

**CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE ALGUNOS
COMPONENTES DEL GRANO DE MAIZ INFESTADO POR
Prostephanus truncatus, Horn, *Sitophilus zeamais*, Mots, o
Sitotroga cerealella, Oliver**

Esbaide Adem¹ y Héctor Bourges²

**Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto Nacional
de la Nutrición, México, D. F., México**

RESUMEN

En condiciones de laboratorio, se estudió el efecto de la infestación por *Prostephanus truncatus*, *Sitophilus zeamais* o *Sitotroga cerealella* sobre la composición del grano de maíz al término de la etapa larvaria, al emerger la primera generación, y por períodos mayores a una generación. En todos los lotes se encontraron cambios en la composición del maíz, siendo el efecto más pronunciado en el caso de la infestación con larvas. Aunque los cambios no permiten definir un patrón general, en casi todos los casos aumentó la concentración de nitrógeno total y disminuyó la de extracto etéreo. Las cantidades totales de cada componente mostraron un descenso en todos los lotes, variable en magnitud pero importante en casi todos los casos, con reducción hasta de 19% del contenido energético del lote. Algunos de los cambios observados pueden atribuirse al consumo selectivo de regiones específicas del

Manuscrito modificado recibido: 4-22-81.

- 1 Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 20-364, México 20, D. F.
- 2 División de Nutrición, Instituto Nacional de la Nutrición, Avda. San Fernando y Viaducto Tlalpan, México 20, D. F.

grano, por el insecto, fenómeno que fue más aparente en la etapa larvaria.

INTRODUCCION

El logro de una disponibilidad adecuada de alimentos exige no sólo una producción suficiente de los mismos, sino también su conservación y distribución. La conservación de alimentos es una de las tareas que aún presenta grandes dificultades ya que existe multitud de agentes, tanto físicos y químicos como de orden biológico, que producen pérdidas cualitativas y cuantitativas. En el caso de los cereales, alimentos básicos de la mayoría de las dietas humanas, la infestación por insectos ocasiona mermas que no han sido debidamente cuantificadas, pero cuya magnitud parece evidente (1, 2). Tomando en cuenta la importancia que el maíz tiene en México como alimento básico y dadas las malas condiciones en que suele recolectarse y almacenarse, se considera importante estudiar las mermas debidas a esta causa ya que, hasta la fecha, la información disponible al respecto es escasa.

En muchas de las estimaciones de pérdidas por infestación no se consideran los cambios cualitativos, es decir los posibles cambios en el valor nutritivo y los que puedan ocurrir en el sabor de los granos y sus productos. Lo mismo aplica a los cambios ocasionados por la contaminación de las excretas y cuerpos muertos de los insectos.

Howe (13) realizó una excelente revisión de la literatura concerniente a los efectos de la infestación por diferentes insectos en la masa total, en la composición química, y en la calidad sanitaria de granos almacenados. Cabe destacar, de esta revisión, el comportamiento selectivo que algunos insectos tienen al ingerir preferente o exclusivamente la cascarilla, el germen o los cotiledones del grano alterando así su composición química. También induce el aumento "paradójico" en la concentración de nitrógeno encontrado por varios autores y que se atribuye a residuos de insectos muertos, a la presencia del ácido úrico por ellos excretado y a la expresión del nitrógeno por 100 g del grano remanente.

En México, los insectos *Prostephanus truncatus*, *Sitophilus zeamais* y *Sitotroga cerealella* se encuentran entre las especies que mayores daños ocasionan al maíz almacenado. La información en cuanto al *P. truncatus* es particularmente escasa.

El presente estudio pretende aportar información sobre los cambios que ocurren en la composición del maíz sujeto a infestación durante los diferentes períodos en condiciones de laboratorio, por las tres especies mencionadas

MATERIALES Y METODOS

Selección y Cultivo de Insectos

Existen en México (3) alrededor de 15 especies de insectos clasificados como primarios y secundarios, pertenecientes a los órdenes Coleóptera y Lepidóptera, que frecuentemente infestan los granos almacenados y sus productos y cuyo efecto tiene importancia económica. De ellas se seleccionaron las tres especies primarias: *Prostephanus truncatus* (Horn), (barrenador de los granos); *Sitophilus zeamais* Mots, (gorgojo de maíz) y *Sitotroga cerealella* (Oliver), (palomilla de maíz), que fueron proporcionados por el Departamento de Entomología de Granos Almacenados del Centro de Investigaciones para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), y que habían sido recolectados en silos del área de Texcoco, México. Su identificación fue realizada por Dobin en el citado Departamento, y certificada por el Museo Británico de Historia Natural de Londres.

