

9836e
C. 2 Esp.

Separata Revista FITOPATOLOGIA COLOMBIANA Volumen 7, Nº 1, Julio 1978.
Publicada por la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines "Ascolfi".
Editor J. I. Victoria, Apdo. Aéreo 5004 Cali, Colombia, S. A.

NUEVOS AVANCES EN EL ALMACENAMIENTO DE YUCA

J. C. Lozano, J. H. Cock y J. Castaño *

A B S T R A C T

New developments in cassava storage. Lozano, J. C., J. H. Cock and J. Castaño. CIAT. Apartado Aéreo 6713. Cali, Colombia. Cassava roots deteriorate rapidly after harvest. Deterioration is either physiological or microbial but the former generally occurs within 48 hours of harvesting. Experimental results show that physiological deterioration can be prevented either by pruning the plants two to three weeks before harvest or by packing the roots in polyethylene-lined paper bags after harvest. Microbial deterioration can be prevented by dip-treating the roots with broad spectrum fungicides such as Manzate.

FITOPATOLOGIA COLOMBIANA 7:2-14

I N T R O D U C C I O N

Las raíces de yuca son un producto altamente perecedero, el cual frecuentemente presenta deterioración fisiológica (necrosis cortical) 24 horas después de la cosecha; cinco a siete días después, se inicia la pudrición microbial (Booth, 1976).

Se han logrado algunos progresos en la búsqueda de resistencia varietal a los dos tipos de deterioración (Kawano, comunicación personal). Sin embargo, la resistencia a la deterioración fisiológica parece correlacionarse positivamente con el contenido de humedad (CIAT, 1976; Kawano, comunicación personal). A pesar de que esta correlación no es muy cercana, indica que puede ser difícil mejorar genéticamente por un alto contenido de materia seca y, a la vez, por resistencia a la deterioración fisiológica. Además, la mayoría de las líneas aparentemente resistentes a éste tipo de deterioración, eventualmente sufren la deterioración microbial después de aproximadamente 10 días. Es discutible el hecho de que la resistencia a la deterioración durante un período tan corto resolvería mucho de los problemas asociados con la durabilidad de la yuca en poscosecha.

En la extensa revisión que adelantó Ingram y Humphries (1962) sobre el almacenamiento de la yuca, mencionaron varios métodos tradicionales, tales como el empaque en lodo y estructuras similares a los silos de tierra y paja utilizados en Europa para almacenar papa; Booth (1977) refinó el método de los silos de tierra y paja, y desarrolló el sistema de almacenamiento en cajas con aserrín húmedo. Estos sistemas son relativamente costosos y difíciles de manejar; hasta el momento no se han adoptado a escala comercial. Oudit (1976), indicó que la yuca fresca se podría almacenar durante un mes en bolsas de polietileno sin aplicar tratamiento alguno.

Durante visitas realizadas a regiones productoras de yuca, los autores y otros miembros del equipo del Programa de Yuca del CIAT observaron que en muchos mercados locales las raíces de yuca se vendían aún adheridas al tallo. Los vendedores afirmaron que las raíces se deterioraban mucho más lentamente bajo estas condiciones, que al desprenderlas del tallo.

Booth (1976), mostró que las raíces mantenidas bajo condiciones de alta humedad se "curan" y, en consecuencia, se previene la deterioración fisiológica; sin embargo, la determinación microbial ocurrió rápidamente a medida que aumentó la temperatura.

* Patólogo, fisiólogo y patólogo asociado. Programa de Sistemas de Producción de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

Se ha intentado desarrollar métodos simples de fácil adopción para controlar la deterioración fisiológica y microbial de las raíces de yuca cosechadas. En el primer caso, la base de los métodos fue el mantenimiento de alta humedad y la permanencia de las raíces adheridas a los tallos; en el segundo se evaluó el uso de productos protectores esterilizantes para prevenir la pudrición microbial.

MATERIALES Y METODOS

La definición sintomatológica de los dos tipos de deterioración que sufren las raíces de yuca en almacenamiento (Booth, 1976) se determinó a través de observaciones generales en raíces de diferentes variedades. La evaluación de la severidad de estos dos tipos de deterioración se hizo con base a la escala de deterioración propuesta por Booth (CIAT, 1972), la cual va de 0 hasta 4 (0 = raíces sanas; 4 = raíces más afectadas).

Deterioración Fisiológica

Se investigó el control de la deterioración fisiológica mediante (1) la poda de la parte aérea de las plantas antes de la cosecha y (2) el uso de diferentes sistemas de empaque.

1. **Poda.** En el primer ensayo se utilizaron plantas de dos variedades susceptibles a la deterioración fisiológica (M. Colombia 22 y M. Colombia 1802) de un año de edad. Las plantas se podaron hasta 20 cm por encima de la superficie del suelo y se cosecharon 7, 14 y 21 días después de la poda. La mitad de las raíces se almacenaron sin el tallo y la otra mitad con la sección de tallo adherida a ellas. Las raíces se almacenaron en el campo bajo un cobertizo de hojas de palma abierta por los lados, y las lecturas se tomaron cada cinco días. La deterioración se determinó en 20 raíces/variedad/tiempo de almacenamiento. El segundo ensayo incluyó seis variedades (M. Colombia 45, M. Colombia 1807, CMC 29, CMC 92, M. México 59 y Popayán), las cuales en ensayos anteriores mostraron diferentes grados de deterioración.

Con el fin de determinar los efectos de la temperatura y humedad sobre la deterioración, M. Colombia 22 se podó 14 ó 21 días antes de la cosecha. Las raíces se desprendieron de los tallos al momento de la cosecha; a la mitad de las raíces se les cortaron los extremos y la otra mitad se dejó intacta. Las raíces se almacenaron a 35 y 45 C y a 20, 40, 60 y 80 por ciento de humedad relativa durante 0, 6, 12 y 24 horas. La deterioración se evaluó diariamente en 10 raíces por tratamiento durante 20 días.

