

# Eficacia de varios insecticidas en el control del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hust.)<sup>\*1/</sup>

GUALBERTO MERINO\*\*, VICTOR VAZQUEZ\*\*\*

## ABSTRACT

The potato white tuberworm, *Premnotrypes vorax* (Hust.) is the most serious pest of potato crop in Ecuador. Since 1958 control has been achieved with Aldrin and Dieldrin incorporated to the soil before planting but its no longer efficiency in areas frequently treated, put the farmers in a discouraging situation.

In 1975 and 1976 in two areas severely infested in Chimborazo province, four experiments were carried out on the chemical control of this insect pest. a) Furadan, Terracur, Thimet, Lannate, Prinicid, Bux-360, Lindane and Heptachlor, incorporated to the soil before planting at several rates, b) the same insecticides, in the same order, applied on furrow, at plant emergency and before hilling at several rates; c) Furadan, Thimet and Terracur applied only on the furrow, at plant emergency or before hilling and its possible combinations at several rates including one treatment for each insecticide applied on furrow at the dosage equivalent to the sum of the three partial dosages, and) an evaluation of the effectiveness of Furadan, Curaterr and Gusaran, three commercial product names for the Carbofurano, at the equal dosage of 0,93 kg i.a./ha in each of the three applications: on furrow, at plant emergency and before hilling.

At harvest, Furadan, Lindane and Terracur of the experiment A, rendered 80.6, 55.0 and 50.4 per cent of uninjured tubers compared to the control with 4.6 per cent. The remainder insecticides were ineffective. In the experiment B, Furadan, Terracur and Thimet gave 72.6, 38.5 and 32.5 per cent of uninjured tubers, respectively, against the check with 3.2 per cent, being ineffective the remainder treatments. In the experiment C, the three applications of the three insecticides proved an efficient control, standing out Furadan, the equivalent dosage to the sum of the three partial dosages, applied to the furrow provided an inferior control than the three fractional dosages, and, comparing the control contribution of each of the three fractional rates, that applied at plant emergency was superior to the other two. In the experiment D, the three commercial products were effective, being Furadan and Curaterr superior to Gusaran.

## Introducción

ENTRE los insectos que atacan a la papa en la sierra ecuatoriana, *Premnotrypes vorax* (Hust.) es el de mayor importancia económica, ya que en suelos severamente infestados, su incidencia llega a

afectar hasta el 97 por ciento de tubérculos. Aparte de un pequeño daño foliar que ocasiona el adulto al alimentarse de las hojas basales de plantas tiernas, el mayor daño está dado por la larva en el tubérculo, en el que penetra y se desarrolla para luego abandonarlo y empupar en el suelo.

Básicamente el control de esta plaga se realiza con aplicaciones de insecticidas al suelo. En el país, Merino y Vázquez (1) en trabajos de investigación conducidos entre 1958 y 1969 llegaron a las siguientes conclusiones: en 1958, los tratamientos de 5 libras de

\* Recibido para publicación 9 de octubre de 1979

/1 Coleóptera: Curculionidae

\*\* Director General, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Apartado 340. Quito. Ecuador

\*\*\* Jefe Departamento de Entomología, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Apartado 340. Quito. Ecuador

