

3

ASPECTOS ECOLÓGICOS

CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS SOBRE LAS PLAGAS Y LOS CAMPOS DE CULTIVO

Para comprender las causas primarias de la existencia de las plagas y los factores que afectan en sus densidades, hay que conocer las interrelaciones que existen entre ellas y los demás factores del campo de cultivo. Como paso previo hagamos un análisis de la naturaleza no perturbada. En ella conviven con relativa armonía diversas especies de animales y plantas. Entre las plantas, entre los animales y entre las plantas y animales se presentan una serie de interacciones. Tales interacciones se han estrechado y acondicionado mutuamente por medio de su evolución conjunta durante siglos o milenios bajo las condiciones físicas y biológicas que se dan en el lugar. En las condiciones naturales, raramente se producen perturbaciones o cambios catastróficos dentro de la *comunidad* (el conjunto de plantas y animales presentes) salvo aquellas originadas por inesperados fenómenos climáticos.

La armonía o estabilidad de la comunidad natural no es estática sino, por el contrario, dinámica; cualquier cambio cualitativo o cuantitativo en una o más *poblaciones* (los conjuntos de individuos de una misma especie) genera reacciones y reajustes en las otras poblaciones hasta que el *ecosistema* (la comunidad más los componentes físicos en que se desarrolla) recobra su equilibrio. En términos generales, se considera que cuando más complejo es un ecosistema, mayor es su estabilidad. Entendiéndose por complejidad no sólo el mayor número de especies sino la manera de como estas especies están ligadas tróficamente entre sí, es decir, de la interdependencia que existe entre ellas desde el punto de vista alimenticio.

EL ECOSISTEMA NATURAL Y EL ECOSISTEMA AGRÍCOLA

(Figura 3:1)

Si comparamos el ecosistema natural con los campos de cultivo, o ecosistemas agrícolas, llamados también *agroecosistemas* o *agrobiocenosis*, se observan dos diferencias fundamentales: el ecosistema agrícola es más simple y está sometido a frecuentes perturbaciones. Ambas características son el resultado de la intervención del hombre a través de las prácticas agrícolas.

La *flora* (conjunto de plantas) en un campo agrícola se caracteriza por la dominancia artificial de la planta que se cultiva. Las otras especies de plantas presentes (malezas), con las cuales mantiene cierta asociación, normalmente son eliminadas mediante los deshierbes. La reducción de la variedad de la

flora ha traído consigo una marcada limitación en la composición de la fauna fitófaga, y esta merma a su vez produce una disminución en el total de enemigos naturales. En este proceso, unas pocas especies de insectos y otros animales fitófagos, aquellos que se alimentan de la planta cultivada, resultan muy favorecidos. Se reduce el número de especies de insectos pero el total del número de individuos por área suele ser mayor en los campos de cultivo que en la naturaleza no perturbada.

Cuadro 3:1 - Efectos en la composición de la fauna al transformar una estepa de gramíneas en un campo de cultivo de trigo, en Rusia (Según Beybiyenko, 1961).

Indicadores de la biocenosis	Estepa de Gramíneas	Campo de Trigo
Número total de especies de invertebrados	330	142
Número total de especímenes por m ²	199	351
Número de especies dominantes	41	19
Número de individuos de las especies dominantes por m ²	112	332

Aún variaciones aparentemente pequeñas, como es el caso de cultivar trigo en áreas donde previamente sólo existía en forma natural otras gramíneas silvestres, tienen un profundo efecto sobre la fauna. (Cuadro 3:1). Naturalmente, las diferencias son mayores cuando la flora natural es más compleja o menos relacionada con el cultivo que se introduce.

Las perturbaciones de los agroecosistemas están dadas en gran parte por la periodicidad de los ciclos vegetativos de los cultivos, que en muchos casos duran solo unos pocos meses. Estos trastornos son menores en árboles frutales y otros cultivos "perennes", pero en todo caso, la flora no se auto-perpetua como en la naturaleza. Otros factores importantes de perturbación son las prácticas culturales y las aplicaciones de pesticidas.

LAS PLAGAS Y SUS INTERACCIONES CON LOS OTROS COMPONENTES DEL ECOSISTEMA AGRÍCOLA

A pesar de la simplificación del ecosistema agrícola, comparado con el ecosistema natural, sus componentes y las interacciones que se establecen entre ellos no dejan de ser complejos. Cualquier población fitófaga, constituya plaga o no, está influenciada por el ambiente abiótico (físico y químico) y biológico que la rodea: el clima, el agua, el suelo, las plantas, otras plagas, los enemigos naturales y las alteraciones que producen las prácticas culturales, así como las aplicaciones de pesticidas. Estos son los

componentes del ecosistema agrícola. Las alteraciones que se produzcan en tales componentes suelen repercutir en los niveles que alcanzan las poblaciones de las plagas.

Las plagas y los factores físicos

Las plagas están influenciadas por las condiciones climáticas, con sus variaciones diarias y estacionales de temperatura, humedad, lluvia, viento, insolación y fotoperiodismo.

Muchas especies de plagas están adaptadas a condiciones ambientales físicas bien definidas, en ausencia de las cuales no se presentan o son muy raras. En principio, las condiciones climáticas determinan la distribución geográfica de los insectos y sus posibilidades de alcanzar altas o bajas densidades, según que las características locales sean óptimas o marginales para su desarrollo.

Entre los factores físicos, destaca la temperatura y en relación con ella están los límites de distribución para muchos insectos. Es común asociar la distribución de plagas por su distancia a la línea ecuatorial (latitud) y por la altitud que actúa como un factor modificante. La incapacidad de un insecto para establecerse en un lugar puede deberse al insuficiente calor para completar su desarrollo o a la falta de mecanismos para sobrevivir las condiciones frías invernales. Dentro del área climática favorable, la distribución del insecto está determinada por la presencia de alimento. El número de generaciones esta determinado por la cantidad de calor efectivo que requiere el insecto para completar un ciclo de desarrollo y la cantidad de calor efectivo que ocurre en un determinado lugar. La cantidad de calor efectivo suele expresarse en grados-día.

En el desarrollo de todo insecto, existe un valor óptimo de condiciones físicas y límites máximos y mínimos. El calor efectivo se da entre los límites máximos y mínimos. Fuera de esos límites el insecto no puede desarrollarse.

