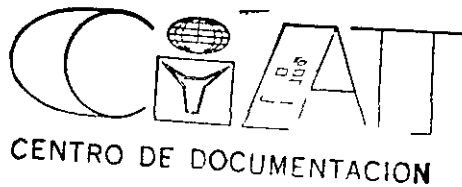


916641e  
Esp



## ~~Desarrollo de Germoplasma~~

Dentro del Programa de Yuca la sección de Desarrollo de Germoplasma tiene a su cargo la colección e introducción de germoplasma y el mantenimiento de una colección de campo que cuenta con aproximadamente 2600 clones. También evalúa una amplia gama de características agronómicas y morfológicas en diversos ecosistemas y desarrolla depósitos de genes para adaptación en tres ecosistemas de estrés severo.

En sus trabajos de mejoramiento genético CIAT ha desarrollado un procedimiento multifacético que incluye las siguientes etapas:

- a) evaluación de accesiones de germoplasma en varios ecosistemas con miras a una posible recomendación bien sea para que se usen directamente como nuevos cultivares o bien para usarlos en programas de hibridación como progenitores
- b) formación de extensos depósitos de genes con niveles altos de resistencia y/o adaptación a ecosistemas específicos
- c) "ajuste final" del producto en la etapa de mejoramiento varietal para asegurar la aceptación del mismo por parte de los productores, procesadores y consumidores.

Todas las etapas implican la participación de un equipo interdisciplinario completo.

### **Introducción y Mantenimiento de Germoplasma**

En la actualidad la introducción de germoplasma de yuca de fuera de Colombia está limitada a meristemas o a semillas verdaderas para reducir al mínimo la introducción de plagas y enfermedades.

En este año se mejoró la representación del material brasileño en la colección del CIAT con la introducción de unos 150 clones seleccionados de la colección brasileña de Cruz das Almas, Bahia, que trajo la unidad de Recursos Genéticos. Se espera que el intercambio se amplíe en un futuro. Las introducciones que se hicieron anteriormente del Perú y de la Región del Amazonas de Colombia mediante cultivos de meristemas están ahora sembradas en el campo para su multiplicación y posterior evaluación.

A partir de clones que han pasado a través de cultivos de meristemas y que están libres de infecciones sistémicas se está formando un banco de germoplasma. Con el aislamiento en que se mantiene este banco de otros campos de yuca y mediante procedimientos estrictos de cuarentena se espera que pueda continuar suministrando material sano para su evaluación dentro y fuera de las instalaciones de CIAT.

### **Evaluación de Germoplasma**

La evaluación de germoplasma se está llevando a cabo mediante tres rutas principales:

- a) Evaluación sobre adaptación, resistencia, rendimiento y calidad de la raíz en ecosistemas de Colombia con estrés de moderado a severo.
- b) Evaluación de características morfológicas relativamente estables con el fin de ayudar eventualmente a definir grupos similares y duplicaciones en el banco.
- c) Estudios especiales en grupos seleccionados de accesiones de germoplasma sobre madurez precoz, deterioro de la raíz después de la cosecha y contenido de cianuro de la raíz.

Los trabajos se llevan a cabo en Media Luna y Fonseca en Carimagua, Popayán y CIAT Palmira.

## Media Luna y Fonseca

Dada la alta prioridad del ecosistema de la costa norte de Colombia representativa de las mayores áreas cultivadoras de yuca de las Américas y Asia se llevan a cabo allí evaluaciones de germoplasma en dos sitios Media Luna en Magdalena que tiene una precipitación moderada (800-1200 mm por año) con una larga estación seca y Fonseca en Guajira que tiene una precipitación baja (700-1000 mm por año) y una larga estación seca durante la cual los ácaros (*Mononychellus* sp.) son severos.

Con el fin de incrementar la posibilidad de identificar material promisorio las primeras accesiones escogidas en la costa norte se preseleccionaron sobre la base de su resistencia a ácaros y/o su origen en un ecosistema similar.