Heptacloro ingrediente activo por hectárea en suspensión, 3 libras de Heptacloro granulado, 3 libras de Lindano en suspensión, 5 libras de Heptacloro granulado y 5 libras de Aldrin en suspensión, aplicados al surco antes de la siembra, presentaron en su orden 9,9, 13,9, 18,9, 19,1 y 19,7 por ciento de tubérculos con daño, frente al testigo con 48,6 por ciento. En 1959 (2), el Aldrin, Dieldrin y Heptacloro a las dosis de 5 y 7,5 libras de ingrediente activo por hectárea, aplicados en suspensión al surco o incorporados al suelo antes de la siembra, controlaron eficazmente al insecto, destacándose los tratamientos de Aldrin 7,5 libras, Dieldrin 5 libras, Heptacloro 7,5 libras al surco, y Heptacloro 7,5 libras incorporado a todo el suelo, que redujeron el porcentaje de daño de la cosecha en 97,5, 93,34, 96,4 y 93,07 por ciento con respecto al testigo. Para determinar el efecto residual de los tratamientos del estudio anterior, realizaron una segunda siembra, conservando el mismo diseño experimental y encontraron que los tres insecticidas con sus dos dosis y bajo ambas modalidades de aplicación, protegieron al cultivo eficazmente hasta la segunda cosecha (3). En 1969 situaron un experimento con los insecticidas Aldrin, Dieldrin, Clordano, DDT, Diostop, Toxafeno, Malathion, Diazinon y Dipterex a las dosis de 5,5; 6,0; 11,8; 16,6; 3,4; 17,3; 10; 6,2; y 11,2 libras de ingrediente activo por hectárea, incorporados al suelo antes de la siembra y determinaron en la cosecha el 76,7, 65,2, 46,6, 36,8; 32,1, 31,9, 28,0, 26,1 y 22,5 por ciento de tubérculos sanos, respectivamente, en comparación al testigo con 25,1 por ciento (1970 Informe anual del Programa de Entomología, tabla 1, página 11 Estación Experimental "Santa Catalina", no publicado, Quito, Ecuador). Zenner y Posada (4) investigaron la efectividad de los insecticidas Azinphosmetil, Bux, Carbaryl, Diazinon, Disulfoton, Dursban, Dieldrin + Dursban, Endrin, EPN, Fensulfothion, Heptacloro, Lindano, Phorate, Telodrin, Temik + Dursban y Temik + Telodrin, algunos de éstos en varias dosis y todos con 3 aplicaciones de la misma o diferentes formulación, al surco, a la emergencia de las plantas y antes del aporque, habiendo encontrado varios tratamientos altamente efectivos; sin embargo, considerando los aspectos de seguridad humana y la economía, los autores recomendaron el uso de 1,5 kilogramos de ingrediente activo de Bux por hectárea y por aplicación o dos kilogramos de Carbaryl, el Bux en gránulo a la siembra y el producto emulsionable 2 EC en las otras 2 aplicaciones, y el Carbaryl en gránulo a la siembra y en polvo mojable posteriormente. Merino y Vázquez (Complemento al Informe Anual 1971 Departamento de Entomología Páginas 1-2 Estación Experimental "Santa Catalina", INIAP, no publicado, Ecuador), experimentaron los siguientes tratamientos en kilogramos de ingrediente activo por hectárea, cada uno con tres aplicaciones: al surco, a la emergencia de las plantas y antes del aporque: Bux 1,5 - 1,25 1,25; Diazinon + Sevin 1,0 + 1,0 - 0,75 + 0,75 - 0,75 + 0,75; Sevin 2,5 - 2,25 - 2,25; Aldrin 1,0 - 0,5 - 0,5; Diostop 1,5 - 0,75 - 0,75; Malathion 2,25 - 1,25 - 1,25; y, Diazinon 2,25 - 1,25 - 1,25; los cuales en el orden indicado dieron 88,75, 87,25, 85,62, 85,00, 77,12, 61,00 y 46,87 por ciento de tubérculos sanos,

frente al testigo con 42,00 por ciento. Los mismos autores (1974. Informe Anual del Departamento de Entomología, pág. 31 Estación Experimental "Santa Catalina", sin publicar, Quito, Ecuador), condujeron un experimento para verificar el control con Bux, Sevin y con la mezcla de Diazinon + Sevin, en las mismas dosis, formulaciones y número de aplicaciones del estudio realizado en 1971, en diferente localidad y en presencia de una más alta infestación, e incluyeron el tratamiento de Aldrin 3,4 kilogramos de ingrediente activo por hectárea, incorporado al suelo antes de la siembra, que aún se venía utilizando en el sector. Con el Bux y el Sevin se obtuvo 47,12 y 34,75 por ciento de tubérculos sanos, respectivamente, frente al testigo con 29,12, en tanto que el Aldrin y la mezcla Diazinon + Sevin resultaron completamente ineficaces.

El peligro que entrañan los insecticidas clorinados residuales como el Aldrin, Dieldrin y Heptacloro para la salud humana; su ineficacia comprobada en áreas en las que persistentemente se las ha venido usando; y, el mediano o bajo porcentaje de control de otros insecticidas experimentados en el Ecuador, especialmente en presencia de altas infestaciones, motivó la urgente necesidad de probar nuevos productos que permitan un control eficaz para contrarrestar los severos daños de esta plaga.