Desde su arribo al laboratorio, los cultivos se mantuvieron en condiciones óptimas de temperatura ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) y humedad ($61 \pm 30\%$) por un tiempo suficiente para que se adaptaran a la variedad de maíz a estudiar.

Selección de la Muestra de Maíz

Se estimó necesario utilizar una de las variedades de más amplio consumo en el país, libre de infestación y de insecticidas. La obtención de una muestra con tales características fue muy difícil, pero finalmente se encontró una muestra de maíz criollo amarillo³, obtenida directamente del agricultor, con una humedad de 8.40% y almacenada en mazorca. La muestra se desgranó, fue sometida a limpieza y selección, se empacó en bolsas de polietileno con una humedad de 11 a 12%, y se sometió a congelación (-5°C durar

3 Maíz de temporal, tipo chalqueño, raza cónico, dentado.

te tres días, -10°C durante tres días y nuevamente, -5°C durante tres días más) con el fin de eliminar la posible presencia de infestación viable.

Infestación de las Muestras

Se usaron como recipientes frascos de vidrio de boca ancha, con tapas de malla de alambre para permitir la ventilación de la muestra. Se colocó papel filtro debajo de la malla a fin de evitar la contaminación por ácaros. Los frascos se esterilizaron, calentándolos durante una hora a 150°C y los insectos fueron retirados del cultivo general usando un tamiz con malla No. 10. La separación de machos y hembras se hizo estudiando insecto por insecto y observándolos en un microscopio estereoscópico ya que, para cada especie, existen ciertos caracteres externos que diferencian a la hembra del macho (1, 4-6).

El maíz se dividió en lotes de 5 kg, uno de los cuales se guardó como testigo. Luego, cada lote se subdividió en 10 sublotés de 500 g, que fueron colocados en los frascos e infestados cada uno con 400 hembras; después de tres días, durante los cuales ovopositaron, se retiraron todos los adultos del cultivo, manteniendo los frascos en incubación a la temperatura de $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$, y a una humedad relativa de $61 \pm 3\%$. Al término del período de incubación necesario en cada caso, las muestras se congelaron (7) durante 8 días a $-10 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y se llevaron a cabo los análisis químicos previa extracción de los insectos del interior de los granos y tamizado de la muestra. Para cada una de las especies se detuvo la incubación en los siguientes períodos:

- al finalizar la última etapa larvaria (L) (*P. truncatus*, 24 días; *S. zeamais*, 18 días y *S. cerealella*, 18 días).
- al emerger la primera generación (F_1) (*P. truncatus*, 37 días; *S. zeamais*, 31 días, y *S. cerealella*, 35 días).
- al transcurrir períodos mayores a una generación ($> F_1$), deteniendo el experimento cuando la destrucción del grano se juzgó "severa" por medios visuales. Esto ocurrió a los 44 días en la infestación con *P. truncatus* (tiempo equivalente a solo 1.25 generaciones), a los 60 días con *S. zeamais* (tiempo equivalente a 2.4 generaciones) y a los 64 días con *S. cerealella* (tiempo equivalente a 1.8 generaciones). En los tres casos la destrucción de los granos era macroscópicamente muy no-

toria y se había producido un material con apariencia de harina. Conviene aclarar que en este último caso se utilizó una densidad de insectos por gramo de maíz 30 veces menor, ya que se preveía un efecto considerable de la infestación durante períodos de esta duración. Además, en estas muestras no se retiraron los adultos al término de la ovoposición, lo que permitió predecir una destrucción todavía más considerable.

No se tomaron en cuenta los estados de huevo y pupa ya que éstas son etapas en las que los insectos no ingieren alimento. Cabe suponer así que por los métodos analíticos utilizados, no tendrían una influencia importante o medible en la composición del grano. En cuanto al posible aporte de nutrientes por los huevos, éste debe ser despreciable, dado su volumen (menos de 0.1 mm^3) y su número (menos de 3 ó 4 por grano).

