

Diferencias entre líneas, cruza simples y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento^{*1/}

— ERNESTO MORENO MARTINEZ, REGINO MORONES REZA, RAUL GUTIERREZ LOMBARDO**

ABSTRACT

In order to study the behavior of different lines and crosses of maize under adverse storage conditions, 15 lines, 8 single crosses and 5 double crosses were stored with a moisture content of 17 percent and 25°C. The statistical analysis showed significant differences between lines, between single crosses and between double crosses with respect to the maintenance of viability. These differences are considered intrinsic, since all the maize tested was grown, harvested and handled under the same ecological conditions

Introducción

UNO de los daños que ocurren durante el almacenamiento de los productos agrícolas es la pérdida de la viabilidad de las semillas, lo cual repercute en la economía del productor de semillas y del agricultor que las utiliza, afectando con ello la producción agrícola regional y nacional.

La pérdida de viabilidad de la semilla de maíz, durante su almacenamiento, en gran medida se debe a la acción de los hongos del almacén, *Aspergillus* y *Penicillium* (3,6), que se ven favorecidos por la humedad y temperatura con que frecuentemente se almacena el maíz; condiciones que por sí solas contribuyen a la pérdida de viabilidad de las semillas al acelerar sus procesos fisiológicos (2, 8, 9).

En países como México, en donde las prácticas de almacenamiento son deficientes, debido a la carencia de unidades de secado y almacenes adecuados para el nivel rural y además donde las condiciones ambientales son favorables para el deterioro de los granos y semillas, se hace necesario estudiar y encontrar otras formas de aminorar el deterioro de los granos y semillas, entre ellas la búsqueda de resistencia genética al deterioro. En relación a ésto, ya se han señalado que

existen diferencias en el comportamiento de diversos maíces en cuanto a su capacidad de mantener su viabilidad bajo condiciones adversas de almacenamiento (7).

Para continuar con los estudios tendientes a determinar la posible heredabilidad de la resistencia de la semilla de maíz a perder su viabilidad bajo condiciones de alta humedad, temperatura y desarrollo de hongos, se realizó el presente trabajo con el objeto de seleccionar líneas "resistentes" y "susceptibles" con las que se puedan realizar estudios de heredabilidad, así como estudios tendientes a definir la naturaleza de la variabilidad en la capacidad de mantener el poder germinativo. En este trabajo, además de la selección de líneas "resistentes" y "susceptibles", se realizó un estudio del comportamiento de la semilla de cinco híbridos comerciales, incluyendo las líneas y cruza simples que los forman, en cuanto al mantenimiento de su viabilidad bajo condiciones de almacenamiento favorable para el deterioro de las semillas

Materiales y métodos

Maíz Se utilizaron cinco híbridos comerciales, así como las líneas puras y cruza simples que se requieren para su formación. Los cinco híbridos son maíces recomendados para alturas de 1000 a 1900 m sobre el nivel del mar (msnm), siendo éstos: H-220, H-230, H-309, H-352 y H-366

Con el objeto de evaluar en forma comparativa el comportamiento de la semillas de estos maíces durante su almacenamiento, éstos fueron sembrados, cultivados y cosechados bajo las mismas condiciones ecológicas, lo cual fue realizado en el campo de producción de semillas básicas de la Productora Nacional d

* Recibido para publicación el 31 de enero de 1978

1/ Parte de este trabajo fue presentado por el tercer autor como tesis para obtener el título de Biólogo en la Facultad de Ciencias. UNAM

** Instituto de Biología. UNAM. División de Ingeniería. UAAAN; Facultad de Ciencias. UNAM. México respectivamente (Apartado Postal 70-233, México 20 D. F.)