2. **Sistema de empaque.** Veinte raíces frescas recién cosechadas de M. Colombia 113 de un año de edad se empacaron en sacos de estopas, bolsas de papel forradas en polietileno o bolsas transparentes de polietileno. Las bolsas se almacenaron en un cobertizo de hojas de palma abierto por los lados, y las lecturas se tomaron cada cinco días en tres bolsas por tratamiento. Este mismo ensayo se repitió posteriormente con raíces recién cosechadas de Manera y M. México.

Deterioración Microbial

Con el fin de controlar la deterioración microbial, las raíces se trataron con hipoclorito de sodio y Manzate (bisditiocarbamato de etileno manganeso); el hipoclorito de sodio se utilizó debido a su efecto esterilizante sin dejar residuos tóxicos, y el Manzate a su efecto protector con baja toxicidad (Rohm y Haas Co., 1976) y a su disponibilidad en el mercado. Los productos se suspendieron en agua en mezclas a concentraciones creciente-decrescientes a 5×10^2 , 1×10^3 , 2×10^3 , 3×10^3 y 4×10^3 ppm de i. a. de Manzate y 5×10^3 , 1×10^4 , $1,5 \times 10^4$, 2×10^4 y $2,5 \times 10^4$ ppm de i. a. de hipoclorito de sodio. El tratamiento de las raíces consistió en su inmersión en la suspensión durante un período de tres a cinco minutos antes de

su empaque en bolsas de papel forradas con polietileno. Las lecturas de la deterioración se tomaron cada cinco días.

Con el fin de determinar si la luz ejercía algún efecto sobre la degradación química después del tratamiento, lo cual conduciría a la deterioración microbial durante su almacenamiento, las raíces de Llanera, M. Colombia 113 y M. México 23 se empacaron en bolsas de polietileno transparentes, verdes y negras y en bolsas de papel forradas con polietileno con 3×10^3 ppm. de i.a. de Manzate y 1×10^4 ppm de i.a. de hipoclorito de sodio. Las lecturas se hicieron cada cinco días.

RESULTADOS

La deterioración fisiológica se caracteriza por una necrosis seca de color marrón oscuro, la cual normalmente aparece en la forma de anillos alrededor de la periferia de la corteza. La deterioración aparece dentro de las primeras 48 horas después de la cosecha, lo cual depende de la susceptibilidad varietal. La deterioración microbial frecuentemente se inicia con un estriado vascular, seguido por una pudrición húmeda, fermentación y maceración de los tejidos radicales. Este tipo de deterioración, el cual no ocurre en ningún orden en especial, comúnmente se observa cinco a ocho días después de la cosecha, lo cual depende de la flora microbial del suelo capaz de metabolizar las raíces de yuca y de la intensidad del daño mecánico causado a las raíces al momento de la cosecha (Figura 1).

Poda

La poda de las plantas antes de la cosecha disminuyó el porcentaje de deterioración a medida que aumentó el tiempo entre la poda y la cosecha hasta 14-21 días; un mayor tiempo entre la poda y la cosecha ejerció poco efecto (Figura 2). Las raíces adheridas al trozo de tallo siempre sufrieron una deterioración más lenta en comparación con las raíces sin tallo (Figura 2). Las variedades sin tratamiento variaron en su susceptibilidad a la deterioración (Figura 3); por ejemplo, M. Colombia 1807 y M. Colombia 22 fueron más susceptibles, en tanto que M. Colombia 1802 y M. México 59 fueron moderadamente resistentes. Sin embargo, 21 días después de la poda, las primeras dos variedades presentaron menos deterioración que las últimas las cuales fueron más resistentes sin tratamiento. En consecuencia, la reacción de las variedades al tratamiento de poda varía y la resistencia sin tratamiento no se relaciona con la resistencia con tratamiento.

Las raíces con daños generalmente se deterioran más rápidamente que las raíces sin daño (Booth, 1976). Sin embargo, después del tratamiento de poda, la tasa de deterioración de las raíces que se cortaron para simular el daño fue igual a la del testigo sin daño, aún bajo condiciones de baja humedad para evitar su curación. Las humedades relativas altas o bajas no aumentaron la deterioración de las raíces de plantas con tratamiento de poda (Figura 4).

El almacenamiento de las raíces después de la poda evitó la deterioración fisiológica que ocurre normalmente durante los primeros dos días de almacenamiento; sin embargo, la pudrición microbial ocurrió después de 10 días (Figura 5), lo cual se evitó mediante la inmersión de las raíces en Manzate e hipocloruro de sodio (4×10^3 y $2,5 \times 10^4$ ppm de i.a., respectivamente).

Almacenamiento en bolsas

El almacenamiento en bolsas de estopa y de papel mejoró el número de raíces sin deterioro en comparación con los testigos (Figura 6), pero los tratamientos aún dieron un alto porcentaje de deterioración microbial y fisiológica a los cinco días de almacenamiento. Por otra parte, las bolsas de papel forradas con polietileno evitaron la deterioración fisiológica. Sin embargo, después de aproximadamente 10 días, se observó una tendencia a la deterioración microbial en forma muy similar a la observada en los tratamientos de poda. Esta tendencia se previno parcialmente mediante el tratamiento de las raíces con hipocloruro de sodio ($2,5 \times 10^4$ ppm de

