

ESTUDIOS DE CONTROL DE INSECTOS PARA LA PRESERVACION DEL MAIZ OPACO-2 ALMACENADO, Y EFECTOS SOBRE SU VALOR NUTRITIVO¹ /

R. BRESSANI*, J. F. MEDRANO**, L. G. ELIAS***
R. GOMEZ-BRENES***, J. M. GONZALEZ***
D. NAVARRETE***, R. E. KLEIN****

Abstract

The present research was carried out to evaluate the effectiveness of three types of packaging materials and of six treatments on the control of insect infestation of Opaque-2 corn. The packaging materials employed were burlap sacs previously treated with 2% Malathion, untreated burlap bags, and 3-layer paper bags. The chemical treatments included the application of methyl bromide once or every two months; Phostoxin applied once or every two months; tricalcium phosphate; calcium hydroxide; Lindane; and a control. The bags containing the Opaque-2 corn were stored at ambient temperature for a period of 6 months. Evaluation consisted in monthly measurements of percentage of insect damaged grains, number and kinds of insects. At the end of 6 months, the grain was also analyzed for uric acid, total protein and the zein fraction and non-protein nitrogen (NPN). The material, raw and cooked, was also evaluated for protein quality by protein efficiency ratio (PER) assays.

The best protection was furnished by the burlap bags, previously treated with 2% Malathion, a method which, besides being efficient, is practical and of low cost. The effectiveness of untreated burlap bags and paper bags was poor in both cases.

Other effective treatments included the application of methyl bromide and Phostoxin every two months, as well as the use of calcium salts and Lindane.

It was not possible to detect losses in protein quality in the raw or processed corn. However, processed corn in the form of tortilla was consistently superior to raw corn. No relationship was found between damage and zein content, although a highly statistical significant correlation was found between uric acid and NPN.

1 Recibido para publicación 14 de mayo de 1981.

* Jefe, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

** Becado de la Universidad de las Naciones Unidas (Programa INCAP/UNU).

*** Profesional de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.

**** Jefe de la División de Desarrollo Humano del INCAP.

Publicación INCAP/UNU — 22.

Introducción

De todos los productos agrícolas que se consumen, los cereales y las leguminosas son los principales contribuyentes a la ingestión de calorías y proteínas. A pesar de la importancia de estos productos, las pérdidas y el deterioro postcosecha de los mismos pueden ser significativamente altos, lo que viene a contribuir a la existencia del hambre y de la desnutrición en el mundo.

En los programas de desarrollo de sistemas agrícolas, generalmente se ha dado mayor importancia a los

componentes de producción, y se han dejado prácticamente abandonados los problemas de conservación postcosecha del grano, componente esencial para mejorar la eficiencia en la utilización de los alimentos disponibles y en los sistemas de producción y utilización. En setiembre de 1975, la preocupación por este problema se plasmó en una resolución de la VII Sesión Especial de la Asamblea General de las Naciones Unidas, en la que se fijó como meta para el año 1985 la reducción de pérdidas postcosecha de alimentos en los países en desarrollo, en por lo menos el 50%.

Es importante tener presente que las características genéticas de una variedad de grano influyen directamente en las pérdidas postcosecha que tal variedad pueda sufrir. Las variedades tradicionales están generalmente bien adaptadas, tanto a su ambiente como a su manejo postcosecha, ya que los granos que sobreviven el almacenamiento y que se usan en las estaciones siguientes han desarrollado características que favorecen su supervivencia. La introducción de variedades seleccionadas por su alto rendimiento, en áreas donde no están tan bien adaptadas a las condiciones de postcosecha como lo están las variedades locales, ha resultado en pérdidas postcosecha más elevadas (11).

Un ejemplo específico de lo anterior es el maíz Opaco-2, cuyas características genéticas, de un alto contenido de lisina y triptófano, lo convierten en un producto de gran valor nutritivo (5), por ello, el grano es sumamente apetecido por los insectos y, de no tomarse cuidados especiales para su conservación, está sujeto a una gran depredación en los períodos de pre y postcosecha (12).

Varios autores han indicado que los granos dañados por insectos tienen un valor nutritivo de proteína inferior al del grano sano (13). Este deterioro se ha atribuido al consumo selectivo del insecto de las mejores proteínas (6, 13), aunque es posible que el valor inferior se deba a la alta ingestión, por la rata, de ácido úrico producido por el insecto.