A estos factores se debe que el gorgojo de los Andes o gusanera de la papa se presente sólo en las alturas andinas del país y no en la costa; que durante el verano las infestaciones de diversas plagas del maíz como el cogollero, el cañero, el perforador de plantas tiernas y el gusano de la mazorca, se presente en infestaciones más intensas que en el invierno; o que las moscas minadoras de la papa y del tomate sean más abundantes en el período invierno-primavera.

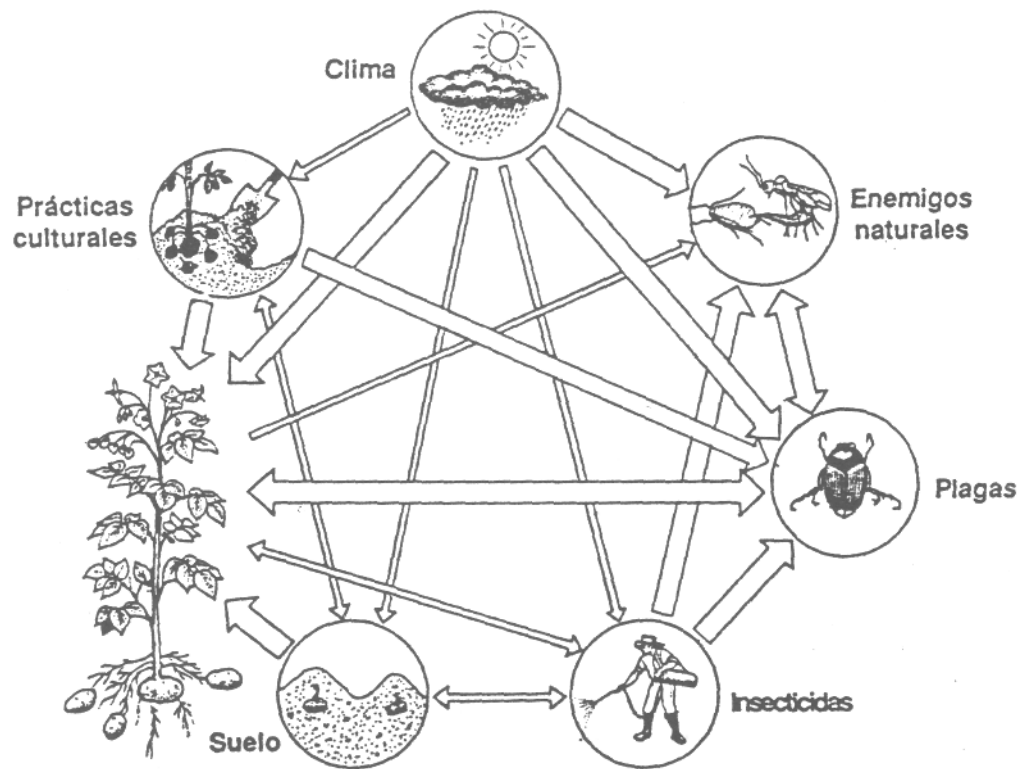


Fig. 3:1 Interacciones entre los componentes del Ecosistema Agrícola

Es conocido que el acaro del tostado de la naranja se desarrolla favorablemente en condiciones de alta humedad ambiental, en cambio los vientos secos y calientes limitan su desarrollo; algo similar, aunque menos marcado, se observa en la arañita roja de los cítricos (Jeppson 1963). Al contrario, las condiciones de sequía favorecen las infestaciones de la escama coma de los cítricos y de la polilla de la papa. La ausencia de insolación favorece el desarrollo de las infestaciones de áfidos y del arrebiatado del algodón (Wille 1958).

Las condiciones climáticas también pueden influir sobre las plagas en forma indirecta por su efecto sobre las plantas y otros agentes biológicos. La ausencia de lluvias en la costa parece favorecer las infestaciones de la mosca blanca lanuda de los cítricos. En las zonas lluviosas el agua lava la melaza y la cera que produce el insecto favoreciendo la acción de sus enemigos naturales.

La desértica costa del Perú ocasionalmente sufre alteraciones climáticas conocidas como "fenómeno del Niño" que trae como consecuencia temperaturas más altas que las normales y cierto grado de lluvias. Estos fenómenos afectan directamente los cultivos y también a las plagas, muchas de las cuales se ven favorecidas (Beingolea, 1985 a y b; Pisfil, 1985, Pollack

y Cañamero, 1985).

Las condiciones físicas y químicas del suelo influyen directamente en las poblaciones de las plagas subterráneas. Los suelos arenosos y sueltos facilitan el desarrollo de los gusanos alambre, del perforador de plantas tiernas del maíz y de la filoxera de la vid. En cambio, los suelos húmedos y ricos en materia orgánica suelen ser favorables para los gusanos blancos o chacareros y desfavorables para los insectos antes mencionados.

Las plagas y los factores biológicos

Desde el punto de vista biológico, la primera interacción de la plaga se establece con la planta hospedera, luego con los enemigos naturales y, en menor grado, con la presencia de otras plagas.

La planta hospedera: En primer lugar se tiene el grado de susceptibilidad o resistencia de la planta a la plaga. Si la planta resulta ser un alimento inapropiado para el insecto éste no puede desarrollarse, o disminuye su tasa de crecimiento larval, o se reduce la fecundidad y longevidad de los adultos. En las plantas hay sustancias como glucósidos, alcaloides y aceites esenciales, que no parecen tener efectos nutritivos pero que pueden actuar como sustancias estimulantes olfatorias y gustativas en forma positiva o negativa para los insectos. Estas relaciones se tratan más ampliamente en el capítulo sobre *variedades resistentes*. •

Además de las características varietales tiene importancia el estado nutritivo y fisiológico de la planta, el que depende de las condiciones del suelo, del grado de fertilización y de la disponibilidad de agua. Es conocido por ejemplo que, en el algodónero, los ataques de *Bucculatrix* normalmente son más comunes en suelos arenosos y de riego difícil, suelos "salitrosos" y suelos pobres en nitrógeno, que producen plantas débiles con hojas reseca y coriáceas (Martin 1960). Las plantas de manzano y otros frutales caducifolios, en condiciones de sequía excesiva, son fácilmente atacados por escarabajos barrenadores de ramas y tallos. Las arañitas rojas son afectadas por el contenido mineral y otros nutrimentos de las hojas, que varían con la fertilización del suelo. Las arañitas rojas de los cítricos y las del manzano se incrementan rápidamente cuando las hojas tienen un alto contenido de nitrógeno.

