

## ATAQUE DE LAS POLILLAS *SCROBIPALPOPSIS SOLANIVORA* Y *PHTHORIMAEA OPERCULELLA* (LEPIDOPTERA, GELECHIIDAE) Y SU RELACION CON LA FENOLOGIA DE LA PAPA, EN CARTAGO, COSTA RICA

Luko Hilje

Escuela de Ciencias Ambientales  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica

Víctor Cartín

Escuela de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica

### RESUMEN

Se estudió el crecimiento de las estructuras vegetativas (parte aérea, tubérculos y raíces) y la presencia de las estructuras reproductivas, en las variedades de papa Atzimba y "Segura". Conforme avanzó la temporada del cultivo, el número de hojas aumentó casi linealmente y la altura en forma sigmoidea; el peso fresco y la biomasa de las estructuras vegetativas se incrementaron en forma curvilínea. La máxima producción de biomasa aérea se registró entre las semanas 5a. y 7a. y la de los tubérculos entre la 13a. y la 15a. A partir de la 6a. semana se iniciaron la floración y la tuberización.

La presencia de polillas en los campos coincidió con la floración, por lo que se propone la hipótesis de que ellas son atraídas por la presencia de flores. Se plantea un modelo fenológico para el cultivo, con base en el cual se discuten varias posibilidades para reducir el impacto económico de las polillas.

### ABSTRACT

Growth of vegetative structures (foliage, tubers, and roots) and flowering patterns were studied for Atzimba and "Segura" potato varieties. Leaf number increased linearly and plant height followed a sig-

moid pattern during the growing season; fresh and dry weights of vegetative parts increased in a curvilinear manner. The largest absolute production of aerial biomass occurred between the 5th and 7th weeks, and that of tubers occurred between the 13th and 15th weeks. Flowering and tuberization began at the 6th week.

Tubermoths appeared on potato fields at flowering onset. Thus, the hypothesis that tubermoths are attracted by the flowers is proposed. A phenological crop model is presented, based on which options to diminish tubermoth economic impact are discussed.

### INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum*, Solanaceae) representa un cultivo de gran importancia, debido a que sus tubérculos constituyen un componente básico en la dieta diaria en muchos países.

En Costa Rica, su consumo sigue en importancia al del arroz y los frijoles, a razón de 25 kg. per capita anuales, y su producción supera en rentabilidad a los granos básicos (Programa Nacional de Papa, 1982). En los últimos años, el área cultivada ha sido de 2.500 ha. en promedio, de la cual el 97% se siembra en las estribaciones del volcán Irazú (Programa Nacional de

Papa, 1982), con una producción promedio de 15 toneladas métricas por hectárea (Tencio, 1989).

No obstante, dicha producción puede resultar seriamente limitada, no solo ocasionalmente por factores abióticos y problemas financieros, sino en forma permanente por múltiples plagas y enfermedades, entre las que sobresale la polilla guatemalteca de la papa (*Scrobipalopsis solanivora*), cuya larva barrena los tubérculos. Esta plaga, exótica, es secundada en importancia por la polilla nativa (*Phthorimaea operculella*), con la cual tiene gran afinidad taxonómica, ecológica y etológica.

Ante el uso excesivo de insecticidas para combatirlos, resulta urgente explorar otras opciones de combate, enmarcadas en la noción del manejo integrado de plagas. En tal sentido, en la presente investigación se estudió la sincronización existente entre la abundancia de esas especies de polillas y ciertos eventos fenológicos del cultivo de papa, tales como la presencia de estructuras reproductivas y de los tubérculos. Con esto se pretendió identificar períodos estacionales críticos para el combate de esas plagas.

## MATERIALES Y METODOS

Los datos presentados provienen de tres fuentes experimentales, ubicadas en las laderas del volcán Irazú, en la provincia de Cartago, Costa Rica. En esa zona, situada a aproximadamente 09° 54' de latitud norte y 83° 53' de longitud oeste, la precipitación anual es de 1.400 mm. y la temperatura promedio anual de 15° C (Campos, s.f.). El área corresponde a la zona de vida de bosque muy húmedo de montano (Tosi, 1969).

En diez parcelas comerciales menores de 2 ha., ubicadas entre Paso Ancho de Oreamuno y Potrero Cerrado (entre 1.700 y 2.300 m.s.n.m.) en las que no se podían extraer los tubérculos, se obtuvieron los datos referidos solamente a la parte aérea de la planta (altura, número de nudos, fenología reproductiva). Ellas estaban sembradas con la variedad Atzimba a razón de 15-20 cm. entre plantas y de 70-90 cm. entre surcos, y fertilizada con una mezcla 10-30-10 en el momento de la siembra y en la aporca; algunos agricultores utilizaron abono foliar a intervalos variables. Las observaciones se efectuaron entre noviembre de 1987 y abril de 1988, en forma semanal.

Para tomar los datos se eligió un punto inicial, a partir del cual se tomó una muestra de tres plantas

consecutivas, cada diez pasos del observador, hasta completar una muestra de 30 plantas por parcela. Para cada planta se registró su altura, el número de nudos (puntos de emergencia de cada hoja) y la presencia de estructuras reproductivas en las tres inflorescencias, a saber: botones florales, flores abiertas, flores secas (abiertas, pero con rasgos de marchitez), flores caducas (en estado de marchitez completa o de sequedad total) y frutos. Se consideró como una planta a uno solo de los tallos emergidos del tubérculo-semilla. Para medir su altura, se colocó una regla al lado de ella, sobre el surco, y se registró la distancia comprendida entre su base y la yema terminal de la parte más alta de la planta.