En 1976, el INCAP inició un estudio en el que se aplicaron varias intervenciones nutricionales destinadas a incrementar el contenido de proteínas y calorías de las dietas de comunidades rurales en Guatemala. La intervención proteínica del estudio se realizó por medio de tortillas preparadas con maíz Opaco-2. Se necesitaron para el estudio aproximadamente 8 000 qq de maíz/año (368 ton, aprox), lo que presentó un serio problema de conservación. Como consecuencia de este problema, se llevó a cabo el presente estudio, con el fin de buscar las mejores alternativas para almacenar dicho grano, evaluar

sus susceptibilidades al ataque de insectos, y los posibles efectos que el maíz con diferentes grados de infestación de insectos pueda tener sobre la preparación de la tortilla y su valor nutritivo.

Materiales y métodos

El modelo del estudio fue un diseño factorial que comprende 3 tipos de envase para almacenamiento de maíz, 8 tratamientos/envase y 4 repeticiones de 50 lb de maíz/tratamiento. Como envases se utilizaron sacos de brin (tamaño 6 arrobas*), y bolsas de papel (tamaño 100 lb). Entre los tratamientos se incluyeron sustancias fumigantes bromuro de metilo y Phostoxin**, aplicados una vez al inicio del estudio o cada dos meses, sustancias inertes, fosfato tricálcico e hidróxido de calcio, mezclados con el grano al 1%, un insecticida químico, Lindano, en proporción de 62 g de Lindano/100 kg de maíz, y un testigo sin tratamiento.

El maíz se almacenó por un período de 6 meses en una bodega cerrada, pero expuesta al medio ambiente (temperatura y humedad relativas), en la finca experimental del INCAP, San Antonio Pachalí, ubicada a 1450 m sobre el nivel del mar. La temperatura máxima fue de 33.4 y la mínima del 11.6°C, y la humedad relativa varió de 76 a 81%. Los envases de cada tratamiento fueron estibados uno sobre el otro, en un total de 16 por tratamiento. La galera tenía techo de lámina, con una pared de madera de 1.50 m de altura y malla en la parte superior, del tal manera que había libre circulación del aire. La bodega, que constituyó el medio externo, no fue saneada en ningún momento durante el estudio, y cuando se aplicaban los tratamientos cada grupo de sacos era cubierto completamente con un lienzo de plástico, aislándolo así de los otros tratamientos.

Se utilizó en el estudio un maíz blanco tuxpeño que tenía el gene Opaco-2 y endospermo suave y que fue suministrado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), de Guatemala. De este maíz se tomó una muestra inicial para análisis y luego se distribuyeron al azar 50 lb en cada uno de los envases.

Durante el proceso de almacenamiento se tomó una muestra mensual de 100 g en cada réplica para evaluaciones físicas, en la que se cuantificó el número

