

LABOR ENTOMOFENOLÓGICA REALIZADA EN EL ALTO ARAGÓN. ECOFISIOLOGÍA DE LEPIDÓPTEROS

por

A. PALANCA SOLER**

INTRODUCCIÓN

Desde 1968 se capturan lepidópteros con trampas automáticas o por métodos más simples. Se ha utilizado lámpara de vapor de mercurio (Jaca, 1968-72, San Juan de la Peña y Samitier, 1972-73) o de butano (Los Lecherines-Las Blancas, Boalar, San Juan de la Peña, Samitier, 1972-73), igualmente se han utilizado trampas automáticas provistas de luz fluorescente (Candanchú, Boalar, Ena, 1974) con carácter permanente e instaladas junto a estaciones meteorológicas.

Se ha recolectado por todo el alto Aragón Occidental y durante los años 1971 a 1974, un gran número de datos con una distribución temporal y espacial muy amplias.

Estos datos, unidos a los procedentes de la extensa red de estaciones meteorológicas que el C. P. B. E. tiene instaladas por el área de muestreo, permiten un estudio de la correlación existente entre el clima y el ciclo biológico de los lepidópteros y de las plantas.

En esta comunicación apuntamos algunas de las observaciones más relevantes y algunas conclusiones que de ellas podemos sacar.

EL VUELO DE LOS LEPIDÓPTEROS

El número de lepidópteros existentes en el campo depende en parte de la capacidad que tenga el biotopo en cuestión para albergar una gran variedad de especies y en parte del número de emergencias de adultos por especie.

La riqueza de especies de un biotopo depende de la vegetación existente y del clima. La vegetación depende del clima, tipo de suelo, influencia humana y factores históricos.

Muchos factores ambientales pueden influir en la emergencia de los insectos adultos; esto es comprensible, ya que especies dife-

* Recibido para publicar en enero de 1975.

** Centro pirenaico de Biología experimental, Jaca.

rentes pueden utilizar distintas variables naturales en el ajuste de sus épocas de emergencia: ciclos diarios de temperatura, humedad y fotoperíodo.

El fotoperíodo tiene la ventaja de ser una inmediata expresión de los factores astronómicos determinantes del ritmo diario y estacional del tiempo atmosférico y clima.

La humedad atmosférica está determinada por el concurso de varios factores: agua, temperatura, presión atmosférica y viento. De este conjunto de factores deriva el estado higrométrico de la atmósfera. El calor, la insolación y los vientos disminuyen la humedad atmosférica.

Cuando, y esto es lo normal, el vapor acuoso no satura completamente el aire, hay un déficit de saturación. Proporcional a este déficit es la evaporación, que está en directa dependencia de la humedad del aire, temperatura, viento, presión atmosférica e insolación.

La evaporación es más intensa en las altas montañas debido a la disminución de la presión atmosférica y a la menor tensión de vapor de agua. La humedad, por lo general, disminuye con la altitud, siendo más elevada en el interior de los bosques, en los cuales varía según las especies forestales.

Cuatro variables fundamentales tenemos que tener en cuenta para el estudio ecofisiológico de los lepidópteros: fotoperíodo, temperatura, evaporación y vegetación real.

SENSIBILIDAD A LOS FACTORES AMBIENTALES

La sensibilidad al fotoperíodo no se extiende a todo el ciclo vital; además, el estado sensitivo y el estado capaz de responder son esencialmente diferentes y pueden estar temporalmente distanciados. Así, en *Bombix mori*, una larga acción del fotoperíodo sobre los huevos es decisiva para que tenga lugar la diapausa de los mismos en la siguiente generación.

La acción del fotoperíodo es independiente de la intensidad de luz por encima de un cierto umbral. Este umbral es variable según las especies. Igualmente es interesante la influencia de la región espectral activa.