En Media Luna las evaluaciones de germoplasma se iniciaron en el ciclo de 1978-1979 con cerca de 400 accesiones. En 1979-1980 se seleccionaron para futuras evaluaciones 103 de tales accesiones y en 1980 se sembraron los 17 clones mejores en un ensayo replicado de rendimiento.

Los rendimientos de los 17 clones de Media Luna han sido en promedio de 10.5 ton/ha de raíces (max 21.7 ton/ha) con un promedio de 31.8% (max 36.8%) de materia seca y una producción de estacas por planta de

7.9 en promedio (max 14/planta). Estos valores igualan o exceden a los de Secundina variedad local usada como testigo.

Se ha sembrado un ensayo de observación de rendimiento con 240 clones adicionales.

En Fonseca en un ensayo de observación de rendimiento se sembraron en mayo de 1979 329 accesiones y se cosecharon a los 12 meses bajo este ambiente de alto estrés se observaron diferencias muy marcadas entre los clones en los cuales se midió adecuada resistencia a ácaros, alto contenido de materia seca en la raíz y altos índices de cosecha. El 13% de los clones mostró bajos niveles de daño de ácaros, el 11% produjo materia seca por encima de 33% y el 14% tuvo índices de cosecha por encima de 60%.

Pocos clones mostraron niveles adecuados para todas las variables consideradas. Se seleccionaron 57 accesiones y se sembraron junto con las seleccionadas en Media Luna. Adicionalmente se sembró una serie de 317 accesiones de germoplasma en un ensayo de observación de rendimiento.

Las correlaciones fenotípicas entre varias características indican interrelaciones entre las mismas y posibles implicaciones para el mejoramiento genético (Cuadro 1).

Cuadro 1. Correlaciones fenotípicas entre características de rendimiento y características de crecimiento de germoplasma de yuca en Media Luna (Magdalena) y Fonseca (Guajira) en el ciclo de cultivo de mayo de 1980.

Característica	Producción de estacas por planta	Rendimiento de raíces (ton/ha)	Índice de materia seca (%)	Densidad de raíces (número/m²)	Producción de materia seca por planta	Producción de follaje por planta	Índice de cosecha	Densidad de raíces (número/m²)
Producción de estacas por planta	1.000	0.468	0.082	0.579	0.328	0.286	0.015	0.111
Rendimiento de raíces (ton/ha)		1.000	0.362	0.606	0.094	0.057	0.039	0.138
Índice de materia seca (%)			1.000	0.289	0.074	0.217	0.148	0.197
Densidad de raíces (número/m²)				1.000	0.045	0.072	0.001	0.074
Producción de materia seca por planta					1.000	0.598	0.391	0.01
Producción de follaje por planta						1.000	0.368	0.162
Índice de cosecha							1.000	0.301
Densidad de raíces (número/m²)								1.000

El índice de producción de estacas por planta y el índice de producción de materia seca por planta están fuertemente correlacionados (r = 0.362). El índice de producción de estacas por planta y el índice de producción de materia seca por planta están fuertemente correlacionados (r = 0.362). El índice de producción de estacas por planta y el índice de producción de materia seca por planta están fuertemente correlacionados (r = 0.362).

De especial interes es la alta correlación positiva entre la pubescencia del ápice y la resistencia al ácaro *Mononychellus* que ya había sido observada por la sección de Entomología. Aunque seguramente otros mecanismos estan operando para conferir resistencia a los ácaros la pubescencia puede ser el más simple de manejar el germoplasma se puede seleccionar fácilmente por pubescencia con o sin ataque de ácaros y esta característica tambien confiere resistencia a trips

El rendimiento de las raíces no se correlaciono con el dano de ácaros posiblemente debido a que el comienzo de la estación de lluvias permitio un buen desarrollo de la planta antes de que el ataque de acaros se hiciera severo. Los datos sugieren que el potencial para alto rendimiento y la resistencia a acaros se pueden combinar para producir líneas superiores para estas condiciones