* 1 arroba = 25 lb

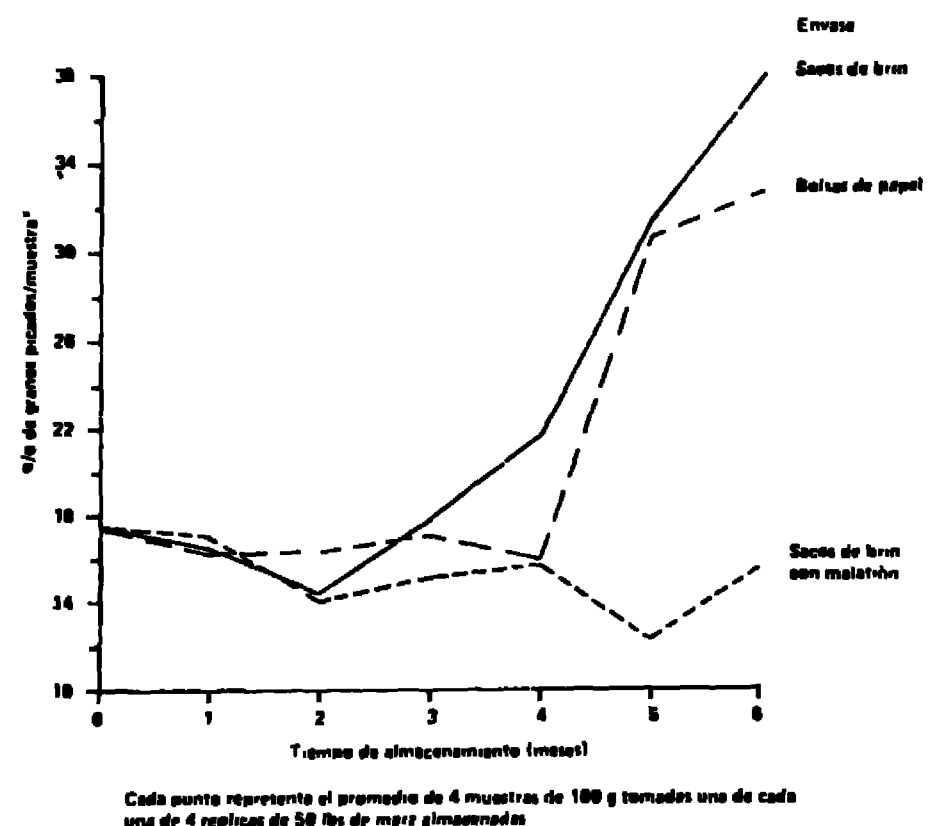
** Nombre comercial

de granos dañados por insectos u otras causas, número y tipo de insectos presentes, y humedad del grano. Para esta última determinación se utilizó el método de la AOAC (1) Después del período de 6 meses de almacenamiento se tomaron 4 muestras de cada tratamiento por envase para determinar el contenido de ácido úrico por colorimetría, usando el método de extracción propuesto por Venkatrao *et al* (14) y la reacción con ácido fosfotúngstico en medio alcalino (8), y para evaluar el contenido de zeína y nitrógeno no proteico en el extracto alcohólico del maíz. Asimismo, se tomaron muestras de cada tratamiento para la preparación de las tortillas. En cada caso, la muestra de maíz de cada tratamiento fue primero lavada con agua y luego cocinada por una hora con cal, siguiendo el método descrito por Bressani y Scrimshaw (3)

Finalmente, tanto el grano crudo como la tortilla de cada tratamiento fueron evaluados para determinar su calidad proteínica, usando el método del índice de eficiencia proteínica (IEP o PER). Para estos propósitos se utilizó la dieta basal, que contenía: maíz o tortilla, 90%; aceite de hígado de bacalao, 1%, aceite vegetal, 4%, mezcla mineral, 4% (7), y 5 ml de una solución de vitaminas del complejo B (10) Cada muestra se ofreció *ad libitum* a 2 muestras de 4 ratas cada una, durante un período de 28 días. Los animales se pusieron en jaulas individuales, con fondos levantados de tela metálica. Se les ofreció la dieta cada 4 días, y todo el tiempo tuvieron agua disponible. Cada 7 días se tomaron datos sobre el consumo y los cambios de peso.

Resultados y discusión

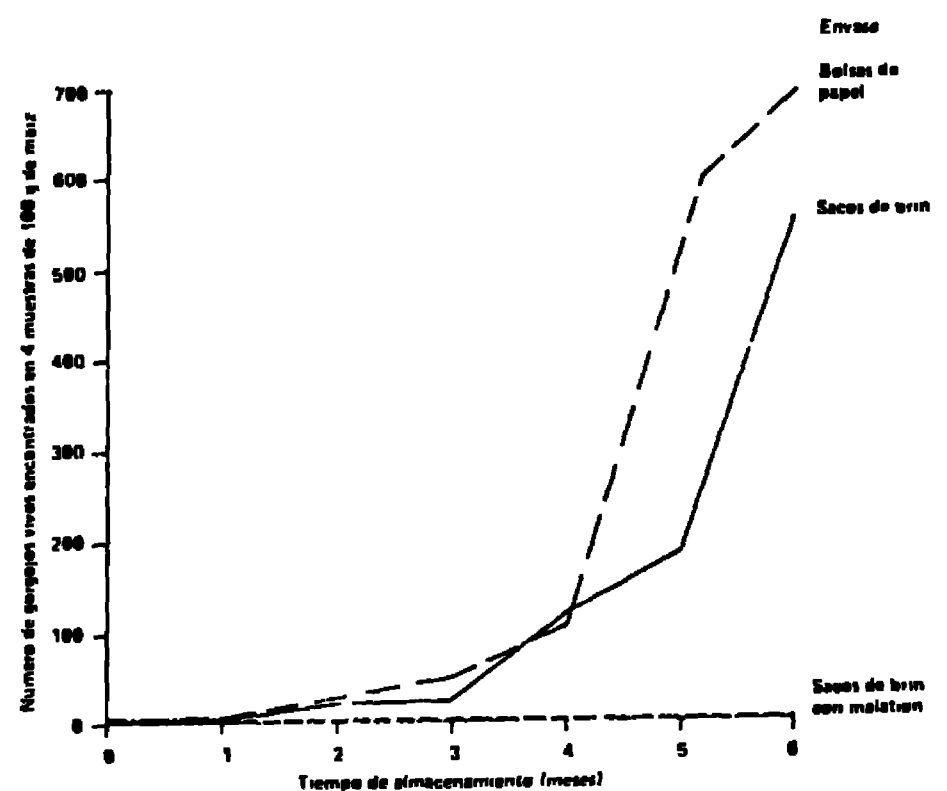
La Figura 1 muestra el proceso de deterioro del grano almacenado en el tratamiento testigo de cada uno de los tres envases incluidos en el estudio. El deterioro por insectos se cuantificó mediante el porcentaje promedio del número de granos picados encontrados en cuatro muestras de 100 g cada una (aproximadamente 1500 granos/muestra). Puede observarse que a partir del tercero y quinto mes de almacenamiento en sacos de brin y bolsas de papel, respectivamente, se presentó un notable aumento en la proporción de granos picados, mientras que en el envase de sacos de brin tratados externamente con Malatión el maíz se conservó prácticamente intacto, es decir, que durante el período de almacenamiento no hubo un mayor deterioro sobre el nivel inicial. Este proceso de deterioro del grano fue paralelo, y estuvo directamente relacionado con el número de insectos (*Sitophilus* sp.) adultos que se encontraron como población única en