La información acerca de los tubérculos se obtuvo de dos parcelas experimentales de 120 m<sup>2</sup>, establecidas por funcionarios del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), para estudiar la abundancia estacional de áfidos de la papa. Una de ellas, plantada con la variedad Atzimba, se sembró en el Sanatorio Durán (a 2.300 m.s.n.m.) el 20-VII-88; sin embargo, los huracanes Gilbert y Juana afectaron mucho a las plantas y fue muy poca la información que pudo ser aprovechada. La otra parcela se estableció en la finca La Pavilla, en Paso Ancho de Oreamuno (a 1.700 m.s.n.m.), el 1-II-89. En ella se sembró una variedad informalmente denominada "Segura", que es un clon mexicano (código 676037) resistente al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Ing. Rodolfo Amador, comunicación personal). En ambas parcelas se siguió el esquema de siembra y mantenimiento típico de las parcelas comerciales, pero se evitó el uso de insecticidas. En ellas se obtuvieron datos quincenalmente y se registró información acerca de la altura, número de nudos y fenología reproductiva, en forma análoga a las diez parcelas comerciales. Además, en cada fecha fueron extraídas 30 plantas (todos los tallos derivados de un solo tubérculo-semilla) en forma aleatoria, 10 de ellas para estudiar la biomasa y 20 para evaluar el daño causado por las polillas.

En el laboratorio, en las primeras 10 plantas se seccionó la parte aérea, las raíces y los estolones o tubérculos de cada planta, las cuales fueron pesadas, inicialmente en una balanza de precisión y posteriormente en una comercial. Luego de ser lavados, los tubérculos fueron cortados en rodajas delgadas que se colocaron en bandejas de aluminio dentro de una estufa a 60°C.; la parte aérea y las raíces se depositaron en bolsas de papel perforadas. Cuando las muestras estuvieron deshidratadas, fueron pesadas de nuevo, para obtener los datos de biomasa. De las otras 20

plantas se eliminó la parte aérea y se depositaron los tubérculos en bolsas plásticas. En el laboratorio se contó el número de tubérculos por planta y su peso total, luego de ser lavados. Posteriormente se clasificó cada tubérculo según el ataque de las polillas, con base en una escala del daño (extensión de las galerías) visible externamente, así: 0, 1-25%, 26-50%, 51-75% y 76-100%. Ellos fueron depositados en recipientes plásticos, hasta que los adultos emergieron y fueron identificados.

En cuanto al análisis estadístico, se efectuaron análisis de varianza, de regresión y de correlación. En un caso, previamente al cálculo de una ecuación común para la regresión de la altura y el número de nudos, se evaluó la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett (Steel y Torrie, 1960).

## RESULTADOS

Tanto en la variedad Atzimba (Fig. 1A) como en la "Segura" (Fig. 1B), el número de nudos (hojas) aumentó en forma casi lineal, aproximadamente en uno o dos por semana, hasta estabilizarse en 18-19 por planta. Sin embargo, fue frecuente observar 20 o 21 nudos por planta y, excepcionalmente, 24 o 25, especialmente en la primera variedad. Aunque los nudos inferiores quedan enterrados al efectuarse la aporca, el suelo fue removido manualmente para detectar los nudos táctilmente y contarlos.

El crecimiento en altura mostró un patrón sigmoideo, con tres fases bien definidas (Fig. 1), aunque la variedad "Segura" alcanzó un crecimiento más acelerado y una altura mucho mayor. En ambos casos, la altura se estabilizó a partir de la 11a. semana,

alrededor de los 48 cm. en la Atzimba y de los 75 cm. en la "Segura"; la mayor altura registrada fue de 65,8 cm en la primera, y de 95,4 en la segunda.

El número de nudos (Y) y la altura (X) mostraron una relación positiva ( $p < 0,01$ ), descrita por las ecuaciones  $Y = 6,44 + 0,26 X$  ( $R^2 = 92,5$ ) para la Atzimba y  $Y = 7,73 + 0,13 X$  ( $R^2 = 93,9$ ) para la "Segura".