El ataque de acaros tendio a ser mas severo en tipos sumamente ramificados aunque la razón para esto no esta clara. El contenido de materia seca de la raíz no se relaciono con la severidad del ataque de ácaros

La selección para este ecosistema de la costa norte continuará basada principalmente en rendimiento de raíces índice de cosecha contenido de materia seca de la raíz y niveles moderados a altos de resistencia a ácaros

### Carimagua

La mayor parte del banco de germoplasma se ha evaluado en Carimagua y las accesiones mejores se están evaluando en el segundo año en un ensayo replicado de rendimiento. Según los datos acumulados durante varios ciclos solo un pequeño porcentaje de accesiones muestra adaptación estable a este ambiente de alto estrés de enfermedades (Cuadro 2) ellas se están recomendando como fuentes de resistencia a CBB y superalargamiento y como fuentes de rendimiento potencial en suelos ácidos infértiles

Puesto que varias de estas accesiones son morfológicamente idénticas será importante una búsqueda intensa para identificar el germoplasma adaptado a este ecosistema

En un ensayo de observación de rendimiento se sembró una colección cubana de 69 clones algunos de los cuales mostraron buenos niveles de resistencia a CBB superalargamiento y antracnosis. Cuba tiene superalargamiento solamente en unas pocas áreas y

CIAT la ayuda en la evaluación de sus líneas para que el país pueda tomar rápidas medidas preventivas si la enfermedad llegara a ser endémica allí

Cuad 2    Acc    d germ pla ma d yuca qu mu t a bue  
 dapt    C m g (C l mb ) g upad segun  
 sus reacc   e a las d e fermedade e démicas mayores  
 y df    ia    ml t d m fl gica

Access	Res t f m d d	
	CBB	Superalargamie to
<b>Grupo A</b>		
M B a 5 M B 22 M B a 29		
M C I 1940 y M P 51	MR	R
<b>Grupo B</b>		
M C I 1894 M C I 1772		
y M C I 1900	MR	R
<b>Grupo C</b>		
M C I 2052 y M Pa 12A	R	R
<b>Grupo D</b>		
M C I 1914 M C I 1916		
M E 82 M P 12B M P 19		
M P 90 M Pa 101 M Pa 103		
M V 38 y M V 77	R	R
<b>Grupo E</b>		
M P 97	R	MR

S l b l d -4 l p t ia f m d d  
 y d 12 l p d m say repl ca  
 L g p A y B ó g l l f m d d l mism q CyD  
 p l d d l g p B y D so m y im lare  
 m fl g m y p ed g et cam t d ca  
 MR m d d m R

### Popayan

En Popayán se llevó a cabo un ensayo de rendimiento con una colección de 18 clones procedentes de áreas de altitud elevada del sur de Colombia el rendimiento más alto fue de M Col 1522 (CMC 92) una variedad regional de Popayan que produjo 12.8 ton/ha en comparación con 8.1 ton/ha de la mejor accesión. No obstante varias de las accesiones tuvieron contenidos de materia seca más altos (hasta 36.9%) comparados con el 29.2% de M Col 1522

En todos los ensayos regionales sembrados en Popayan así como en los ensayos replicados de rendimiento realizados previamente M Col 1522 ha sido

consistentemente la más alta productora. Esta variedad es muy vigorosa sumamente ramificada tiene un contenido moderado de materia seca y es moderadamente resistente a la mancha foliar por *Phoma* y a ácaros *Oligonychus*

Para este ecosistema se tienen como metas mejorar el tipo de planta de M Col 1522 buscando una menor ramificación y mejorar su contenido de materia seca su rendimiento potencial y su resistencia a enfermedades

Las evaluaciones de germoplasma a gran escala han comenzado con una siembra de 438 accesiones colectadas en su mayoría en áreas por encima de los 1500 msnm. En general en el programa de mejoramiento de germoplasma se ha dado menos énfasis a las áreas de altitud elevada que a los otros ecosistemas

