and dispersion. Proceedings of the summer Institute of Biological Control of plant insects and diseases. University Press of Mississippi Jackson:4661.

- GARCIA, J. L.
1982 Estudio sobre la biología, comportamiento y ecología de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía. UCV. 222 p.
- HARCOURT, D. G.
1961 Desing of a sampling plan for studies on the population dynamic, of the diamond back moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera:Plutellidac) Can. Ent. 93: 820-831.
- HIGUERA, A., O. DOMINGUEZ, A. CASANOVA, H. HIMMELREICE, A. TIMAURE y E. INCIARTE.
1981 Estimación del daño causado por *Spodoptera frugiperda* Smith en sorgo granero (*Sorghum bicolor* Moench) a través de modelos de regresión múltiples. VIII Congreso Soc. Col. En. Medellín, Colombia. Junio 1981. 29p. (multigrafiado).
- IWAO, S.
1981 An approach to the analysis of aggregation patterns in biological populations. Spatial patterns and statistical distributions. The Pennsylvania State University Park-London: 461-513.
- IWAO, S. y E. KUNO.
1968 Use the regression of mean crowding mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analisis of variance. Res. Popul. Ecol. 210:214.
- KARANDINOS, M. G.
1976 Optimum sample size and comments on some published formulae. Bull. Entomol. Soc. Am 22:417-421.
- KOGAN, M. y D. C. HERZOG.
1980 Sampling methods in soybean entomology. Springer-Verlag. New York. 587p.
- LLOYD, M.
1967 Mean crowding. J. Anim. Ecol. 36:1-30.
- MORISITA, M.
1962 Ig-Index, a measure of dispersion of individuals. Res. Popul. Ecol 5:1-7.
- MORRIS, R. F.
1955 The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm. Can J. Zool. 33: 225-294
1960 Sampling insect populations. Ann Rev. Entomol. 5:243-264.
- OSANGER, J. A.
1976 The rationale of sequential, sampling, with emphasis on its use on pest management. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. 1526. 19p.
- PIETERS, E. P.
1978 Bibliography of sequential sampling plans for insects. Bull. Entomol. Soc. Am. 24:372-374.
- POOLE, R. W.
1974 An introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill. New York. 532p.

- RUESINK, W. G.
1980 Introduction to sampling theory. Sampling methods in soybean entomology. Springer-erlag. New York-. 61-78.
- RUESINK, W.G. y M. KOGAN.
1982 The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. Introduction to insect pest management. John Wiley and Sons. New York. : 315-352.
- SEGNINI, S.
1984 Biología y ecología poblacional de *Empoasca kraemeri* Ross y Moore, (Homoptera: Cicadellidae) en caraota (*Phaseolus vulgaris*).
Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía. UCV. 207 p.
- SHEPARD, M.
1980 Sequential sampling plans for soybean arthropods. Sampling methods in soybean entomology. Springer-Verlag. New York: 79-93.
- SOUTHWOOD, T. R. E.
1978 Ecological Methods. Halsted Press. New York. 524 p.
- STITELER, W. M. y G. P. PATIL.
1971 Variance to mean ratio and Morisita's index as measures of spatial patterns in ecological populations. Spatial patterns and statistical distributions. The Pennsylvania State University Press. University Park-London. : 423-459.
- STRICKLAND, A. H.
1961 Sampling crop pests and their hosts. Ann. Rev. Entomol. 6:131-146.
- TATCHEL, G. M.
1982 Aphid monitoring and forecasting as an aid to decision making. Proc. 1982. British Crop. Protection Symposium: 99-112.
- TAYLOR, L. R.
1971 Aggregation as species characteristic. Spatial Patterns and Statistical Distributions. The Pennsylvania State University Press. University Park-London: 357 - 377.

1984 Assessing and interpreting the spatial distributions of insects populations. Ann Rev. Entomol. 29: 321-357.
- WARD, S. A. y R. RABBINGE.
1985 Pest forecasting. Integrated Control of Insect Pest: an International Seminar. British Council Course 531. Southampton. Inglaterra, sin paginación.
- YEPEZ, G.
1985 Estudio sobre algunos aspectos de la ecología de *Andrector arcuatus* Olivier, *A. ruficornis* Olivier y *Gynadrobrotica equestris* Fabricus (Coleoptera: Chrysomelidae) en Caraota (*Phaseolus vulgaris*). Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UCV. 110 p.

CAPITULO V

LEGISLACION Y MANEJO DE PLAGAS

EL CONTROL LEGAL Y SUS OBJETIVOS

El control de plagas, independientemente de la filosofía con que se adelante, requiere de la existencia de un marco legal que regule y establezca los límites dentro de los cuales se instrumentarán las medidas destinadas a ese fin. Este requerimiento no es sólo garantía para el éxito de la acción específica que se intenta, sino que constituye un elemento de seguridad más allá de ella, tratando de evitar efectos colaterales la acción regulatoria que se adelanta.

El control legal está representado por el conjunto de leyes, resoluciones, normas y cualquier otro tipo de instrumento jurídico que se promulga con la intención de evitar tanto los problemas causados por las plagas, como aquellos que se derivan de las acciones tendentes a reprimirlas. De esta manera, el control legal tratará en una primera aproximación de prevenir la entrada de plagas inexistentes en una determinada localidad geográfica (país o lugar), mediante mecanismos que permitan su detección y exclusión inmediata. Si esto no resulta exitoso, se intentará evitar su establecimiento en la nueva localidad mediante acciones dirigidas a suprimirlas dentro de los límites en los que ocurrió la introducción, y de no lograrse, el próximo paso demandará todos los esfuerzos, con el fin de impedir la dispersión hacia otros lugares libres de ellas.

Cada uno de los objetivos señalados (evitar la introducción, el establecimiento y la dispersión), así como los que habrá que establecer de no alcanzarse con éxito los mismos, necesitan de soportes normativos, con carácter legal o no, dependiendo de las circunstancias de cada país, pero que requieren al menos ser aceptados como códigos de conducta que obliguen a las partes involucradas en este problema que hemos calificado repetidamente como complejo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) señala que cada país impone, a través de sus instituciones, regulaciones propias para prevenir, erradicar o controlar las plagas y el uso de plaguicidas, mediante medidas que en unos casos tiene carácter legal y en otros son de orden operativo (FAO 1986).

Herrera (1981) agrupa las medidas de carácter legislativo aplicables al control de plagas y enfermedades en cuatro categorías: las de cuarentena, las de erradicación, la reglamentación de los cultivos y la reglamentación de los plaguicidas. A nuestros efectos, preferimos tratar el tema en función de los objetivos ya mencionados dejando en este momento claramente establecido que no existe superposición cronológica entre ellos y que utilizaremos el concepto de país en el sentido político, ya que es en los países donde se dictan las

regulaciones y no porque las fronteras tengan ningún sentido práctico desde el punto de vista biológico.

EVITAR LA INTRODUCCION DE ESPECIES INEXISTENTES

Desde que se puso en evidencia que con la movilización de personas y productos - tanto en ellos como en los vehículos utilizados - ocurrían introducciones involuntarias de organismos perjudiciales de una región a otra, se empezaron a diseñar y aplicar medidas que, sin impedir las relaciones comerciales entre países ni el flujo internacional de viajeros, permitiesen un cierto nivel de seguridad fitosanitaria en la importación de insumos y en el movimiento de pasajeros. A tal efecto se establecieron con mayor o menor rigurosidad, dependiendo del país, inspecciones fitosanitarias a nivel de lugares de entrada, tanto en puertos como en aeropuertos y pasos fronterizos terrestres, con el objeto de verificar el cumplimiento de las resoluciones que condicionan, en algunos casos, y prohíben, en otros, la entrada de materiales vegetales.

Con el objeto de facilitar el control, en los puntos de inspección es una práctica común - como requisito de importación - solicitar certificados fitosanitarios de exportación emitidos por la autoridades competentes del país de origen; la exigencia de estos certificados y la revisión de muestras del material que se desea importar puede evitar la introducción de especies inexistentes en un determinado país.

La primera medida legal en contra de alguna plaga, a nivel mundial, parece haber sido la tomada en Alemania en 1873, al prohibirse la entrada de productos vegetales que pudiesen acarrear desde América a la filoxera de la vid, ***Phylloxera vitifoliae*** (Homoptera: Phylloxeridae), plaga devastadora de los viñedos (National Academy of Science, 1969).