Métodos de Análisis

A fin de conocer los posibles cambios globales, todas las determinaciones se hicieron en muestras del lote que incluían tanto los granos dañados como los intactos. Antes de realizar los análisis se retiraron los insectos adultos y las larvas presentes en el interior de los granos, excepto en el experimento por períodos mayores a una generación.

Se efectuaron determinaciones de nitrógeno total por el método de Kjeldahl (8), y de cenizas (9), humedad (10), extracto etéreo (11), y fibra cruda (12); los carbohidratos se determinaron por diferencia. El contenido energético se calculó suponiendo un aporte de 4 Kcal/g de carbohidratos, 9 Kcal/g de extracto etéreo y 25 Kcal/g de nitrógeno total.

Los análisis realizados en el lote de maíz testigo se repitieron 12 veces con el fin de conocer la variación atribuible al método analítico, es decir la precisión del método⁴, que fue como sigue: 1.40/o en el caso del nitrógeno, 10.80/o para el extracto etéreo, 15.40/o para las cenizas, y 7.50/o para la fibra cruda.

En este trabajo sólo se consideraron las diferencias entre el maíz testigo y el maíz infectado, las que fueron superiores a la

4 El coeficiente de variación considerando solo aquellos valores que quedan comprendidos en \pm dos desviaciones estándar alrededor del promedio.

imprecisión del método. Las diferencias entre el lote experimental y el lote testigo se presentan en términos porcentuales.

RESULTADOS Y DISCUSION

En vista de que la humedad de los granos difiere de una muestra a otra y que existe cierta tendencia a que ésta se incremente a través del tiempo en las condiciones del experimento, los resultados se transformaron a concentración por 100 g de base seca. Con miras a facilitar la comparación entre los resultados de los lotes infestados y el testigo, en las Tablas se presentan únicamente los cambios en la concentración de cada componente y en cada lote con respecto a los valores del lote testigo que se toman como 100^o/o.

Los cambios en la composición del maíz infestado por *P. truncatus*, *S. zeamais* y *S. cerealella* con respecto al maíz testigo, en las tres etapas estudiadas, se exponen en las Tablas 1, 2 y 3, respectivamente. Aquellos cambios que se estiman significativos, es decir los superiores a la imprecisión del método, se destacan presentándolos subrayados.

La simple comparación en términos del número de cambios significativos, permite notar que la infestación por *S. zeamais* tuvo menor influencia sobre la composición del grano, particularmente después de la etapa larvaria, en tanto que *S. cerealella* produjo cambios en los tres períodos y en casi todas las determinaciones. El efecto de la infestación por *P. truncatus* fue menor que el de *S. cerealella*, pero mayor que el de *S. zeamais*.

En el caso de la infestación por *P. truncatus* los cambios producidos en la composición del maíz por larva (L) fueron un poco mayores que en el caso de la primera generación (F_1) o mayor a una generación ($> F_1$); un efecto similar —salvo en el caso del nitrógeno— ocurrió con la infestación por *S. zeamais*. En cambio, en los lotes infestados por *S. cerealella* los cambios más pronunciados fueron los producidos por $> F_1$.

Según se aprecia en la Tabla 1, la infestación por *P. truncatus* produjo un descenso del nitrógeno total en el caso de la etapa L, el cual fue menos notorio en la F_1 , y que hubo un aumento en el período $> F_1$. Las cenizas, el extracto etéreo y la fibra cruda disminuyeron en las tres etapas, siendo los cambios significativos en la etapa larvaria y en períodos mayores a una generación y, en el caso del extracto etéreo, aun al emerger la primera generación.

TABLA 1

CAMBIOS QUIMICOS PORCENTUALES EN LOS LOTES DE MAIZ INFESTADO POR *P. truncatus* CON RESPECTO AL MAIZ TESTIGO (base seca)

Determinación	Estado		
	Larva (L)	1a. generación (F ₁)	> de una generación (> F ₁)
Nitrogeno total	- 8	- 2	+ 7
Cenizas	-25	-12	-25
Extracto etéreo	-16	-15	-17
Fibra cruda	-39	- 6	-15
Carbohidratos	+ 5	+ 2	+ 2
Energía	0	- 1	0

Imprecisión del método (%): nitrógeno total, 1.4; cenizas, 15.4; extracto etéreo, 10.8, y fibra cruda, 7.5.