### CIAT Palmira

**Reevaluación por deterioro fisiológico de la raíz después de la cosecha.** Uno de los parámetros que se habían considerado en la evaluación preliminar de germoplasma de yuca en CIAT Palmira en 1973-74 fue el deterioro de la raíz después de la cosecha. Un grupo de 139 accesiones inicialmente clasificadas como grado 1 se reevaluaron en un ensayo en CIAT Palmira con el fin de confirmar las fuentes de resistencia al deterioro éste se midió por medio de dos métodos

a) almacenando las raíces enteras a la temperatura ambiente por una semana y midiendo luego tanto los efectos fisiológicos como los microbiales tal como se hizo en la evaluación original

b) determinando el deterioro fisiológico únicamente según el método descrito por la sección de Patología el año último (CIAT Prog de Yuca 1979 Informe Anual)

Hubo una amplia gama de deterioro en el ensayo de reevaluación igual que en el ensayo original con una medida promedio prácticamente igual para las dos evaluaciones (Cuadro 3). Puesto que se trataba de clones que habían sido clasificados como resistentes estos resultados demuestran una baja consistencia para la característica deterioro de la raíz a través de los años cuando este se mide con base en un solo surco

Existe una correlación altamente significativa entre las medidas del deterioro fisiológico a los tres días y del deterioro fisiológico más el microbio en una semana (Cuadro 4). Como se observó previamente en CIAT el

deterioro tuvo una correlación altamente positiva con la densidad de la raíz es decir con el contenido de materia seca y también con el índice de cosecha. Aunque no se pueden implicar relaciones de causa a efecto la selección por alto contenido de materia seca en las raíces y alto índice de cosecha propenderá a incrementar los problemas de deterioro

Cuadro 3. Evaluación del accionamiento de germoplasma y producción de la raíz después de una semana de almacenamiento hecha para todo el material en la cosecha 1973-74 al acóper (1980) para lo es seleccionado limitamente

Año de evaluación	Materia	Clasificación	Frecuencia	Porcentaje
1973-74	Total de accesiones	1	169	9
		2	273	15
		3	480	26
		4	489	27
		5	405	22
Promedio		3.4		
1980	169 accesiones	10-19	10	7
		20-29	11	45
		30-39	49	36
		40-49	15	11
Promedio		2.9		

Cuadro 4. Correlación entre los métodos de evaluación del deterioro fisiológico y del deterioro fisiológico más el microbio en una semana

	Deterioro fisiológico	Deterioro fisiológico y microbio	Densidad de la raíz	Índice de cosecha
Deterioro fisiológico	1.00	0.67	0.78	0.64
Deterioro fisiológico y microbio		1.00	0.42	0.34
Densidad de la raíz			1.00	0.58
Índice de cosecha				1.00

## **Depósitos de Genes para Adaptación a Medios Ecológicos**

Se continúan desarrollando depósitos de genes de gran diversidad para la adaptación de materiales a los ecosistemas representados por Media Luna y Fonseca Carimagua y Popayan. Los componentes parentales iniciales se seleccionaron del banco de germoplasma según su comportamiento en el ecosistema.

Se da énfasis a la inclusión de una amplia diversidad de material con resistencia a insectos y enfermedades con tolerancia a estrés de suelo y clima con alto potencial de rendimiento y buena calidad de la raíz, pero sólo unas pocas accesiones combinan todas estas características y por lo tanto se han incluido otras accesiones con expresiones menos favorables de algunas de ellas. A través de la selección recurrente, la frecuencia de genes se puede aumentar para todas las características.

La formación y el mejoramiento de un depósito de genes es un proceso que incluye dos etapas. En la primera etapa, la recombinación se hace por polinización abierta utilizando un esquema de policruces; en la segunda etapa se seleccionan las mejores entradas de los bloques de policruces y se recombinan mediante polinización controlada.

**Primera etapa** La primera etapa se realiza en bloques de polinización abierta, cada uno de los cuales presenta una selección de un ecosistema determinado. Se utiliza un esquema de policruces donde varias repeticiones de cada genotipo se siembran en una mezcla al azar para maximizar la mezcla del polen entre los diferentes genotipos.