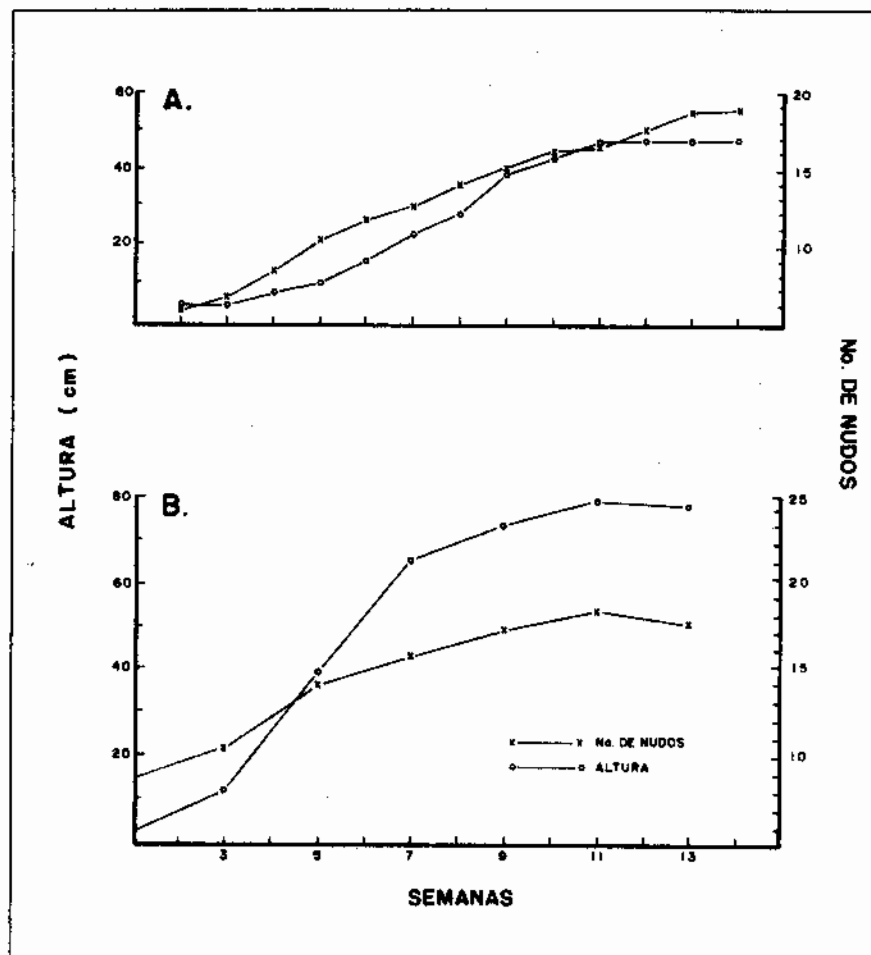
En la variedad "Segura", tanto el peso fresco como el seco de la parte aérea, las raíces y los tubérculos mostraron un patrón curvilíneo de incremento conforme creció la planta (Fig. 2). En cuanto a la parte aérea, se observó un incremento notorio hasta la 7a. semana (Fig. 2A). Las tasas máximas de ganancia, 40,73 g./día y 3,14 g./día para el peso fresco y el seco, respectivamente, se registraron entre la 5a. y la 7a. semanas (Cuadro 1); los pesos promedio máximos fueron de 770 g. y 71,8 g., respectivamente. Las raíces tuvieron tasas de ganancia bajas (Fig. 2B, Cuadro 1), nunca superiores a 1,89 g./día y 0,13 g./día, respectivamente, con pesos promedio máximos de 84,0 y 5,25 g. Finalmente, los tubérculos mostraron un crecimiento continuo, que se detuvo en la 13a. semana (Fig. 2C), y alcanzaron sus tasas máximas entre las semanas 7a. y 9a. para el peso fresco (65,9 g./día), y entre la 11a. y la 13a. para el seco (9,36 g./día); los pesos promedio máximos fueron de 2216 y 393 g., respectivamente. El peso individual máximo fue de 700 g., para una papa de la variedad "Segura".

La relación entre el peso fresco y el seco fue significativa ( $p < 0,05$ ) para las tres partes de la planta analizadas; parte aérea ( $R^2 = 96,8$ ), raíces ( $R^2 = 97,4$ ) y tubérculos ( $R^2 = 95,5$ ). El porcentaje de biomasa

Cuadro 1. Ganancia diaria de peso (g), a intervalos quincenales, para tres partes de la planta de papa. Variedad "Segura". Finca La Pavilla, Cartago, 1989.

INTERVALO (semanas)	PARTE AEREA		RAICES		TUBERCULOS	
	PF	PS	PF	PS	PF	PS
1-3	3,86	0,27	-	-	-	-
3-5	15,93	1,04	1,18	0,13	-	-
5-7	40,73	3,14	1,89	0,09	14,92	2,14
7-9	1,66	1,04	0,93	0,08	65,90	5,70
9-11	n	0,43	0,50	0,06	42,93	8,96
11-13	n	n	0,76	n	49,80	9,36
13-15	-	-	-	-	4,46	n

PF = peso fresco, PS = peso seco, n = valor negativo



**Cuadro 2. Acumulación de biomasa (g) y su valor porcentual, a intervalos quincenales, para tres partes de la planta. Variedad "Segura". Finca La Pavilla, Cartago, 1989.**

Semana	PARTE AEREA		RAICES		TUBERCULOS	
	g.	%	g.	%	g.	%
1	0,33	8,30	-	-	-	-
3	4,40	7,10	1,15	11,04	-	-
5	20,10	6,67	3,13	11,13	0,46	6,96
7	67,30	7,30	4,51	7,96	32,60	14,14
9	82,90	8,85	5,79	9,21	118,10	15,60
11	89,40	10,00	6,66	9,18	252,60	18,00
13	71,80	9,32	5,25	6,25	393,00	18,28
15	-	-	-	-	330,30	14,90

**Cuadro 3.** Cantidad y peso (g) de los tubérculos presentes en una muestra quincenal de 20 plantas completas de papa. Variedad "Segura". Finca La Pavilla, Cartago, 1989.