En la Tabla 2 se nota que el nitrógeno disminuyó en la etapa L de la infestación por *S. zeamais*, pero aumentó en las dos etapas siguientes, particularmente en la > F₁. En cuanto al contenido de cenizas, extracto etéreo y fibra cruda, se observó un descenso en todas las etapas pero los cambios sólo fueron significativos en la etapa larvaria en el caso del extracto etéreo y de la fibra cruda.

En contraste, tal como lo revelan los datos en la Tabla 3, la infestación con *S. cerealella* produjo un aumento significativo del nitrógeno total en las tres etapas, particularmente en períodos mayores a una generación. Las cenizas, el extracto etéreo y la fibra cruda disminuyeron significativamente en la etapa larvaria y al emerger la primera generación, pero aumentaron en períodos mayores a una generación.

En el análisis de las tres Tablas en conjunto, cabe notar los cambios en el contenido de nitrógeno total en todos los lotes: la concentración aumentó en seis de ellos y disminuyó en los otros tres. El extracto etéreo disminuyó en todos los lotes excepto en la infestación por períodos mayores a una generación con *S. cerealella*; estos cambios fueron significativos en la mayoría de los casos. Un fenómeno similar se observa en el caso de la fibra cruda y las

TABLA 2

CAMBIOS QUIMICOS PORCENTUALES EN LOS LOTES DE MAIZ
INFESTADO POR *S. zeamais* CON RESPECTO AL MAIZ TESTIGO
(base seca)

Determinación	Estado		
	Larva (L)	1a. generación (F ₁)	> de una generación (> F ₁)
Nitrógeno total	- 7	+ 3	+16
Cenizas	- 7	- 7	- 9
Extracto etéreo	-14	- 9	0
Fibra cruda	-44	- 7	- 6
Carbohidratos	+ 4	+ 1	- 1
Energía	0	0	0

Imprecisión del método (°/o): nitrógeno total, 1.4; cenizas, 15.4; extracto etéreo, 10.8, y fibra cruda, 7.5.

TABLA 3

CAMBIOS QUIMICOS PORCENTUALES EN LOS LOTES DE MAIZ
INFESTADO POR *S. cerealella* CON RESPECTO AL MAIZ TESTIGO
(base seca)

Determinación	Estado		
	Larva (L)	1a. generación (F ₁)	> de una generación (> F ₁)
Nitrógeno total	+12	+ 4	+21
Cenizas	-19	-21	+28
Extracto etéreo	-14	-19	+19
Fibra cruda	-26	-50	+24
Carbohidratos	+ 1	+ 4	- 7
Energía	0	0	0

Imprecisión del método (°/o): nitrógeno total, 1.4; cenizas, 15.4; extracto etéreo, 10.8, y fibra cruda, 7.5.

cenizas. Dado que los carbohidratos fueron determinados por diferencia y el contenido energético mediante un cálculo en el que influye grandemente dicha determinación, no es conveniente deducir mayores conclusiones de estos datos, pero vale la pena señalar que el contenido energético no parece haber sufrido cambios de importancia. En seis de los casos se elevó la relación nitrógeno/energía. A partir de los resultados anteriores, es evidente que los lotes de maíz infestados acusaron una composición distinta a la del maíz testigo; dado que la presencia de los insectos constituyó la única variable experimental, cabe atribuir esta diferencia a la infestación.

Los cambios fueron tanto por aumento como por disminución y ocurrieron en todos los lotes y en todas las determinaciones realizadas, pero no se pudo establecer un patrón uniforme de tales cambios. Llamamos especialmente la atención los resultados encontrados en cuanto a nitrógeno; los dos casos en que hubo una disminución importante de este componente corresponden a la infestación por larvas de las dos especies de coleópteros (*P. truncatus* y *S. zeamais*). En el resto de los lotes la concentración de nitrógeno se elevó.