Los bloques individuales de los policruces se aíslan entre sí por lo menos con 12 m sembrados con surcos de material masculino estéril. Este año un estudio demostró que esta distancia de aislamiento es suficiente para prevenir la mayor parte de la contaminación en las condiciones de CIAT Palmira.

Específicamente, la yuca no está bien adaptada para el aprovechamiento de esquemas de cruces de polinización abierta. Sin embargo, un buen manejo puede superar estos problemas y hacer de la polinización abierta una efectiva herramienta de mejoramiento genético.

La ventaja de la polinización abierta es la producción de una gran cantidad de semillas con los mínimos requerimientos de mano de obra. Una dificultad mayor es la gran fluctuación entre los clones en el tiempo de

floración y el número de flores producidas. Además, los tipos con floración más precoz y más prolíficos son los menos deseables desde el punto de vista de tipo de la planta, ya que la floración precoz está asociada con una ramificación temprana y frecuente.

Cuando los tipos de yuca son muy ramificados, la ramificación se controla mediante cortes para hacer más uniforme la producción de flores, pero no hay medios efectivos conocidos para incrementar la producción de flores cuando se trata de tipos de yuca de ramificación muy tardía.

Las plantas individuales se codifican y después de la polinización cada racimo se rotula y se cubre hasta la madurez para la recolección de las semillas. De entre las varias repeticiones se toman las semillas del mismo clon, se combinan y se siembran juntas como una familia de hermanos incompletos que tienen un progenitor femenino conocido y una mezcla de progenitores masculinos. El comportamiento de la familia es una medida de la aptitud combinatoria general del progenitor femenino.

Los bloques de policruzamiento se modificaron este año para permitir la incorporación gradual de genes para características que básicamente se presentan en materiales no adaptados al ecosistema en cuestión. Los genotipos no adaptados se sembraron como bordes alrededor de cada una de las repeticiones del bloque de polinización cruzada y se emascularon semanalmente para evitar la contaminación del banco de germoplasma básico con el polen de este germoplasma no adaptado.

La progenie de los surcos del borde será retrocruzada varias veces con el banco de germoplasma básico para combinar la adaptación de los genes del depósito con la característica que se está introduciendo.

**Segunda etapa** La segunda etapa del mejoramiento de germoplasma implica la selección de los bloques de policruzamientos de acuerdo con su aptitud combinatoria y con el comportamiento dentro de un ecosistema. Dado que los clones seleccionados se recombinan a través de polinización controlada, en esta etapa es posible un control más preciso de progenitores y los efectos de la aptitud combinatoria específica se pueden capitalizar.

**Evaluación de Progenie** La progenie de los bancos de genes se está evaluando en Media Luna, Carimagua, Popayan y CIAT Palmira.

La evaluación iniciada dentro de cada ecosistema con plantas de semillas verdaderas en la etapa  $F_1$  tiene la ventaja potencial de una alta eficiencia de selección puesto que cantidades muy grandes de distintos genotipos están sujetas a las características particulares del ecosistema. Sin embargo primero se necesitan estudios adicionales para comparar la eficiencia de la selección en  $F_1$  en CIAT Palmira con la eficiencia dentro del ecosistema.

Por otra parte las plántulas provenientes de semillas son bastante delicadas durante las primeras semanas después de la siembra o trasplante y fácilmente pueden ocurrir grandes pérdidas por factores no relacionados con el potencial futuro de la planta (p.ej. un período de sequía, competencia de malezas, ataque de insectos masticadores). Un problema adicional consiste en retornar grandes cantidades de material clonal a una localidad centralizada para cruzamientos o multiplicación de estacas sin introducir insectos y enfermedades del sitio de evaluación.

Estos problemas se están investigando para ayudar a llevar al máximo la eficiencia de la selección en  $F_1$ . Los híbridos superiores se ensayarán en la etapa de pruebas de rendimiento y luego pasarán a la sección de Mejoramiento Varietal como nuevas fuentes de genes.