Para la mayoría de las especies, el umbral es muy bajo, y corresponde a unos cinco lux. Esto significa que los lepidópteros son sensibles a la iluminación crepuscular, y que el fotoperíodo total que actúa sobre ellos puede obtenerse de la suma de la duración teórica del día con el crepúsculo civil. Sin embargo, el crepúsculo matutino puede ser inefectivo, ya que las bajas temperaturas del

amanecer pueden hacer insensibles las mariposas a la luz. En este caso se hace necesaria la correspondiente corrección. La luz de la luna puede interferir también con los efectos del fotoperíodo.

La baja intensidad del umbral, antes aludida, hace al fotoperíodo relativamente independiente del oscurecimiento por nubes, o por niebla, permitiendo la captación de la duración natural del día así como de las estaciones. La interrupción del período oscuro nocturno carece de efectos si es breve; en efecto, la iluminación debe durar varias horas para influir en los insectos.

La diapausa es un estado de desarrollo detenido, caracterizado por un mínimo en las actividades exoenergéticas tal como la respiración y un mínimo en las actividades biosintéticas endoenergéticas tal como la síntesis de proteínas. Esta detención puede ser facultativa; el medio estimula directamente al organismo, ya sea para continuar o para detener su desarrollo. En otros casos puede ser obligatoria. Tanto en el caso de la diapausa facultativa, como en el de obligada, el control es ejercido por el sistema endocrino.

Los principales estímulos que establecen la diapausa son: el fotoperíodo, la temperatura, humedad, dieta, etc.

En el caso más frecuente, las diapausas larvarias o ninfales son inducidas por la supresión de una hormona elaborada por el cerebro.

La transmisión del estímulo fotoperiódico se realiza por vía humoral; una substancia activa elaborada por el órgano fotosensible obra sobre el cerebro. Existe una región fotosensible al nivel de los segmentos abdominales siete al diez, es decir, en la extremidad del cuerpo (Fig. 1).

Un insecto puede ser considerado esencialmente como un tipo especial de sistema metabólico, y desde este punto de vista es evidente que las velocidades de reacción de las partes componentes de tal sistema estarán relacionadas con la temperatura en una forma bastante simple.

Diversos autores han admitido la hipótesis de que la actividad cerebral está condicionada por la presencia de una substancia X que participa en dos reacciones, sensibles de forma diferente a la temperatura: 1.º, una reacción poco sensible a la temperatura produce substancia X; 2.º, una reacción muy sensible a la temperatura inactiva la substancia X. Así, a bajas temperaturas la substancia X se producirá y como consecuencia quedará bloqueada la producción de la hormona cerebral responsable del cese de la diapausa.

La temperatura tiene un efecto definible sobre las velocidades de los procesos metabólicos que conducen al nacimiento y muerte

de los insectos, y, por tanto, un efecto previsible sobre la dinámica de poblaciones.

Los insectos poseen órganos sensoriales capaces de responder a cambios en la temperatura. La información dada por estos órganos es utilizada para seleccionar el ambiente más adecuado desde el punto de vista del equilibrio térmico.

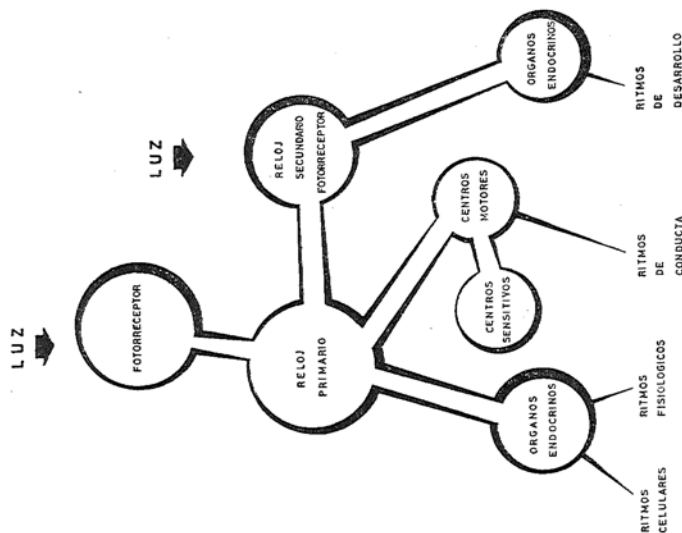


Fig. 1

La evaporación no ejerce un efecto directo sobre el sistema metabólico en la forma en que lo hace la temperatura, sino a través del contenido hídrico. Si éste se reduce por debajo de los límites críticos, por exposición a condiciones desecantes, o si se eleva por encima de un cierto límite, entonces el insecto muere.