El descenso en la concentración de N observado en tres lotes podría deberse a un consumo selectivo de material rico en nitrógeno tal como lo ha mencionado Howe (13), quien indica que algunos insectos tienden a ingerir preferente o exclusivamente el pericarpio, el germen o el endospermo, los cuales tienen una composición química distinta. Este consumo selectivo, que es característico de cada especie, podría tener una expresión más clara durante la etapa larvaria debido a la mayor voracidad que habitualmente tiene este estado. Por otro lado, el aumento en la concentración de nitrógeno observada en seis lotes puede atribuirse tanto al consumo selectivo como a contaminación de la muestra por productos de excreción de los insectos (ácido úrico y guanina) o bien al hecho de que los resultados se expresan como nitrógeno por 100 g del grano remanente, el cual es más pobre en la fracción no proteínica. El aumento en el contenido de ácido úrico en granos infestados por diferentes insectos ha sido ampliamente documentado por Venkatrao, *et. al.* (14) y por Pingale *et. al.* (referido por Howe (13)) e incluso, se ha propuesto su uso como índice de infestación. Desafortunadamente, no se llevó a cabo el análisis del ácido úrico ni el de nitrógeno no proteínico.

Considerando que en el presente estudio se puso especial cuidado en eliminar los insectos del grano analizado, puede descartarse

tarse su presencia como causa de una mayor concentración de nitrógeno, salvo en las muestras correspondientes a las etapas > F₁ en las que los insectos no fueron eliminados.

En lo que atañe a la consistente disminución de extracto etéreo en la mayoría de las muestras, esto podría deberse tanto al consumo selectivo como a la degradación de los lípidos por microorganismos que penetran al interior del grano al ser éste atacado por los insectos tal como lo señala Howe (13).

Si en la etapa larvaria existió el consumo selectivo sugerido, su efecto en la composición del grano se "diluyó" posteriormente en los lotes infestados por los coleópteros (*P. truncatus* y *S. zeamais*) ya que, al emerger la primera generación, el número de cambios en la composición del maíz respecto al testigo, así como su magnitud, fueron menores. En el caso del lepidóptero, *S. cerealella* (cuyos adultos no consumen alimentos) no se observó dicha "dilución" en la etapa F₁ e incluso hubo una pérdida muy importante de fibra cruda para cuya magnitud no se tiene explicación.

En los lotes infestados por períodos mayores a una generación, los cambios en composición fueron muy pronunciados. Los granos infestados por *S. cerealella* mostraron mayor concentración de nitrógeno total, cenizas, extracto etéreo y fibra cruda. Los granos infestados por *P. truncatus* perdieron la quinta parte del extracto etéreo y la sexta parte de la fibra cruda, y la concentración de nitrógeno aumentó. Esto último podría deberse, al menos en parte, a la presencia de proteínas y de nitrógeno no proteínico proveniente de los propios insectos y de sus excretas; cabe recordar que, en este experimento, la muestra fue sólo tamizada sin extraerse los adultos que pudieran haber en el interior de los granos y que el período transcurrido fue muy prolongado.

El análisis de los cambios en concentración de los distintos componentes en cada uno de los lotes es relativo por naturaleza, y no permite reconocer los cambios en la cantidad total de cada uno de los componentes en el lote completo.

Con base en los datos de concentración de cada uno de los componentes y conociendo las pérdidas de masa seca durante la infestación en cada una de las etapas, se calculó la pérdida global para cada especie y período de infestación; los resultados se presentan en las Tablas 4, 5 y 6 en términos de diferencia con el valor del lote testigo tomado como 100%.

En lo tocante a las pérdidas globales que se exponen en dichas Tablas, las tres especies tuvieron un efecto claro sobre el extracto etéreo y la fibra cruda y, en la etapa L, sobre el nitrógeno.

TABLA 4

CAMBIOS PORCENTUALES EN EL CONTENIDO GLOBAL DE NITROGENO TOTAL, CENIZAS, EXTRACTO ETEREO, FIBRA CRUDA, CARBOHIDRATOS Y ENERGIA EN LOS LOTES DE MAIZ INFESTADOS POR *P. truncatus* (base seca)

Determinación	Estado		
	Larva (L)	1a. generación (F ₁)	> de una generación (> F ₁)
Nitrógeno total	-13	- 3	- 7
Cenizas	-29	-13	-36
Extracto etéreo	-21	-16	-30
Fibra cruda	-42	- 8	-27
Carbohidratos	- 1	+ 1	-12
Energía	- 5	- 2	-14

Imprecisión del método (0/o): nitrógeno total, 1.4; cenizas, 15.4; extracto etéreo, 10.8, y fibra cruda, 7.5.