#### Materiales y métodos

En 1975, en el sector Sabagñag, parroquia Ilapo de la provincia de Chimborazo, en un lote a 3 490 m s n m, severamente infestado de *P. vorax*, se condujeron dos experimentos para estudiar la eficacia de los insecticidas Furadan (2-3-dihidro -2,2 dimetil -7-benzo -furanil metil carbamato), Terracur (0,0 -dietil -0- (4 metilsufinilfenil) -monotiofosfato) Thimet (0,0 6-dietil S -(etiltiometil) fosforoditioato), Lannate (S -metil N - (metilcarbamoil) oxy) thioacetimidato), Primicid (pitimiphos -etil (2 - dietilamino -6- metil pirimidin -4 y 1 dietil forforotionato), Bux - 360 (m-(1 - metilbutil) fenil metilcarbamato), Lindano (1, 2, 3, 4, 5, 6, - hexaclorociclohexano) y, Heptacloro (1, 4, 5, 6, 7, 8, 8, heptacloro - 3a, 4,7 7a tetrahidro -4,7 - metanoindeno) En el primer experimento *a*, se incorporaron los insecticidas a todo el suelo antes de la siembra con rastra de discos, en las dosis de 6,0, 10,0, 7,7, 4,7, 3,0, 9,0 7,0 y 7,0 kilogramos de ingrediente activo por hectárea, respectivamente; se usó el diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones de 24 metros cuadrados cada una, y se utilizó tubérculos de la variedad "Santa Catalina". En el segundo experimento, *b*, los tratamientos se repitieron 8 veces, la parcela midió 12 metros cuadrados y los insecticidas, en el orden indicado se aplicaron en tres épocas: al surco, a la emergencia de las plantas y antes del aporque, en las dosis de: 1,2, 1,2, 1,2; 2,3, 2,3 2,3; 1,5, 1,5, 1,5; 0,9, 0,6, 0,6; 1,0, 0,75, 0,75; 1,5, 1,25, 1,25; 0,75, 0,75, 0,75; y 1, 5, 0,75 kilogramos de ingrediente activo por hectárea.

El suelo, su preparación, la fertilización, la semilla, la fecha de siembra, las labores culturales y la fecha de cosecha fueron las mismas en ambos experimentos. Igualmente, en ambos experimentos se utilizaron Furadán, Terracur y Primicid 5% granulares, Thimet 10% granular, Lannate 90% polvo soluble, Heptacloro 40% y Lindano 25% polvos mojables, y, Bux-360 concentrado emulsificable. Los tratamientos se evaluaron en una muestra de 100 tubérculos por parcela.

En 1976 en la hacienda Celín Caguan, parroquia Irapo, en un lote a 3560 m s n m, cuya cosecha fue severamente afectada de *P. vorax*, se condujeron los experimentos *c* y *d*. El primero para determinar el aporte de control de los insecticidas: Furadan, Thimet y Terracur aplicados en sus dosis totales al surco al momento de la siembra, y, en dosis fraccionadas a la siembra, a la emergencia de las plantas y antes del aporque, o en sus combinaciones. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 7 repeticiones de 12 metros cuadrados cada una, y se sembraron tubérculos de la variedad 'María'. Las dosis fueron: 2,8 y 0,93, 6,0 y 2,0, 7,0 y 2,4 kilogramos de ingrediente activo por hectárea, respectivamente, para los indicados insecticidas, siendo la dosis alta la total por una sola vez al surco y la dosis menor la fraccionada. En el experimento *d*, se evaluó la efectividad del Furadan, el Curaterr y el Gusaran 5% granulares (tres productos comerciales cuyo ingrediente activo es el Carbofurano) en la dosis de 0,93 kilogramos de ingrediente activo por hectárea en cada una de tres aplicaciones: al surco, a la emergencia de las plantas y antes del aporque. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 8 repeticiones. El suelo, su preparación, la fertilización, la semilla, el tamaño de la parcela, las labores culturales, la fecha de siembra y de cosecha, fueron las mismas que en el experimento *c*.

### Resultados

Los Cuadros 1, 2, 3 y 4 contienen los resultados de los cuatro experimentos conducidos en 1975 y 1976.