Semana	Peso total	Nº total	Nº por planta	Peso promedio
7	4.545	443	22,15	10,25
9	15.955	450	22,50	35,45
11	19.160	418	20,90	45,83
13	31.275	507	25,35	61,68
15	29.775	462	23,10	64,44

**Cuadro 4.** Porcentajes de daño causados por las polillas de la papa durante la temporada de cultivo de la papa. Variedad Atzimba. Sanatorio Durán, Cartago, 1988.

Semana	0	1-25	26-50	51-75	76-100
7	83,7	16,00	0,34	0	0
9	90,5	6,83	1,80	0,85	0
11	92,2	4,22	1,84	0,92	0,79
13	92,4	3,71	1,46	1,20	1,20
15	91,3	3,45	2,50	1,31	1,43

mostró poca variación entre fechas (Cuadro 2), sin una tendencia definida, con excepción de los valores de los tubérculos, que aumentaron conforme la temporada avanzó, salvo en la última fecha. Jerárquicamente, en general ese porcentaje fue mayor en los tubérculos, seguido por las raíces y por la parte aérea (Cuadro 2).

Si bien el engrosamiento de los estolones y su conversión en tubérculos se detectó en la 5a. semana, la tuberización se expresó notoriamente de la 7a. semana en adelante (Cuadro 2). La cantidad de tubérculos presentes a partir de ese momento no varió sensiblemente, pues fluctuó entre 418 y 507 en total, y entre 21 y 25 por planta (Cuadro 3). Sin embargo, su peso promedio aumentó marcadamente.

En cuanto a las estructuras reproductivas de la variedad "Segura", los datos fueron muy erráticos, por lo que se omitieron en el análisis. De la variedad Atzimba se consideró en el análisis solamente las de la inflorescencia principal, ya que las de las inflorescencias secundaria y terciaria mostraron un comportamiento también muy errático. Los botones florales aparecieron desde la 4a. semana luego de la siembra, pero alcanzaron su pico máximo en la 8a. semana (Fig. 3); para la 9a. semana, ya estaba presente el 82,4% de ellos. La distribución temporal de

flores abiertas, de secas y de caducas en general fue descrita por curvas de base más angosta que la de botones florales y, además, su valor porcentual máximo fue equivalente (cercano al 32%), mayor que el de los botones, que fue del 25%. Sus picos se observaron en las semanas 9a., 10a. y 12a., respectivamente. Por su parte, los frutos se observaron desde la 8a. semana y alcanzaron su pico máximo en la 11a., aunque éste fue porcentualmente bajo, de apenas un 18,9%; su curva fue más baja y aplanada que las de las otras estructuras reproductivas. La fructificación alcanzó un 56%. Debe indicarse que aunque existen tendencias definidas en la aparición de cada tipo de estructura, hubo gran variabilidad, originada probablemente por las diferencias de altitud, clima, suelos, prácticas agrícolas, e incluso el efecto de virus, entre las parcelas comerciales.

## DISCUSION

El tubérculo-semilla se deposita ya brotado en el surco, de modo que rápidamente aparecen sobre la superficie del suelo varios tallos, en forma simultánea. A pesar de su pequeño tamaño, esos tallos presentan muchos nudos, de los que emergerá el follaje; así, por ejemplo, según las ecuaciones de regresión calculadas, una plántula de 5 cm. de altura poscerá, en promedio, casi ocho nudos. De ese mo-