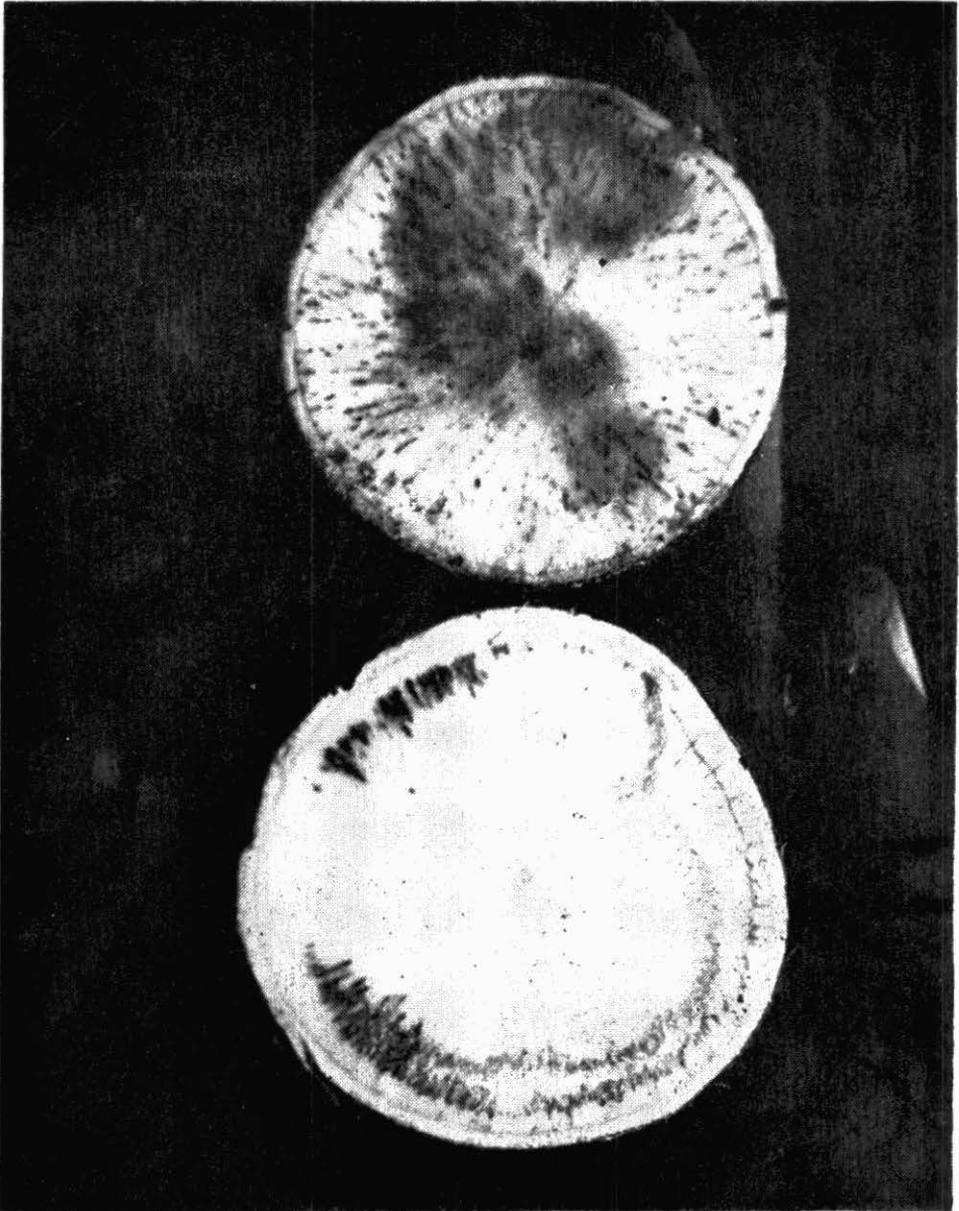


FIGURA 1. Deterioración de raíces de yuca cosechada. Fisiológica (inferior) es una necrosis marrón-oscuro en forma de anillos alrededor de la periferia de la corteza; microbial (superior) caracterizada por pudrición suave, con fermentación y maceración de los tejidos de la raíz.

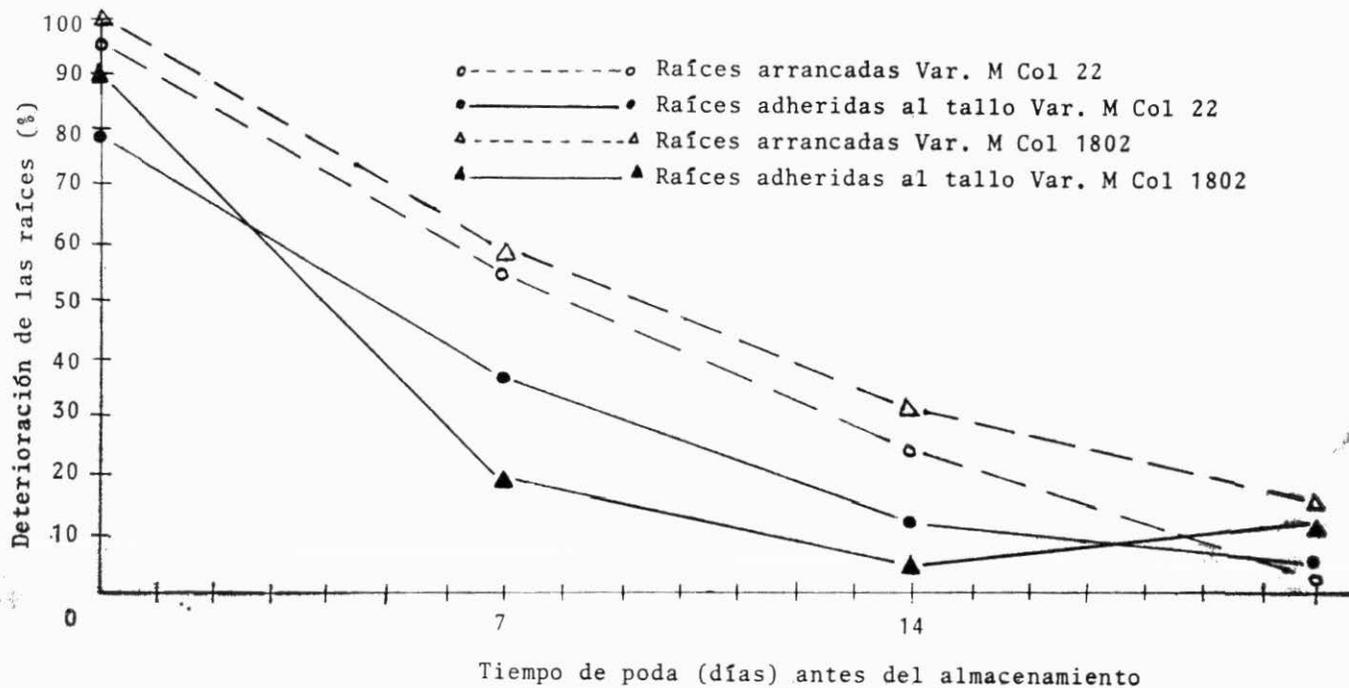


FIG. 2. Eefecto de la poda en la deterioración de raíces de yuca después de 20 días de almacenamiento.