### Discusión y conclusiones

La amplia dispersión de *P. vorax*, sus graves consecuencias económicas y la reducción de la eficacia de los insecticidas anteriormente en uso, instó en 1975 a la búsqueda de substitutos del control químico, enfocando simultáneamente la posibilidad de control con insecticidas incorporados a todo el suelo o mediante aplicaciones al surco y a la planta.

Del experimento *a* con insecticidas incorporados a todo el suelo, sólo el Furadan en la dosis de 6 kg.i.a./ha., dio un control eficiente. En el experimento *b*, Furadan al surco, a la emergencia de las plantas y antes

Cuadro 1—Experimento *a*. Porcentaje promedio de tubérculos sin daño de *P. vorax* en la cosecha.

Tratamiento	Dosis en kg i.a./ha <sup>1/</sup>	Porcentaje Promedio
Furadan	6,0	80,60 a
Lindano	7,0	55,00 b
Terracur	10,0	50,40 b
Lannate	4,7	6,80 c
Thimet	7,7	5,80 c
Testigo	—	4,60 c
Primicid	3,0	4,40 c
Heptacloro	7,0	2,80 c
Bux - 360	9,0	2,40 c

Los promedios que no comparten la misma vocal son significativamente diferentes al nivel del 5%.

1/ Kilogramos de ingrediente activo por hectárea

del aporque, a la dosis de 1,2 kg.i.a./ha., por aplicación, fue el insecticida más eficaz y el único recomendable económicamente en vista del alto porcentaje de cosecha sana en presencia de severas infestaciones. Terracur y Thimet aunque estadísticamente superiores a Lindano, Bux, Primicid, Lannate y Heptacloro que resultaron ineficaces, no se proyectan como de uso práctico por su bajo porcentaje de cosecha sana.

Cuadro 2—Experimento *b*. Porcentaje promedio de tubérculos sin daño de *P. vorax* en la cosecha.

Tratamiento	Dosis en kg.i.a./ha.			Porcentaje Promedio
	Siembra	Emergencia	Aporque	
Furadan	1,2	1,2	1,2	72,60 a
Terracur	2,3	2,3	2,3	38,50 b
Thimet	1,5	1,5	1,5	32,50 b
Lindano	0,75	0,75	0,75	18,10 c
Bux - 360	1,5	1,25	1,25	6,40 d
Primicid	1,0	0,75	0,75	5,50 e
Lannate	0,9	0,6	0,6	4,20 f
Heptacloro	1,5	0,75	0,75	3,50 g
Testigo	—	—	—	3,20 h

Los promedios no subrayados por la misma línea son significativamente diferentes al nivel del 5%.

Cuadro 3.—Experimento *c*. Porcentaje promedio de tubérculos sin daño de *P. vorax* en la cosecha.

Tratamiento	Dosis en kg.i.a./ha.			Porcentaje Promedio
	Siembra	Emergencia	Aporque	
Furadan	0,93	0,93	0,93	89,70 a
Furadan	0,93	0,93	—	76,70 b
Furadan	—	0,93	0,93	75,10 b
Terracur	2,40	2,40	2,40	75,10 b
Furadan	2,80	—	—	75,00 b
Terracur	—	2,40	2,40	73,40 bc
Thimet	2,00	2,00	2,00	72,20 bc
Furadan	0,93	—	0,93	68,70 bc
Furadan	—	0,93	—	66,40 bc
Terracur	2,40	2,40	—	66,40 bc
Thimet	—	2,00	2,00	65,80 bc
Terracur	—	2,40	—	61,70 cd
Thimet	2,00	2,00	—	54,30 de
Thimet	2,00	—	2,00	53,80 def
Thimet	—	2,00	—	52,80 def
Terracur	2,40	—	2,40	49,80 ef
Thimet	6,00	—	—	48,60 ef
Furadan	0,93	—	—	47,60 ef
Furadan	—	—	0,93	47,30 ef
Terracur	2,40	—	—	46,30 ef
Terracur	7,00	—	—	44,70 ef
Thimet	2,00	—	—	43,80 ef
Terracur	—	—	2,40	43,70 ef
Thimet	—	—	2,00	41,30 f
Testigo	—	—	—	27,40

Los promedios que no comparten la misma línea son significativamente diferentes al nivel del 5%.