Incap 81 629

Fig 1 Proceso de deterioro del maíz Opaco-2 almacenado durante 6 meses en 3 tipos de envase

el maíz en cada uno de los diferentes envases, como se muestra en la Figura 2. Es importante observar que una simple acción preventiva contra la infestación de insectos, como lo fue una aspersión previa de los sacos de brin con una solución de Malatión, al 2% tuvo un efecto muy significativo en la conservación del grano, superior al uso de envases "tradicionales". El insecticida en la superficie del saco sirve directamente como una barrera que impide a los insectos del medio externo penetrar en el grano, y elimina a los insectos que merodean sobre la superficie del saco.



Incap 81 638

Fig 2 Proceso de infestación por gorgojos (*Sitophilus* sp.) del maíz Opaco 2 almacenado durante 6 meses en 3 tipos de envase

En la Figura 3 puede apreciarse el daño ocasionado por insectos en el grano almacenado en sacos de brin, después de 6 meses de almacenamiento con la aplicación de los 7 tratamientos curativo-preventivos.

La Figura 4 muestra el contenido de ácido úrico encontrado en el grano después de 6 meses de almacenamiento en los 3 tipos de envase, con la aplicación de los 7 diferentes tratamientos, en comparación con el testigo sin tratamiento. Puede notarse que el patrón de contenido de ácido úrico en el tratamiento testigo sigue el patrón del número de insectos que se muestra en la Figura 2; el grado de infestación en el envase de sacos de brin con Malatión es significativamente inferior al de los otros dos envases. Los tratamientos fumigantes de bromuro de metilo (BRM) y Phostoxín (Phos), aplicados una sola vez al inicio del estudio, tuvieron relativamente poco efecto en la disminución del grado de infestación del grano almacenado en sacos de brin, ya que hubo una consistente reinfestación del grano durante el almacenamiento. En contraste, estos tratamientos sí tuvieron un efecto positivo para evitar el deterioro del grano en los envases consistentes en sacos de brin con Malatión y bolsas de papel, pues éstos no permitieron una reinfestación subsecuente.