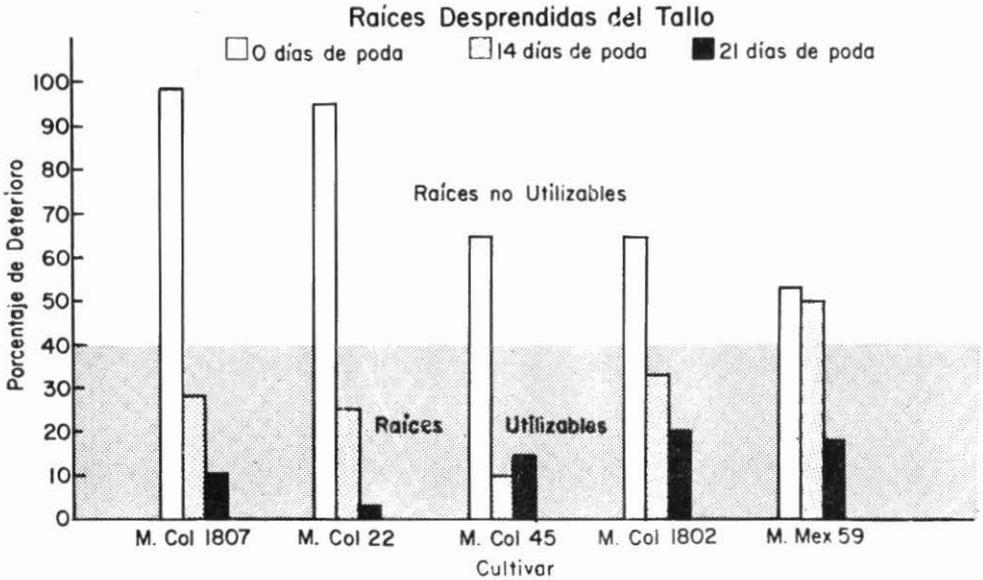
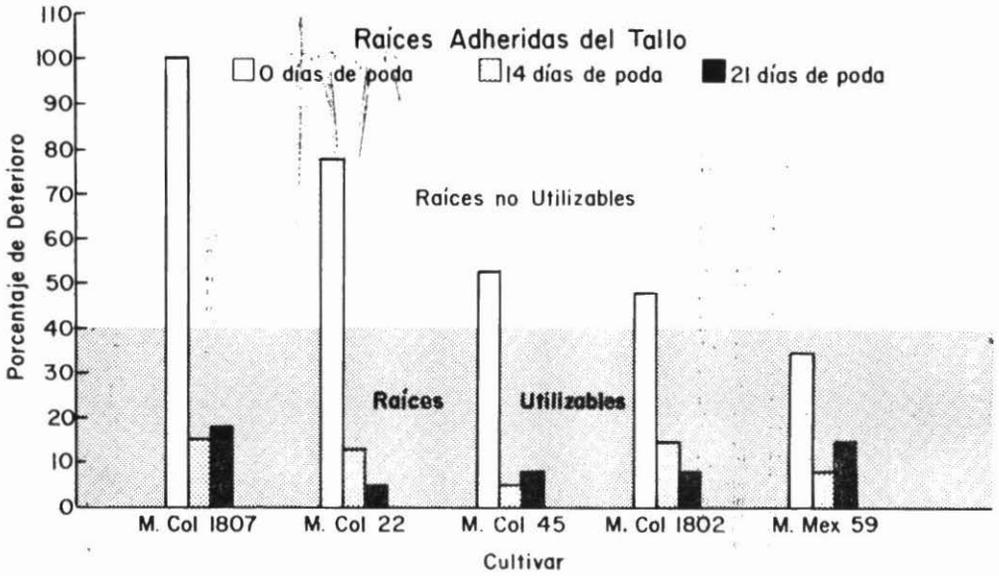


FIG. 3. Deterioración de raíces de 5 variedades de yuca podada 0, 14, 21 días antes de la cosecha y almacenada durante 20 días.

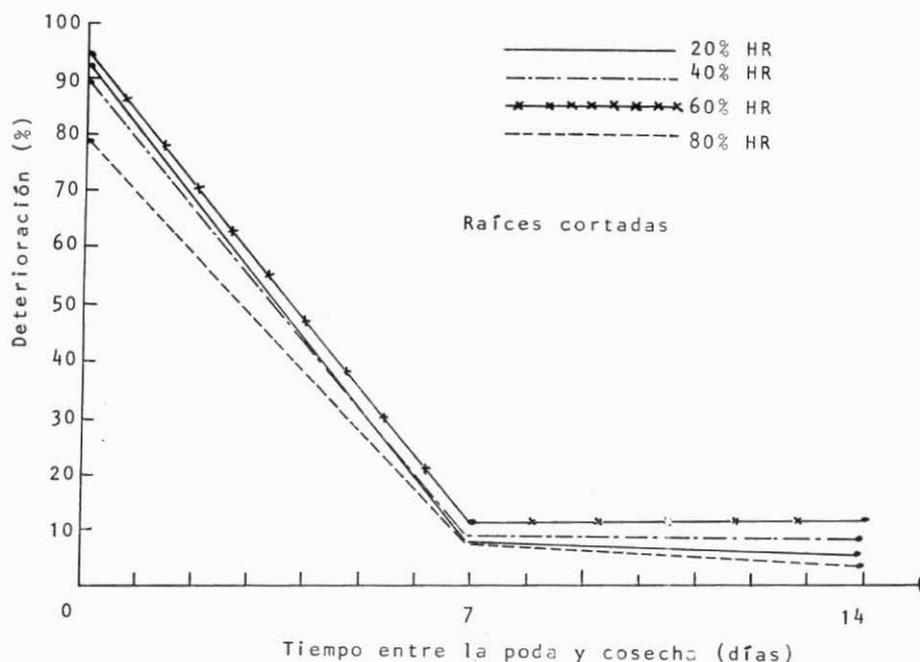
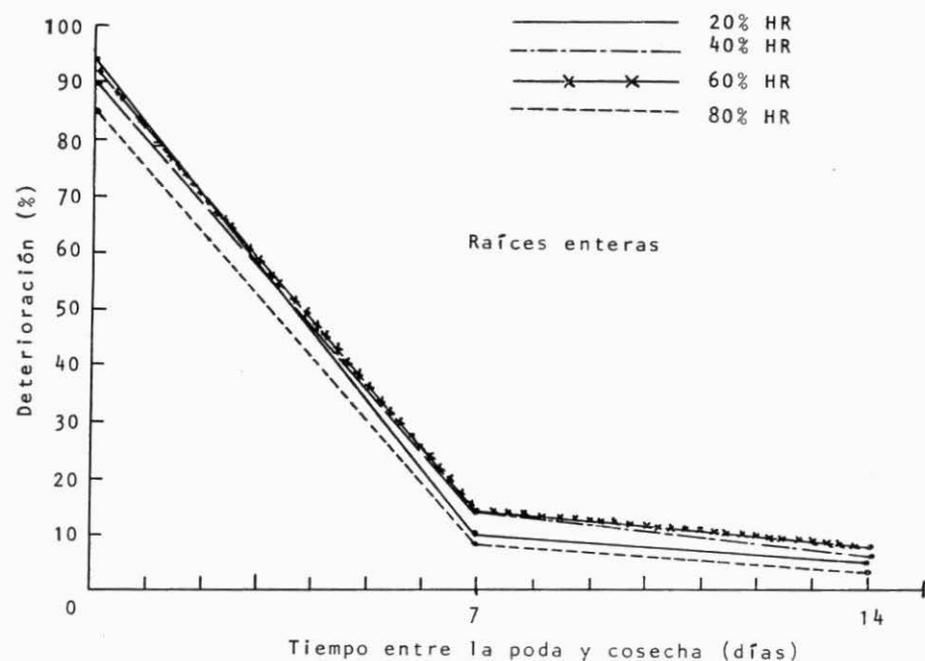