Entre los cítricos, el limonero es la especie que más favorece el desarrollo de la arañita roja, siguiéndole en orden el naranjo, y en menor grado la toronja. La arañita roja produce más huevos en hojas tiernas que en hojas viejas y el limonero produce hojas nuevas y frutos durante la mayor parte del año. En las naranjas sin pepa (Navel o de ombligo), pueden ocurrir infestaciones altas en invierno, lo que no sucede con las naranjas Valencia, debido a que en aquéllas, los frutos en maduración favorecen el desarrollo del acaro (Jeppson 1963). Estos y otros aspectos relacionados se tratan en el capítulo

sobre control cultural.

Los enemigos naturales: Las plagas son afectadas por sus enemigos naturales: parásitos, predadores y patógenos, los que, a su vez, están influenciadas por las condiciones climáticas y microclimáticas del ambiente. Tanto los parásitos como los predadores pueden estar afectados por sus propios enemigos naturales (hiperparásitos y parásitos respectivamente). El efecto de los enemigos naturales puede ser el factor limitante del desarrollo de algunas plagas. Estos aspectos son tratados en el capítulo sobre Control Biológico.

Otras plagas: Además de las relaciones antes mencionadas, diversas especies de plagas pueden resultar competitivas entre sí. Las poblaciones de la mosca de la fruta sudamericana, *Anastrepha fraterculus*, por ejemplo, han sido sustancialmente desplazadas por la mosca mediterránea *Ceratitis capitula* en los valles del sur del país.

Alteraciones por prácticas culturales: La aplicación de prácticas culturales propias de la tecnología agronómica alteran los factores antes mencionados, determinando nuevas condiciones microclimáticas o nuevas condiciones biológicas. Entre estas prácticas; está la roturación del suelo, los pasos de la cultivadora, las fertilizaciones, los riegos, la selección de variedades, la destrucción de malezas y la aplicación de insecticidas y otros pesticidas. La influencia específica de algunas de estas prácticas se trata en el capítulo sobre control cultural.

LAS FLUCTUACIONES DE LAS PLAGAS

En la naturaleza las poblaciones de insectos no mantienen una densidad constante sino que, con el transcurso del tiempo, presentan fluctuaciones más o menos marcadas en que se alternan altas y bajas densidades. Estas fluctuaciones suelen estar asociadas con las variaciones estacionales, con la acción de los enemigos naturales y con la relativa disponibilidad de alimentos. El estudio de las fluctuaciones y de los mecanismos que las producen constituyen el tema de la *dinámica de poblaciones*, tema que ha sido motivo de algunas controvertidas teorías entre ecólogos generalistas, cuyo análisis escapa del alcance del presente texto.

Además de las fluctuaciones mencionadas, en los campos agrícolas se presentan variaciones poblacionales asociadas con la discontinuidad de los cultivos, que podría interpretarse como una falta periódica de alimento, y aquellas relacionadas con las aplicaciones de insecticidas que producen la disminución violenta de las poblaciones de insectos.

Fluctuaciones estacionales

Es un hecho que la mayoría de las plagas presentan fluctuaciones claramente asociadas con las estaciones del año, aunque la mecánica de esta asociación por lo general no está bien determinada. A pesar que el patrón de las fluctuaciones puede ser similar en años sucesivos, es normal que las densidades que alcanzan las plagas presenten variaciones entre un año y otro. Es natural que esto ocurra si se consideran los múltiples factores que afectan las densidades de las poblaciones. El incremento y la disminución de las densidades asociadas con las estaciones parecen estar determinadas principalmente por efectos de los factores físicos del ambiente y por la fenología de las plantas hospederas, que determinan la relativa disponibilidad de alimentos para la plaga. En algunos casos esta tendencia es alterada por el rol que juegan los enemigos naturales los que, a su vez, pueden estar sometidas a variaciones estacionales. En todo caso las densidades de las plagas pueden ser presentadas en *curvas de ocurrencia estacional*.

En forma general, Polyakov (1968) asocia las variaciones de la abundancia estacional de las plagas con las variaciones en las áreas de infestación y distingue cinco fases en el ciclo anual de una plaga (Figura 3:2)

1) *fase de depresión o de reserva* en la que la plaga se mantiene en las más bajas densidades y habita sólo las localidades de reserva; (2) *fase de colonización* que se caracteriza por la migración de la plaga de las localidades de reserva hacia nuevas áreas favorables formando colonias de multiplicación variable; (3) *fase de reproducción masal* que se caracteriza por un rápido incremento de la densidad de la población en toda el área colonizada; (4) *pico de la densidad* que se caracteriza por que la población alcanza su máxima densidad correspondiendo a una reducción en las tasas de reproducción y de sobrevivencia, y (5) *fase de declinación* en la que se produce la extinción gradual de la población en las áreas temporalmente infestadas hasta quedar reducida sólo a las áreas de reserva.

Es posible que este tipo de desarrollo estacional se adecue más a la situación de climas templados y menos para las condiciones subtropicales y tropicales.

Es interesante el caso de las plagas del maíz en la costa del país, donde esta planta se cultiva durante todo el año; es decir donde no hay limitación estacional de alimento. En estas condiciones es clara la relación que existe entre altas densidades en el verano y bajas densidades en el invierno. Indudablemente, el factor importante es la temperatura que siendo medianamente alta en el verano, acorta el ciclo de vida de los insectos del maíz e incrementa su capacidad de reproducción. Un fenómeno similar se presenta con el gusano del fruto del tomate.

En los países de clima templado se produce el estado invernante (o de diapausa) de los insectos por el cual los insectos pasan todo el invierno en forma inactiva. En la primavera se produce la emergencia de adultos que inician la colonización de los cultivos. En los países tropicales y subtropicales

la estacionalidad puede estar asociada a los periodos de presencia o ausencia de lluvias y la condición de diapausa estival.