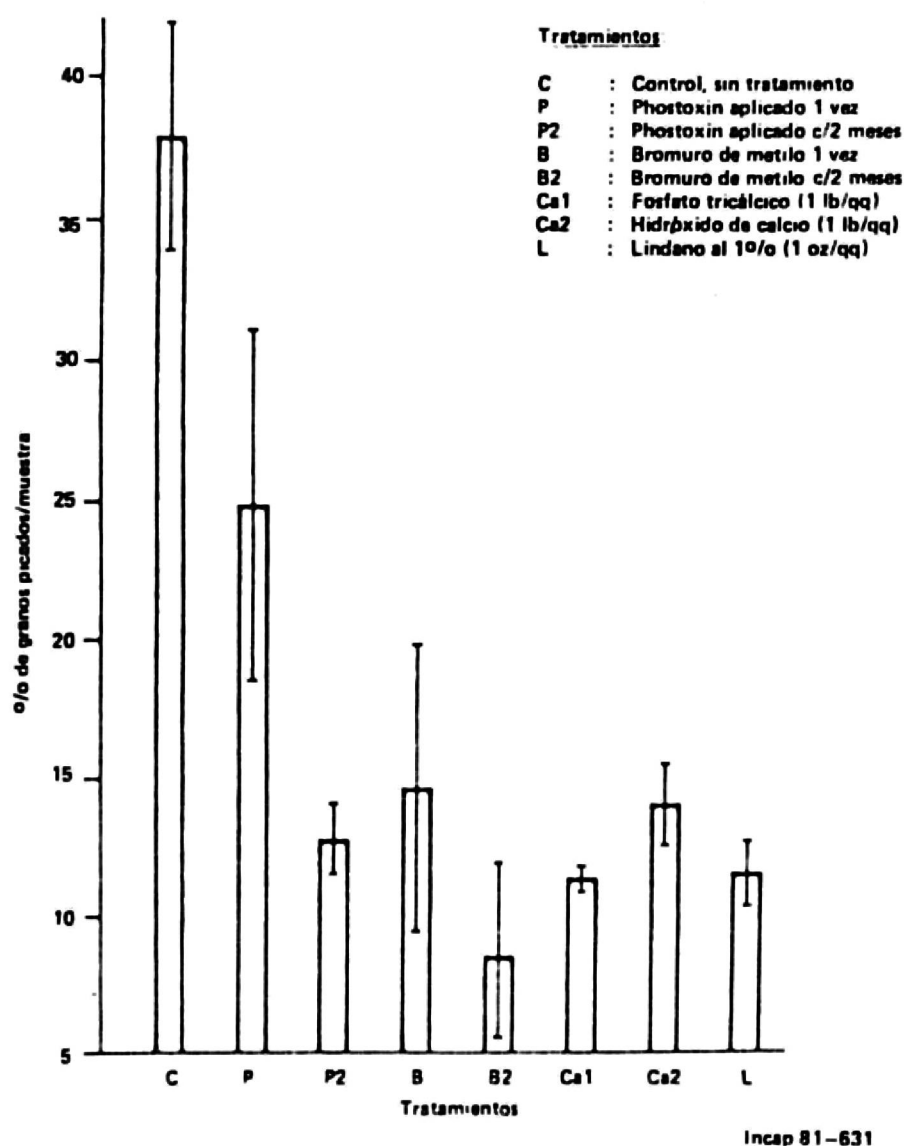


Fig. 3. Daño ocasionado por insectos al grano del maíz Opaco-2 después de 6 meses de almacenamiento en sacos de brin, aplicándose diferentes tratamientos. (Promedio $\pm$ F. E., $n = 4$).

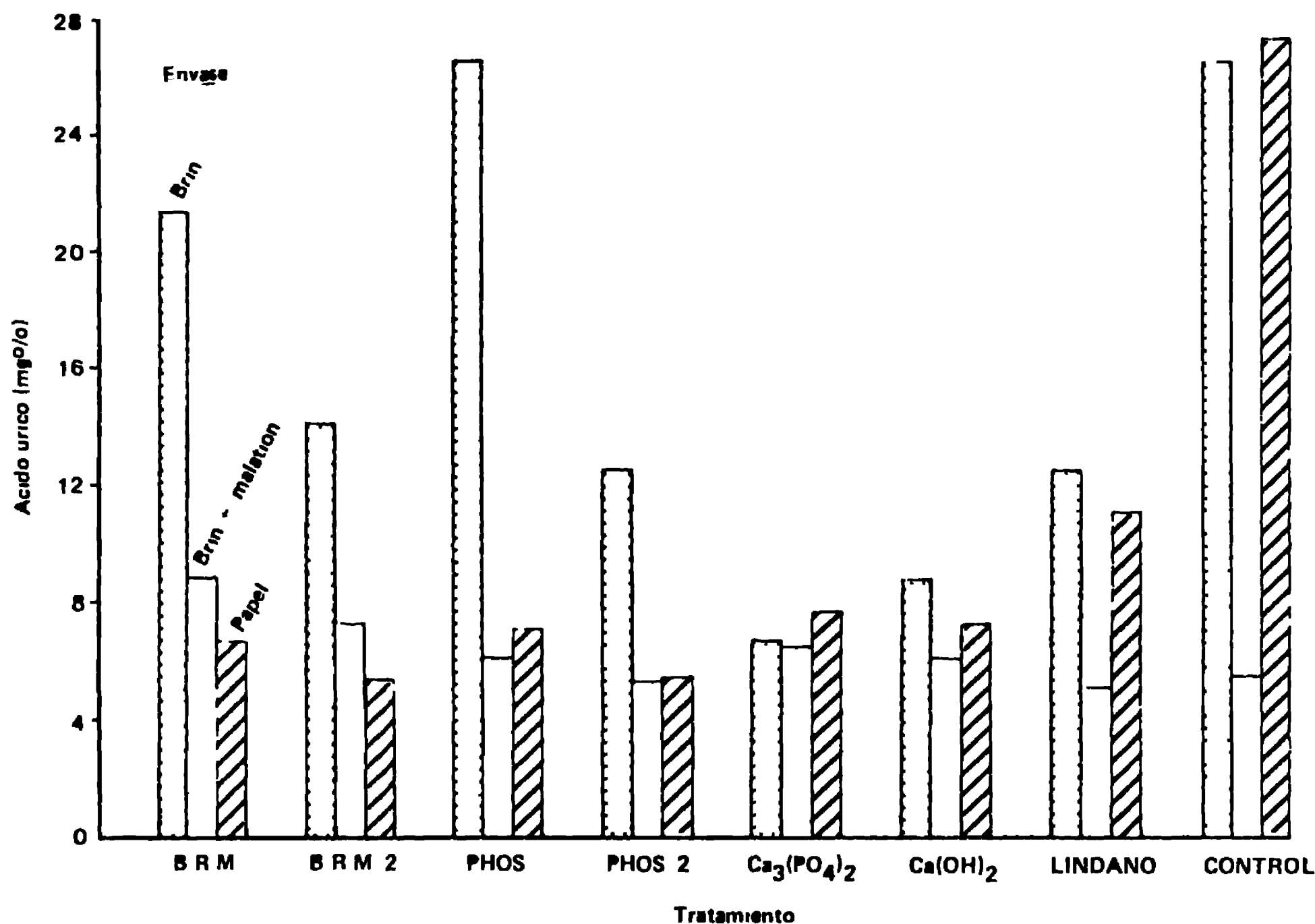
Las sustancias inertes, fosfato tricálcico, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, y cal, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, mezcladas con el grano, fueron bastante efectivas para controlar la infestación de insectos en el grano, en los tres envases utilizados. Las sales inorgánicas como el fosfato tricálcico, que no son tóxicas en la nutrición humana, han demostrado ser tóxicas en los insectos (2), debido a las diferencias bioquímicas básicas en el metabolismo entre insectos y mamíferos.