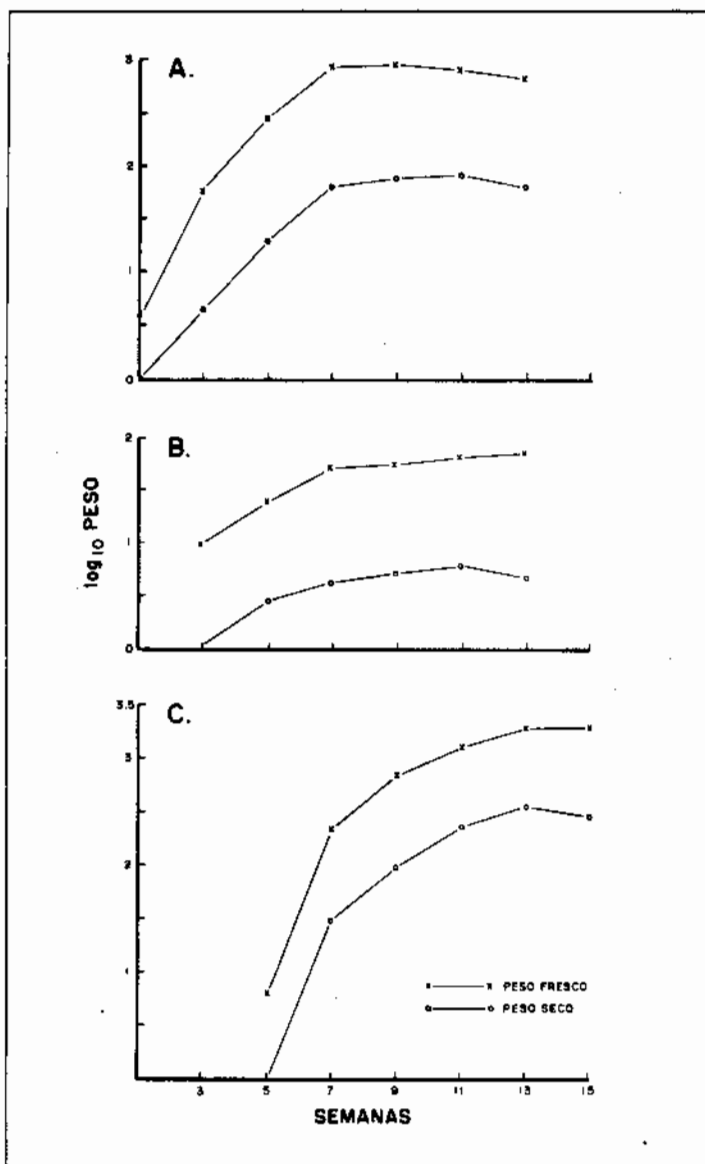


Figura 2 Ganancia promedio en los pesos fresco y seco, desde la siembra hasta la cosecha, para la parte aérea (A), las raíces (B) y los tubérculos (C) de papa. Variedad "Segura". Finca La Pavilla, Cartago, 1989.

mento en adelante se observa una producción de nudos casi lineal (Fig. 1), los cuales originan hojas compuestas, dispuestas en forma alterna.

La rápida ganancia en biomasa aérea que ocurre en las primeras semanas (Fig. 2A, Cuadro 1) debe obedecer más a las reservas contenidas en la semilla y a la elongación de las hojas, que a la altura de la

planta como tal, dado que el crecimiento en altura exhibe un patrón sigmoideo, con una fase lenta en las primeras cinco semanas (Fig. 1). Dicha biomasa puede ser convertida en nuevo follaje y en otras estructuras aéreas, a la vez que favorece el engrosamiento de los tallos subterráneos o estolones, que posteriormente darán origen a los tubérculos. Es importante indicar que la altura de la planta puede ser drásticamente reducida por el ataque de virus, lo cual podría explicar las diferencias observadas entre las variedades Atzimba y "Segura" (Fig. 1). La primera de ellas alcanza normalmente unos 75-100 cm. de altura (Ing. Rodolfo Amador, comunicación personal), pero debido al deficiente manejo fitosanitario que se le da en la zona, mostró un crecimiento débil; ello contrastó con la "Segura" que, por ser una nueva variedad, ha estado menos expuesta a esos organismos.

Durante todo el ciclo del cultivo el volumen de las raíces aumentó poco (Fig. 2B, Cuadros 1, 2), de 10,41 a 84,0 g. en peso fresco, y de 1,15 a 6,66 en peso seco. Esto demuestra que hay poco transporte de carbohidratos hacia esas estructuras.

El intervalo entre la 5a. y la 7a. semanas representa una época crucial en la vida de la planta. Durante ese período, tanto la ganancia diaria en el peso fresco como en la biomasa fueron máximos para la parte aérea (Cuadro 1), dando lugar, a partir de la 7a. semana, al estancamiento en la producción de biomasa aérea (Fig. 2A). No obstante, fue entre la 7a. y la 9a. semanas cuando el peso fresco de los tubérculos alcanzó su mayor tasa de ganancia diaria (Cuadro 1), lo cual es una evidencia del transporte de

carbohidratos desde la parte aérea. Es interesante señalar, sin embargo, que el agua debe contribuir significativamente en este incremento, dado que la tasa de ganancia diaria en biomasa no alcanzó su máximo sino entre las semanas 11a. y 13a. (Cuadro 1), lo cual guardó una estrecha relación con el aumento neto en la cantidad total de biomasa acumulada y con su incremento relativo (Cuadro 2).

Los tubérculos actúan realmente como "bolsas" o depósitos de sustancias provenientes de la fotosíntesis (carbohidratos) y del suelo (agua y minerales). Una prueba clara de ello es que la cantidad final de tubérculos por planta queda definida desde temprano en la temporada (Cuadro 3); una vez diferenciados los estolones, ellos inician su expansión en volumen gracias a la afluencia de aquellas sustancias, lo cual les permite captar, al final de la temporada (semana 13a.), el 83,6% de la biomasa total de la planta. En términos generales, el 10-25% del peso fresco de un tubérculo está representado por almidón (Anónimo, 1986), lo cual coincide parcialmente con el porcentaje de biomasa obtenido en esta investigación, que osciló entre 7-18% (Cuadro 2); sin embargo, la biomasa no está representada solamente por almidón, sino también por tejidos vegetales y por minerales.

Un hecho llamativo fue la disminución de casi todas las variables estudiadas (Figs. 1B, 2), a partir de la 11a. semana, lo que representaría el punto de madurez fisiológica de la planta y el inicio de la senescencia. No obstante, hubiera sido esperable que la planta alcanzara ese punto dos semanas después (Ing. Rodolfo Amador, comunicación personal); la aceleración de esos procesos podría haber sido propiciada por una afección viral, fungosa, o por algún factor ambiental.