Semillas (PRONASE) en Tepalcingo, Morelos. Con las líneas puras se formaron todas las cruza simples y a partir de cruza simples ya existentes, se formaron las cruza dobles o híbridos comerciales; al mismo tiempo, se incrementaron las líneas puras mediante cruza fraternales, de tal manera que en un ciclo agrícola y bajo las mismas condiciones ecológicas y de manejo, se obtuvieron líneas, cruza simples y dobles, lo que permitió su evaluación comparativa bajo condiciones adversas de almacenamiento. Las operaciones de siembra, fertilización, deshierbes y polinización, se realizaron conforme a las normas de producción de semilla híbrida de la PRONASE. La cosecha se efectuó cuando la semilla tenía alrededor de un 25 por ciento de humedad; una vez cosechadas las mazorcas, éstas se expusieron al sol hasta tener un contenido de humedad del 12 al 13 por ciento. Las mazorcas se desgranaron y la semilla se trató con Malathion al 4%, con una dosis de 60ppm, evitando con ello el desarrollo de insectos del almacén. La germinación al inicio de las pruebas de almacenamiento fue de 91-100 por ciento para todos los maíces. El porcentaje de invasión por hongos del almacén fue muy bajo, siendo no mayor del 3 por ciento de semillas invadidas por especies del grupo *Aspergillus glaucus*, lo cual se determinó sembrando 50 semillas en malta-sal-agar con un 6 por ciento de cloruro de sodio, incubándose por siete días a 25°C.

Pruebas de germinación. El porcentaje de germinación se determinó de acuerdo con lo señalado por la International Seed Testing Association (5).

Contenido de humedad. El contenido de humedad de la semilla se determinó con el método de secado en estufa, 103°C durante 72 horas, expresándose el porcentaje de humedad en base a peso húmedo (1).

Almacenamiento de las semillas. Todos los maíces fueron ajustados a 16,5-17,0 por ciento de contenido de humedad de la semilla, humedad que permite el desarrollo de hongos del almacén y favorece el deterioro rápido de la semilla reflejándose en la pérdida de viabilidad. La humedad se elevó mediante la adición de agua siguiendo el procedimiento señalado por Harein (4). De cada maíz por evaluar, líneas, cruza simples y dobles, se almacenaron dos kilogramos en bolsas de polietileno, en cuatro repeticiones de 500 g cada una, las que se mantuvieron abiertas y en contacto con la humedad relativa de 85 por ciento, con el objeto de mantener en el nivel deseado, alrededor de 17 por ciento, el contenido de humedad de la semilla; para tal propósito, se utilizaron cajas de plástico que contenían una solución sobresaturada de KCl para mantener una humedad relativa de 85 por ciento (10). Las bolsas que contenían el maíz fueron colocadas al azar dentro de las cajas de plástico, sobre una parrilla, evitando así el contacto de las bolsas con la solución de KCl. Las cajas se taparon y se colocaron en una incubadora a 25°C.

Muestreo y análisis estadístico. Las líneas se muestrearon cada 15 días, tomándose en cada muestreo cien semillas de cada repetición para la determinación del porcentaje de germinación; se realizaron cinco mues-

treos a 0, 15, 30, 45 y 60 días de almacenamiento. En el caso de las cruza simples y dobles, los muestreos se realizaron cada 30 días, tomando de igual manera cien semillas de cada repetición para la prueba de germinación en cada uno de los muestreos a 0, 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento. Los datos de las pruebas de almacenamiento de cada grupo de maíces, se analizaron como factoriales, siendo un factor los diferentes maíces y el otro los períodos de almacenamiento, en un diseño completamente al azar. Se consideraron las germinaciones de todos los muestreos con el objeto de tener el comportamiento general de cada maíz, en cuanto al mantenimiento de su viabilidad a través del período de almacenamiento.

Resultados y discusión

Comportamiento de las líneas, cruza simples y dobles de maíz.