El éxito de las inspecciones sanitarias en los lugares de entrada a los países y las exigencias de certificados sanitarios de exportación, han contribuido a que muchas especies plagas, a pesar de afectar productos de intenso comercio internacional, se hayan mantenido ausentes en países fundamentalmente importadores. Según Byerly (1972), el coquito khapra, ***Trogoderma granarium*** (Coleoptera: Dermestidae), la mosca del mediterráneo ***Ceratitis capitata*** y la mosca oriental de las frutas ***Dacus*** spp, ambas Diptera: Tephritidae, entre otras especies, no han sido introducidas a los Estados Unidos gracias a restricciones fitosanitarias y a intercepciones a nivel de puntos de entrada a ese país.

En Venezuela, al igual que otras muchas partes del mundo, son frecuentes las intercepciones de materiales vegetales, afectados por plagas o no, que intentan ser introducidas al país sin las correspondientes autorizaciones legales, así como también es frecuente que al inspeccionar materiales vegetales amparados por permisos y certificados fitosanitarios, se encuentre que los mismos están afectados por plagas y enfermedades. Osorio (1977) y Osorio y Blanco (1986)

señalan un conjunto de normas y procedimientos utilizados por los inspectores de sanidad vegetal en su labor de intercepción de plagas y enfermedades ausentes de Venezuela. Adicionalmente, Osorio (1976 y 1981) presenta lista de insectos inexistentes en el país y que a la vez son plagas de importancia en otras regiones, con señalamiento de sus distribuciones geográficas conocidas, información esta que puede ayudar al personal involucrado en los procesos de permisología y supervisión de importaciones vegetales.

Cuando hablamos de evitar la introducción nos encontramos con dos posiciones, una más flexible que la otra y que mantiene que, siendo sin discusión el objetivo fundamental el importar materiales sanos y completamente libres de plagas y enfermedades, es posible aceptar, después de haber sido convenientemente tratados, materiales afectados por especies ya existentes en el país, manteniendo la rigurosidad sólo para las especies exóticas, ante cuya presencia sólo es aplicable el reenvío de los productos a su lugar de origen o su destrucción total. A pesar de los esfuerzos que se hacen con la intención de evitar la introducción de especies exóticas, esfuerzos que varían de país a país en función del grado de sensibilidad al problema y de los recursos disponibles, un cierto porcentaje logra pasar las barreras legales, dando así el primer paso hacia convertirse en plagas locales, ampliando de esta manera el ámbito de su distribución geográfica.

En nuestras condiciones, la polilla guatemalteca de la papa ***Tecia solanivora*** (Lepidoptera: Gelechiidae), logró introducirse - a pesar de haber sido detectada - gracias a una falla humana en la cadena de toma de decisiones que permitió que "semilla" de papa infectada con el insecto ingresara al país, se plantase en el estado Táchira y de allí comenzara a diseminarse hacia otras regiones.

Queremos destacar que lo usual es que se le preste atención a aquellas especies que han tenido un comportamiento dañino en otras latitudes lo que las ha llevado a ser consideradas plagas de la agricultura; sin embargo, especies aparentemente inofensivas o de baja capacidad para generar daño económico, introducidas en ambientes distintos a los usuales, pueden manifestar capacidades de daños desconocidas o de magnitudes muy superiores a las tradicionales, por lo que la supervisión debe ser ampliada a todo organismo que acompañe a los productos que se pretenden importar, aplicando las medidas sin la discriminación que se deriva de una historia conocida.

Un elemento importante en el cumplimiento de todos los objetivos del control legal - y en particular en el de evitar la introducción de especies inexistentes - dada la premura con que deben tomarse las decisiones, es precisamente el elemento humano. La existencia de reglamentación y de facilidades para la realización de labores de inspección no garantizan por sí solas el éxito de la intención; la escogencia y capacitación del personal al frente de las labores y el dotarlos de posibilidades reales para decidir autónomamente, sujetas esas decisiones a posteriores revisiones técnicas con el fin de evitar repetición de errores, son necesidades de importancia no siempre tenidas en cuenta.

RESOLUCIONES VENEZOLANAS DESTINADAS A EVITAR LA INTRODUCCION DE PLAGAS

En Venezuela existe un conjunto de resoluciones que han sido promulgadas con la intención de evitar la introducción de plagas. Algunos ejemplos de estas resoluciones son:

- Prohibición de importar toda clase de frutas frescas, plantas vivas y partes de plantas que vengan en el equipaje o con las personas que arriben al país por cualquier vía (1947).
- Prohibición de importar todo material vegetal de Caña de Azúcar (1948).
- Prohibición de importar semillas y plantas de Cafeto y sus productos (1952).
- Prohibición de importar semillas de Algodón (1958).
- Normas para la importación de plantas vivas o partes vivas de las mismas, con fines de reproducción, siembra u ornato (1960).
- Obligación de autorización previa por parte de sanidad vegetal de toda importación de vegetales, sus productos y subproductos previamente de los continentes Africanos, Asiático y sus islas, de Brasil, de Colombia y de México (1972).
- Obligación de inspección en el momento de arribo, de los medios de transporte que lleguen al país (1976).
- Normas para la importación de semillas de sorgo (1983).

EVITAR EL ESTABLECIMIENTO DE ESPECIES DE RECIENTE INTRODUCCION

Confirmada la falla de las medidas que intentan impedir la introducción de especies exóticas potencialmente plagas, a localidades libres de ellas, se hace indispensable intentar evitar el establecimiento de las mismas en dichas localidades. Es esta la única oportunidad en la que en nuestra opinión la erradicación tiene vigencia tanto conceptual como práctica. Sólo con especies de reciente introducción, con una limitada distribución en el espacio y para las cuales existan métodos eficientes de aniquilación podrá explotarse con algún porcentaje de éxito la alternativa de la erradicación.

Knipling (1979) señala que la erradicación de un insecto potencialmente dañino, accidentalmente introducido a un nuevo ambiente, debe ser intentada si existe una oportunidad razonable de éxito; una demora para observar cómo se comporta, o para esperar el desarrollo de nuevos métodos de control puede significar la

pérdida de la oportunidad de prevenir costos, tanto económicos como ambientales.

La bibliografía entomológica es repetitivo en cuanto a ejemplos exitosos de erradicación de especies plagas, lo que enfatiza la dificultad de llevar a la práctica esta estrategia.

El más utilizado de los ejemplos es el de la mosca de la gusanera del ganado bovino ***Cochliomyia hominivorax*** (Diptera: Calliphoridae), la cual fue erradicada en 1953 de la isla de Curazao, mediante la liberación de machos estériles, experiencia esta que fue transferida con éxito al sur de los Estados Unidos. Perkins (1982) hace un recuento detallado de ambas experiencias así como de la mucho menos satisfactoria intentada en contra del picudo del algodón, ***Anthonomus grandis*** (Coleoptera: Curculionidae).

Otro insecto que ha sido sometido a intensos procesos de erradicación en cada oportunidad en la que ha sido detectada su introducción a los Estados Unidos es la mosca del mediterráneo ***Ceratitis capitata*** (Diptera: Tephritidae). La presencia de este insecto es constantemente vigilada en las zonas frutícolas de California y Florida mediante trampas cebadas con atrayentes; tan pronto como se detecta algún individuo, es reseñado de inmediato este hecho en los periódicos de los estados mencionados y se comienza una intensa campaña de aspersiones generalizadas sobre la zona de captura, usualmente consistentes en una mezcla de un atrayente más malatión, con el fin de eliminar toda posibilidad de establecimiento de poblaciones locales.

En México se ha realizado un intenso trabajo de erradicación, por zonas, contra la mosca del mediterráneo, mediante la liberación de machos estériles obtenidos de la irradiación de pupas, el cual se ha manifestado exitoso, conduciendo a la delimitación de áreas libres de la plaga, en las cuales los frutales están exentos tanto de los efectos directos como de las restricciones para exportación que se le aplican a las zonas afectadas por la presencia del insecto.

Esta misma especie, ***C. capitata***, representa el ejemplo venezolano (Estado Zulia) que conocemos de referencia en cuanto a intentos de erradicación de un insecto, los cuales no resultaron, aparentemente, por motivos operativos entre los que destaca la carencia de aislamiento de las zonas de liberación de los machos estériles en relación a áreas que actuaron como fuentes de reinfestación.

La única disposición legal en Venezuela la representa la resolución de la Dirección de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Cría que establece una campaña para la erradicación, prevención y control de la enfermedad carbón de la caña de azúcar" (MAC- DSV-297 del 11109178).

EVITAR LA DISPERSION DE ESPECIES PLAGA

Una vez establecida una nueva plaga en una determinada localidad geográfica, después de haberse intentado o no la erradicación tan pronto como se detectó su presencia, se hace mandatorio tratar de evitar su dispersión hacia otras localidades libres de ella.