No se conoce con exactitud la naturaleza del estímulo que conduce en algunos insectos la respuesta a los diversos grados de evaporación; podría ser el vapor de agua actuando como un estímulo olfatorio, cambios en la conformación física de las estructuras receptoras basados en la higroscopia cuticular, cambios en las con-

diciones osmóticas, o en la temperatura asociada con la evaporación de agua de las superficies receptoras.

El ganglio frontal, formado por fibras sensoriales que vienen de la región de la faringe, registra las sensaciones nutricionales y controla la difusión de las hormonas cerebrales en función de estas sensaciones, de suerte que se podría decir que el animal privado de su ganglio frontal se nutre, pero su sistema endocrino no se entera y como consecuencia no se produce la muda, fenómeno complejo, que realiza simultáneamente la destrucción de la vieja cutícula y la elaboración de una nueva, y que está íntimamente ligada al desarrollo de los artrópodos.

LEPIDÓPTEROS NOCTURNOS Y DIURNOS

En general, los lepidópteros nocturnos poseen un cuerpo grueso y poca superficie alar, efectuando gran número de vibraciones por segundo, mientras que los diurnos poseen un cuerpo esbelto y una gran superficie alar, con un vuelo de pocos aleteos por segundo.

Estas dos morfologías diferentes corresponden a dos tipos de comportamiento, condicionados por la fisiología:

Para abordar este tema tenemos que considerar que:

a) La superficie del cuerpo crece como el cuadrado de las dimensiones lineales, mientras el peso depende del volumen y aumenta como el cubo de las mismas.

b) El trabajo que puede ejercer un músculo depende de la tensión que consiga y de la frecuencia con que pueda realizarla, dependiente ésta del oxígeno y metabolitos que se pueden suministrar al músculo. El área de las superficies utilizadas para el intercambio gaseoso y la sección transversal de las bombas que se utilizan para la circulación de los fluidos del cuerpo, es de suma importancia.

c) El exoesqueleto de las alas de los insectos está constituido por una serie de tubos. Siendo que la resistencia de un tubo a doblarse disminuye rápidamente al aumentar el diámetro de éste, vemos que los insectos con un número elevado de vibraciones alares durante el vuelo están dotados de alas pequeñas. La mariposa de la col, dotada de grandes alas, sólo llega a nueve vibraciones por segundo.

d) Durante el vuelo aumenta enormemente el metabolismo y el calor metabólico. Se abren los espiráculos y se ventila vigorosamente el sistema traqueal evaporándose gran cantidad de agua. La evaporación parece tener un papel pequeño en la disipación

de calor metabólico, la mayor parte del cual se pierde por convección a través de las superficies torácicas.

e) Cuanto más grande sea el insecto mayor será el exceso de temperatura que alcanza, a un nivel dado en absorción térmica por radiación. Por medio de la exposición a los rayos del sol se mantiene una temperatura corporal muy por encima de la del ambiente.

f) La supervivencia de un insecto dependerá de la capacidad para mantener un equilibrio entre las pérdidas y ganancias de agua, de tal manera que la reserva de ésta nunca se agote por completo. Los insectos pueden perder agua por transpiración y por excreción, y ganarla por ingestión y por producción de agua metabólica.

Así pues, el tamaño grande implica un peso mayor y una relación superficie-volumen pequeña. A mayor peso, mayor trabajo muscular, mayor frecuencia de aleteo y mayor tensión de los músculos alares, mayor calor muscular, menor superficie alar, más intercambio gaseoso, más pérdida de agua, menor pérdida de calor por convección y mayor temperatura corporal por insolación.