### Estudios Especiales

**Heredabilidad de la resistencia a ácaros.** Los ácaros se han identificado entre las plagas artrópodas importantes de la yuca.

Estudios anteriores (CIAT Prog de Yuca 1979 Inf Anual) mostraron una alta heredabilidad en sentido lato para resistencia a *Mononychellus* con alta consistencia a través de las repeticiones en un campo a través de las localidades y a través de años. En este año dos ensayos de híbridos  $F_1$  mostraron en CIAT Palmira una heredabilidad alta en sentido estricto ( $h^2 = 0.78$ ) sobre la base de una regresión de la progenie y el promedio de dos padres, donde la pendiente de la línea de regresión es una estimación directa de  $h^2$  (Figuras 1 y 2).

Este estudio indica además que cuando en CIAT Palmira ocurre una infestación de ácaros calificada de mediana o alta la selección preliminar de plantas individuales en una población segregante probablemente será efectiva para las condiciones de la costa norte.

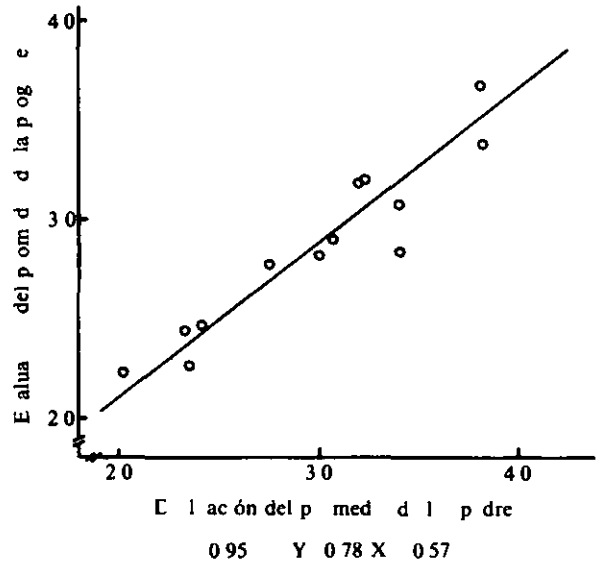


Fig 1 Regresión de la progenie  $F_1$  el promedio de los padres para la resistencia a *Mononychellus* en la población de evaluación en CIAT Palmira 1980.

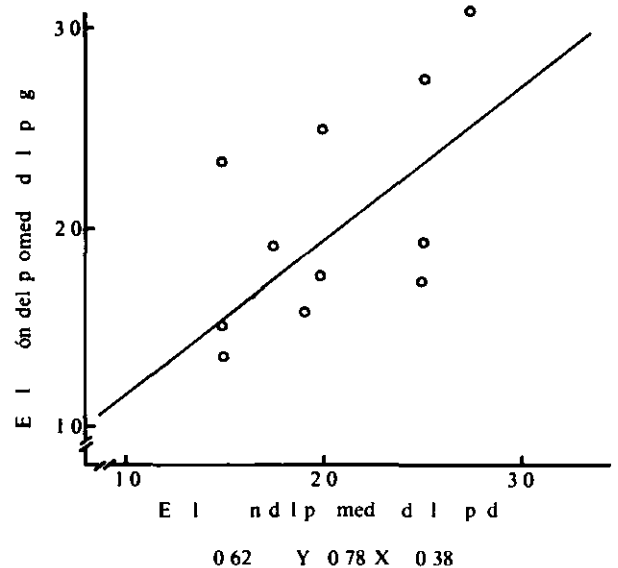


Fig 2 Regresión de la progenie  $F_1$  el promedio de los padres para la adaptación a bajas temperaturas en la población de evaluación en CIAT Palmira 1980.

**Heredabilidad de la adaptación a bajas temperaturas.** En un ensayo con repeticiones llevado a cabo en Popayan se cultivaron las seis progenies resultantes de los cruzamientos en un progenitor adaptado a bajas

temperaturas (M Col 1522) con progenitores pobremente adaptados así como los clones parentales. Para todos los cruzamientos el rendimiento promedio de la familia su tolerancia al frío su resistencia a *Phoma* y antracnosis y los resultados de la evaluación general fueron intermedios entre los progenitores. Unos pocos híbridos produjeron casi los mismos rendimientos de M Col 1522.

Estos datos muestran que los cultivares pobremente adaptados son generalmente inaceptables como progenitores para la producción de híbridos en este ecosistema ya que la proporción de prole bien adaptada es muy baja. Parece que la adaptación está controlada en su mayor parte por efectos de genes aditivos.

**Selección en F<sub>1</sub> para contenido de materia seca de la raíz.** El alto contenido de materia seca en la raíz es un criterio de calidad importante para prácticamente todos los usos de la yuca. Este año se concluyó un estudio para determinar si en una población segregante F<sub>1</sub> la selección para contenido de materia seca de la raíz sobre la base de una planta individual puede ser efectiva.

Los datos de 260 plantas individuales cultivadas a partir de semillas verdaderas se compararon en CIAT Palmira con los mismos clones cultivados en un ensayo de observación de rendimiento de un solo surco. La correlación entre las dos generaciones clonales fue de r = 0.48++ lo que demuestra que el control genético sobre la producción de materia seca es significativo en comparación con el ejercido por los factores ambientales.

Actualmente CIAT no intenta evaluar rutinariamente la prole F<sub>1</sub> para contenido de materia seca debido al inmenso número de muestras requeridas. Sin embargo si en algún momento es deseable un incremento rápido e intensivo en el contenido de materia seca se justificaría una evaluación de F<sub>1</sub>.

**Estudios de germinación de semillas.** Se sabe que las semillas de yuca tienen un periodo de latencia que dura varios meses después de la cosecha y que una reducción de este periodo acortaría significativamente el ciclo de mejoramiento genético.

A este respecto se encontró que sometiendo las semillas recién cosechadas a un tratamiento de calor de pregerminación en un horno seco a 60°C durante 14 días se aumentaba significativamente su germinación total y se disminuía el tiempo de germinación. En semillas con tres a seis meses de cosechadas no se observó aumento en la germinación pero el tratamiento tampoco resultó nocivo para la germinación en comparación con los testigos.

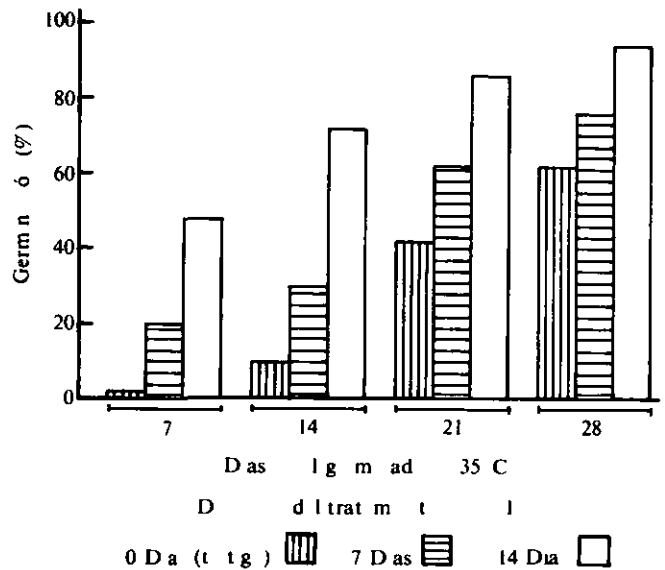


Figura 3. Efecto del tiempo de pregerminación (60°C) en la germinación de semillas de yuca (M Col 1522) tratadas con calor (60°C) durante 0, 7 o 14 días.

En consecuencia las semillas de hasta seis meses se pueden tratar con calor con efectos beneficiosos para las recién cosechadas y sin ningún efecto en las más viejas. Estos resultados se han confirmado en el campo en Carimagua donde las semillas de cero a nueve meses tratadas con calor tuvieron una germinación de 47.2% comparada con 35% de las semillas no tratadas.