Al llegar a la madurez fisiológica, la parte aérea, incapaz de sintetizar más carbohidratos, utiliza una porción de sus reservas en la respiración y pierde agua por transpiración, lo cual la torna decrepita. Pero, a la vez, hay transferencia de agua y de carbohidratos hacia los tubérculos que, justamente durante ese intervalo, alcanzan su máxima tasa de ganancia diaria en el peso seco (Cuadro 1) y su mayor acumulación de biomasa (Cuadro 2). No obstante, los tubérculos también mostraron una disminución en sus pesos fresco y seco dos semanas después (Fig. 2C), lo cual también fue observado por Midmore (1986) en otras variedades, en Perú. Esto puede obedecer a que una porción de la energía contenida en el tubérculo debe ser invertida en la formación de la peridermis y de otros tejidos del tubérculo, a un alto costo metabólico.

Mientras estos procesos vegetativos ocurren en la planta, operan también otros de carácter reproductivo. En la variedad Atzimba los botones florales aparecieron muy precozmente, y dieron origen a flores abiertas a partir de la 6a. semana (Fig. 3). Una flor dura poco tiempo abierta y sana, apenas una semana, como lo indica la cercanía de su pico máximo con respecto al de flores secas. Dado que apenas fructifica el 56% de esas flores, existe un traslape evidente entre la abundancia de flores caducas y la de frutos (entre las semanas 10a. y 13a. aparecen el 66% de esas flores y el 50,5% de los frutos). Sin embargo, como los frutos tienen un período de desarrollo más extenso, su curva resultó más aplanada, sin un pico prominente. Es necesario indicar aquí que la precocidad observada en la aparición de flores puede no ser representativa de la realidad, ya que factores como la sequía o la alta incidencia de virus podrían acelerar la floración y, además, originar una floración más profusa (Ing. Rodolfo Amador, comunicación personal).

La presencia de flores coincidió temporalmente con el inicio del proceso de tuberización (es decir, de la diferenciación y engrosamiento de los estolones), en la variedad Atzimba, por lo que se puede considerar como un indicador externo de un fenómeno que ocurre subterráneamente (Fig. 4). Esto es de particular importancia para el manejo de plagas que afectan al tubérculo, como las polillas guatemalteca (*Scrobipalopsis solanivora*) y criolla (*Phthorimaea operculella*).

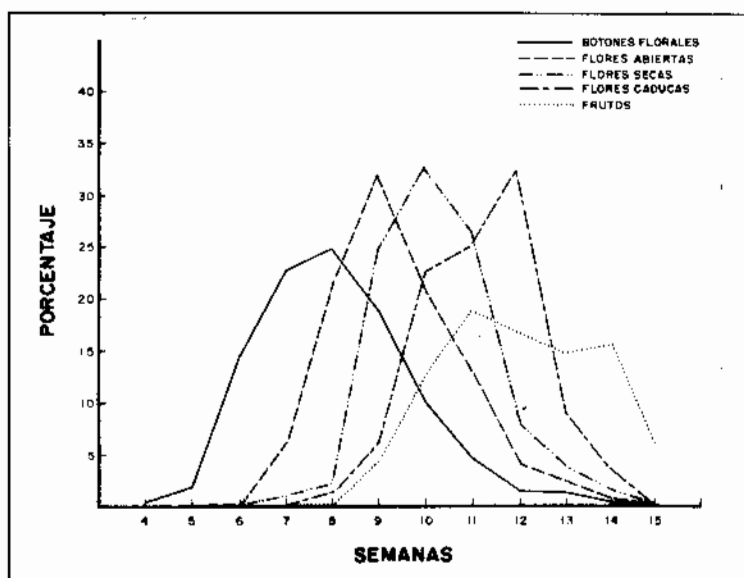


Figura 3

Abundancia de las estructuras reproductivas de la papa, expresada porcentualmente para cada categoría fenológica. Variedad Atzimba. Parcelas comerciales, Cartago, 1987-1988.

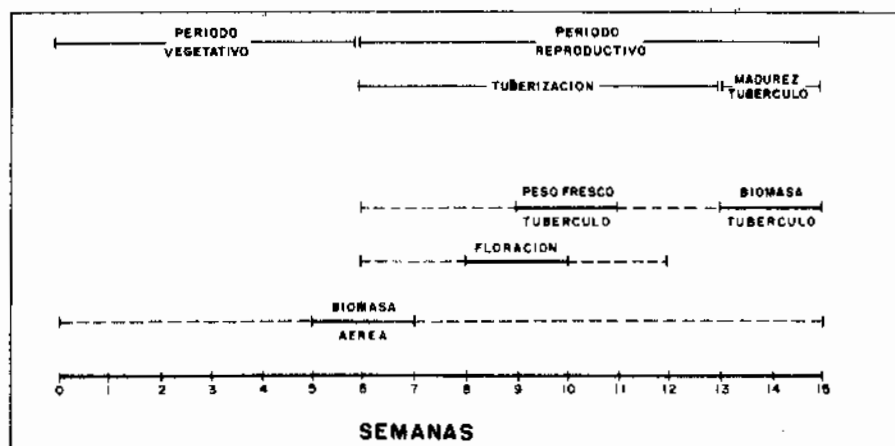


Figura 4 Patrón de la fenología vegetativa y reproductiva de la variedad de papa Atzimba. Cartago, 1988-1989. (Las líneas gruesas representan los picos máximos de cada evento fenológico).

Es cierto que existen otras plagas subterráneas, como los "cortadores" (*Agrotis* spp. y *Spodoptera* spp.) y los "jobotos" (*Phyllophaga* spp.) que causan daños a la plántula o al tubérculo pero, dado que son plagas generalistas, la hembra deposita los huevos en el suelo, casi que independientemente del cultivo que esté presente. En cambio, las polillas son plagas específicas de la papa (y de algunas otras solanáceas, ocasionalmente), por lo que la oviposición debe estar sincronizada, de alguna manera, con el patrón fenológico de la planta hospedera.

Antes de la tuberización, la única estructura subterránea succulenta es el tubérculo-semilla, el cual usualmente muestra daño de polillas viejo, de la cosecha anterior o del período de almacenamiento. La presencia de tubérculos dañados se detectó en la 7a. semana, es decir, recién iniciada la floración. Es a partir del inicio de la tuberización que se observan picos notorios en la captura de adultos de ambas especies, en trampas con feromonas (Rodríguez *et al.*, 1988). Es muy posible que esos adultos no provengan de la parcela en que fueron capturados, sino de parcelas vecinas, dado que en la zona de estudio existe un "mosaico" de edades del cultivo, de manera que siempre hay papa. Así, es posible pensar en dos mecanismos mediante los cuales los adultos podrían detectar la presencia de estructuras que, como los tubérculos, no pueden ser observados por ellos.

Una posibilidad es la de que las hembras, atraídas por el olor característico de una solanácea como la papa, depositan sus huevos en la base de una planta de cualquier edad, de modo que al emerger las larvas,

por "prueba y error", ellas detectan la presencia de los tubérculos; en este caso sería esperable que muchas larvas murieran, al no encontrar más alimento que el tubérculo-semilla. La otra posibilidad es la de que los procesos metabólicos implicados en la producción de flores, o las flores mismas, emitan una señal olfativa o visual que permita a la hembra "determinar" que ya se ha iniciado la tuberización y, con ella, la disponibilidad de alimento. Este rasgo etológico debería haber sido fijado por la selección natural, en virtud de su gran valor adaptativo. En el caso de *P. operculella* esto no sería tan crítico, puesto que ella tiene la capacidad de alimentarse de follaje tierno e incluso del tallo superior, alimentos que siempre están disponibles; no obstante, el daño a estas estructuras es esporádico y leve, en la zona estudiada.

La segunda hipótesis podría ser invalidada por el hecho de que, en general, el daño de las polillas es más severo cuando los tubérculos, luego de alcanzar la madurez fisiológica, permanecen por mucho tiempo bajo tierra, en espera de mejores precios por parte del agricultor. Es cierto que la planta ya no tiene flores, pues está prácticamente destruida, pero es muy posible que las polillas dañinas surjan en forma endógena, nacidas en la misma parcela donde causan el daño, de modo que la señal olfativa no es crítica para atraer a las polillas; además, en esa época es frecuente la presencia de grietas en el suelo, a través de las cuales podría el olor de los tubérculos atraer a las hembras, de modo que éstas ovipositarían directamente sobre ellos. Por otra parte, en dicho período se presenta una gran cantidad de malezas entremezcladas con los restos del cultivo, las cuales podrían suplir néctar a



las hembras y permitir un incremento en su fecundidad; cabe indicar que las flores de la papa carecen de nectarios y que, en contraposición con una creencia muy difundida, las polillas sí se alimentan de miel (Hilje y Cartín, en preparación).

Durante la tuberización, el daño de las polillas aumentó progresivamente (Cuadro 4). Los daños superiores al 25% deben obedecer a nuevos ataques y no a que una larva pueda consumir más tejido paulatinamente. Esto se explica porque el período larval dura apenas tres semanas (Barroso, 1974), en tanto que el intervalo indicado en el Cuadro 4 es de ocho semanas; además, el consumo per cápita es menor de 1 g. durante el ciclo de vida de ambas especies (Hilje y Cartín, en preparación).

En los campos de cultivo, actualmente los agricultores efectúan entre 9 y 16 aspersiones luego del inicio de la floración (Hilje y Cartín, 1990), con insecticidas de contacto dirigidos a matar los adultos de las polillas, ya que las larvas están inaccesibles. Es de suponer que por razones etológicas (las polillas tienden a posarse en sitios escondidos cerca del suelo) y operativas (la reducida penetración del insecticida expelido por las bombas manuales de atomización), exista una considerable disminución en la eficacia de esos productos, los cuales, además, pueden provocar efectos indeseables. Ante tal situación, es necesario no solo optimizar el empleo de los insecticidas, sino también buscar otras opciones de combate.

De ser válida la segunda hipótesis previamente planteada, resulta evidente la necesidad de combatir a las polillas a partir del inicio de la floración, para evitar la implantación de un núcleo o foco de adultos que origine el daño posterior. Al respecto, cabe indicar que existen variedades en las que la tuberización se anticipa a la floración, tales como la Granola (Ing. Rodolfo Amador, comunicación personal), en las cuales sería interesante estudiar la interacción polilla-tubérculo, para precisar la época en la que se inicia el ataque. Para las variedades comprendidas en el presente estudio, se podría evitar la implantación de aquel núcleo a través de varios métodos de combate.