En el experimento *c*, en general, Furadan es más eficaz que Thimet y Terracur. Con las tres aplicaciones de las dosis fraccionadas de los insecticidas, se obtuvo un control más eficaz que con la dosis total aplicada por una sola vez al surco, siendo este efecto más acentuado en Terracur y Thimet que en Furadan. Cada una de las tres aplicaciones aporta al control del insecto, destacándose la aplicación a la emergencia de las plantas, lo cual probablemente se deba al control del adulto que habitualmente se sitúa en la base de la planta a poco de emergida. Furadan, Terracur y Thimet con tres aplicaciones son eficaces en el control del insecto, siendo el primero superior a los otros dos. Terracur y Thimet, aplicados a la emergencia de las plantas y antes

Cuadro 4.—Experimento *d*. Porcentaje promedio de tubérculos sin daño de *P. vorax* en la cosecha.

Tratamiento	Dosis en kg.i.a./ha.			Porcentaje Promedio
	Siembra	Emergencia	Aporque	
Curaterr	0,93	0,93	0,93	78,10 a
Furadan	0,93	0,93	0,93	75,70 a
Gusaran	0,93	0,93	0,93	66,10 b
Testigo	—	—	—	13,90 c

Los promedios que no comparten la misma línea son significativamente diferentes al nivel del 5%.

del aporque, son más eficaces que aplicados al surco más a la emergencia o al surco más al aporque, y su eficacia no se incrementa sustancialmente con las tres aplicaciones.

Los tres productos comerciales cuyo ingrediente activo es el carbafurano y que fueron probados en el experimento *d*, demostraron eficacia en el control de la plaga, siendo Curaterr y Furadan superiores a Gusaran.

#### Resumen

*Premnotyphes vorax* (Hust.) es la principal plaga de la papa en Ecuador. Desde 1958 hasta 1971 se la controlaba con insecticidas clorinados incorporados al suelo, entre los que figuraban el Aldrin y el Dieldrin, los cuales se tornaron inefectivos en sectores de continuo uso y cuya recomendación fue en lo posible restringida desde 1971 debido al peligro de sus residuos para el consumidor.

En 1975 y 1976 en sectores severamente infestados de la provincia de Chimborazo, se condujeron cuatro experimentos (*a*, *b*, *c*, y *d*), sobre el control químico de este insecto. El experimento *a* incluyó los insecticidas Furadan, Terracur, Thimet, Lannate, Primicid, Bux 360, Lindano y Heptacloro incorporados a todo el suelo antes de la siembra, a varias dosis, de los cuales, Furadan, Lindano y Terracur produjeron en su orden: 80,6; 55,0 y 50,4 por ciento de tubérculos sin daño, en comparación al testigo con 4,6 por ciento. Los otros insecticidas fueron ineficaces. El experimento *b* incluyó a los mismos insecticidas del experimento *a*, aplicados al surco, a la emergencia de las plantas y antes del aporque en varias dosis. En esta modalidad de control Furadan, Terracur y Thimet produjeron 72,6, 38,5 y 32,5 por ciento de tubérculos sin daño, respectivamente, en comparación al testigo con 3,2 por ciento. En el experimento *c*, se investigó al aporte de control de Furadan, Terracur y Thimet en las dosis de 0,93, 2,4 y 2,0 kg. i a/ha, respectivamente, en cada una de tres aplicaciones (al surco, a la emergencia de las plantas y

antes del aporque), sus combinaciones, y una dosis solamente al surco, equivalente a la suma de las tres dosis parciales. Las tres aplicaciones de cada insecticida controlaron eficientemente al insecto plaga, siendo Furadan significativamente superior; la suma de las tres dosis de cada insecticida aplicada sólo a la siembra, dio un control inferior al de las tres aplicaciones fraccionadas; y, la aplicación a la emergencia de las plantas es la que más contribuyó en el control. En el experimento *d* se estudió comparativamente la eficacia de los productos comerciales Furadan, Curaterr y Gusaran cuyo ingrediente activo es el Carbofurano, a la dosis de 0,93 kg i.a./ha, en cada una de las tres aplicaciones (al surco, a la emergencia de las plantas y antes del aporque), concluyéndose que los tres productos controlan eficientemente a la plaga, siendo los dos primeros superiores al Gusaran.