FIG. 4. Deterioración de las raíces de M. Colombia 22 después de 20 días de almacenamiento a 35°C, 20, 40, 60 ó 80% de humedad relativa durante 12 horas, con relación a diferentes épocas de poda antes de cosecha.

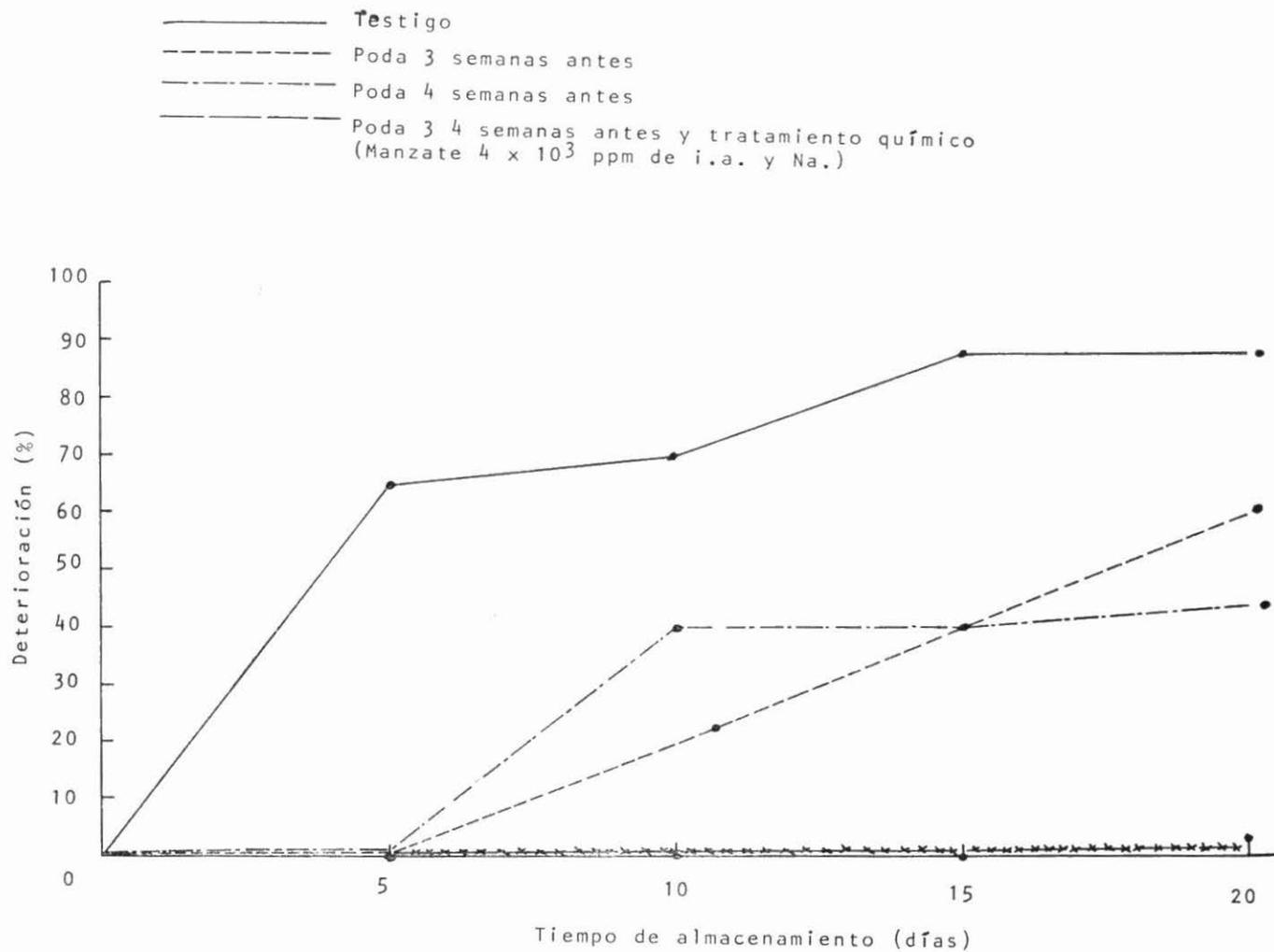


FIG. 5. Efecto de la poda y tratamiento químico en la deterioración de raíces de yuca (Var. M. Col 113).