El primero de ellos es la aporca. Esta práctica agrícola tiene varias finalidades, como el aprovechamiento de minerales, la conservación de la humedad del suelo, el engrosamiento de los estolones y la eliminación de malezas (Moltaldo, 1984; Ramírez y Schnell, 1983), pero también crea una barrera que dificulta a las larvas recién emergidas llegar hasta el tubérculo. Los agricultores suelen efectuar la aporca

entre las semanas 6a. y 7a. (a los 42-48 días luego de la siembra), justo al inicio de la tuberización, y sería esperable que ella contribuyera en la disminución del ataque de las polillas. Pero, por otra parte, el momento de la aporca es aprovechado para agregar fertilizante y plaguicidas al suelo, de modo que un insecticida granulado con una prolongada acción residual podría permitir el combate directo de las larvas durante la tuberización.

Otra posibilidad de combate es la de importar y colonizar un parasitoide que, como *Chelonus phthorimaea* (actualmente disponible en Guatemala), ataca los huevos de ambas especies de polillas. Aunque este parasitoide mata a las polillas en el último instar larval (Ing. Helmuth Leal, comunicación personal), de modo que la plaga siempre provoca el daño, se podrían intensificar sus liberaciones al inicio de la floración en diferentes parcelas, para disminuir las densidades de adultos de polillas que luego infestarian nuevas parcelas.

Finalmente, una opción que convendría explorar es la de eliminar manualmente las inflorescencias, desde que empiezan a formarse, o aplicar un inhibidor de la floración, para que de esta manera reducir la atracción de los adultos hacia el cultivo y, de paso, eliminar la competencia que las flores y frutos pudieran ejercer sobre los tubérculos.

Estas tres posibilidades de combate podrían ayudar a configurar un programa de manejo integrado de las polillas *S. solanivora* y *P. operculella*, basado en el modelo fenológico aquí descrito. Este modelo ha sido construido a partir de datos de parcelas comerciales en las que resultó imposible homogeneizar todas las variables experimentales, pero tiene las virtudes de ser de fácil entendimiento, de sencilla validación y de reflejar bien la realidad productiva de la región estudiada. No obstante, es preciso aún validarlo para diferentes variedades, altitudes y esquemas de producción.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los agricultores, especialmente al Sr. Carlos Segura, habernos permitido trabajar en sus parcelas; al Dr. Peter Rosset y M.Sc. Róger Meneses, del CATIE, invitarnos a trabajar en sus parcelas experimentales y financiar parcialmente algunos ensayos; a la Srta. Ileana Oliva y al Sr. Francisco Fallas su ayuda en la toma de datos de campo y de laboratorio; al Ing. Rodolfo Amador, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y al Dr. Herbert

Torres, del Centro Internacional de la Papa (CIP), sus valiosos consejos; al Sr. Francisco Hodgson F., la elaboración de las figuras; a la Sra. Nuria Wong W., la realización del trabajo mecanográfico.

Este trabajo es un producto parcial del proyecto sobre el manejo de las polillas de la papa, financiado por la Universidad Nacional (Nº 832050) y por el CONICIT (Nº 158-84).

## LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1986. Integrated pest management for potatoes in the Western United States. Univ. California Div. Agric. and Nat. Res., Publ. 3316. 146 pp.
- Arauz, L. F., E. Carazo y D. Mora. 1983. Diagnóstico sobre el uso y manejo de plaguicidas en las fincas hortícolas del Valle Central de Costa Rica. Informe preliminar. *Agronomía y Ciencia* (Costa Rica), 1 (3): 37-49.
- Barroso, R.V. 1974. Ciclo biológico de la "polilla guatemalteca de la papa", *Scrobipalopsis solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), nueva grave plaga de *Solanum tuberosum*. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 56 pp.
- Campos, M. s.f. Características climáticas de la zona norte de Cartago (Precipitación y temperatura). Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 4 pp. (Mimeografiado).
- Hilje, L. y V. Cartín. 1990. Diagnóstico acerca del combate químico de las polillas de la papa (Lepidoptera, Gelechiidae) en Cartago, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica), 17: 27-33
- Midmore, D.J. 1986. Respuesta de la planta de papa (*Solanum* spp.) al daño de insectos: algunos efectos de compensación. In: Valencia, L. (ed.) *Memorias del Curso sobre Control Integrado de Plagas de Papa*. Centro Internacional de la Papa-Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia. pp. 176-200.
- Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la Papa, IICA. San José, Costa Rica. 676 pp.
- Programa Nacional de Papa. 1982. Programa integral de producción de semilla de papa, 1982-1986. MAG-PRECODEPA. San José, Costa Rica. 9 pp. (Mimeografiado).
- Ramírez, C.R. y E. Schnell. 1983. La papa. Editorial CAFESA. San José, Costa Rica. 58 pp.
- Rodríguez, C., R. Murillo y C. Lépiz. 1988. Fluctuaciones de las capturas de las polillas de la papa *Scrobipalopsis solanivora* Povolny y *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae) en Cartago, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica), 9:12-21.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. 481 pp.
- Tencio, R. 1989. Pronóstico de producción de papa en Cartago y Alajuela (Zarcero) (*Solanum tuberosum* L.). Período febrero-julio 1989. MAG, Dirección General de Mercadeo Agropecuario. San José, Costa Rica. 12 pp. (Mimeografiado).
- Tosi, J.A., Jr. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.