La cuarentena vegetal se define como el proceso legalmente establecido, mediante el cual productos vegetales, provenientes de localidades donde existen problemas fitosanitarios específicos, son sometidos a restricciones o prohibiciones en su movilización hacia lugares libres de esos problemas. El concepto fu inicialmente aplicado a viajeros provenientes de regiones en las que existían enfermedades contagiosas, siendo sometidos los mismos, así como los tripulantes de las naves que los conducían, a un período de observación de 40 días (de allí el nombre) después del cual si no se manifestaban síntomas, se les dejaba transitar libremente.

La National Academy of Science (1969) señala que las cuarentenas son responsabilidades de los Gobiernos ante la imposibilidad de que acciones individuales sean capaces de impedir la introducción y diseminación de las plagas. En este planteamiento queda implícita la dualidad del propósito de la medida, pues a la par del logro de su objetivo fundamental, que hemos señalado como el de impedir la dispersión de las plagas, se alcanza como consecuencia evitar sus introducciones a zona libres de ellas.

Según su naturaleza, pueden dividirse en cuarentenas internacionales y cuarentenas nacionales, de acuerdo a la ubicación político geográfica de la región donde se implante, así como pueden ser absolutas o relativas en función al ámbito restrictivo que se les imprima. Obviamente serán internacionales las que se establezcan en relación a importaciones de productos provenientes de países o regiones extranjeras, quedando las nacionales para las restricciones o prohibiciones del movimiento de productos entre localidades de un mismo país. Hablaremos de absolutas cuando las mismas prohíban de manera taxativa la importación de productos provenientes de determinadas localidades geográficas, mientras que hablaremos de relativas cuando la admisión de las importaciones esté supeditada al cumplimiento de ciertos requisitos en el país o localidad de origen y a la observación cuarentenaria en el lugar de entrada, antes de la utilización prevista para los productos que se intentan importar.

Para que las cuarentenas sean lo más efectivas posible es necesario que en la zona afectada se apliquen medidas de control a la especie que se desea mantener confinada, de manera de reducir sus niveles poblacionales y por ende las posibilidades de dispersión. Su aplicación es un proceso complicado que usualmente requiere de una declaración oficial de parte de los gobiernos que las implantan, donde se explican las razones que las hacen indispensables y se les da el carácter legal que las convierten en medidas obligantes.

La instrumentación efectiva dependerá de la existencia de estructuras organizativas ágiles, dotadas de personal capacitado para la Fijación de sus alcances, así como de la supervisión de las labores tendentes a su cumplimiento.

Precisamente en este momento luce indispensable hacer dos observaciones. La primera tiene que ver con el significado del término cuarentena, que para algunas personas ha pasado a ser sinónimo de control legal, ya que en él intentan incluir todos los aspectos relativos a las regulaciones destinadas a impedir la introducción, el establecimiento y la dispersión de plagas. Cuarentena es un término mucho más restringido, que define la intención de aislar geográficamente a plagas de importancia económica, evitándose de esta manera su dispersión. Requiere de una declaración legal específica, la medida se toma después de considerar todos los aspectos involucrados en la decisión y quizás pudiésemos decir que infortunadamente los criterios que privan no son exclusivamente biológicos.

Es precisamente en función de esto último que debemos hacer la segunda observación: en un mundo cada vez más fácilmente comunicado y con unas relaciones comerciales que rebasan los intereses políticos nacionales, la sanidad agropecuaria y las cuarentenas como parte de ésta, han pasado a constituirse prácticamente en la única restricción al movimiento de productos agrícolas entre países. En tal sentido, cada día se nota cómo, a pesar de las declaraciones oficiales, distintos países a la par de disminuir las barreras arancelarias, aumentan las exigencias sanitarias pasando éstas a constituirse, ya no en protecciones técnicas, sino en instrumentos de restricción comercial aplicados particularmente a los países en vías de desarrollo en sus relaciones con los desarrollados, aunque también funcionan entre pares, a nivel tanto de los desarrollados como de los que intentan serlo.

LEGISLACION CUARENTENARIA VENEZOLANA

En Venezuela existen unas pocas restricciones legales que establecen cuarentenas, todas ellas de carácter nacional y aplicadas con la intención de evitar la dispersión de enfermedades; entre estas están:

- Se prohíbe el traslado de plantas de cacao, partes de ellas, frutos y almendras del mismo cultivo, tierras, sacos usados en otros envases que se hayan utilizado para la recolección, beneficio o transporte, desde los estados Anzoátegui, Bolívar, Miranda, Monagas y Sucre, así como de los Territorios Federales Delta Amacuro y Amazonas, con el fin de evitar la diseminación de la enfermedad "escoba de bruja" causada por el hongo ***Marasmius pernicius*** (1957)
- Se prohíbe el traslado de plantas y partes de plantas de cacao, excepto la almendra beneficiada, desde el estado Zulia a cualquier otro sitio de la

república, con el objeto de evitar la dispersión de la enfermedad fungosa causada por *Monilia* spp. (1962).

- Se prohíbe la importación al distrito Colón del Estado Zulia, de plantas de Cacao o partes de ésta (mazorcas, almendras, estacas, yemas) de cualquier lugar de Venezuela con la finalidad de evitar la Introducción de las enfermedades "necrosis del tronco" causada por el hongo *Ceratocystis, flmbriata* y "escoba de bruja" producido por el hongo *Marasmius perniciosus* (1965).
- Se prohíbe la movilización de "semillas" (hijos) de plátanos y cambures de los estados Mérida, Trujillo y Zulia hacia otros sitios del país para evitar la diseminación de enfermedades, específicamente la bacteriana conocida como "pudrición maloliente" o "pudrición acuosa del pseudotallo" producida por *Erwinia carotovora* (1972).
- Restricción que declara en cuarentena la zona del Estado Táchira así como cualquier otra región del país en la que las plantas de café presenten síntomas de estar afectadas por la enfermedad "roya del cafeto" causada por el hongo *Hemileia vastatrix* (1984).

El texto de los instrumentos venezolanos legales vigentes en relación con lo tratado hasta ahora y promulgados hasta 1976, puede ser consultado en la publicación Leyes y Resoluciones sobre Sanidad Vegetal (Ministerio de Agricultura y Cría, 1976). Complementariamente, Osorio y Blanco (1986) presentan una reseña de las normas fitosanitarias venezolanas con señalamientos en cuanto a fecha e identificación del instrumento legal, objetivos y resumen de contenido, así como al ámbito de aplicación. En adición a lo señalado, se pudo constatar la existencia de las siguientes resoluciones a nivel de la Dirección de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Cría:

- Creación de la Comisión Nacional de Prevención contra la Broca del Café (*Hypothenemus hampei*) y control de Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix*) (Gaceta oficial 33.906 del 17-02-88).
- Normas de las actividades de producción, comercialización y movilización de plantas frutales, forestales, ornamentales y de material vegetal de propagación en el país (Gaceta Oficial 271.537 del 27-10-89).

LEYES VENEZOLANAS DE IMPORTANCIA EN SANIDAD VEGETAL

En nuestro país el control legal se basa en unas pocas leyes, en función de las que se han promulgado reglamentos, normas y resoluciones que intentan cubrir todos los aspectos inherente al área. En primer lugar tenemos la Ley sobre defensas sanitarias, vegetal y animal (Gaceta Oficial 20.566 del 15-08-41), la cual comprende todo lo que se relaciona con el estudio, prevención y combate de las enfermedades, plagas y demás agentes morbosos perjudiciales a los animales,

vegetales y sus respectivos productos. Esta es la ley fundamental y le confiere al Ministerio de Agricultura y Cría la autoridad para dictar las medidas que juzgue necesarias a los fines del cumplimiento de sus objetivos, facultándolo especialmente en su artículo 20 para:

- a) prohibir o restringir y reglamentar la importación, exportación y traslado de los vegetales, animales y sus respectivos productos;
- b) determinar los puertos y las aduanas por donde únicamente se permita la importación o exportación de vegetales, animales y sus respectivos productos, estableciendo las formalidades a cumplir;
- c) ordenar el tratamiento, cuarentena o destrucción de vegetales, animales y sus productos, si previa comprobación se demostrasen estar afectados por elementos nocivos;
- d) regular épocas de siembra, cosecha y otras operaciones agrícolas cuando esto sea importante en el control de plagas;
- e) establecer las condiciones que deben cumplirse en la explotación y conservación de los vegetales y sus productos con el objeto de protegerlos del ataque de las plagas;
- f) adoptar medidas especiales que hayan que aplicarse a cada una de las plagas teniendo en cuenta sus características, determinar el corte de árboles en lugares públicos, según su estado patológico, debiendo proveer su inmediata replantación;
- g) dictar disposiciones referentes a la protección de las especies animales que se alimentan exclusivamente de insectos perjudiciales;
- h) reglamentar la importación, expendio y uso de los productos zooterapéuticos, sus anexos y derivados con destino exclusivo a la terapéutica vegetal;
- i) prohibir la importación de envases, sacos y empaques usados para la manipulación, depósito o transporte de productos y subproductos vegetales o animales.