En las muestras infestadas por períodos mayores a una generación, sobre todo, el efecto en la energía fue muy importante como consecuencia de la disminución del contenido de extracto etéreo en el caso de *P. truncatus* y *S. zeamais* y de carbohidratos en el caso de *S. cerealella*.

Especialmente graves son las pérdidas globales observadas en períodos mayores a una generación; por ejemplo, en el maíz infestado con *P. truncatus* se perdió una tercera parte del extracto etéreo y una octava parte de los carbohidratos, lo que equivale a una pérdida de 140/o del valor energético original del lote. No obstante que el contenido proteínico del maíz es bajo, el alto consumo de este grano en nuestro país lo convierte en una fuente considerable de proteínas para la población; al perderse el equivalente a un 70/o de ellas se pierde un recurso de consumo habitual. En el caso de *S. cerealella*, se perdió la cuarta parte de los carbohidratos (1,100 g de 4,550 g originalmente presentes en el lote). Dado que el aporte fundamental del maíz son los carbohidratos, ello equivale a la pérdida de alrededor de 250/o del grano. En las Tablas 4, 5 y

TABLA 5

CAMBIOS PORCENTUALES EN EL CONTENIDO GLOBAL DE NITROGENO TOTAL, CENIZAS, EXTRACTO ETÉREO, FIBRA CRUDA, CARBOHIDRATOS Y ENERGIA EN LOS LOTES DE MAIZ INFESTADOS POR *S. zeamais* (base seca)

Determinación	Estado		
	Larva (L)	1a. generación (F1)	> de una generación (> F1)
Nitrógeno total	-10	+ 1	+ 1
Cenizas	- 9	-11	-18
Extracto etéreo	-17	-13	-11
Fibra cruda	-45	-11	-16
Carbohidratos	+ 1	- 3	-12
Energía	- 3	- 4	-10

Imprecisión del método (°/o): nitrógeno total, 1.4; cenizas, 15.4; extracto etéreo, 10.8, y fibra cruda, 7.5.

6 pueden verse incrementos en algunos componentes, pero éstos están dentro del error metodológico; solamente en el caso del lote infestado con *S. cerealella* durante más de una generación existió un incremento importante, el correspondiente a nitrógeno total, lo que podría explicarse por no haber extraído los insectos del interior del grano en este caso.

En el experimento por períodos mayores a una generación la apariencia de los lotes de maíz al término de los mismos era ya muy anormal, habiéndose producido gran cantidad de material de apariencia harinosa que pasó el tamiz No. 10. Este material fue analizado encontrándose lo siguiente por 100 g de base seca:

- En el residuo producido por la infestación con *P. truncatus* durante 44 días: 2 g de nitrógeno total, 11.7 g de extracto etéreo, 3.2 g de cenizas, 5.1 g de fibra cruda y 67.2 g de carbohidratos (p. d.). En comparación con el maíz testigo, este residuo contenía 0.36 g más de nitrógeno, más del doble de

TABLA 6

**CAMBIOS PORCENTUALES EN EL CONTENIDO GLOBAL DE
NITROGENO TOTAL, CENIZAS, EXTRACTO ETereo, FIBRA CRUDA,
CARBOHIDRATOS Y ENERGIA EN LOS LOTES DE MAIZ INFESTADOS
CON *S. cerealella*
(base seca)**

Determinación	Estado		
	Larva (L)	1a. generación (F ₁)	> de una generación (> F ₁)
Nitrogeno total	- 5	- 1	+ 4
Cenizas	-22	-23	+ 3
Extracto etéreo	-17	-22	- 4
Fibra cruda	-29	-52	0
Carbohidratos	- 1	0	-25
Energía	- 3	- 3	-19

Imprecisión del método (o/o): nitrógeno total, 1.4; cenizas, 15.4; extracto etéreo, 10.8, y fibra cruda, 7.5.

extracto etéreo, fibra cruda y cenizas y 12.8 g menos de carbohidratos por 100 g, lo que concuerda con los resultados expuestos en la Tabla 1 en la que se observa que los granos fueron más ricos en carbohidratos y más pobres en los demás componentes excepto nitrógeno. Dado que en este experimento tanto los granos como la "harina" fueron más ricos en nitrógeno que el maíz testigo, el aumento en el grano debe atribuirse a la presencia de insectos en su interior.