## Notas y Comentarios

### *Los mitocondrios no siguen las reglas del lenguaje genético*

La biología molecular ha mostrado que toda la vida terrestre está ordenada en el mismo sistema de codificación química. Las "palabras" que dominan la hechura de una bacteria pertenecen al mismo "lenguaje" que aquellas que dirigen la hechura del hombre. Esta universalidad del código genético fue establecida partiendo de la evidencia colectada aun antes que fuera posible leer el código en el DNA en que está escrito. Ahora que los biólogos pueden usar técnicas de DNA recombinante (ingeniería genética) para cultivar genes y examinarlos, están encontrando que estaban equivocados. Las bacterias pueden compartir el mismo código genético con los hombres, pero ellas no lo comparten con los numerosos mitocondrios, presentes en el citoplasma de la célula del hombre y de los animales.

Es curioso que debieran ser los mitocondrios los que se apartasen de la norma genética. Su posición peculiar como células semiautónomas dentro de otras células ha tentado por mucho tiempo a los biólogos a especular sobre sus orígenes evolutivos. El lugar común de texto de enseñanza para los mitocondrios es que son la "casa de calderas" energéticas de las células. Las células más inferiores, tales como las bacterias, tienen sus propios sistemas de enzimas ligadas a membranas para manejar su economía energética. En las células superiores, estos vitales sistemas de enzimas residen enteramente dentro de los mitocondrios.

Lo que hace tan fascinante a los mitocondrios es que residiendo dentro de ellos están muchos de los genes que especifican los sistemas enzimáticos. Además, ellos son tanto reproducidos como descodificados independientemente de la maquinaria reproductiva y genética del resto de la célula. Algunas de las propiedades de la membrana mitocondrial recuerdan más a las de las bacterias que a las de las células superiores. Todo esto conduce a los biólogos a especular que los mitocondrios pueden ser los descendientes atrapados de las que fueron una vez bacterias de vida libre, esclavizadas por las células superiores en una etapa temprana de su evolución.

El descubrimiento de que el código genético de los genes mitocondriales difiere del de las bacterias y de las células superiores debe considerarse como un punto en contra de esa

### *Literatura citada*

- 1 MERINO, G. y VAZQUEZ, V. Campaña química contra el picudo del tubérculo de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hust.) Ciencia y Naturaleza 3(2-3): 116-121. 1960.
- 2 MERINO, G. y VAZQUEZ, V. Eficacia del Aldrin, Dieldrin y Heptacloro en el combate del picudo del tubérculo de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hust.) (Coleoptera: Curculionidae) en Ecuador. Turrialba 12 (1): 28-35. 1963.
- 3 MERINO, G. y VAZQUEZ, V. Efecto de tres insecticidas sobre el picudo de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hust.) Ciencia y Naturaleza 6 (1): 19-25. 1963.
- 4 ZANNER, J. I. y POSADA, L. Control químico del gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hust.) Agricultura Tropical 25(4): 195-205. 1969.

teoría. El descubrimiento que condujo a esta herética conclusión fue dado a conocer en primer lugar por Giuseppe Macino, Gloria Coruzzi, Francisco Nóbrega, May Li y Alexander Tzagoloff, quienes estaban trabajando sobre mitocondrios de levaduras en la Universidad de Columbia (*Proceedings of the US National Academy of Sciences* vol. 76, p. 3784). Usaron técnicas de ingeniería genética para aislar y cultivar los genes de tres de las enzimas mitocondriales hasta que estuvieron en cantidades lo suficientemente grandes como para poderse "leer" su código.

El código genético tiene que especificar todas las proteínas sobre las que está basada la maquinaria celular. Las proteínas, cuando se desenvuelven, consisten de cadenas largas compuestas de subunidades de 20 diferentes aminoácidos. El DNA, en el que reside el código, es también una cadena larga, pero sus subunidades son nucleótidos, de los cuales hay sólo 4 diferentes, y no 20. El código no es así un asunto de uno por uno; cada aminoácido en la cadena proteica está especificado por una "palabra" de tres nucleótidos, o codon, en la cadena del DNA. Así los cuatro nucleótidos, guanina, citosina, adenina y timidina (G, C, A, y T) son "leídos" en tercetos, de tal manera que, por ejemplo, el aminoácido metionina está especificado por el codon ATG, adenina seguida de timidina seguida por guanina.

Hasta ahora, se había creído que los codones significaban exactamente la misma cosa para todos los organismos de la Tierra. Pero cuando el equipo de Columbia comparó la secuencia de nucleótidos del gen mitocondrial de la enzima citocromo oxidasa con la secuencia de aminoácidos de la misma enzima, descubrió que cada vez que la enzima tenía el aminoácido triptófano, el gen mitocondrial de la levadura tenía el codon TGA. Pues bien, no sólo el TGA no es el codon del triptófano, sino que no codifica a ningún aminoácido. El TGA es lo que se conoce como un codon terminador: señala el fin de un gen y se lee como punto final. Generalmente, si tal codon aparece en la mitad de un gen, causa la terminación prematura del proceso de descodificación y la proteína nunca se completa. Pero el equipo de Columbia sabía que la proteína citocromo oxidasa estaba completa en la cepa de levadura de ellos, porque las células eran enteramente normales. Esto significaba que los mitocondrios deben estar leyendo al codon TGA terminador como triptófano.

Ahora, hay un sólo punto en el que el proceso de descodificar al DNA donde podría ocurrir tal lectura errada sistemática: el punto en el cual el codon es realmente traducido al aminoácido. Y esta traducción está enteramente en las manos de una molécula interesante e importante: el RNA de transferencia.

La traducción no es el primer paso al descodificar. El primer paso se conoce como transcripción. El DNA actúa como una matriz para la construcción de un hilo de RNA mensajero que consiste de una copia invertida al espejo del DNA. La inversión al espejo está basada en el hecho de que los nucleótidos A, T, C y G son complementarios uno a otro, y cada nucleótido es transcrito como su complemento sobre el RNA mensajero. Una complicación adicional es que el RNA utiliza uridina donde el DNA utiliza timidina, así que en vez de T se lee U.

El RNA de transferencia entra en acción cuando el mensaje del RNA tiene que ser traducido a una cadena de aminoácidos. Cada molécula de RNA de transferencia traduce sólo un codón; y lo hace adoptando una conformación en la cual un codón de tres letras específico está expuesto en un extremo, mientras que en el otro extremo forma un lugar de ligazón específico para un aminoácido particular. Así, cuál aminoácido especifica justamente un codón particular depende enteramente del RNA de transferencia. Y Li y Tzagoloff, examinando estrechamente las secuencias de dos RNA de transferencia a partir de mitocondrios de levadura, han descubierto evidencia de que los RNA de transferencia mitocondriales de la levadura no obedecen las reglas convencionales de descodificación (*Cell*, vol 18, p 47).

Para establecer la existencia de tal transferencia aberrante, tuvieron que desentrañar la forma de coyuntura de la molécula a partir de la secuencia de su DNA. El RNA de transferencia, al igual que el RNA mensajero, es transcrito del DNA y así su secuencia es exactamente complementaria a la de su gen. Y son las secuencias complementarias, esta vez dentro de la molécula misma del RNA de transferencia, las que determinan la forma cómo se hacen sus coyunturas. De esta manera, al buscar secuencias complementarias dentro de los genes del RNA de transferencia, y haciendo uso extensivo de lo que ya se conoce sobre la estructura de otras moléculas de RNA de transferencia, Li y Tzagoloff pudieron dilucidar el esquema de coyunturas del RNA de transferencia mitocondrial para el aminoácido treonina (*Cell*, vol 18, p 47). Y cuando arribaron a la solución, encontraron que la molécula mostraba el codón GAU, que es complementario a CUA, que normalmente especifica el aminoácido leucina.

Li y Tzagoloff especulan que un RNA de transferencia mutante podría transcribir el codón CUA como treonina en vez de leucina. Tal error podría afectar sólo unas pocas moléculas de proteína, probablemente no suficientes para afectar la viabilidad de la célula.

Sin embargo, muchos biólogos van a sentir que debe haber algo más que eso. Y para reforzar su sospecha, ha sido puesto en claro que el lenguaje aberrante mitocondrial, por lo menos con el codón triptófano, no está confinado de ninguna manera a los mitocondrios de la levadura. B. G. Barrel, A. T. Bankier y J. Drouin, del MRC Laboratory for Molecular Biology, en Cambridge, Inglaterra, han manifestado a *New Scientist* (November 8, 1979, p. 440), que ellos han establecido secuencias de un DNA que especificaba una de las enzimas de mitocondrios humanos y encontraron también que los mitocondrios leían punto final como triptófanos (Sospechan también que leían isoleucinas como metioninas). De manera que si los lenguajes aberrantes se originaron mediante mutaciones vueltas inofensivas debido a biesos en el lenguaje del codón, por lo menos una de esas mutaciones debe haber ocurrido antes de que la levadura se diferenciara del hombre.

#### Importancia de la selección de consorte en la supervivencia

Una hembra adulta de la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) puede conferir a su descendencia una ventaja competitiva en la lucha por la supervivencia si ella puede

escoger libremente a su consorte. Esta es la sorprendente conclusión de una serie de laboriosos experimentos por Linda Partridge, del Departamento de Zoología de la Universidad de Edimburgo (*Nature*, vol. 283, p. 290).

El resultado es importante por el efecto que tendrá sobre las teorías de genética y evolución. Dos teóricos prominentes han sostenido que si una población de animales es genéticamente estable entonces no sería posible para un animal el producir descendencia más apta al escoger el unirse con un individuo más apto que el promedio. Aptitud no significa aquí poder muscular o resistencia; más bien quiere decir éxito reproductivo. Cualquier gen que favorece directamente el éxito reproductivo se esparcirá muy rápidamente, de tal manera que en una población estable habrá poca variación genética entre los animales en su capacidad de producir descendencia apta.

Partridge probó estas ideas con la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, la bestia favorita de los geneticistas. Mantuvo las moscas en una de las llamadas jaulas de población grande, que contenía muchos miles de moscas. Cada hembra tenía prácticamente un número ilimitado de machos para escoger como consorte. De esta jaula, Partridge tomó 100 hembras que habían sido inseminadas por el macho que ellas escogieron, 100 machos, y 100 hembras vírgenes. Puso después cada hembra en una ampolleta (las hembras vírgenes con un macho cada una) y las dejó para que se produjera la reproducción. Una vez que los huevos fueron empollados, ella colectó las larvas de las madres que habían "escogido" y de las que no habían tenido la oportunidad de escoger.

Partridge enfrentó grupos de 200 de estas larvas de padres "escogidos" y "no escogidos" a oponentes estándar en una prueba de su capacidad de sobrevivir hasta la edad adulta. El oponente consistía de 200 larvas de moscas que llevaban consigo el gen brillante, un gen mutante que hace que los ojos de la mosca que los lleva sean muy lustrosos y fáciles de distinguir de los normales, de la mosca tipo silvestre.

La arena competitiva fue un recipiente que contenía un poco de alimento, pero no suficiente para todas las cuatrocientas larvas; sólo los ganadores podían llegar a la edad adulta. Cuando las larvas llegaron a convertirse en moscas adultas, Partridge contó cuántos adultos eran tipos normales silvestres y cuántos tenían ojos lustrosos, para ver cómo se habían comportado las larvas experimentales. Hubo una diferencia pequeña, pero altamente significativa en favor de las moscas del tipo silvestre en la descendencia de las hembras que se habían apareado libremente. En otras palabras, menos larvas de una hembra a la que se había proporcionado un consorte sobrevivieron hasta la edad adulta, comparado con larvas de una hembra que escogió su propio macho.

La supervivencia hasta el estado adulto es sólo un componente del éxito reproductivo, y Partridge se esfuerza en señalar que sus resultados no muestran que el escogimiento de consorte afecta la totalidad del éxito reproductivo; algunos otros componentes de la aptitud podrían ser disminuidos por la selección de pareja. Pero es importante afectar aunque fuera un solo componente de la supervivencia al permitir que la hembra escoja.

Partridge especula sobre los varios mecanismos que podrían sustentar sus resultados. Podría ser que, contrariamente a la teoría ortodoxa, la aptitud puede ser heredada directamente. Si esto es así, las moscas más aptas pueden ser mejores para obtener acceso a los machos, o que las moscas sean capaces de detectar machos más aptos y seleccionarlos. De cualquier manera, todas las moscas preferirían el mismo tipo de macho. Alternativamente, las moscas con gran diversidad genética podrían ser más aptas. En este caso, las hembras podrían mejorar la aptitud de su descendencia al escoger un macho genéticamente distinto a ellas mismas. Si esto fuera así, diferentes moscas preferirían diferentes tipos de consorte.