De lo expuesto, así como del resto de su contenido, se deriva el carácter fundamental que le hemos asignado y que adquiere especial relevancia cuando recordamos que fue promulgada en 1941, reflejando en un texto lo que era para ese momento la tendencia predominante en el control de plagas: prevención y control natural. Destaca particularmente la facultad de dictar disposiciones de protección para las especies animales "que se alimentan exclusivamente de insectos perjudiciales a la agricultura y cría", así como la referencia tangencial a los productos químicos de uso en la protección vegetal, los cuales estaban

regulados para esa época por la Ley de abonos, insecticidas y fungicidas para uso agrícola o pecuario y de alimentos concentrados para animales dictada el 15 de octubre de 1936 y que se constituye en el primer instrumento del control legal en Venezuela (Doreste, 1979).

La segunda de las leyes, que tiene particular importancia, es precisamente la "Ley de abonos y demás agentes susceptibles de operar una acción benéfica en plantas, animales, suelos o aguas" la cual reemplaza con otro nombre a la originalmente dictada en octubre de 1936 y en cuyo texto (Gaceta Oficial 27.498 del 23-07-64) se le confiere al Ministerio de Agricultura y Cría la representación del Estado en todas las materias relacionadas a sustancias o agentes susceptibles de operar una acción benéfica en plantas, animales, suelos y aguas. El artículo 4º de esta ley señala que el Ejecutivo Nacional reglamentará todo lo concerniente a la preparación, importación, exportación, inspección, regulación, almacenamiento, compra, venta, distribución y uso, en general, de las sustancias o agentes objeto de la misma, particularmente:

- a) abonos y demás productos que influyen favorablemente en la nutrición, crecimiento y desarrollo de las plantas;
- b) fungicidas, bactericidas, insecticidas, aracnidas, nematocidas, roenticidas y en general, cualquiera otra sustancia o agente destinado a prevenir, exterminar o reducir las enfermedades y plagas que atacan a las plantas, a sus partes o a sus productos;
- c) herbicidas, defoliantes, hormonas, antibióticos o sucedáneos utilizados en la agricultura o en la cría y cualesquiera otra sustancia o agentes que puedan dar lugar a cambio, modificación o acción benéfica en Plantas, animales, suelos o aguas , y
- d) alimentos, materias primas alimenticias y suplementos de la nutrición animal.

Tanto la Ley sobre defensas sanitarias vegetal y animal como la Ley de abonos y demás agentes susceptibles de operar una acción benéfica en plantas, animales, suelos y aguas han sido reglamentadas en forma parcial según Decreto que apareció en la Gaceta Oficial 30.740 del 11-07-75 manteniéndose así mismo vigente todo lo que no colida con este reglamento y que está contemplado en el Reglamento de la Ley de abonos, insecticidas y fungicidas para usos agrícolas y pecuarios y de alimentos concentrados para animales promulgado según Gaceta Oficial 23.903 de 08-08-52.

Venezuela, mediante la Ley aprobatoria de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, 1951, se adscribe para efectos internacionales a lo aprobado por la Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, celebrada en Roma en 1951, acogiendo el texto modificado en 1953 .(Gaceta Oficial 27.92 del 05-01-66). Esta ley obliga a los

países signatarios a: organiza servicios nacionales de protección fitosanitaria, expedir certificados fitosanitarios a sus productos vegetales destinados a la exportación, establecer requisitos de importación según sus necesidades y después de haberlos justificado públicamente cooperar para el establecimiento del servicio de información internacional sobre plagas y enfermedades, así como intervenir en campañas fitosanitarias de ámbito internacional y fundar organizaciones regionales de protección fitosanitaria, las cual actúen como coordinadoras de las actividades encaminadas alcanzar los objetivos de la Convención.

En función, precisamente, de este último aspecto se promulgó la Ley aprobatorio del convenio de sanidad agropecuaria entre Colombia, Ecuador y Venezuela que crea la Organización Bolivariana de Sanidad Agropecuaria (OBSA) según Gaceta Oficial 28.722 del 26-09-68. Dicha organización tiene como finalidad la fijación de normas preventivas y la coordinación actividades tendentes a combatir, reprimir las enfermedades o investigar plagas que pudieran afectar la agricultura y la ganadería de los Estados Miembros, mediante la unificación legislativa, la adopción de normas generales para la producción de plaguicidas y la capacitación técnica del personal.

Los fines de esta ley se ve ampliados, en términos geográficos, por la Decisión 92 de Comisión del Acuerdo de Cartagena, órgano máximo de Integración Andina, según la cual se establece un Sistema Andino de Sanidad Agropecuaria que comprende los siguientes elementos: el diagnóstico sanitario continuo de la agricultura la ganadería de la subregión, el registro de las normas fitosanitarias y zoonosanitarias que se aplican al comercio agropecuario entre 1 países miembros, así como desde otros países hacia la subregión y el establecimiento de mecanismos de coordinación subregional de acciones para la protección sanitaria, así como para la exclusión y erradicación en los casos aplicables (Acuerdo de Cartagena, 1975).

Otra ley que tiene aplicaciones en el control de plagas y sobre todo en las actividades conexas a éste, es la Ley Orgánica del Ambiente decretada según Gaceta Oficial 31.004 del 1606-76 y en la que se establecen los principios rectores para la conservación, defensa y mejoramiento de; ambiente en beneficio de la calidad de vida. En el artículo 3º de esta ley, se clarifican los aspectos que comprenderán la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y entre éstos destacan la prohibición o corrección de actividades degradantes del ambiente, el control, reducción o eliminación de factores, procesos o componentes del ambiente que sean o puedan ocasionar perjuicios a la vida del hombre y de los demás seres, y la orientación de los procesos educativos y culturales a fin de fomentar conciencia ambiental.

La Ley orgánica de prevención, condiciones y medio ambiente de trabajo promulgada en la Gaceta Oficial 3850 Extraordinario del 18-07-86, establece un conjunto de lineamientos en favor de la seguridad, salud y bienestar de los trabajadores, que por sus incidencias sobre las actividades del control de plagas,

particularmente en los aspectos relacionados con plaguicidas químicos, deben ser tomados en cuenta y constituirse en elemento que favorezca una utilización más eficiente y racional de dichos productos.

Finalmente, la Ley Penal del Ambiente decretada el 3 de enero de 1992 según Gaceta Oficial 4358 Extraordinario, tipifica como delitos todo aquello que viole las disposiciones tendentes a la conservación, defensa y el mejoramiento del ambiente, estableciendo sanciones penales para los violadores así como las medidas precautelativas, de restitución y de reparación a las que hubiere lugar. La mencionada ley señala específicamente en el Título II como “delitos contra el ambiente” los siguientes:

- 1) la degradación, envenenamiento, contaminación y demás acciones o actividades capaces de causar daños a las aguas;
- 2) el deterioro, envenenamiento, contaminación y demás acciones o actividades capaces de causar daño al medio lacustre, marino y costero;
- 3) la degradación, alteración, deterioro, contaminación y demás acciones capaces de causar daños a los suelos, la topografía y el paisaje;
- 4) el envenenamiento, contaminación y demás acciones capaces de alterar la atmósfera o el aire;
- 5) la destrucción, contaminación y demás acciones capaces de causar daño a la flora, la fauna, sus hábitats o a las aéreas bajo régimen de administración especial;
- 6) las omisiones en el estudio y evaluación del impacto ambiental,
- 7) el manejo inapropiado de los desechos tóxicos o peligrosos.

De la revisión de los instrumentos legales mencionados puede concluirse que nuestro país posee el soporte legal suficiente para adelantar programas de sanidad vegetal no sólo válidos desde el punto de vista de su impacto sobre las plagas sino seguros en cuanto a sus efectos colaterales. Este soporte legal se pone claramente en evidencia al revisar el conjunto de otros instrumentos, algunos ya mencionados, que apoyándose en las leyes tienden a impedir la aparición de nuevos problemas con plagas así como a reglamentar y orientar el enfrentamiento con los existentes (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, 1974, y Ministerio de Agricultura y Cría 1976).