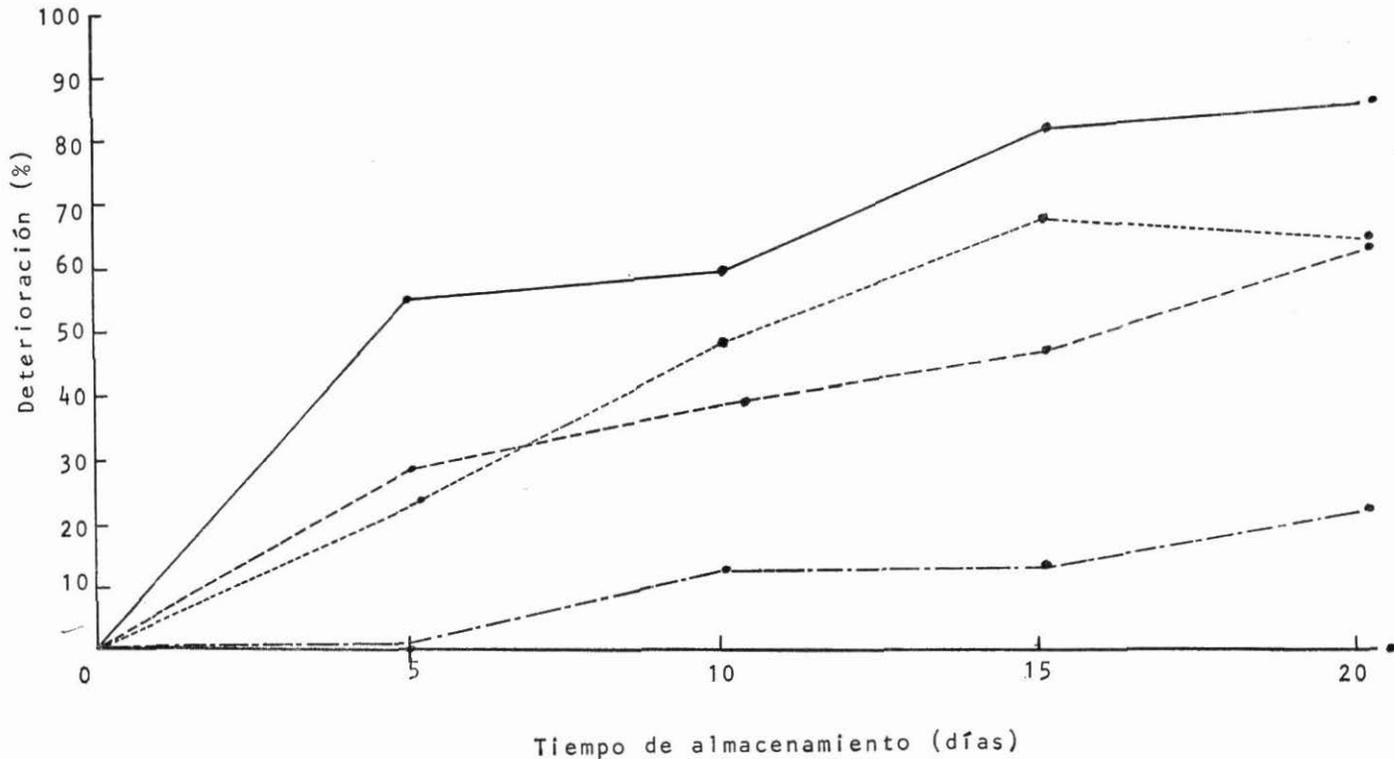


FIG. 6. Efecto del almacenamiento en bolsas sobre la deterioración de raíces de yuca (Var M Col 113).

i. a.) y se evitó totalmente mediante el tratamiento con 4×10^4 ppm de i. a. de Manzate (Figura 7). Ensayos posteriores mostraron que esta concentración de Manzate permitía alguna pudrición microbial y que a concentraciones de 8×10^4 ppm de i. a. siempre se obtenía un excelente control (Figura 8). Los estudios preliminares sobre calidad mostraron que los niveles de HCN aparentemente se reducían durante el almacenamiento, y que la calidad de consumo mejoraba con el tiempo de almacenamiento si se evita la deterioración fisiológica.

Aparentemente, la luz no influye sobre el efecto protector de los productos químicos utilizados. Todas las raíces mantenidas en bolsas de polietileno de diferentes colores presentaron la misma tasa de deterioración.

DISCUSION

Los resultados obtenidos sobre los dos tipos de deterioración de las raíces de yuca concordaron con los reportados por Booth (1976), pero el estriado vascular parece ser un síntoma común. La deterioración fisiológica se desarrolla en la forma de una pudrición seca, la cual concluyó con un decoloramiento de color marrón claro a oscuro en forma de anillo alrededor de la parte más externa de la corteza. El estriado vascular, el cual también se asocia con la deterioración fisiológica, comúnmente se presenta al inicio de la deterioración microbial como resultado de la invasión y degradación por parte de microorganismos. El estriado vascular no presentó patrón sintomatológico alguno y siempre terminó con la maceración, fermentación y decoloramiento del tejido. Siempre se detectó actividad microbial.

La deterioración fisiológica se puede prevenir mediante la poda de las plantas dos a tres semanas antes de la cosecha y mediante el empaque de las raíces en bolsas de polietileno. Si se hace la poda y se permite el desarrollo de nuevos retoños antes de la cosecha, disminuye su efecto sobre la deterioración fisiológica. Esto indica que las hojas producen alguna sustancia la cual se transloca hacia las raíces e induce la iniciación de la deterioración fisiológica. Booth (1975) indicó que esta deterioración se asocia con el daño mecánico sufrido por las raíces; sin embargo, con el tratamiento de poda, las raíces heridas no mostraron signos de deterioración fisiológica. En consecuencia, después de la poda la sustancia precursora de la deterioración fisiológica, de alguna manera se elimina o minimiza en las raíces; este punto de vista es corroborado por la disminución de la deterioración fisiológica cuando se prolonga el tiempo desde la poda hasta la cosecha.