En el residuo producido por la infestación con *S. cerealella* durante 64 días y en vista de que se trataba fundamentalmente de insectos muertos tal como se confirmó mediante el examen macroscópico: 10.4 g de nitrógeno total, 11.8 g de extracto etéreo, 7.5 g de cenizas, 14.4 g de fibra cruda y 1.2 g de carbohidratos. Estos resultados muestran que *S. cerealella* es rico en cenizas y extracto etéreo y, sobre todo, que posee material no digerible que aparece en los análisis como fibra cruda. En este caso, la mayor parte de la pérdida de peso se

co del lote (170/o) se pudo recuperar como insectos muertos; esta transformación de materia es notable por su magnitud y seguramente afectó en forma importante los resultados del análisis de los granos cuando no se extrajeron los insectos de su interior.

Para valorar adecuadamente los resultados obtenidos conviene tomar en cuenta las limitaciones del diseño experimental y de los métodos analíticos utilizados.

Es claro que las condiciones de infestación de los lotes estudiados por períodos mayores a una generación fueron distintas a las de los lotes infestados por larvas o durante una generación, pero además, aunque se trata de diferencias más sutiles, las condiciones de infestación de estos dos últimos tipos de lotes tampoco fueron estrictamente iguales entre sí, ya que, ajeno a las obvias diferencias del tiempo, se trata de dos experimentos independientes y no se puede asegurar que las hembras con que se infestaron hayan tenido el mismo grado de fertilidad y hayan producido la misma proporción de huevos viables, en uno y en otro caso. Por otro lado, debe recordarse que, a fin de conocer el efecto global de la infestación, los análisis se efectuaron en muestras que incluían tanto granos dañados como granos intactos. Seguramente los cambios ocurridos en los granos dañados fueron mucho más pronunciados de los que revelan los análisis.

La reproducibilidad de los métodos fue satisfactoria para el nitrógeno, pero no tanto para la fibra cruda, extracto etéreo y sobre todo, para las cenizas. En varios de los experimentos realizados se notaron cambios muy importantes en fibra cruda que estadísticamente pueden considerarse como reales. Sin embargo, no se explica su magnitud ni la forma en que pudieran haberse generado, aunque debe recordarse que el término "fibra cruda" se aplica al material resistente a condiciones extremas de pH; por lo tanto, es posible que se esté midiendo una gran variedad de material que no necesariamente corresponde al concepto tradicional que en alimentos vegetales se refiere a celulosa, hemicelulosa, lignina, saponinas, etc.

La extrapolación de estos resultados para formular consideraciones acerca del efecto nutricional y económico de las infestaciones estudiadas, debe hacerse con reserva, dado que no existen datos precisos sobre las condiciones en que se almacena el maíz en México, que seguramente varían de caso a caso y de región a región. Tampoco se ha medido el efecto de la convivencia de varias

especies y estados a las densidades de insecto por grano que se ven en la realidad. Conviene, por lo tanto, restringir las implicaciones a las condiciones y resultados del estudio.

En este trabajo pudo apreciarse la pérdida de hasta 130/o del nitrógeno total, 300/o del extracto etéreo, 250/o de los carbohidratos y 190/o del contenido energético total del lote. Considerando que, como dijimos, el maíz es el alimento básico de la población mexicana —que en algunos casos llega a representar 4/5 del aporte energético de la dieta y una proporción importante de su aporte proteínico— toda pérdida significa una grave reducción en la disponibilidad de alimentos del país.

Independientemente de las condiciones de disponibilidad total de alimentos y valor económico de las pérdidas, la infestación afecta la calidad organoléptica del producto y, en un momento dado, puede ser fuente de contaminación microbiana del maíz.

Este intento de explorar un campo en el que existe tan escasa información, ha puesto en evidencia las dificultades metodológicas implícitas en estudios de esta naturaleza y la necesidad de contar con diseños experimentales complejos y estrictos. Asimismo, ha generado interrogantes cuyo estudio puede estimarse urgente.

Dadas las implicaciones nutricionales, sensoriales y sanitarias de los hallazgos de este trabajo, es preciso conocer las condiciones en que se encuentra el maíz en los almacenes. Ello supone estudiar el efecto no sólo de los insectos sino también de roedores, aves y hongos, en distintos climas y épocas del año, en diferentes variedades de maíz y según su recambio en particular en almacén. Más importante aún será determinar la trascendencia de todo ello en el producto final de consumo, la tortilla.