Los resultados del estudio han confirmado (13) que la evaluación de ácido úrico en el grano es un buen índice del grado de infestación de insectos en el maíz. El ácido úrico es el principal producto final del metabolismo del nitrógeno en las heces de los insectos (4, 6, 13), y tiene una relación directa con la cantidad de grano consumido por los mismos.

Con respecto a la evaluación nutricional de los materiales almacenados, realizada a los 6 meses de almacenamiento (véase Cuadro 1), no se encontraron diferencias significativas en el índice de eficiencia proteínica entre envases, ni entre tratamientos, tanto en el maíz entero como en la tortilla. En general, la tortilla fue de mejor valor nutritivo ($\text{PER} = 2.22$) que el maíz entero ($\text{PER} = 2.12$).

A pesar de que no se pudo establecer ninguna relación entre el contenido de ácido úrico y el PER para todas las muestras, sí es de interés indicar lo siguiente, lo cual deberá someterse a una investigación más detallada: en los materiales almacenados en bolsas de brin, a través de los diferentes tratamientos (con excepción de los que tenían sales inorgánicas de calcio), se notó un valor de PER menor cuando la muestra tenía mayor cantidad de ácido úrico. Esta relación no se detectó en las otras muestras, posiblemente debido a la poca variabilidad en el PER, así como en el ácido úrico. Como se indicó, este aspecto debe ser estudiado nuevamente, ya que ello podría explicar la pérdida en la calidad nutritiva de los granos dañados por insectos.

Otros investigadores (6, 13) han indicado que la infestación de insectos en los granos ocasiona un deterioro en la calidad nutritiva debido a que el insecto se alimenta de las mejores proteínas del grano, ocasionando una reducción en el contenido de aminoácidos esenciales. Para el caso del maíz, si la explicación de esos investigadores es correcta, el insecto se alimentaría selectivamente de las globulinas y glutelinas, y quedaría una mayor concentración proporcional de zeína. En el presente estudio no se confirmó esta hipótesis, ya que todas las muestras en los diferentes tratamientos contenían valores similares de esta proteína, como se describe en el Cuadro 2, con excepción de las muestras sin tratamiento, que parecen



Incap 81-632

Fig 4 Contenido de ácido úrico en grano de maíz Opaco-2 después de 6 meses de almacenamiento

contener mayores cantidades de zeína. Con respecto al nitrógeno no proteico (NNP), se pudo comprobar que su concentración fue mayor en donde hubo más deterioro del grano que en las muestras mejor conservadas. Más aún, el NNP está significativamente correlacionado con el ácido úrico, posiblemente debido a que esta fuente de N es parte del NNP determinado.