En los Cuadros 1, 2 y 3 se muestran las germinaciones de las líneas, cruza simples y dobles de cinco maíces comerciales recomendados para alturas de 1000 a 1900 msnm, que fueron almacenados bajo condiciones de humedad y temperatura favorables para su rápido deterioro. El contenido de humedad de la semilla fluctuó de 16,5 a 18,4 por ciento durante el período de almacenamiento. La micoflora predominante estuvo constituida principalmente por especies de los grupos *Aspergillus glaucus*, *A. candidus* y *A. flavus*, el 100 por ciento de las semillas presentó desarrollo de hongos durante su almacenamiento. Los análisis de varianza mostraron que hubo diferencias altamente significativas entre líneas, entre cruza simples y entre cruza dobles en cuanto al mantenimiento o conservación de su viabilidad. Igualmente se observó que el efecto de los períodos de almacenamiento sobre la pérdida de viabilidad también fue altamente significativo, esto último era lógico de esperar ya que a mayor período de almacenamiento, el poder germinativo de las semillas se reduce, aun bajo condiciones normales de almacenamiento.

El hecho de que existan diferencias altamente significativas en cuanto al mantenimiento del poder germinativo entre líneas, entre cruza simples y entre cruza dobles, las que fueron cultivadas y manejadas uniformemente, señala que la variabilidad o diferencias que se han observado en la susceptibilidad del maíz al daño por condiciones adversas de almacenamiento, son reales e intrínsecas y no debidas a efectos de otras condiciones, como lo pueden ser el cultivo, cosecha y manejo del maíz bajo diferentes condiciones ecológicas. Además del análisis de varianza para cada grupo de maíces (líneas, cruza simples y dobles), se llevó a cabo la prueba de rango múltiple de Scheffe, para señalar las diferencias y similitudes entre maíces en cuanto a su comportamiento al final del período de almacenamiento (Cuadros 1, 2, y 3).

Cuadro 1—Por ciento de germinación de líneas de maíz para altitudes de 1000 a 1900 msnm; almacenadas en una humedad relativa de 85 por ciento y a 25°C.*

Líneas	Períodos de almacenamiento o muestreos (días)						Significancia estadística (Scheffe, 0.05)**
	0	15	30	45	60	\bar{X}	
B8	97	94	90	82	71	87	a
B1	97	97	88	80	63	85	ab
B2	100	97	88	71	61	83	ab
B9	98	96	83	68	53	80	bc
B11	98	96	82	56	46	76	cd
B1B	100	100	80	52	42	75	cd
B5	98	80	70	70	47	73	d
B1	95	85	77	55	45	71	de
B2B	91	86	72	57	51	71	de
B10	100	99	70	55	31	71	de
B3	95	85	65	49	37	66	ef
B7	100	87	66	32	18	61	fg
B6	92	69	68	38	19	57	g
B13	95	75	52	30	28	56	gh
B12	100	82	46	16	9	51	h

* Cada cifra es promedio de cuatro repeticiones de cien semillas cada una

** Valores con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Por otra parte, se realizaron análisis de varianza y pruebas de Scheffe considerando solamente las germinaciones del último muestreo, encontrándose igualmente diferencias altamente significativas entre líneas, entre cruza simple y entre cruza dobles, en cuanto a la conservación de su viabilidad y aun cuando la prueba de Scheffe presentó ligeras modificaciones en el arreglo o secuencia, prácticamente se tuvieron los mismos resultados. Sin embargo, se consideró que es mejor tomar en cuenta la información a través de todos los muestreos, pues esto señala el comportamiento general de cada línea, cruza simple o cruza doble, ya que al tomar solamente la información del último muestreo no se tiene indicación del comportamiento a través de todo el período de almacenamiento, que prácticamente se inicia desde el momento de la cosecha.