Cuando las raíces se almacenan bajo condiciones húmedas, aparentemente ocurre la curación de las raíces (Booth, 1975), y el cicatrizamiento de las heridas evita la pudrición fisiológica. El trabajo adelantado recientemente por John Marriot durante su permanencia en el CIAT, indica que existe otro factor relacionado con la pérdida de agua. Cuando se redujo la pérdida de agua por medios artificiales, se retardó la deterioración fisiológica (Marriot, comunicación personal). Este interesante resultado puede explicar el por qué un alto contenido de humedad se correlaciona en cierta forma con la resistencia a la deterioración fisiológica. Este proceso fisiológico sólo se puede iniciar cuando se alcanza un nivel crítico de bajo contenido de humedad; las variedades cuyas raíces presentan un bajo contenido de humedad pueden alcanzar este nivel más rápidamente. Además, cuando las raíces se almacenan en bolsas de polietileno, el alto contenido de humedad en el medio no solamente favorecerá la curación de las raíces y la cicatrización, sino también disminuirá lo suficiente la pérdida de humedad para evitar la deterioración fisiológica.

La deterioración debida a la actividad microbial es un fenómeno separado, distinto de la deterioración fisiológica. Es inducida por un complejo de microorganismos capaces de degradar los tejidos radicales. El uso de esterilizantes superficiales es aparentemente inefectivo, probablemente debido a que la esterilización es difícil y también porque existe la oportunidad de reinfección. Por otra parte, los fungicidas protectores como el Manzate, se pueden utilizar para prevenir la reinfección.

En consecuencia, parece que los fungicidas protectores se pueden utilizar para evitar la pudrición microbial, y la poda o las condiciones de alta humedad, para prevenir la deterioración fisiológica. El tratamiento de poda ejerce algunos efectos adversos sobre la calidad de la yuca para su consumo fresco. Las raíces se

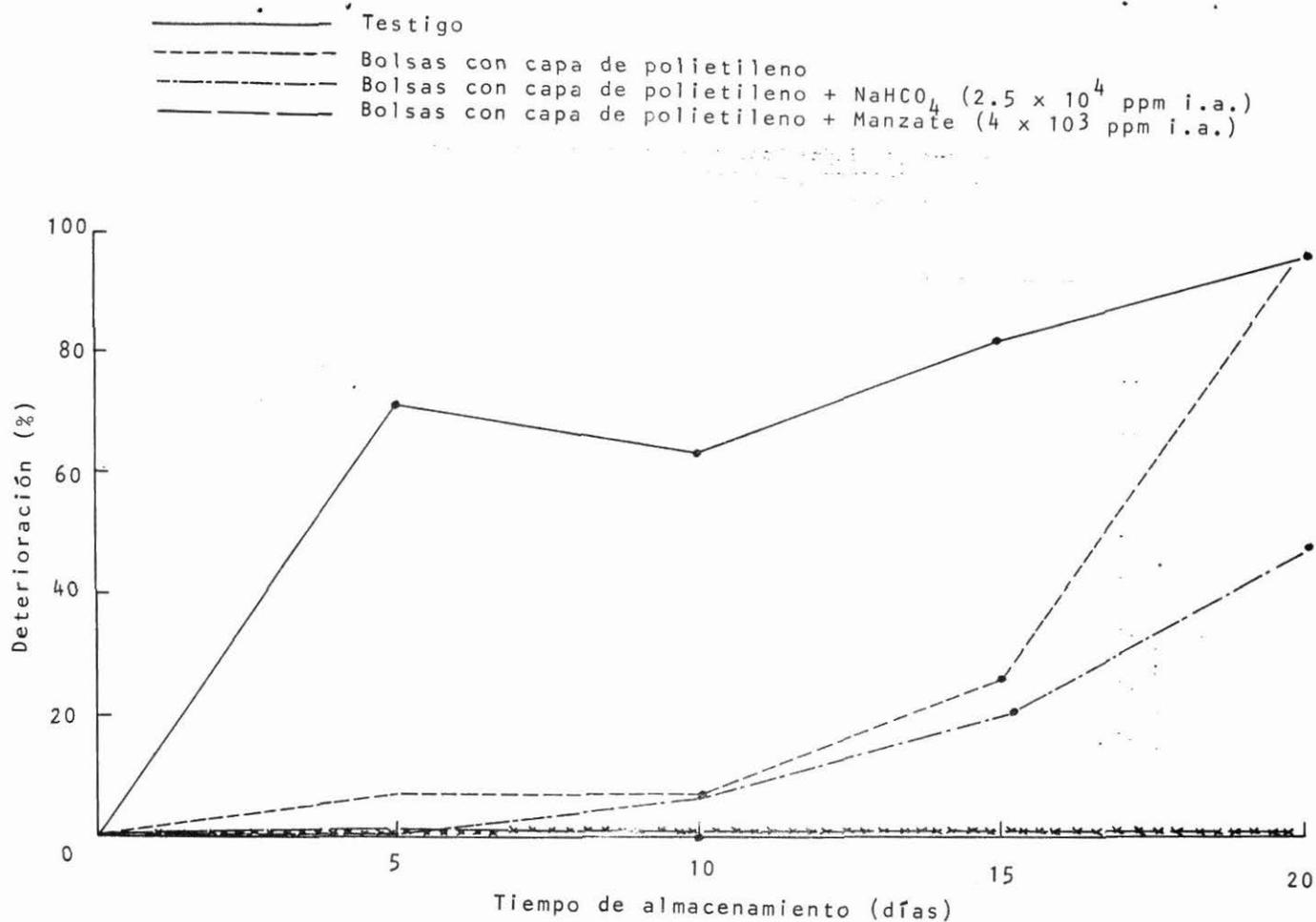


FIG. 7. Efecto del almacenamiento en bolsas de papel con capa de polietileno y tratamiento químico sobre la deterioración de raíces almacenadas.