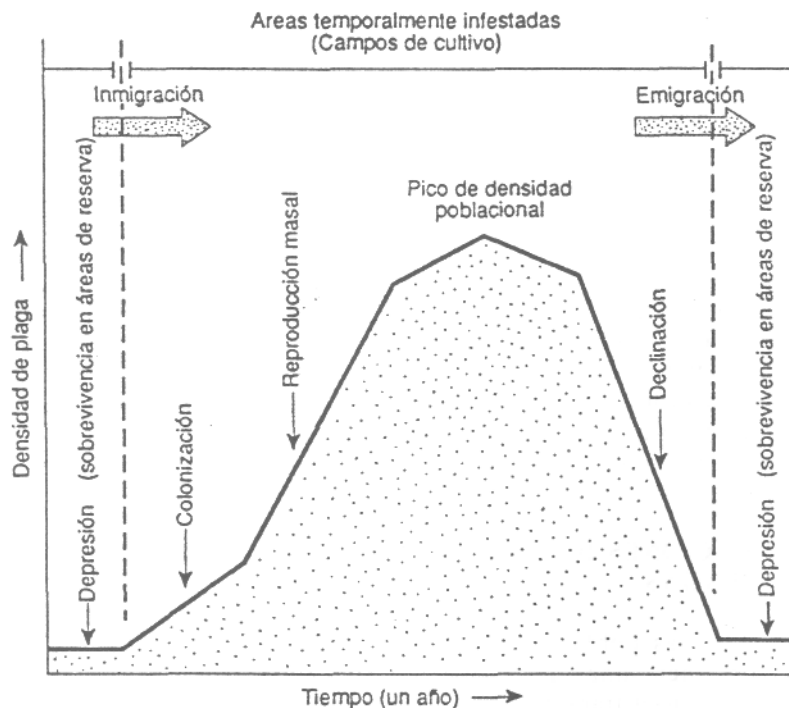


Fig. 3:2 Diagrama del ciclo anual (o estacional) de una plaga con sus variaciones en densidad y en áreas de infestación, cuando las condiciones de los campos de cultivo no son permanentemente favorables para la plaga (basado en Plyakov).

Las fluctuaciones y la disponibilidad de alimentos

Es obvio que la disponibilidad de alimentos favorece el desarrollo de altas densidades de las plagas y, correspondientemente, la escasez o falta de alimento determina su disminución y desaparición. En la práctica, este efecto no siempre se puede independizar de los efectos estacionales sobre el desarrollo de las plantas hospederas.

Según se trate de insectos que se alimenten de órganos de la planta presentes durante todo su desarrollo, como las hojas, o que ataquen solamente órganos presentes en forma temporal, como botones y frutos, pueden establecerse curvas de ocurrencia de las plagas muy características para cada cultivo. En el primer caso, la expansión de la curva será mucho mayor que en el segundo caso.

En general, hay una tendencia de ajuste entre las fases de desarrollo (fenología) del cultivo y la dinámica de la población de la plaga. En algunos casos el ajuste es directo. Por ejemplo, el barrenador del brote de la higuera perfora los brotes tiernos en primavera. Durante el invierno, el insecto

permanece en la perforación del brote antiguo en forma pupal, pero al iniciarse el nuevo brotamiento de primavera, se estimula la emergencia de los adultos y, previa oviposición en los brotes tiernos, se inicia un nuevo período de perforación por las larvas recién nacidas.

En el caso del gorgojo de los Andes y de muchas otras plagas, la sincronización es indirecta. Al terminar la cosecha de papa, las larvas del gorgojo penetran el suelo y allí permanecen durante el invierno hasta el empupamiento. La ocurrencia de lluvias estimula la emergencia de los adultos. Este período, a su vez corresponde al inicio de la campaña agrícola, incluyendo la siembra de papa.

La sincronización indirecta puede darse también por la temperatura y por el fotoperíodo especialmente en climas templados. En condiciones subtropicales y tropicales en que las plantas hospederas se cultivan durante todo el año los mecanismos de sincronización no parecen necesarios o, por lo menos, no son evidentes, salvo la ocurrencia de períodos de sequía. La presencia de cultivos similares pero de distinta edad, de otros cultivos susceptibles, o de plantas hospederas silvestres, pueden afectar las características de las curvas de ocurrencia estacional.

Tanto el clima como las condiciones de alimentación suelen determinar la ocurrencia de las *migraciones* de los insectos. En los climas tropicales y subtropicales hay una predominancia de la migración diaria sobre la migración estacional; en cambio, esta última es predominante en climas templados donde los desplazamientos estacionales de áfidos, cigarritas y otras plagas son bien conocidos. En nuestro medio, lo que más se acerca a las migraciones estacionales es el movimiento del arrebatiado, de la vegetación silvestre de las lomas hacia los campos aldoneros. En el caso de las migraciones ocasionales de las langostas, predominan factores fisiológicos y de comportamiento particulares. Cuando se trata de insectos migratorios, las curvas de ocurrencia de las plagas pueden aparecer distorsionadas respecto a las estaciones o a la abundancia con el alimento.

Las fluctuaciones por enemigos naturales

Se ha demostrado experimentalmente que bajo condiciones físicas uniformes del medioambiente, una población de insectos puede presentar fluctuaciones en su densidad por causa de sus enemigos naturales. Esto se debe a que el incremento en el número de insectos fitófagos favorece el incremento de sus enemigos naturales, los que por su acción parasitaria o predatoria provocan con el tiempo la reducción del insecto fitófago. Esta reducción de la población del fitófago es seguida por una declinación de la población de sus enemigos naturales que no encuentran presas u hospederos en número suficiente para mantenerse en altas densidades. El insecto fitófago liberado así de la acción de sus enemigos naturales se incrementa nuevamente. De esta manera se repite el ciclo antes descrito.

(Figura 3.3).

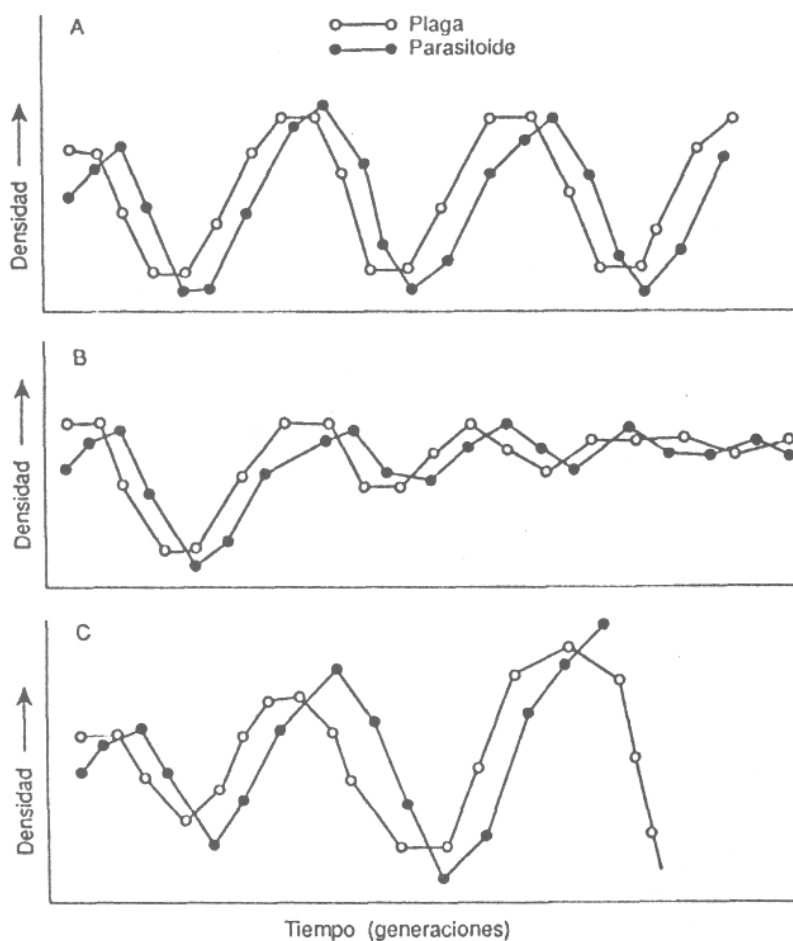


Fig. 3:3 Casos teóricos de la influencia de enemigos naturales (parasitoides o predadores) en las fluctuaciones de la población plaga (según Hassell y Varley, 1969).

En la naturaleza, los factores de variación estacional, el efecto de la disponibilidad de alimentos y la acción de los enemigos naturales, actúan simultáneamente. De allí que sea muy difícil interpretar lo que en realidad está ocurriendo en el campo.

Las fluctuaciones de las densidades y los perjuicios económicos

En la práctica, hay necesidad de asociar las fluctuaciones de las poblaciones de insectos fitófagos con los posibles daños que pueden ocasionar al cultivo. Para facilitar la comprensión de estas relaciones se han creado algunos términos y conceptos que son muy útiles, aunque a veces constituyen concepciones más teóricas que reales.

Si consideramos un período relativamente prolongado se puede establecer que una población de insectos presenta una "*densidad promedio de equilibrio*" alrededor de la cual se producen fluctuaciones en las que la población alcanza sus densidades máximas y mínimas (Figura 2:31). La relativa posición de este promedio y de sus fluctuaciones con respecto a las densidades en que dichos insectos son capaces de ocasionar perjuicio a los cultivos, determinan la severidad del problema entomológico.

Algunas especies de insectos mantienen permanentemente densidades bajas, sin llegar a alcanzar los límites de daños económicos, entonces se dice que se trata de "poblaciones sin importancia económica" o "plagas potenciales", tal como se indicó en el Capítulo 1. Las poblaciones de otras especies presentan de vez en cuando densidades altas que sobrepasan los límites de daños económicos; en tales casos se les denomina "plagas ocasionales" (Figura 3:4). Finalmente, si la densidad promedio de equilibrio se aproxima o queda por encima del nivel de daño económico, se tiene una plaga persistente o "plaga clave".

Cuando el límite económico queda por debajo del promedio de equilibrio de la población, la plaga es extremadamente severa y la única solución posible es la incorporación de nuevos factores de mortalidad permanente, como la introducción de enemigos naturales eficientes o la modificación de otros componentes del ecosistema. Entre estos últimos están la siembra de nuevas variedades o la adopción de nuevas labores culturales; de lo contrario, el cultivo resultaría antieconómico. En estos casos la aplicación de insecticidas no puede ser la base de control permanente pues su efecto solo es temporal.

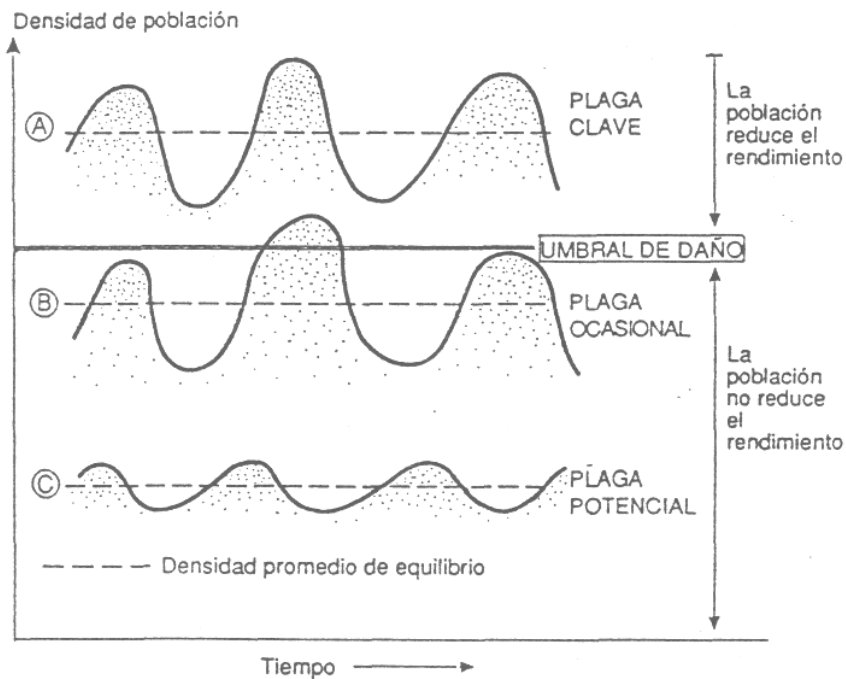


Fig. 3:4 Representación esquemática de los tipos de plagas (claves, ocasionales y potenciales) según la densidad de equilibrio de sus poblaciones respecto al umbral de daño.

PRONOSTICO DE LA OCURRENCIA Y EL DESARROLLO DE LAS PLAGAS

En la explotación agrícola, como en muchas otras actividades, es deseable poder planificar las labores e inversiones que se van a realizar en la campaña que se inicia. Por lo menos, es conveniente anticiparse suficientemente a la ocurrencia de ciertos hechos importantes para tomar las providencias necesarias durante la realización del cultivo. Entre otras cosas es deseable poder pronosticar la ocurrencia de las plagas y las tendencias de sus poblaciones para incrementar o disminuir con el transcurso del tiempo. A pesar de su importancia son pocas las investigaciones sobre estos temas.

Pronósticos confiables permitirían determinar con anticipación las estrategias y métodos de represión de plagas más convenientes, incluyendo la adquisición de equipos y productos, si van a realizarse aplicaciones de insecticidas. En este último caso, se mejora la oportunidad y se reduce el número total de aplicaciones a las necesarias evitando de esta manera el sobreuso de estos productos y los múltiples problemas que conlleva.

El pronóstico de la ocurrencia y desarrollo de las plagas es algo muy complejo. Teóricamente, sería necesario identificar los diversos factores físicos y biológicos que determinan la aparición y la tasa de reproducción (natalidad y mortalidad) de la plaga. De preferencia los factores considerados

limitantes o claves, cuya incidencia es más intensa. Luego habría que cuantificar sus efectos e interacciones. Estableciendo esto, en sí es muy difícil debido a la falta de informaciones previas, quedaría por pronosticar la ocurrencia e intensidad de tales factores (climáticos y biológicos) durante la campaña agrícola y sus efectos sobre las poblaciones de plagas. Cuando existen datos meteorológicos por muchos años es posible hacer ciertos pronósticos pero aún así quedaría por determinar la incidencia de los enemigos biológicos en la represión natural de la plaga.

En términos prácticos, cualquier intento de pronóstico de plagas se basa en registros previos, por varios años, de los niveles alcanzados por las plagas, las condiciones meteorológicas, y la acción de los enemigos naturales. A veces se establecen relaciones muy generales, como sucede en la costa Norte del país cuando se asocia la ocurrencia de lluvias abundantes con los "años plagosos", pero la tendencia es llegar a establecer relaciones más precisas. En el extremo de esta tecnología está el establecimiento de modelos matemáticos que con la ayuda de computadoras pueden indicar como van a variar las poblaciones de ciertas plagas. Ya se han efectuado algunos ensayos de este tipo en algunos países de zonas templadas, particularmente en los Estados Unidos, pero aún queda mucho por investigar antes de que esta técnica pueda considerarse madura. Las posibilidades de establecer modelos de este tipo para plagas tropicales y subtropicales parecen ser muy escasas.

Se puede distinguir dos casos en relación con el pronóstico de las plagas: a) pronóstico de la fecha de aparición ó iniciación de las infestaciones y b) pronóstico de las tendencias de incremento o disminución de las poblaciones.

Fecha de iniciación de las infestaciones

En zonas templadas, con inviernos más o menos rigurosos es posible pronosticar con cierta precisión la iniciación de las infestaciones de un buen número de plagas (Wildbolz 1966). En climas subtropicales esta posibilidad se limita a unas pocas especies de plagas de clara ocurrencia estacional, ya que la mayoría suele estar presente durante todo el año.

El inicio de las infestaciones corresponde a la emergencia de los adultos después del período invernante o estival y el lapso inmediato en que las hembras depositan sus huevos sobre las plantas. En algunos casos estos pronósticos se usan para establecer fechas de siembra apropiadas que permitan eludir gran parte de la oviposición de la generación invernante. En otros casos se utilizan para determinar el inicio de las aplicaciones de insecticidas.

Entre los factores que se toman en consideración están aquellos relacionados con la ruptura de la diapausa, especialmente la intensidad del frío invernal, seguida de las temperaturas crecientes primaverales y otros

factores que favorecen la emergencia de los adultos, el vuelo y la oviposición. La asociación entre las primeras lluvias y la emergencia de los adultos del gorgojo de los Andes es un caso bastante conocido.

Tendencia de las densidades de las infestaciones

La predicción de las densidades que pueden ir alcanzando las plagas durante el transcurso de la campaña agrícola se basan normalmente en evaluaciones periódicas de las poblaciones en el campo y en las condiciones climáticas predominantes.

La predicción de las poblaciones larvales, a base de los registros de huevos normalmente tiene gran aproximación. Las condiciones climáticas inadecuadas para el desarrollo de los primeros estadios larvales y la incidencia de los parásitos y predadores de huevos son factores modificantes. Los registros de las evaluaciones periódicas que deben llevarse en los campos ayudan mucho en esta tarea.

Las relaciones son más complejas en los climas subtropicales y tropicales debido a la superposición de las generaciones, fenómeno que sucede en menor proporción en las áreas de climas templados.

La predicción de la densidad de una generación de larvas en base a la densidad de la generación anterior es menos consistente. Cuanto más tiempo, o mayor número de estados de desarrollo separen la población registrada y la población que se desea predecir, la imprecisión es mayor. Esto se debe a que los factores modificantes tanto climáticos como biológicos tienen más posibilidades de actuar.

Wille (1958), después de 20 años de observaciones sobre las relaciones entre las infestaciones del arrebatiado del algodón y las condiciones climáticas llegó a las siguientes conclusiones: "...si al comienzo de la temporada el clima se manifiesta con poco sol y mucha neblina, se sabe que las condiciones biológicas para el arrebatiado son óptimas; si las contadas en los campos algodoneiros en octubre y noviembre indican que realmente el arrebatiado existe en gran número y se propaga en forma rápida, entonces se puede dar el pronóstico que la temporada será plagada por el arrebatiado. Wille observó, en la costa central que el arrebatiado que migra en la primavera desde las lomas a los campos de algodón son muy susceptibles a los rayos del sol y a la deshidratación por la insolación directa. En esta época las plantas tiernas del algodón ofrecen poca protección contra la insolación para este insecto.

En el pronóstico de las infestaciones de la polilla de la manzana *Cydia (Laspeyresia) pomonella*, se tienen en cuenta consideraciones climáticas, capturas de adultos mediante trampas luminosas y de feromonas, contadas

de huevos y de perforaciones recientes en los frutos.

En el Perú, se han logrado resultados prometedores en el pronóstico de algunas plagas del algodón. Se han estimado niveles de infestación del picudo *Anthonomus vestitus*, y del arrebiatado a base de registros de las poblaciones remanentes de la campaña anterior; y niveles de *Heliothis virescens* a base de remanentes de pupas en el suelo y huevos en los brotes.

Poco podría hacerse en el campo del pronóstico de plagas si no se cuenta con registros previos por varios años.

MUESTREO DE LAS POBLACIONES DE INSECTOS

Las poblaciones de insectos están sujetas a constantes cambios; incrementan o disminuyen según las condiciones favorables o desfavorables del medio. En algún momento pueden alcanzar niveles que amenacen los rendimientos del cultivo, acercándose o sobrepasando los umbrales de daño que se explicaron en el capítulo anterior. Para detectar estos momentos se efectúan muestreos periódicos de las plagas, generalmente una vez por semana. Si la población alcanza el umbral de acción que se ha establecido para la plaga habrá necesidad de efectuar un tratamiento de control. De lo contrario, las poblaciones pueden ser toleradas sin mayores consecuencias.

El *seguimiento sistemático* de los niveles poblacionales de las plagas se denomina con cierta frecuencia "monitoreo de las plagas" (del término inglés *monitoring*) y los sistemas de evaluación se llaman *muestreos*.

Según las clases de cultivos y plagas predominantes se diseñan cartillas o formatos para registrar la abundancia de las plagas y otros datos complementarios como magnitud de daños, presencia de enemigos naturales y estado de desarrollo de la planta. También es útil incluir información sobre las aplicaciones de pesticidas y la ejecución de prácticas culturales.

Es conveniente tener dos tipos de formatos para registrar los muestreos. Una *cartilla de campo* (Figura 13:8) que el evaluador llena conforme va efectuando el muestreo en las diversas parcelas o potreros y la *cartilla de campaña* (Figura 13:8) que se mantiene en la oficina acumulando los datos que se traen del campo. Se tiene una cartilla de campaña para cada potrero y en ella se anota el resumen de cada muestreo semanal proveniente de la cartilla de campo; viene a ser la historia del potrero contada de semana en semana. La documentación que se va acumulando con el tiempo es muy útil para perfeccionar el manejo y la protección del cultivo.

Es conveniente uniformizar los sistemas de muestreo para una localidad, valle, región o país. De esta manera los técnicos pueden analizar mejor la información registrada, intercambiar experiencias y orientar mejor las campañas fitosanitarias.

Tipos de Muestreo

Los muestreos pueden ser *Directos* e *Indirectos*. En el *muestreo directo* se mide una porción de la población en su microhabitat. La unidad de muestreo puede ser una determinada área del suelo, cierta longitud de surco, una planta entera, una parte de la planta o un órgano de la misma. Se inspecciona y registra el número de insectos que se encuentran en la unidad de muestreo. De alguna manera se pueden hacer inferencias sobre la población absoluta del campo o parte de él; por ejemplo: tantos insectos por metro cuadrado, por planta, por hoja, por 10 cm. de tallo, por tercio superior de la planta, por brote terminal, etc.

En el *muestreo indirecto* la unidad de muestreo mide una parte imprecisa de la población que no se puede asociar directamente con la población que existe por área o por planta; es una estimación relativa de la población. Tal es el caso de la captura de insectos con trampas de feromonas u otros atrayentes, la captura de insectos con red entomológica o el registro del número de insectos que se observan en un tiempo determinado.

El método de muestreo que se escoja debe ser lo más práctico posible; es decir sencillo pero preciso y consistente. Entendiéndose que si se repitiera el muestreo los resultados tenderían a ser similares.

Todo sistema de muestreo tiene cuatro componentes:

- tamaño de la unidad de muestreo
- número de unidades de muestreo por parcela o potrero (generalmente de 20 a 25 unidades)
- distribución espacial de las unidades de muestreo en el área de la parcela (patrón de muestreo)
- frecuencia del muestreo (generalmente una vez por semana)

Muestreos Específicos

El tipo de muestreo específico depende de la clase de plaga, estado de desarrollo del insecto, órgano de la planta que daña, lugar en que se localiza, grado de movilidad y otras consideraciones. Es común que conjuntamente con la población del insecto se evalúe la magnitud del daño en el cultivo y la ocurrencia de enemigos naturales. A continuación se presentan algunos ejemplos que ilustran la diversidad de opciones.

La *inspección directa* es una forma muy común de muestreo. Se toma una planta o parte de ella y se registra el número de insectos que se encuentran en hojas, tallos, botones, frutos y yemas. Con frecuencia resulta mas conveniente reducir la unidad de muestreo a un determinado número de hojas, botones y frutos por planta e inspeccionar un mayor número de

unidades por potrero o parcela (Figura 3:5). En estos casos el grado de infestación puede referirse al número de insectos en cien órganos.

Todos los insectos que son relativamente lentos, o que demoran en escaparse pueden ser muestreados incluyendo larvas de lepidópteros, larvas y adultos de escarabajos, áfidos, trípidos, chinches, ninfas de cigarritas y otros insectos. Cuando se trata de insectos pequeños pueden utilizarse escalas de infestación en lugar de números absolutos. En el caso de moscas minadoras se registra el número de minas por hoja.

No hay que olvidar que la toma de muestras se hacen al azar y no debe haber un prejuicio por escoger las plantas más dañadas o menos dañadas. Cuando se trata de gramíneas es preferible que la unidad de muestreo sean pequeños grupos de plantas sucesivas (de 4 a 10 plantas) para evitar tendencias parcializadas en la selección de plantas individuales.

El *método de la lona* se usa comúnmente en plantas herbáceas. Se utiliza una pieza de lona, generalmente de un metro de largo que se coloca en el fondo del surco. Sobre ella se sacude vigorosamente las plantitas de ambos lados. Larvas de lepidópteros, escarabajos, gorgojos y otros insectos caen fácilmente sobre la lona. Los insectos pueden ser colectados o contados inmediatamente.

La *red entomológica* se Utiliza para muestrear insectos adultos que emprenden el vuelo fácilmente. Generalmente se utiliza 4 a 10 golpes de red por unidad de muestreo (siempre mantener el mismo número de golpes de red) tocando ligeramente el follaje. Así se capturan cigarritas adultos, escarabajos y otros insectos, entre ellos avispias parasitoides. Con una red mas gruesa se puede golpear la parte superior del follaje y entonces caen larvas de lepidópteros, áfidos y otros insectos que normalmente permanecen en el follaje.

Las *trampas con atrayentes sexuales* (feromonas), de alimentación, de luz, o coloreadas, se utilizan para muestrear insectos adultos que vuelan. Las trampas con feromonas sexuales se usan con muchas especies de lepidópteros, incluyendo la polilla de la papa, la polilla de la manzana y el gusano rosado de la India que daña la bellota del algodón. También hay trampas de feromonas contra el picudo mejicano del algodonoero y el gorgojo asiático del camote. Trampas con atrayentes sexuales y de alimentación se usan para las moscas de la fruta. Trampas de color amarillo con superficies pegajosas se utilizan para adultos de mosca minadora y áfidos alados. Las capturas de las trampas suelen ser registrados en números de insectos capturados por día o por semana. El dibujo de gráficos a base de las capturas da una idea de la ocurrencia estacional de la plaga.

Las *trampas de caída* se utilizan para los insectos que caminan por la superficie del suelo. Estas trampas se construyen con tarros vacíos de leche

evaporada o vasos de plástico que se entierran hasta el borde superior. Los insectos que viven debajo de la superficie solo pueden ser evaluados tomando muestras de suelo (por volumen u área de superficie) para ser inspeccionados.

La adopción de una determinada modalidad de muestreo debe merecer un análisis con gran sentido práctico. Se puede sacrificar algo de precisión en aras de la expeditividad. En este sentido no hay que confundir el muestreo orientado al control de plagas en campos agrícolas con el muestreo que tiene fines experimentales. En el caso de plagas es importante detectar "focos de infestación" que puedan ser eliminados oportunamente. La persona encargada del muestreo debe estar alerta para detectar estos casos y comunicarlos en el informe respectivo.

Muestreo secuencial

Cuando el muestreo tiene por fin exclusivamente tomar una decisión (aplicar o no aplicar un tratamiento) y no tanto seguir la dinámica de la población, el número de muestras puede reducirse con el ahorro de tiempo correspondiente. La experiencia demuestra que cuando la población de una plaga es muy baja o, por el contrario, muy alta basta tomar unas pocas unidades de muestreo para darse cuenta de esta situación; y consecuentemente decidir no efectuar tratamiento alguno o, por el contrario, aplicar un insecticida.

Cuando la población está en un rango intermedio que compromete el umbral de acción, se requiere tomar un mayor número de muestras para asegurarse que la decisión que se tome está bien respaldada.

Estas consideraciones han dado lugar al llamado *muestreo secuencial* (Figura 3:5) que se basa en cálculos matemáticos, incluyendo la distribución de la plaga y sus daños, el umbral de daño, y el grado de seguridad (o riesgo) para tomar la decisión. Todo esto se representa en un gráfico cuyas coordenadas indican el número de muestras y el número acumulativo de insectos. Una línea (en realidad un rango limitado por dos líneas) señala los límites para la toma de decisión. Si el número acumulativo de insectos para sucesivas muestras caen debajo del límite, no se requiere tratamiento; y si supera el límite, se requiere tratamiento. Si el número acumulativo de insectos cae dentro del área límite; se pospone la decisión para la siguiente fecha de muestreo. Onsager, (1974) explica la racionalidad del uso del muestreo secuencial y su aplicación en el manejo integrado de plagas.

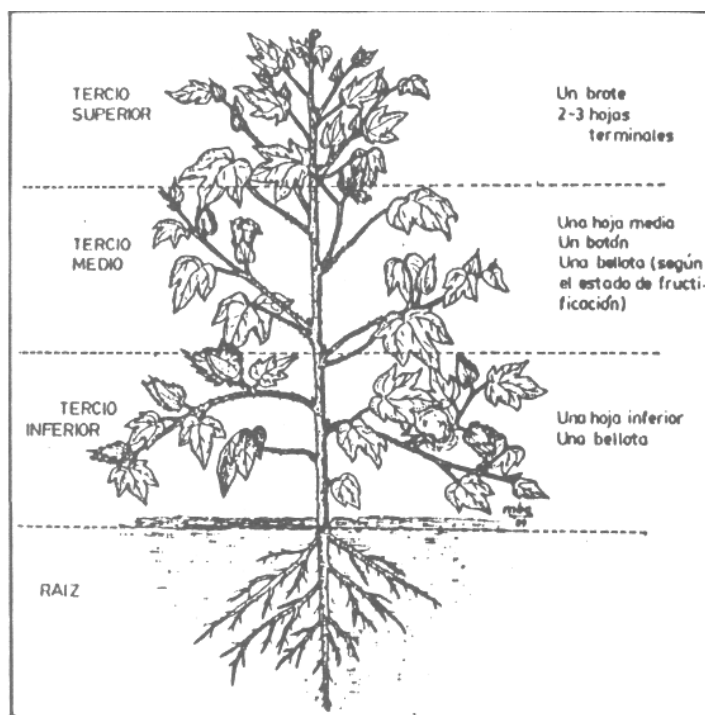


Fig. 3.5 División de la planta de algodón en tercios indicando los órganos que se examinan en cada uno de ellos en el sistema de evaluación de plagas que se usa en el Perú

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEINGOLEA G., OSCAR 1966. Evidencia sobre la existencia de niveles tolerables de infestación por el "arreatado", *Dyidercus peruvianus* Guerin (Heteroptera: Pyrrhocoridae) y la posibilidad de un control económico por medio de trampas de semilla de algodón. Rev. Peruana de Entorno). 9 (1): 170-173.
- BEY-BIYENKO, G. YA 1961. Some features of the change in the invertebrate fauna when virgin steppe is brought under cultivation. Rusia. Entomologicheskoye obozrenie. 40 (4): 736-775.
- GONZALEZ, JUAN. 1959. Los daños del arreatado en relación con la edad de las bellotas. Rev. Peruana de Entomol. 9 (1): 102-105.
- HASSEL, M.P. Y G. C. VARLEY. 1969. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. Nature. London.223: 1133-1137.
- JEPPSON. L.R. 1963. Weather influences on use of acaricides for citrus mite control. California Agriculture. 17 (10); 11-12.
- MARTIN R., HUGO. 1960. Estudios sobre la biología, hábitos de vida, ecología y control de *Bucculatrix* en el departamento de Piura. Rev. Peruana de Entomol. 3 (1): 46-53.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1969. Insect pest management and control. Principles of plant and animal pest control. Vol 3. Washington D.C. 508 p..

ONSAGER, JEROME A 1974. The rationale of sequential sampling, with emphasis on its use in pest management. Technical Bulletin No. 1526. ARS. USDA Washington D.C. 19pp.

PEDIGO, L. P., S. H. HATCHINS, and L. E. LIGHLEY. 1986. Economic injury levels in theory and practice. Ann. Rev. Entomol. 31: 341-368.

POLYAKOV, I. YA. 1968. Basic premises of a theory of the protection of plants against pests. Entomologicheskoye Obozreniye. Traducción inglesa: Entomological Review 47: 200-210.

STERN, V. M. 1966. Significance of the economic threshold in integrated Pest Control. Proceedings of the FAO Symp. On Integrated Pest Control. Vol 2: 41-56.

STERN, V. M., R. F. SMITH, R. VAN DEN BOSCH Y K. S. HAGEN. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Part I. The integrated Control Concepts. Hilgardia. 29: 81-101.

WILDBOLZ, T. 1966. Prediction of population Trends. Proceedings of the FAO Symp. on integrated Pest Control. Vol. 2: 77-86.

WILLE, J. E. 1959. Observaciones bioecológicas sobre el "arrabiatado" (*Dysdercus peruvianus* Guerin) con conclusiones prácticas. Rev. Peruana de Entorno). Agrie. 1 (1): 35-37.