Cuadro 2—Por ciento de germinación de cruza simples de maíz para altitudes de 1000 a 1900 msnm, almacenadas en una humedad relativa de 85 por ciento y a 25°C.*

Cruzas Simples	Períodos de almacenamiento o muestreos (días)						Significancia estadística (Scheffe, 0.05)**
	0	30	60	90	120	\bar{X}	
B3 × B4	100	82	50	46	43	64	a
B1 × B2	98	89	59	40	30	63	a
B9 × B8	97	87	55	26	15	56	b
B3 × B5	99	79	47	34	6	53	b
B2B × B6	98	83	39	29	17	53	b
B11 × B12	97	82	38	21	5	49	c
B13 × B9	95	79	19	11	2	41	d
B10 × B1B	100	78	22	2	1	41	d

* Cada cifra es promedio de cuatro repeticiones de cien semillas cada una por muestreo

** Valores con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Clasificación del maíz en resistente, intermedio y susceptible.

Con el objeto de seleccionar líneas resistentes y susceptibles para estudios posteriores sobre la hereditabilidad de la resistencia y naturaleza de la misma, se procedió a efectuar la diferenciación entre líneas resistentes, intermedias y susceptibles, bajo el siguiente criterio. Se promediaron los porcentajes de germinación de las cuatro repeticiones de cada línea, en cada uno de los muestreos, para después promediar las germinaciones de los cinco muestreos para cada línea, y en base a ese promedio, que representa el comportamiento general de la línea a través de su almacenamiento (Cuadro 1), se consideró como resistente al maíz cuya germinación fue de 76 por ciento o mayor, como intermedio al maíz que germinó entre 65 y 75 por ciento y como susceptible al maíz que germinó 64 por ciento o menos. Igual se procedió con las cruza simples y dobles en base a las germinaciones de los períodos a 0, 30 y 60 días de almacenamiento (Cuadro 4).

Esta clasificación en forma general, concuerda en forma bastante precisa con los resultados obtenidos con las cruza simples y dobles al final del almacenamiento a 120 días, lo cual puede observarse en la tendencia de agrupamiento conforme la prueba de Scheffe (Cuadros 2 y 3); aun cuando se observó que algunos maíces, que a los 60 días quedaron cerca del

Cuadro 3.—Por ciento de germinación de cruzas dobles de maíz para altitudes de 1000 a 1900 msnm, almacenadas a una humedad relativa de 85 por ciento y a 25°C.

Cruzas Dobles	Periodos de almacenamiento o muestreos (días)						Significancia estadística (Scheffe 0,05) **
	0	30	60	90	120	\bar{X}	
(B3 × B5) × (B2B × B6)	98	80	62	49	32	64	a
(B1 × B2) × (B3 × B4)	98	82	62	40	34	63	a
(B3 × B5) × B7	100	87	47	41	37	62	a
(B11 × B12) × (B13 × B9)	100	82	33	21	9	49	b
(B10 × B1B) × (B9 × B8)	99	83	28	8	4	44	c

* Cada cifra es promedio de cuatro repeticiones de cien semillas cada una por muestreo

** Valores con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

límite inferior de la clase intermedia, quedaron a los 120 días con comportamiento semejante a maíces que fueron clasificados como susceptibles, como lo fue el caso de la cruz simple B10 × B1B y el de la cruz doble (B10 × B1B) × (B9 × B8)

Se ajustaron ecuaciones polinomiales para observar en forma gráfica el comportamiento, durante todo el período de almacenamiento 60 o 120 días, de los maíces que a los 60 días fueron clasificados como resistentes, intermedios y susceptibles. En las Figuras 1, 2 y 3 se muestran las ecuaciones obtenidas y sus gráficas, que muestran el comportamiento de tales maíces durante todo el período de almacenamiento.

Los resultados aquí obtenidos permiten concluir que existen diferencias reales entre diferentes maíces en relación a la conservación de su viabilidad.