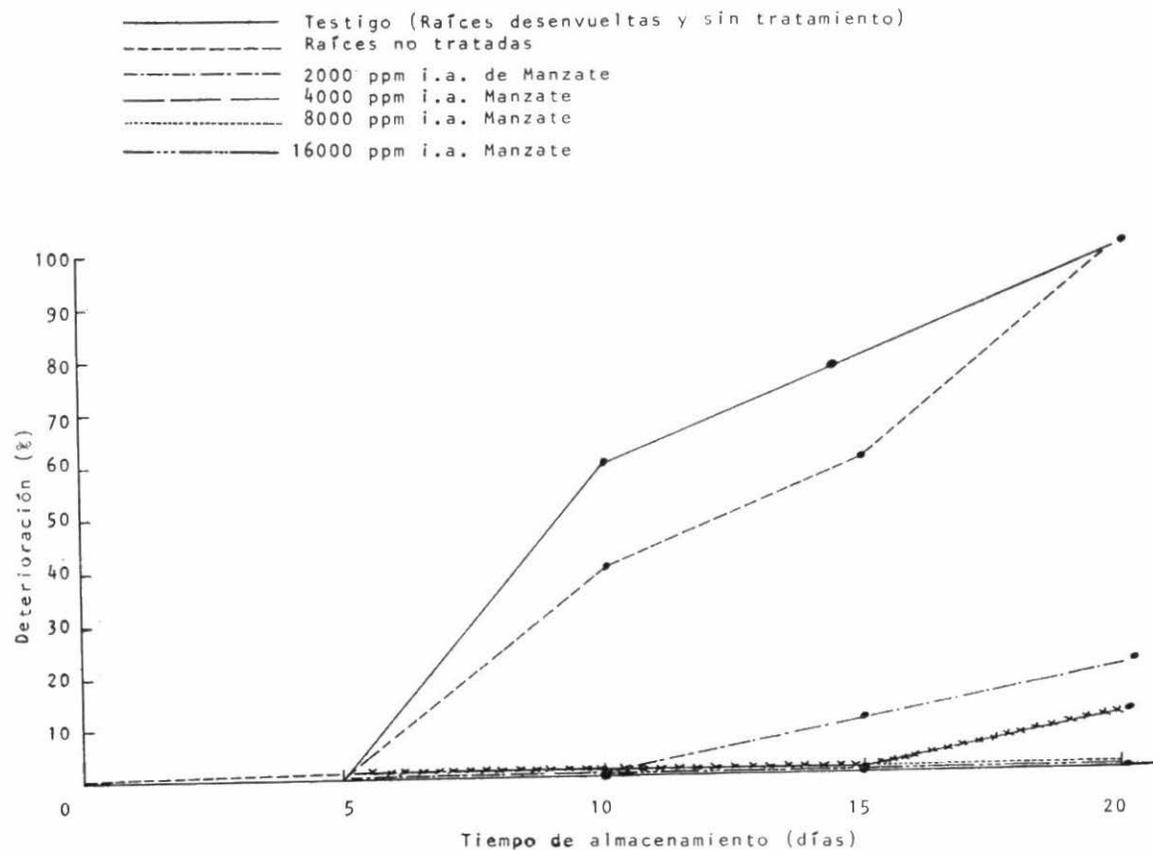


FIG. 8. Prevención con Manzate (Manganeso etileno bisditiocarbamato de la deterioración microbial de las raíces de yuca.

tornan un poco más duras y aumenta ligeramente su contenido de materia seca, lo cual significa que es necesario prolongar el tiempo de cocción. Por otra parte, se favorece el secamiento de la yuca o la extracción de almidón debido al alto contenido de materia seca, lo cual reduce los costos de transporte y hace más fácil su procesamiento. En consecuencia, el método de la poda puede ayudar a conservar y mejorar la calidad de la yuca para uso industrial.

Aunque Oudit (1976) indicó que el almacenamiento en bolsas de polietileno sin ningún otro tratamiento no permite la deterioración durante 20 días, el resultado de estas investigaciones mostró que siempre se presentó pudrición microbial a los 7-10 días después de cosecha. Sin embargo, el almacenamiento de las raíces en bolsas de papel forradas con polietileno y su tratamiento con fungicidas protectores, permitió su almacenamiento seguro durante tres semanas después de cosecha sin que se presentaran cambios en su calidad culinaria. Los problemas de toxicidad debido a los fungicidas protectores superficiales son mínimos debido a que las raíces siempre se pelan a su cocimiento. Se harán futuras investigaciones sobre el uso de diversos productos químicos y su traslocación dentro de las raíces.

R E S U M E N

Las raíces de yuca se deterioran rápidamente después de la cosecha. Su deterioración es fisiológica o microbial, pero la primera generalmente ocurre 48 horas después de la cosecha. Los resultados experimentales muestran que la deterioración fisiológica se puede prevenir mediante la poda de las plantas 2-3 semanas antes de cosecha o mediante el empaque de las raíces en bolsas de papel forradas con polietileno después de cosecha. La deterioración microbial se puede prevenir mediante la inmersión de raíces en soluciones con fungicidas de amplio espectro, tales como el Manzate.

REFERENCIAS

1. BOOTH, R. H. 1976. Storage of fresh cassava. I. Post-harvest deterioration and its control. *Expl. Agric.* 12: 103-111.
2. BOOTH, R. H. 1977. Storage of fresh cassava. II. Simple storage techniques. *Expl. Agric.* 13: 119-128.
3. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1972. Cassava Production Systems. CIAT'S ANNUAL Report 1972. CIAT. Cali, Colombia. pp. 43-82.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1975. Cassava Production Systems. CIAT'S ANNUAL Report 1974. CIAT. Cali, Colombia, 253 p.
5. INGRAM, J. S. and J. R. O. Humphries, 1972. Cassava storage-A review. *Trop. Sci.* 14: 131-148.
6. OUDIT, D. D. 1976. Polyethylene bags keep cassava tubers fresh for several weeks at ambient temperatures. *Journal of the Agricultural Society of Trinidad and Tobago.* 76: 63-66.
7. ROHM AND HAAS COMPANY. 1976. Agricultural Chemicals. Agricultural Business Team, Latin American Retion. L. A. R. Boletín Técnico N° 8, 10 p.
8. YOSHIDA S., D. A. Forno, and J. H. Cock. 1971. Laboratory Manual for physiological studies of rice. *Int. Rice Res. Inst.*