Mención y tratamiento particular se merece en función de su importancia, la legislación correspondiente a los plaguicidas de uso agrícola en Venezuela. Recientemente, el 8 de enero de 1992, aparece en la Gaceta Oficial 34877, el Decreto 1847 mediante el cual se promulga el Reglamento General de Plaguicidas que reemplaza al Reglamento General de Pesticidas (Ministerio de Agricultura y

Cría, 1976) decretado el 9 de julio de 1968 y que había venido actuando desde entonces como instrumento central de regulación de la industria, el comercio y la aplicación de los agroquímicos, ayudado por todo un conjunto de normas y procedimientos elaborados en función de necesidades específicas.

El nuevo Reglamento, versión muy modificada en lo fundamental de una proposición elaborada por una comisión integrada por representantes de los ministerios de Ambiente, Agricultura y Sanidad, así como de la industria agroquímica y de asociaciones profesionales, intenta darle coherencia a la acción del Estado venezolano en esta importante materia, mediante la creación de la Comisión Técnica de Plaguicidas como órgano asesor del gobierno nacional en todo lo concerniente a plaguicidas, dejando en manos del Ministerio de Agricultura y Cría la conducción de los procesos de registro a que hubiese lugar. El mencionado Reglamento deja las especificidades técnicas en manos de unas normas a ser dictadas por la Comisión Venezolana de Normas Técnicas (COVENIN) las cuales hasta ahora (septiembre 1992) no han sido publicadas formalmente ni se conoce a ciencia cierta quiénes están trabajando en ellas.

Uno de los aspectos que está por definirse es la forma como deben ser clasificados los insecticidas en nuestro país. En relación a clasificaciones de los plaguicidas, Metcalf (1975) ha propuesto una para insecticidas que se basa en el uso de más de un criterio y que ponderando la toxicidad a mamíferos, el impacto sobre especies consideradas indicadores de la calidad ambiental y la persistencia en el suelo, ubica a los productos en una de las siguientes categorías: apropiados para uso general en programas de manejo de plagas, para ser usados en programas de manejo de plagas sólo bajo supervisión especializada, para ser usados en programas de manejo de plagas sólo bajo condiciones restringidas, y de muy poco o ningún uso en manejo de plagas.

La Organización Mundial de la Salud recomienda, desde 1975, una clasificación para plaguicidas que ha venido generando amplia aceptación a nivel mundial y que ha permitido uniformar terminologías y formas de clasificación (World Health Organization, 1988). La clasificación se basa en el riesgo agudo a la salud que corre una persona que manipule el producto de acuerdo a las instrucciones del fabricante o en concordancia con las reglas establecidas para el almacenamiento y transporte de mismo. Los parámetros utilizados son la toxicidad aguda, tanto oral como dérmica, medida en ratas y expresada en dosis letal media (DL-50), siendo el plaguicida clasificado no sólo en función del ingrediente activo, sino también de sus formulaciones, por lo que en realidad cada producto (formulación) comercial tiene su propia ubicación en la clasificación.

Esta clasificación de la Organización Mundial de la Salud se expresa de la siguiente manera:

DOSIS (mg/kg)

CLASE	ORAL		DÉRMICA	
	SÓLIDO	LIQUIDO	SÓLIDO	LIQUIDO
Ia	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Ib	5 - 50	20 - 20	10 - 100	40 - 400
II	50 - 500	200 - 2.000	100 - 1.000	400 - 4.000
III	> 500	> 2.000	> 1.000	> 4.000

En esta clasificación, las clases son identificadas de la forma siguiente:

Ia = Extremadamente Riesgoso

Ib = Altamente Riesgoso

II = Moderadamente Riesgoso

III = Ligeramente Riesgoso

Doreste (1979) propone que la clasificación de los plaguicidas en Venezuela sea modificada en función de los elementos tomados en cuenta por Metcalf (1975), quedando reducida a dos categorías: plaguicidas de uso general y plaguicidas de uso restringido, según resulte su evaluación en términos de toxicidad a mamíferos estimada en ratas, el efecto sobre indicadores ambientales nativos y la persistencia en los suelos venezolanos. Los plaguicidas de uso general podrían ser adquiridos y aplicados por los agricultores según las indicaciones de la etiqueta y los de uso restringido sólo podrían ser aplicados por personal debidamente capacitado y autorizado para tal fin, después de haber sido prescritos por personal técnico calificado.

En este punto, el de la clasificación de los plaguicidas, parece conveniente actualizar la legislación venezolana, adoptando la utilizada por la Organización

Mundial de la Salud, no sólo por su carácter internacional, sino por el importante elemento práctico que significa una ubicación para cada producto comercial en lugar de una general para aquellos que contengan el mismo ingrediente activo. Debemos enfatizar que esta clasificación es de índole toxicológica y que en consecuencia los otros aspectos tales como impacto ambiental y persistencia en el suelo siguen sin tomarse en cuenta; por lo tanto, introducir una clasificación como las propuestas por Metcaf (1975) y Doreste (1979) mejoraría el aspecto de utilización de los plaguicidas, usándola para reglamentar el expendio de estos productos, que es el nivel en el cual se puede ejercer una eficiente labor de orientación al usuario.

La instrumentación de una clasificación utilitaria demandaría, en una primera etapa, el uso de información acerca del impacto ambiental y de la permanencia en el suelo de los productos, provenientes de otros países fundamentalmente ubicados en regiones templadas. A más largo plazo habría que hacer énfasis en la obtención de información si no local, al menos de ámbito regional, para poder estar seguros de la idoneidad de los elementos utilizados para clasificar.

Otro aspecto de mucha importancia contemplado - deficientemente, a nuestra manera de ver - en el Reglamento General de Plaguicidas, es el correspondiente a los procedimientos e información necesarios para el registro de los plaguicidas en Venezuela. El proceso de registro es la oportunidad en la que el Estado puede exigir toda clase informaciones tendentes no sólo a garantizar una apropiada dosificación toxicológica, sino una utilización segura y exitosa por parte del agricultor, así como un consumo de los productos agrícolas libre de riesgos de contaminación e intoxicación. En este sentido se debe exigir toda la información toxicológica en poder del fabricante, así como pruebas de que el producto en las mismas formulaciones y usos similares está registrado en países notoriamente preocupados por la salud de sus habitantes y la calidad ambiental.

No basta a nuestro juicio, que cumpla con sus requisitos en el país de origen de la materia prima pues es cada vez más común que los plaguicidas se produzcan en lugares donde las restricciones son mínimas o inexistentes o que dicha producción sea exclusivamente con miras a la exportación. Para estos fines creemos que productos cuyas formulaciones y usos estén aprobados en la Comunidad Económica Europea, Estados Unidos o Japón, por nombrar algunos, conceden un cierto margen de confianza en cuanto a los aspectos toxicológicos y de impacto ambiental, dada la rigurosidad de la legislación vigente en ellos.

Queda pendiente el otro aspecto importante en el proceso de registro, que es el que concierne al uso propuesto y las dosis recomendadas para tal fin. Con respecto a esto nos parece indispensable que para lograr el registro de un plaguicida se presenten pruebas locales de eficacia ejecutadas por entes independientes, públicos o privados, con el objeto de garantizar las recomendaciones contenidas en las etiquetas, tanto en relación al sujeto a controlar como los cultivos en los que se han de utilizar, sin olvidar lo

correspondiente a las dosis adecuadas y los plazos de seguridad para el uso o consumo de lo protegido.

La exigencia de pruebas de eficacia para el registro de plaguicidas en nuestro país puede manejarse mediante la promulgación de una norma específica que, amparada en la legislación vigente, obligue a la presentación de resultados locales capaces de avalar la acción beneficiosa anunciadas en las etiquetas, contribuyendo así a reducir el problema del uso de plaguicidas en Venezuela.

Con el nuevo instrumento legal es muy poco lo que se ha ganado, fundamentalmente porque su promulgación se vio mediatizada por intereses comerciales circunstanciales. Las presiones de los mismos lograron vacíos legales a través de los cuales se pueden intentar importaciones de plaguicidas sin garantías de ningún tipo, ni de salud, ni ambientales y ni siquiera de efectividad contra el sujeto a controlar, basadas las mismas en la existencia de registros en el país del ingrediente activo a importar. Ojalá que la sensatez prive a la hora de promulgar las normas y que éstas corrijan las imperfecciones que hoy caracterizan el reglamento de plaguicidas.

EL USO DE LOS PLAGUICIDAS EN VENEZUELA

En este punto debemos ser enfáticos al señalar que dicho uso es un problema, que quizás no se ha manifestado con toda su intensidad, pero que existe en razón de los siguientes factores:

FALTA DE INFORMACION

Los plaguicidas de venta en el país carecen, salvo excepciones muy contadas, de apoyo bibliográfico de carácter técnico y en la mayoría de los casos inclusive de folletos de propaganda. Los productos son registrados para la venta después de un largo proceso burocrático, el cual una vez cumplido permite su expendio para cualquier fin agrícola, sin otros elementos que ayuden a su escogencia que los contenidos en la etiqueta y la capacidad del vendedor, siendo esta última muy importante y usualmente producto de experiencias anteriores.

Las dependencias oficiales responsables del registro de productos químicos de uso agrícola contribuyen a esta situación de desinformación general al no producir periódicamente, ni en forma sistemática, listas públicas de productos autorizados para la venta, los cambios que se suceden en las mismas, así como los volúmenes reales de importación y venta de plaguicidas en Venezuela.

Las instituciones oficiales relacionadas con el sector agrícola, usuarios de los productos, así como las obligadas a prestar asesoramiento técnico, se manifiestan pasivas ante la situación. En términos generales, salvo las casas comerciales dedicadas al expendio de plaguicidas, muy pocas personas o instituciones, pueden indicar en un momento dado cuáles son los productos que se están usando, las dosis más recomendables, contra cuál o cuáles especies plagas se

muestran eficientes, en qué cultivos pueden aplicarse, etc. Esta situación puede subsanarse de inmediato, al menos parcialmente con una decisión oficial que permita hacer pública, por esfuerzo propio o por asignación de esta responsabilidad a otros entes, la importante información que reposa en sus archivos. Lo señalado permitiría, mediante una publicación periódica convenientemente organizada, el conocimiento de lo registrado para la venta en el país así como los usos para los que han sido autorizados.

FALTA DE INVESTIGACIÓN APROPIADA

Ya hemos señalado que el registro de los productos no tiene como requisitos el haber sido aprobados en nuestras condiciones y haber demostrado las bondades que se le atribuyen en las etiquetas. Si se instrumentase la necesidad de esto, se fomentaría la participación de entes independientes en los procesos de evaluación, lográndose por lo pronto garantías en cuanto a las dosis válidas y sus efectos sobre el sujeto a proteger. A la par de esto, debe estimularse financieramente la existencia de grupos de investigadores dedicados a aspectos más básicos que como los residuos y resistencias, así como la toxicológicos, permitan ir construyendo una base sólida que haga difícil incurrir en errores con consecuencias graves sobre nuestro ecosistema.

Muchas de las críticas que se le hacen a los productos químicos de uso agrícola pudiesen evitarse si se acepta la necesidad de pruebas locales, previas a su puesta en el mercado, así como la impostergable obligación de intervenir en la evaluación sistemática de los efectos del uso continuo e indiscriminado de los plaguicidas en los sistemas agrícolas venezolanos. ¿Qué aplicar?, ¿cuánto aplicar?, ¿cómo aplicar?, sólo puede ser respondido en función de una investigación dirigida a esos fines y estamos convencidos que las compañías de agroquímicos se involucrarían en los aspectos de apoyo financiero, tal y como lo han hecho en otros países, siempre que se establezcan directrices gubernamentales en este sentido.

Debe quedar claro que las respuestas a las interrogantes planteadas no pueden estar supeditadas exclusivamente a los efectos directos o aparentemente evidentes que se vislumbran a través de la investigación operativa y que un cierto nivel de investigación fundamental, dirigida a aspectos no siempre de clara aplicación, se ha demostrado de utilidad en otras latitudes.

LEGISLACION VIGENTE Y CONFLICTOS DE COMPETENCIA

La legislación actual, que puede y debería ser revisada periódicamente, sobre todo en lo concerniente a normas, para adecuarla a las necesidades generadas por un mercado de plaguicidas extremadamente dinámico, pudiese cumplir un mejor papel si se le diese una oportunidad real de entrar en vigencia. La Sanidad Vegetal en Venezuela es considerada de una manera más bien formal, con un reconocimiento a nivel oficial meramente figurativo y con pocas posibilidades

prácticas de cumplir un papel importante. Carece de personal suficiente en términos de cantidad y nivel de formación técnica, que actúan más como inspectores de la formalidad en el cumplimiento de las normas que como responsables de que el espíritu de las mismas tenga la oportunidad de manifestarse en las acciones diarias. Sobre esto sería injusto responsabilizar a los individuos que laboran en el área; el problema estriba en una falta de convencimiento, al más alto nivel, de la importancia de estos aspectos en la agricultura venezolana y de la necesidad de apoyar, mediante la asignación de personal y de medios, el desarrollo de una estructura que, por el contrario, cada vez se deteriora más.

La situación se complica por la existencia legal de competencias repartidas entre entes gubernamentales, los cuales usualmente tratan de ignorarse mutuamente pretendiendo cada uno tener que ocuparse de lo más fundamental y olvidando que el tratamiento en conjunto de los diversos aspectos es el único que puede acarrear soluciones estables. Si se demostrase imposible el trabajo coordinado entre diversos entes gubernamentales, que es algo que dudamos, no es descartable la creación de una organización oficial que agrupe las responsabilidades, personal y facilidades, hoy desperdigadas en distintas instituciones, y que se encargue de la supervisión de los aspectos de importación, registro, formulación y expendio, así como de la vigilancia del uso de los plaguicidas y de las consecuencias del mismo.

EL USO DE PLAGUICIDAS

La mayoría de las acusaciones que se le hacen a los plaguicidas son consecuencias de un uso inadecuado. La agricultura venezolana está a cargo de individuos proclives a la adopción de tecnologías, sobre todo si las mismas son de fácil incorporación a las tareas agrícolas, teniendo los plaguicidas esa característica. Es precisamente la forma como son utilizados y el carácter de labor ordinaria que se les ha atribuido, lo que ha generado muchos de sus inconvenientes en el campo.

Los plaguicidas químicos son productos de gran valor a la hora de enfrentar problemas y si se utilizan sólo cuando hay indicios de los mismos, sus efectos colaterales pueden reducirse a niveles fácilmente manejables. Aplicar sólo cuando se haya determinado la necesidad de hacerlo, utilizar las dosis mínimas, alternar los productos, no en cuanto a marcas comerciales sino a grupos químicos, y emplear los equipos de aplicación disponibles de una manera adecuada son simples medidas que estamos seguros harían más eficiente su utilización.

De las medidas señaladas, la calibración de los equipos es quizás una de las más fundamentales y tenemos el convencimiento, que no la prueba, de que muchas de las fallas atribuidas a algunos productos se deben a calibraciones deficientes que perjudican el rendimiento de las aplicaciones. Si a esto añadimos un uso intensivo de un mismo producto por largo tiempo sobre poblaciones prácticamente locales y que se mantienen a lo largo del año, no dudamos que los fracasos que se están

observando a nivel de campo sean evidencia de la manifestación de resistencias inducidas por un mal manejo de los plaguicidas. El alto costo actual de los plaguicidas ofrece una oportunidad de introducir un cambio en el patrón de uso de los mismos; los agricultores deben estar pensando un poco más antes de ordenar las aplicaciones "preventivas" y es nuestra obligación intentar erradicar esa práctica y reservar los plaguicidas sólo para aquellas oportunidades en las que se justifique su uso.

SITUACION GLOBAL DEL USO DE LOS PLAGUICIDAS

La situación a nivel mundial presenta también un cuadro preocupante, y sobre todo heterogéneo, dependiendo de las condiciones legales prevaletientes en cada país, pero que cada día más se acerca a la promulgación de reglamentaciones válidas internacionalmente y de obligatorio acatamiento si se pretende ser miembro de la comunidad comercial mundial. A esto han contribuido en un importante grado las presiones ejercidas por los grupos ecologistas que, al alertar al gran público, han obligados a los gobiernos a prestar más atención a los problemas de contaminación ambiental, en la cual los plaguicidas agrícolas tienen una parte importante.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) aprobó durante la sesión número 23 de su conferencia mantenida en Roma del 9 al 28 de noviembre de 1985 un Código Internacional de Conducta en Relación a la Distribución y Uso de los Plaguicidas, unos 25 años después de haber señalado por primera vez la necesidad de tal instrumento (FAO, 1985). El mencionado código consta de 12 artículos, los cuales a su vez se desglosan en función de la necesidad de desarrollo de cada uno de los aspectos específicos a los que están destinados, siendo las áreas de cobertura de los artículos, las siguientes:

1. objetivos del código;
2. definiciones;
3. manejo de plaguicidas;
4. pruebas de los plaguicidas;
5. reducción del riesgo a la salud;
6. requerimientos legislativos y técnicos;
7. disponibilidad y uso;
8. distribución y mercadeo;
9. intercambio de información;
10. etiquetado, empaque, almacenamiento y eliminación de excedentes así como de envases;
11. propaganda, y
12. vigilancia de la observancia del código.

Lo contemplado en cada uno de los artículos, de ser cumplido en su espíritu, evitaría muchos de los inconvenientes producidos por los plaguicidas; sin embargo, falta de exigencia por parte de los países importadores y laxitud o

complicidad en el caso de los países exportadores lleva a continuas violaciones del código que sólo pueden evitarse con la existencia de organizaciones de supervisión convenientemente capacitadas en sus aspectos legislativos y humanos, a nivel de los países consumidores de plaguicidas.

Un caso relevante es el de la venta internacional de plaguicidas que han sido prohibidos o seriamente restringidos en los países donde se producen. Pesticide Action Network (PAN) una organización internacional ecologista, no gubernamental, mantiene desde 1985 una campaña que ha denominado 'la docena sucia', para alertar sobre los riesgos del uso indiscriminado de agroquímicos, sobre todo aquellos, que estando prohibidos en sus países de origen se producen para exportación a los países en desarrollo. La "docena sucia" está constituida por productos, algunos agrupados en base a estructura química y efectos parecidos, que representan riesgos debido a su toxicidad, persistencia y uso excesivo, estando la lista constituida actualmente por (RAP-AL, 1990):

1. Aldicarb. Carbamato (insecticida sistémico - acaricida - nematicida)
2. Aldrin, Dieldrin, Endrin. Clorados (insecticidas).
3. Canfecloro. Clorado (insecticida).
4. Clordano/Heptacloro. Clorados (insecticidas).
5. DDT. Clorado (insecticida).
6. Gamma HCH/BHC/Lindano. Clorado (insecticidas).
7. Dibromocloropropano/Dibromuro de metileno (DBCP/ EDB). Fumigantes Halogenados (fungicida-nematicida/fungicida-nematicida-insecticida).
8. Clordimeformo. Formamídina (insecticida-acaricida)
9. Paration: etil y metil. Fosforados (insecticida).
10. Paraquat. Bupiridilo (herbicida).
11. 2,4,5-T. Clorofenoxi (herbicida).
12. Pentaclorofenol (PCP). Clorofenoxi (insecticida-herbicida-defoliante-molusquicida-preservante de madera).

De esta lista, en Venezuela los insecticidas clorados (extrañamente identificados parcialmente en Gaceta Oficial 32.8 del 23-12-83) están restringidos en su uso (Gaceta Oficial 32.741 del 06-06-83), salvo en los casos y circunstancias que exponen a continuación:

- a) control de vectores de enfermedades humanas, siempre que su aplicación sea ejecutada o se realice bajo la acceso técnica y supervisión del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social;
- b) control de plagas agrícolas, siempre que sea una situación de emergencia y su aplicación sea ejecutada o dirigidos por el Ministerio de Agricultura y Cría;
- c) control de bachacos y hormigas, sólo en forma granulados conteniendo Aldrín y Clordano, y en aplicaciones que vayan directamente al suelo;
- d) control del comején en formulaciones que contengan Aldrín y Clordano.

Del resto de la lista, el Clordimeformo fue retirado voluntariamente del mercado por sus fabricantes, mientras que Pentaclorofenol y el 2,4,5-T no se expenden en el país, sin que exista - que sepamos- disposición legal que haya inducido e situación.

En relación al Paraquat, se pudiese señalar que es uno de los herbicidas más utilizados en el país, tanto por su efectividad de contacto como por su precio, al que dada su peligrosidad, cuando manipulado incorrectamente, se le ha añadido en su formulación un colorante más un emético que lo hace inconfundible y revulcivo, disminuyéndose de esta forma los riesgos de accidente inadvertidos.

Aldicarb, catalogado por la legislación venezolana como un insecticida extremadamente tóxico, tiene su venta legalmente restringida pero en la práctica puede ser comprado y aplicado sin mayores limitaciones.

CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo de las páginas anteriores se ha tratado de presentar una visión del control legal que ponga en dato la importancia capital de este instrumento, tanto por los efectos directos sobre prevención y la regulación de las poblaciones de las plagas como por los que se derivan de la intención de evitar que en la lucha contra ellas se incurra en errores que nos conduzcan a costos de mucha mayor magnitud que los causados por las plagas mismas.

La existencia de una estructura organizativa que apoye las actividades tendentes a garantizar la sanidad agrícola está conveniente avalada desde el punto de vista conceptual; sin embargo, su presencia en Venezuela es bastante formal, con muy poca capacidad operativa, sin mucha credibilidad, convirtiéndose en otra instancia que lejos de verse como de utilidad pública, pasa a engrosar la lista de organizaciones gubernamentales destinadas a imponer requisitos y no a aportar soluciones.

La reorganización de Sanidad Vegetal es algo que se viene planteando desde hace mucho tiempo; se hace indispensable la coincidencia de lo que expresan

nuestras leyes con la práctica y para esto hay que dotarla de recursos humanos calificados, así como de los aportes económicos indispensables para su funcionamiento eficiente. La reciente creación del Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria (SASA), dependiente del Ministerio de Agricultura y Cría, es un paso formal hacia un panorama distinto que deseamos exitoso para bien del sector agrícola nacional.

BIBLIOGRAFIA CITADA

ACUERDO DE CARTAGENA.

1975 Decisión 92. Sanidad Agropecuaria. Décimo Octavo Período de Sesiones Ordinarias de la Comisión. 22-25 de Octubre de 1975 Lima Perú. Multigrafiado. 13 p.

BYERLY, T. C.

1972 Preventive practices and pest management. Pest Control Strategies for the future. National Academy of Sciences. Washington, D.C.: 341-351.

DORESTE, E.

1979 Exposición de motivos del anteproyecto del Reglamento General de Plaguicidas Agrícolas. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Sanidad Vegetal. Caracas. Multigrafiado. 11 p.

FAO.

1985 International code of conduct on the distribution and use of pesticides. C.85/25 - Rev. 1. Roma. 17 p.

1986 Las plagas en la agricultura. ¿Defensa ambiental y productividad objetivos en pugna? Serie: Producción y Protección Vegetal 1. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 47 p.

HERRERA, J. M.

1981 Aspectos legislativos en el control de plagas y enfermedades. Control integrado de plagas y enfermedades agrícolas. Segundo curso intensivo. Consorcio para la protección internacional de cultivos. Universidad Agraria La Molina. La Molina. Perú. 2-27 de Febrero de 1981. Fascículo 28, 8 p.

KNIPLING, E. F.

1979 The basic principles of insect population suppression and management USDA. Agriculture Handbook 512. Washington, D.C. 659 p.

METCALF, R. L.

1975 Insecticides in pest management. Introduction to insect pest management. John Wiley and Sons. New York.: 235-273.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA.

1976 Leyes y resoluciones sobre Sanidad Vegetal. Dirección General de Desarrollo Agrícola. Dirección General de Desarrollo. Dirección de Sanidad Vegetal. Caracas. 75 p.

MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL.

1974 Reglamento General de Pesticidas. Normas. Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. División de Saneamiento Industrial y del Agro. Departamento de Control de Plaguicidas. Caracas 17 p. y anexos.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES

1969 Regulatory control. Principles of plant and animal pest control. Vol 3. NAS. Publications 1695. Washington, D.C. : 34-47.

OSORIO, J.

1976 Lista de algunos insectos no existentes en Venezuela de importancia en la cuarentena vegetal. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección General de Desarrollo Agrícola Dirección de Sanidad Vegetal. Caracas. 30 p.

1977 Intercepción de insectos a nivel portuario. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección General de Desarrollo Agrícola. Dirección de Sanidad Vegetal. Caracas. 27 p.

1981 Algunos insectos exóticos a la subregión andina. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección General de Desarrollo Agrícola. Dirección de Sanidad Vegetal. Caracas. 8 p. y anexos.

OSORIO, J. y G. BLANCO.

1986 Guía técnica para inspectores de cuarentena vegetal. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección General de Desarrollo Agrícola. Dirección de Sanidad Vegetal. Caracas. 114 p.

PERKINS, J.H.

1982 Insects, experts and the insecticide crisis. Plenum Press. New York Londres: 97 - 126.

RAP-AL.

1990 Memorias II Encuentro Latinoamericano de la Red de Acción en Plaguicidas (PANLA). Chorlavi, Ecuador. 26 de Noval 1 de Dic. de 1989. 131p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION.