En un estudio similar al presente, con maíces recomendados para las zonas tropicales de México, se obtuvieron resultados que corroboran el comportamiento de "resistencia" y "susceptibilidad" de la semilla de maíz bajo condiciones adversas de almacenamiento. De las líneas clasificadas como "resistentes" y susceptibles" en estos trabajos, se seleccionarán líneas con las que se realizará un estudio de heredabilidad, con el fin de determinar si esa "resistencia" observada, es heredable

Resumen

Se estudió el comportamiento de diferentes líneas, cruzas simples y dobles de maíz bajo condiciones adversas de almacenamiento, para lo cual 15 líneas, 8 cruzas simples y 5 dobles, fueron almacenadas con un contenido de humedad de 17 por ciento y a una temperatura de 25°C. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre líneas, entre cruzas simples y entre cruzas dobles, respecto al mantenimiento

Cuadro 4.—Clasificación de líneas, cruzas simples y dobles de maíz en "resistentes", "intermedias" y "susceptibles", en base a su promedio de germinación hasta los 60 días de almacenamiento *

Clasificación	Rango de germinación (%)	Maíces
Susceptibles	0-64	Líneas: B7, B6, B13, B12 Cruzas simples: B13 × B9 Cruzas dobles: No hubo
Intermedias	65-75	Líneas: B1B, B5, B1, B2B, B10, B3 Cruzas simples: B3 × B5, B2B × B6, B11 × B12, B10 × B1B Cruzas dobles: (B11 × B12) × (B13 × B9), (B10 × B1B) × (B9 × B8)
Resistentes	76-100	Líneas: B8, B4, B2, B9, B11 Cruzas simples: B3 × B4, B1 × B2, B9 × B8 Cruzas dobles: (B3 × B5) × (B2B × B6), (B1 × B2) × (B3 × B4), (B3 × B5) × B7

* En las Figuras 1, 2 y 3 se puede observar, a través de todo el período de almacenamiento, el comportamiento de los maíces que a los 60 días fueron clasificados como "susceptibles", "intermedios" y "resistentes".

de la viabilidad. Estas diferencias son consideradas intrínsecas, ya que todos los maíces fueron cultivados, cosechados y manejados bajo las mismas condiciones ecológicas.

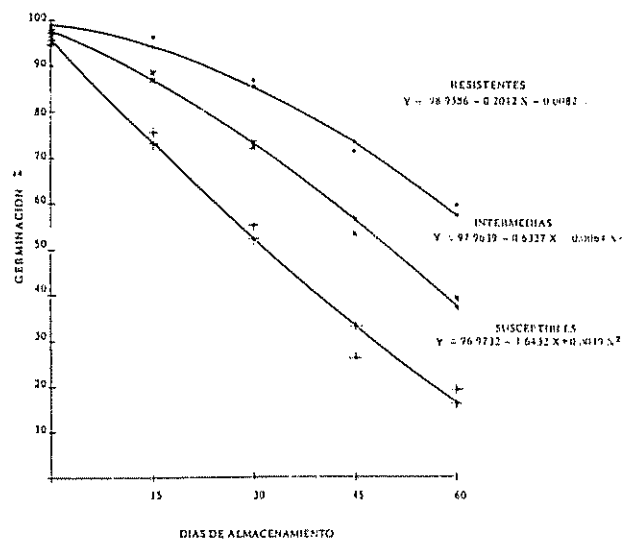


Fig. 1—Comportamiento de líneas de maíz clasificadas como resistentes, intermedias y susceptibles, en un periodo de 60 días de almacenamiento.