El deterioro del grano almacenado ocasionado por insectos, en este caso afectó, más que el valor nutritivo, la cantidad neta disponible del producto consumible para la alimentación humana. Esto se reflejó en una disminución, significativa y proporcional a su grado de infestación, en el rendimiento de las tortillas que se obtuvieron del grano entero en los diferentes tratamientos.

Este estudio confirma que en el proceso de almacenamiento de granos, las medidas preventivas de infestación de insectos son muy efectivas para evitar el deterioro del grano —tan efectivas como la adición

o exposición del grano a productos químicos específicos. En el presente caso, el uso de sacos de brin tratados externamente con Malatión tuvo un excelente resultado en la conservación del maíz Opaco-2, variedad altamente susceptible al daño y a la proliferación de insectos.

Se considera que se debe realizar investigaciones más a fondo en cuanto a la utilización de sustancias inertes, no tóxicas al humano, para la protección del grano contra insectos, dado los buenos resultados que se observaron en el estudio con sales inorgánicas de calcio. Deberían evaluarse críticamente las sustancias tradicionales que se utilizan en el área rural, como son las cenizas de diferentes fuentes.

Dado lo conveniente y efectivo que resulta en muchos casos la utilización de sustancias fumigantes, como Phostoxín, para la preservación de granos, se considera necesario realizar estudios que evalúen el efecto que estas sustancias puedan tener sobre la pro-

Cuadro 1. Valor nutritivo de la proteína de maíz Opaco-2 almacenado 6 meses a temperatura ambiente, y de la tortilla.

Envase	Producto		Bromuro de metilo		Phostoxín		Fosfato tricálcico	Hidróxido de calcio	Lindano	Control
			1 vez	c/2 meses	1 vez	c/2 meses				
Saco de brin + Malatión	Maíz crudo ¹	PER	2.20	2.01	2.13	1.99	2.05	2.06	2.23	2.12
		% cas ²	82.1	75.0	79.5	74.2	76.5	76.9	83.2	79.1
	Tortilla	PER	2.28	2.16	2.41	2.17	2.16	2.16	2.18	2.31
		% cas ³	85.1	80.6	89.9	80.9	80.6	80.6	80.6	86.2
Saco de brin	Maíz crudo	PER	2.13	2.09	2.03	2.12	2.21	2.12	2.15	1.98
		% cas ³	79.5	77.9	75.7	79.1	82.4	79.1	80.0	73.8
	Tortilla	PER	2.14	2.12	2.11	2.23	2.28	2.38	2.22	2.16
		% cas ³	79.8	79.1	78.1	83.2	85.0	88.8	82.8	80.6
Saco de papel	Maíz crudo	PER	2.12	2.31	2.23	2.27	2.06	2.11	2.06	1.92
		% cas ²	79.1	86.2	83.2	84.7	76.8	78.3	76.8	71.6
	Tortilla	PER	2.29	2.21	2.21	2.37	2.27	2.12	2.16	1.96
		% cas ³	85.4	82.4	82.4	88.4	84.7	79.1	80.6	73.6

1 PER maíz Opaco-2 inicial: 2.27.

2 PER caseína: 2.86 – valor relativo a caseína.

3 PER caseína: 2.52 – valor relativo a caseína.

Cuadro 2. Contenido de zeína y de nitrógeno no proteico en muestras de maíz Opaco-2 almacenadas durante 6 meses bajo diferentes tratamientos.

Envase	Compuesto nitrogenado	Bromuro de metilo		Phostoxín		Fosfato tricálcico	Hidróxido de calcio	Lindano	Control
		1 vez	c/2 meses	1 vez	c/2 meses				
Saco de brin + Malatión	Zeína ¹	5.42	5.55	5.29	5.33	6.05	6.14	5.88	6.23
	NNP ¹	7.50	7.81	7.27	6.91	6.64	6.77	7.22	7.49
Saco de brin	Zeína	5.30	5.64	6.60	5.81	4.99	4.95	4.79	5.07
	NNP	7.81	6.90	8.67	6.33	6.37	6.76	6.81	10.93
Saco de papel	Zeína	5.84	5.89	5.76	6.06	5.76	6.64	6.59	7.16
	NNP	7.03	6.37	6.68	6.25	6.55	6.41	7.25	11.20

1 Porcentaje del nitrógeno total.

teína del grano. A dosis altas, se ha encontrado que una porción del compuesto fosforado PH_3 se absorbe irreversiblemente. Berck (2) ha demostrado que, entre los cereales, la proteína del trigo (gluten) absorbe una máxima cantidad de PH_3 , lo que indica una posible reacción con la proteína.

Resumen

El propósito del presente estudio fue evaluar la efectividad de tres clases de envases y de 6 tratamientos, en el control del ataque de insectos al maíz Opaco-2. Los envases usados fueron sacos de brin previamente tratados con 2% de Malatión, sacos de brin sin tratamiento y bolsas de papel. Los tratamientos consistieron en fumigación con bromuro de metilo una vez o cada 2 meses, Phostoxín aplicado una vez o cada 2 meses, fosfato tricálcico, hidróxido de calcio, Lindano, y un testigo. Los sacos fueron almacenados a temperatura ambiente por un período de 6 meses. La evaluación consistió en medir mensualmente el porcentaje de granos picados y el número de gorgojos. A los 6 meses se midió el contenido de ácido úrico en el maíz, así como el contenido de zeína y de nitrógeno no proteico. Asimismo, a los 6 meses se evaluó la calidad proteínica del grano y la de la tortilla preparada de cada muestra. La mejor protección se observó en el maíz almacenado en sacos de brin tratados externamente con Malatión, método que resultó ser muy sencillo y efectivo. El uso de sacos de brin no tratados y de bolsas de papel fue poco efectivo en ambos casos, con resultados muy similares entre sí.

Los tratamientos más efectivos fueron los de las aplicaciones de bromuro de metilo cada 2 meses, los de Phostoxín cada 2 meses, las sales de calcio —es decir, el fosfato tricálcico y el hidróxido de calcio—, y el tratamiento con Lindano.

No se pudo observar ningún efecto de la infestación sobre el valor proteico, aunque se encontró que la tortilla fue siempre de mejor calidad que el maíz. Por otro lado, parece haber una relación negativa entre el ácido úrico y la calidad proteínica. Esta relación se someterá a estudio. No se pudo asociar la cantidad de gorgojos con la concentración de zeína, pero sí se detectó una correlación altamente significativa entre el ácido úrico y el nitrógeno no proteico.

Literatura citada

1 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of

the AOAC 11th Ed. Washington, D. C., The Association, 1970.

2. BERCK, B. Potentiometric determination of phosphine. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 16 415-425 1968.
3. BRESSANI, R. y SCRIMSHAW, N. S. Effect of lime treatment on *in vitro* availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 6 774-778 1958.
4. BURSELL, E. The excretion of nitrogen in insects. In: *Advances in insect physiology*. Beament, J. W. L., Treherne, J. E. and Wigglesworth, V. B., Eds. Vol. 4. New York, Academic Press, 1967 pp. 33-67.
5. CLARK, H. E., GLOVER, D. V., BETZ, J. L. y BAILEY, L. B. Nitrogen retention of young men who consumed isonitrogenous diets containing normal, Opaque-2 or Sugary-2 Opaque-2 corn. *Journal of Nutrition* 107 404-411 1977.
6. DANIEL, V. A., RAJAN, P., SANJEEVARAYAPPA, K. V., SRINIVASAN, K. S. y SWAMINATHAN, M. Effect of insect infestation on the chemical composition and protein efficiency ratio of the proteins of kaffir corn and green gram. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics* 14 38-42 1977.
7. HEGSTED, D. M., MILLS, R. C., ELVEHJEM, C. A. y HART, E. B. Choline in the nutrition of chicks. *Journal of Biological Chemistry* 138 459-466. 1941.
8. HENRY, R. J., WINKELMAN, J. W. y CANNON, D. C. *Clinical chemistry, principles and techniques*. Hagerstown, Maryland, Harper & Row, Publishers, Inc., 1974.
9. MAJUMDER, S. K. y BANO, A. Toxicity of calcium phosphate to some pests of stored grain. *Nature* 202 1359-1360 1964.
10. MANNA, L. y HAUGE, S. M. A possible relationship of vitamin B_{12} to orotic acid. *Journal of Biological Chemistry* 202 91-96 1953.
11. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Board of Science and Technology for International Development. Post-harvest food losses in

developing countries Washington, D. C.
National Academy of Sciences, 1978.

12. ORTEGA, A , de LEON, C., GRANADOS, G.
y VASAL, S. K Disease Insect interactions
in quality protein maize. El Batán, México,
CIMMYT, 1971. [CIMMYT Report (178-
179)]
- 13 SWAMINATHAN, M Effect of insect infestation
on weight loss, hygienic condition,
acceptability and nutritive value of food-
grains. The Indian Journal of Nutrition and
Dietetics 14·205-216. 1977.
14. VENKATRAO, S., KRISHNAMURTHY, K.,
SWAMINATHAN, M. y SUBRAHMANYAN,
V. Determination of uric acid in wheat flour
infested by *Tribolium castaneum* Duv., using
paper chromatography. Cereal Chemistry
37·93-96. 1969.