1988 The WHO recommended of pesticides by hazard and guide lines to classification 1988-89. VBC/88.953. 39p.

INDICES

INDICE DE CUADROS Y GRAFICOS

CUADROS

Cuadro 1. Métodos de control en relación a las estrategias reproductivas de las plagas (Southwood,1977).....	44
Cuadro 2. Plan de muestreo secuencial que indica para el número de muestras tomadas, los límites de las clases para los contajes acumulativos, según la distribución sea Poisson o binomial negativa	103

GRAFICOS

Gráfico 1. Posibilidades hipotéticas de comportamiento en especies fitófagas, según las alternativas señaladas.....	9
Gráfico 2. El número de especies presentes como resultado de equilibrio entre las tasas de inmigración y extinción (Mac Arthur y Wilson, 1967).....	31
Gráfico 3. Número de especies presentes en función al tamaño de la "isla" y su distancia a la fuente de invasión (Mac Arthur y Wilson, 1967).....	33
Gráfico 4. Factores que afectan el tamaño de las poblaciones en los agroecosistemas Southwood y way, 1970).....	35
Gráfico 5. Factores responsables de la fluctuación numérica de las poblaciones (Milne, 1957; con modificaciones).....	46
Gráfico 6. La Posición General de Equilibrio (PGE) según Stern et al., 1959.....	50
Gráfico 7. Cambios en la Posición General de Equilibrio (PGF) dependiendo de la estabilidad del ambiente.....	52
Gráfico 8. Posición General de Equilibrio (PGE), Nivel Económico de Infestación (NEI) y Umbral Económico de Infestación (UEI) en el caso de una Plaga Primaria.....	53
Gráfico 9. Cambios en la Posición General de Equilibrio (PGE) de una Plaga Primaria producto de la aplicación de medidas de control de carácter temporal.....	54

Gráfico 10. Cambios en la Posición General de Equilibrio (PGE) de una Plaga Primaria producto de la aplicación de medidas de control de carácter permanente.....	54
Gráfico 11 . Posición General de Equilibrio (PGE), Nivel Económico de Infestación (NEI) y Umbral Económico de Infestación (UEI) en el caso de una Plaga Ocasional.....	54
Gráfico 12. Posición General de Equilibrio (PGE), Nivel Económico de Infestación (NEI) y Umbral Económico de Infestación (UEI) en el caso de una Plaga Potencial.....	55
Gráfico 13. Nivel Económico de Infestación (NEI) Y Umbral Económico de Infestación (UEI) en el caso de una Plaga Transeúnte.....	55
Gráfico 14. Curva generalizada de respuesta del rendimiento, a variaciones en la densidad poblacional de una plaga o su daño (Bardner y Fletcher, 1974).....	63
Gráfico 15. Variaciones hipotéticas de la curva generalizada de respuesta poblacional -rendimiento según Oostenbrink, 1966.....	64
Gráfico 16. Relación entre algunas variables implícitas en el control de plagas, según el tipo de daño en consideración (Southwood y Norton, 1973).....	65
Gráfico 17. Relaciones entre el valor de la producción y el costo de control, en función de la reducción del daño causado por una plaga (Headly,1982).....	68
Gráfico 18. Tipos de distribución espacial de las poblaciones animales en el campo.....	81
Gráfico 19. Errores standards aproximados de T y U para N = 100. Para otros valores de N, el error standard debe ser multiplicado por <u>10</u> (Evans, 1953).....	85
Gráfico 20. Zonas de decisión producto de un muestreo secuencial a una población cuya distribución espacial se ajusta a Poisson (al azar).....	102
Gráfico 21. Zonas de decisión producto de un muestreo secuencial a una población cuya distribución espacial se ajusta a la binomial negativa (agregada).....	102

INDICES GENERAL

A Manera de Presentación.....	1
-------------------------------	---

Capítulo I

Definiciones y Conceptos Básicos Aplicables en Manejo de Plagas

Causas por las que una especie se convierte en plaga.....	3
1. Cambios en el ambiente que favorecen la biología de la especie.....	3
2. Cambios en la preferencia de hospedera.....	4
3. Uso inapropiado de plaguicidas químicos.....	5
4. Transporte a través de barreras geográficas.....	6
5. Cambios en la demanda del consumidor.....	7
Clasificación de las plagas de acuerdo a su importancia en los Agroecosistemas.....	8
Agroecosistemas.....	8
Plagas Primarias.....	9
Plagas Ocasionales.....	9
Plagas Potenciales.....	10
Plagas Transúntes.....	10
Estrategias disponibles para enfrentar las plagas agrícolas.....	10
1. No hacer nada.....	11
2. Hacer todo.....	11
3. Eliminación toral de la población plaga.....	12
4. Supresión temporal de la población plaga.....	13
5. Manejo de la población plaga.....	13
Antecedentes y definición de Manejo de Plagas.....	14
Características de un programa de Manejo de Plagas.....	15
Posibilidades para el Manejo de Plagas en Países no desarrollados.....	17
Requisitos operacionales para la instrumentación de un programa de Manejo de Plagas.....	19
Las poblaciones humanas y la necesidad de alimentos.....	21
Bibliografía citada.....	22

Capítulo II

Principio Ecológicos de Importancia en el Manejo de Plagas

Ecología, Ecosistemas Naturales y Agroecosistemas.....	27
1. Continuidad o permanencia en el tiempo.....	27
2. Selección de la navegación.....	28
3. Diversidad Inter e intraespecífica.....	29
4. Disponibilidad de agua y nutrientes.....	30
5. Brotes violentos de plagas.....	30
Los agroecosistemas como islas ecológicas.....	31
Factores que afectan el tamaño de las poblaciones plaga en los agroecosistemas.....	33
Factores que afectan la invasión.....	33
Factores que afectan las expresiones vitales de la población (natalidad, mortalidad, desarrollo y emigración.....	37

Consideraciones acerca de la calidad de las especies usualmente presentes en los agroecosistemas.....	40
Las poblaciones, sus fluctuaciones y la regulación de las mismas.....	43
Bibliografía citada.....	45

Capítulo III

Las Fluctuaciones Poblacionales y su Impacto

Parámetros poblacionales de importancia en el manejo de plagas.....	49
Posición General de Equilibrio (PGE).....	49
Nivel Económico de Infestación (NEI).....	50
Umbral Económico de Infestación (UEI).....	51
La evaluación del daño causado por las plagas	57
Factores que afectan el tamaño de las poblaciones plaga en los agroecosistemas.....	57
1. Relación entre las poblaciones observadas y los rendimientos.....	57
2. Comparación del daño visible con los rendimientos.....	59
3. Creación artificial del daño.....	60
4. Las exigencias del mercado.....	60
Factores que complican la evaluación del daño.....	61
Relaciones cuantitativas entre la densidad poblacional de la plaga o su daño con los rendimientos del cultivo.....	61
Fases en las explotaciones agrícolas en función a la forma como se enfrentan los problemas causados por las plagas.....	68
Objetivos de investigación en cultivos con problemas de plagas.....	72
Bibliografía citada.....	73

Capítulo IV

La Cuantificación de las Poblaciones Plaga

La muestra como elemento para el estudio de las poblaciones.....	76
Estimados poblacionales.....	76
Distribución de las poblaciones en el espacio.....	78
Indices de agregación.....	80
El programa de muestreo.....	87
1. Objetivo del muestreo.....	87
2. Definición del universo a muestrear.....	87
3. Escogencia del método de muestreo.....	88
4. Realización de un muestreo preliminar.....	89
Muestreo secuencial.....	95
La supervisión de los niveles poblacionales de las plagas y la toma de decisiones en función de la predicción de su ocurrencia.....	103
Bibliografía citada	105

Capítulo V

Legislación y Manejo de Plagas

El control legal y sus objetivos.....	109
Evitar la introducción de especies inexistentes	110
Resoluciones venezolanas destinadas a evitar a la introducción de plagas.....	112
Evitar el establecimiento de especies de reciente introducción.....	114
Evitar la dispersión de especies plaga.....	114

Legislación cuarentenaria venezolana.....	115
Leyes venezolanas de importancia en sanidad vegetal.....	116
El uso de los plaguicidas en Venezuela.....	124
Falta de información.....	125
Falta de investigación apropiada.....	125
Legislación vigente y conflictos de competencia.....	125
El uso de plaguicidas.....	126
Situación global del uso de los plaguicidas.....	127
Consideraciones finales.....	129
Bibliografía citada.....	130

INDICES

Índices de cuadros.....	132
Índices de Gráficos.....	132
Índice General.....	135