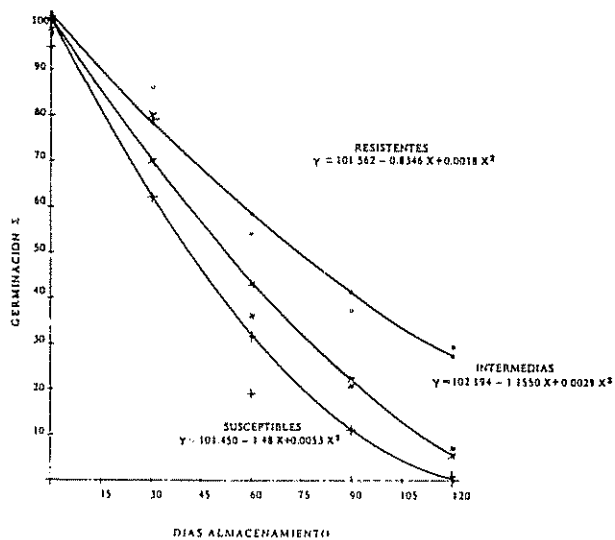


Fig. 2—Comportamiento de cruces simples de maíz, clasificadas como resistentes, intermedias y susceptible, en un periodo de 120 días de almacenamiento.

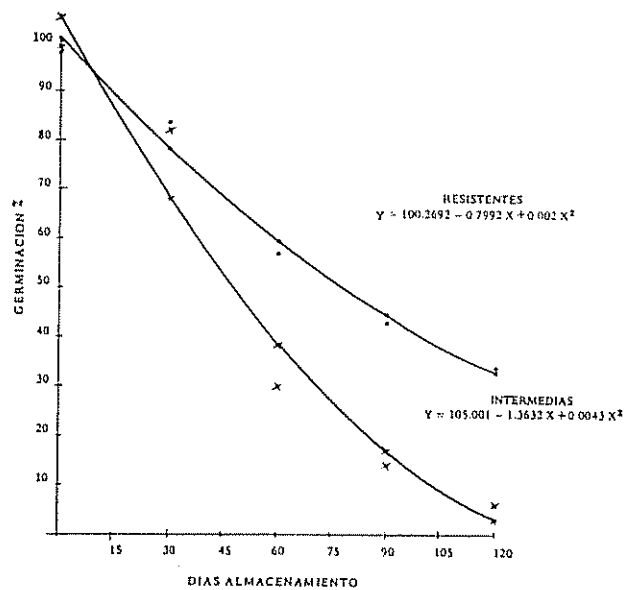


Fig. 3—Comportamiento de cruces dobles de maíz, clasificadas como resistentes e intermedias, en un periodo de 120 días de almacenamiento.

Literatura citada

1. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). Approved methods (8th. ed). St. Paul, Minn The Association, 1969.
2. COUTIÑO, M. B. B., MORENO, M. E. y ZENTIENO, M. Efecto de ciertas condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de cebolla (*Allium cepa* L.) y coliflor (*Brassica oleracea* L.). Revista Latinoamericana de Microbiología 12: 109-114. 1970
3. CHRISTENSEN, C. M. y KAUFMANN H. H. Grain storage: The role of fungi in quality loss. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1969. 153 p.
4. HAREIN, K. P. y SODERSTROM, E. L. Coleoptera infesting stored products. In Insect Colonization and Mass Production. New York. Academic Press. 1966.
5. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for seed testing. Proceedings of the International Seed Testing Association 31: 1-152. 1965
6. MORENO M. E. y CHRISTENSEN, C. M. Efecto de la humedad y hongos sobre la viabilidad de maíz almacenado. Revista Latinoamericana de Microbiología 12: 115-121. 1970.
7. — y CHRISTENSEN, C. M. Differences among lines and varieties of maize in susceptibility to damage by storage fungi. Phytopathology 61: 1498-1500. 1971.
8. PARDAVE, D. M. y MORENO M. E. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de soya. En prensa. Serie de Botánica. Anales del Instituto de Biología 1977.
9. SANCHEZ, D. R., MORENO, M. E. y ZENTIENO, M. Estudios sobre el almacenamiento de semilla de soya de la variedad Tropicana. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología. 5: 47-55. 1971.
10. WINK, W. A. y SEARS, G. R. Instrumentation studies. LVII. Equilibrium relative humidities above saturated salt solutions at various temperatures. TAPPI 33 (9): 96A-99A. 1950.