Convendría, asimismo, profundizar en el estudio de los mecanismos que determinarían el fenómeno de consumo selectivo propuesto y valorar los posibles cambios en el contenido de vitaminas, aminoácidos y ácidos grasos del maíz.

CONCLUSIONES

1. La infestación por las tres especies, en los tres períodos estudiados, alteró la composición del maíz, pero no se observó un patrón común.
2. La especie que alteró más la composición del maíz fue *S. cerealella*.

3. El estado que produjo más y mayores cambios en la composición del maíz fue el larvario, particularmente en los casos de *P. truncatus* y *S. zeamais*.
4. En la mayoría de los lotes aumentó la concentración de nitrógeno total y disminuyó la de extracto etéreo.
5. Los resultados permiten sugerir el consumo selectivo de las diferentes partes del grano por los insectos como posible explicación de algunos de los cambios observados en la composición de los granos. Este fenómeno sería más claro en la etapa larvaria, "diluyéndose" en las siguientes etapas en el caso de los coleópteros (*P. truncatus* y *S. zeamais*).
6. En términos de cantidades totales de cada componente, se observaron pérdidas de magnitud variable pero importantes en la mayoría de los casos, sobre todo en extracto etéreo y fibra cruda y, en la etapa $>F_1$, en carbohidratos.

SUMMARY

CHANGES IN THE CONCENTRATION OF SOME COMPONENTS OF CORN GRAIN INFESTED WITH *Prostephanus truncatus*, Horn, *Sitophilus zeamais*, Mots, or *Sitotroga cerealella*, Oliver

Quantitative changes in the chemical composition of stored corn infested with the grain insects *Prostephanus truncatus*, *Sitophilus zeamais* or *Sitotroga cerealella* were studied in the laboratory under the following conditions for each species: after infestation of samples by larvae, at the emergence of the first generation and after more than one generation. Changes occurred in the composition of all samples, the effect being more marked with larvae. Although no consistent pattern was evident, the nitrogen concentration of infested samples generally increased and the ether extract decreased. The total amounts of each constituent decreased in all samples, with up to 19% loss of energy content. Some of these changes may be attributed to selective feeding by each species, on specific regions of the maize kernel; this phenomenon was more apparent in the case of samples infested with larvae.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la QFB María de la Concepción Calvo, por el trabajo analítico, así como al Sr. Margarito Vásquez, por su ayuda en la preparación de las muestras.

BIBLIOGRAFIA

1. Watters, F. L. Comunicación personal; 1978.
2. Green, A. E. An analysis of an FAO survey of post-harvest food losses in developing countries. Rome, FAO, March, 1977. AGP Document, AGPP: Misc/27.
3. Ramírez, G. M. Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. 2da. imp. México, D. F., CECOSA, 1974.
4. Baker, J.E. & P.T.M. Lum. Sexual dimorphism in the sixth abdominal sternite of *Sitophilus oryzae* (L) (Coleoptera curculionidae). J. Stored Prod. Res., 11: 57, 1975.
5. Reddy, D. B. Determination of sex in adult rice and granary weevils. The Pan-Pacific Ent., 27 (1): 13, 1951.
6. Tombes, A. S. Sexual dimorphism in *Sitophilus granarius* (L) as viewed in the scanning electron microscope. Can. J. Zool., 49: 579, 1971.
7. Payne, N. M. Freezing and survival of insects at low temperatures. Quart. Rev. Biol., 1 (2): 270, 1976.
8. Technical Note 14063. In: Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 12th. ed. Washington, D. C., The Association, 1975, p. 232.
9. Ibid. Technical Note 14059, p. 232.
10. Ibidem. Technical Note 14058, p. 232.
11. Ibidem. Technical Note 14062, p. 232.
12. Ibidem. Technical Note 14060, p. 232.
13. Howe, R. W. Losses caused by insects and mites in stored foods and feedingstuffs. Nutr. Abstr. Revs., 35: 285, 1965.
14. Venkatrao, S., K. Krishnamurthy, M. Swaminathan & V. Subrahmanyan. Determination of uric acid in wheat flour infested by *Tribolium castaneum*, Duv., using paper chromatography. Cereal Chem., 37, 93, 1960.