Los lepidópteros nocturnos necesitan un ambiente con poca evaporación y tienen que volar en temperaturas bajas. Durante la noche la evaporación se reduce y las temperaturas descienden. En estas condiciones los lepidópteros nocturnos encuentran las condiciones propicias para volar y cumplir su misión reproductora.

El tamaño pequeño del cuerpo implica un peso menor y una relación superficie-volumen grande. A menor peso, menor trabajo, menor volumen muscular, menor frecuencia y tensión en el vuelo, menor calor muscular, mayor superficie alar, menor intercambio gaseoso, menor pérdida de agua durante el vuelo, mayor pérdida de calor corporal por convección y menor temperatura corporal por insolación.

Los lepidópteros diurnos son más resistentes en los ambientes secos. Una vez han tenido oportunidad de reponer sus reservas de agua muestran una marcada preferencia por el aire seco y el sol; pero a medida que disminuyen sus reservas, su preferencia por la sequedad se hace cada vez más débil y es reemplazada eventualmente por una fuerte preferencia por el aire húmedo, que encuentran dentro de la densa vegetación, donde los movimientos del aire están reducidos, la temperatura a la sombra es baja y la evaporación de la superficie de la planta y del suelo produce microhabitats de poder de evaporación muy bajo.

Tal constitución asegura que los lepidópteros diurnos puedan aprovecharse, mientras sus reservas de agua son abundantes, de las primeras horas de sol y calor para cumplir su misión repro-

ductora y de colonización de nuevas áreas, guiándose principalmente por estímulos visuales.

CLIMA, TIEMPO ATMOSFÉRICO Y LEPIDÓPTEROS

El tipo periódico de conducta está claro en las actividades de los lepidópteros. Vuelo, apareamiento y ovoposición son fenómenos de conducta que pueden suceder a lo largo del día.

Las especies diurnas son característicamente activas durante las horas de luz, las nocturnas tienden a ser activas durante la noche. Dentro de estos ciclos fotoperiódicos se producen fases termoperiódicas o relacionadas con el déficit de saturación.

Los lepidópteros nocturnos vuelan en las horas de mínima evaporación del día. Esto sucede por la noche, pero no siempre, pues a altitudes considerables, en la montaña, empieza a producirse una inversión del ciclo diario de la humedad. Es, pues, significativo que en Las Blancas (2.100 m. de altitud) los llamados lepidópteros nocturnos tienden a ser crepusculares (Fig. 2), consiguiendo además volar en horas en las que temperatura aún no ha descendido excesivamente.

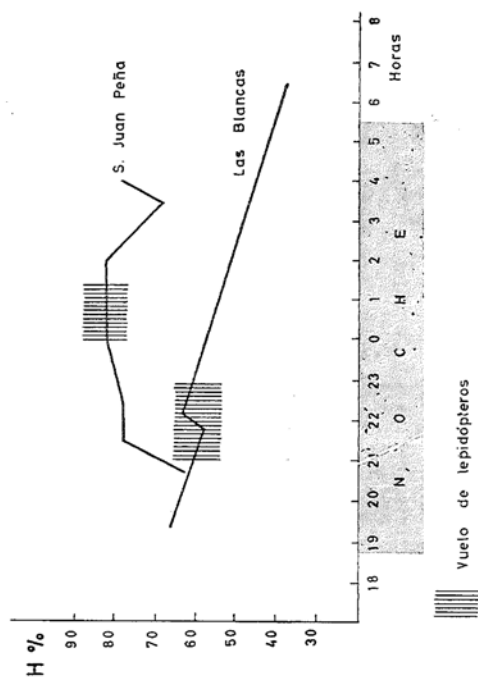


FIG. 2

Es interesante anotar que las falenas, antes de emprender un vuelo nocturno o crepuscular, realizan una serie de vibraciones alares hasta adquirir el calor metabólico suficiente para hacer rendir al máximo sus músculos.

Los lepidópteros diurnos vuelan en las horas en que la evapo-

ración empieza a ser intensa gracias a una fuerte insolación, pero pronto agotan sus reservas de agua y tienden a volar bajo y a refugiarse entre la vegetación (Fig. 3).

En alta montaña las temperaturas son bajas. Sólo un aprovechamiento al máximo de las radiaciones solares por los lepidópteros puede contribuir a la supervivencia de éstos. Propias de gran altitud son las especies del género *Erebia*, cuyo color negro permite aprovechar bien estas calorías. El calor del sol es la fuente primordial para poner a tono los músculos de vuelo en los lepidópteros diurnos.

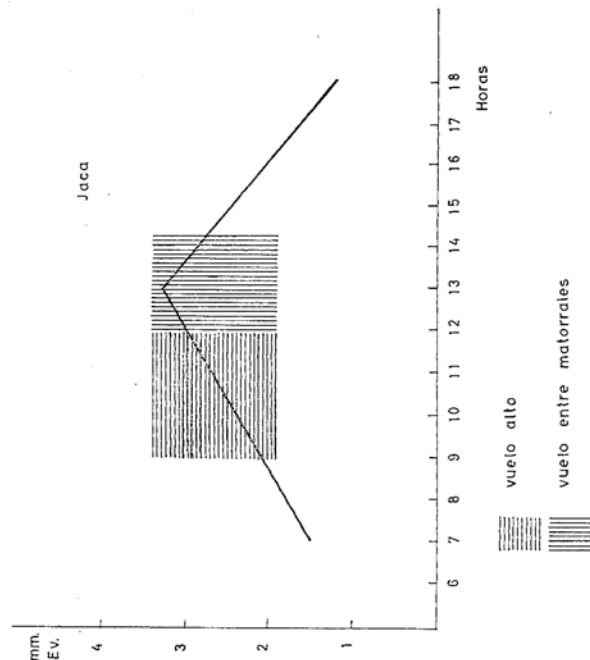


Fig. 3

En el llano, frecuentemente, el aire queda estancado y las variaciones de temperatura del suelo tienen una gran influencia sobre las capas de aire situadas por encima. El calentamiento diurno del suelo que eleva la temperatura diurna del aire, disminuye la humedad relativa; mientras que el enfriamiento nocturno, que baja la temperatura de la atmósfera, provoca una elevación de la humedad relativa con depósito de rocío.

En la montaña, el aire está en continuo movimiento y el suelo tiene muy poca influencia sobre él. Por esto, la variación de la temperatura diurna es débil y el enfriamiento nocturno está atenuado.

El aumento diurno de la humedad relativa depende de los ascensos creados por calentamiento del aire de las regiones inferiores. Estos ascensos provocan en las masas de aire un aumento de la humedad relativa a medida que se enfrían con la altitud.

Por la noche las corrientes de aire se dirigen hacia abajo, implicando una toma de aire de las capas superiores de la atmósfera. Estas masas de aire se calientan y comprimen a medida que descenden. Este calentamiento disminuye aún más el grado de saturación de estas masas gaseosas cuya humedad absoluta es de por sí débil (Fig. 4).

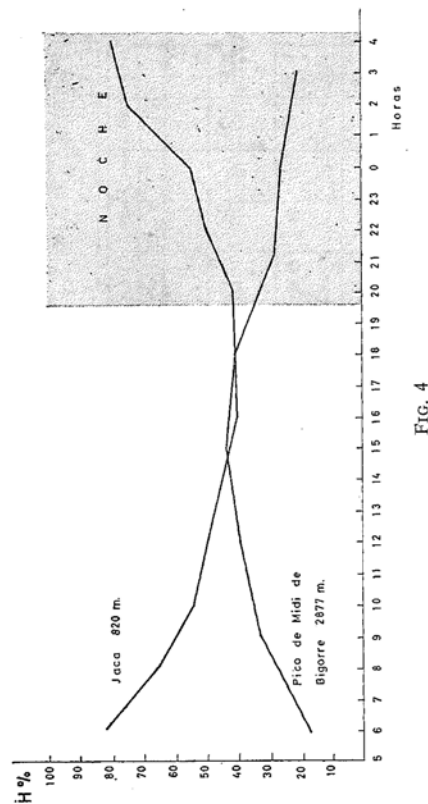


Fig. 4

La emergencia de la imago difiere de los actos cotidianos de la vida del insecto por el hecho de que se da una sola vez. Este fenómeno debe ser estudiado, sin embargo, no como una vicisitud en la vida de cada individuo, sino como algo que afecta a toda la población, considerada ésta como una especie de superorganismo. De esta forma, la emergencia de los adultos se revela como un fenómeno periódico, no instantáneo, y puede ponerse en relieve la relación existente entre dicha periodicidad, por una parte, y la actividad locomotora y la conducta reproductora de cada especie, por otra.

La captura de falenas mediante una luz más o menos potente depende de la actividad, de la población y por supuesto del fototropismo positivo de la especie estudiada.

Trigonophora meticulosa L. es una falena abundante, presenta fototropismo positivo y podría servir como ejemplo para estudiar la actividad nocturna y estacional. Esta falena es bastante po-

lfiga por lo que el problema alimenticio lo tiene bien resuelto. Para pupar se encierra en el suelo, tardando un mes aproximadamente en emerger como imago. Inverna en estado de oruga.

Estudiando el diagrama que representa la aparición mensual, a lo largo de cuatro años, de esta falena, junto con el número de días en que el cielo estaba totalmente cubierto y por lo tanto las horas de luz crepusculares son nulas (Fig. 5), podemos observar que el imago emerge tanto en la primera generación como en la segunda a partir de los días en que el fotoperíodo oscila entre las trece horas y las trece horas treinta minutos de luz. En los meses de abril y agosto puparían las orugas de la primera y segunda generación respectivamente.

	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUB.	NOVIEM.	DICIEM.	meses
1967									5	11	16	9	días cielo cubierto
1968	2	5	10	5	3	2	5	6	7	2	5	9	días cielo cubierto
1969	21	11	14	14	5	9	3	2	9	6	8	20	días cielo cubierto
1970	29	17	6	1	7	7	0	2	1	4	5	3	días cielo cubierto
1971	13	4	8	15	15	11	6	1	5	5	6	9	días cielo cubierto
	33 m.	31 m.	30 m.	31 m.	35 m.	37 m.	36 m.	32 m.	28 m.	29 m.	32 m.	33 m.	crepúsculo teórico
	10 h.	11 h.	12 h.	13 h.	14 h.	15 h.	15 h.	14 h.	12 h.	11 h.	10 h.	9 h.	luz teórica diaria
	9 m.	13 m.	24 m.	43 m.	59 m.	37 m.	24 m.	20 m.	58 m.	41 m.	30 m.	51 m.	

● capturas
durante 1968-69-70 y 71
Trigonophora meticulosa — imago —

FIG. 5

Por otro lado (Fig. 6), contabilizando las horas de luz crepuscular perdidas en los días de cielo cubierto correspondientes a los meses en que pululan las orugas, podemos apreciar que un déficit de veinticinco horas sería, aproximadamente, suficiente para lograr la emergencia de una generación.

De los once mil quinientos lepidópteros capturados durante los años 1968 y 69, el seis por ciento volaron en noches cuya temperatura era superior a dieciocho grados, a la una hora; el setenta y ocho por ciento volaron entre los doce y dieciocho grados. Por de-

meses años	abril — mayo junio y julio	septiembre — octubre — noviembre y marzo año siguiente
1967		25 h. 34 m.
1968	8 h. 4 m.	13 h. 4 m.
1969	18 h. 3 m.	14 h. 1 m.
1970	8 h. 4 m.	10 4 m.
1971	27 h. 1 m.	

FIG. 6

bajo de los seis grados no vuelan los lepidópteros nocturnos en Jaca (Fig. 7).

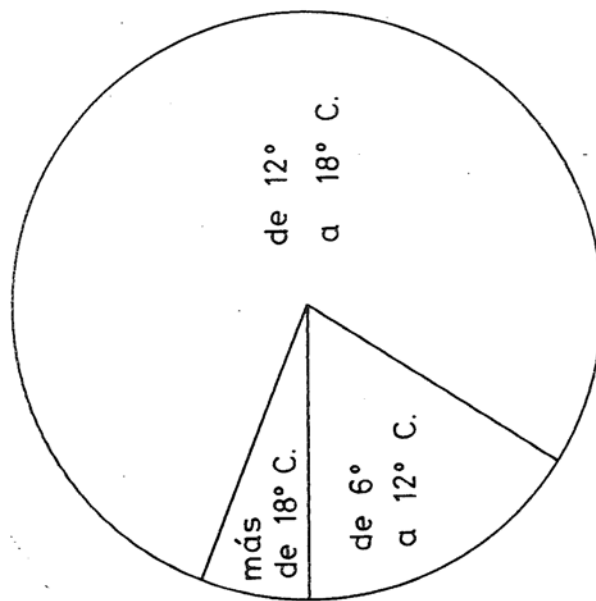


FIG. 7

Todas estas observaciones son de gran valor para la exacta predicción del vuelo de una determinada especie.

Vemos pues que los lepidópteros mediante el fotoperíodo inducido en su fase larvaria consiguen una alta correlación con la temperatura y humedad, que causan un desarrollo mayor en la parte vegetativa de las plantas que constituyen su alimento larvario, al igual que en la parte reproductora de las mismas, donde liban y a su vez realizan la polinización (Fig. 8).

También vemos cómo el fotoperíodo provoca errores en la aparición de una generación. La sensibilidad a la luz debe ser alta para evitar el gran error que supondría la interrupción del fotoperíodo a causa de un día muy nublado, pero esta misma sensibilidad per-

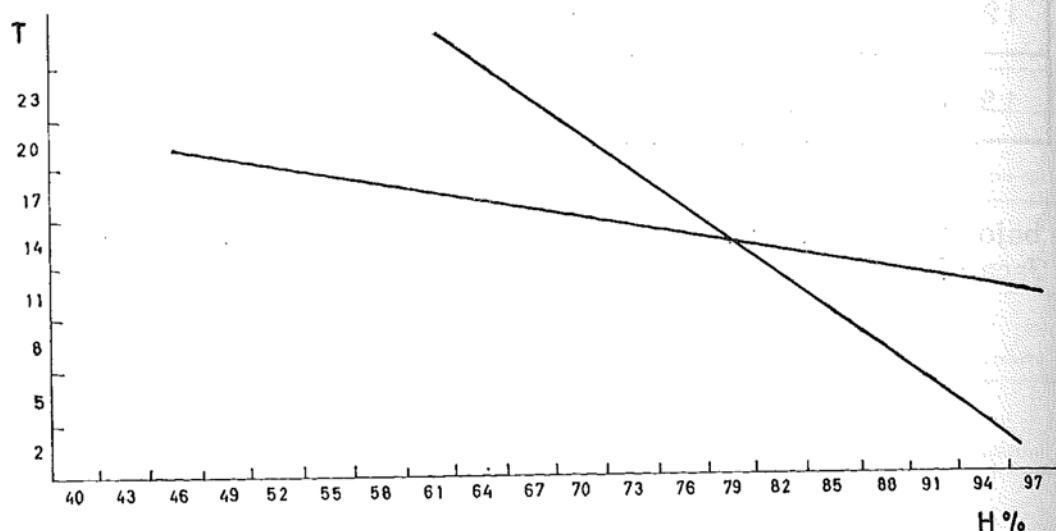


FIG. 8

mite sumar a las horas de sol los minutos que dura el crepúsculo, y esto lleva a un mal menor: en los días totalmente cubiertos el crepúsculo es nulo, ya que los rayos de sol paralelos al suelo son desviados o absorbidos por las nubes. La luna llena puede producir también un error mínimo, pero en el caso concreto de la montaña es despreciable ya que el mismo relieve protege a las orugas de este astro.