Reseña de Libros

SCHNITZER, M. and KHAN, S. U eds. Soil organic matter. Amsterdam, Elsevier, 1978 320p US \$65,25 (Developments in Soil Science 8)

Esta última adición a la serie 'Developments in Soil Science' es un texto al día sobre los aspectos fundamentales y prácticos sobre la materia orgánica del suelo.

Los desarrollos recientes en la instrumentación química, tales como métodos cromatográficos más eficientes, el sistema de cromatografía de gas-espectrometría de masa-computadora, espectrómetros avanzados de resonancia electrónica, etc han abierto nuevas posibilidades para descubrir las principales características estructurales de las sustancias húmicas y otros componentes mayores de la materia orgánica del suelo y sus principales interacciones y transformaciones. Se presentan descripciones detalladas de estos desarrollos y los progresos mayores recientes, redactados por especialistas sobre componentes de la materia orgánica; hay un capítulo sobre la interacción de esta con los plaguicidas (S. U. Khan), y del azufre orgánico y la fertilidad del suelo (V. O. Biederbeck).

VARDAMAN, J. M. Tree farm management New York, Wiley, 1978. 256 p.

Es bastante difícil hacer una revisión del libro del Sr Vardaman y no dejarse arrastrar por la reacción casi negativa que producen a éste los primeros capítulos. Creemos profundamente, que lo bueno y práctico que el libro tiene casi lo deshace el autor con los primeros cuatro capítulos.

En ellos, el Sr. Vardaman se dedica a hacer un panegírico de las virtudes del consultor forestal. No dudamos que tales personas sean útiles, pero realmente creemos que se han sobredimensionado bastante las virtudes que se derivan de su uso, en el desarrollo del negocio y explotación de los bosques de los Estados Unidos.

Un problema interesante que se nos planteaba al leer el texto, era énfasis que él mismo da a la aplicación de sus conceptos, a las coníferas y especies asociadas o parecidas y la poca referencia a los problemas de las latifoliadas. Este énfasis, restringe bastante el posible uso del libro para países tropicales.

Los capítulos del libro dedicados a los aspectos financieros del negocio de producción de árboles nos agradaron bastante, y fueron éstos los que en gran manera eliminaron de nuestra mente la reacción negativa de los primeros capítulos. Creemos que los capítulos dedicados a estos tópicos tienen dos virtudes que merecen ser reconocidas: a) tienen un enfoque bastante práctico y; b) hacen un esfuerzo aunque a veces no muy feliz de ser simples.

Es difícil por otra parte captar el público del libro; sin embargo, por el contenido del mismo podríamos decir que el libro a veces peca de ser demasiado parroquial, con términos excesivamente norteamericanos. Esto desde luego no es malo, pero desde el punto de vista del público del Sur de Estados Unidos, restringe bastante el número de posibles interesados fuera del país.

El libro sin embargo a nuestra manera de ver creemos que tiene varias virtudes que deseáramos señalar:

a)—Define claramente los aspectos económicos y comerciales de una actividad que muchas veces se toma con una exactitud casi romántica.

b)—Define con bastante exactitud la complejidad del negocio de producción de madera y eso creemos se aplica tanto en los Estados Unidos como en los países del tercer mundo.

c)—Define en términos muy específicos para los Estados Unidos lo que se debe hacer si un empresario piensa en esa clase de negocios, lo cual es desde luego bastante generalizable con las debidas reservas, del caso.

Finalmente, quiero señalar algo que después de leer el libro me vino a la mente y que quiero dejar como parte de mi opinión y es que "la mejor forma de conservar algo es utilizarlo racionalmente". Una sugerencia final al autor es que ojalá en la tercera edición se piense en una forma más universal de los conceptos. y se sea menos localista en el lenguaje.

JUAN ANTONIO AGUIRRE
INSTITUTO INTERAMERICANO DE
CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA