

3976

EFFECTO DE LA PROCEDENCIA Y FACTORES FISICO-QUIMICOS SOBRE LA CALIDAD
DE LA SEMILLA DE PASTO CARIMAGUA 1 (Andropogon gayanus Kunth)

T E S I S

Presentada al Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Colombia - Instituto Colombiano Agropecuario

P o r

JUSTO ALEJANDRO BARROS HENRIQUEZ
//

Como requisito parcial para optar al título de

MAGISTER SCIENTIAE

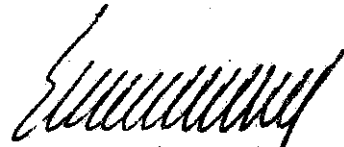
Bogotá, Colombia

1980

TESIS APROBADA POR
COMITE CONSEJERO

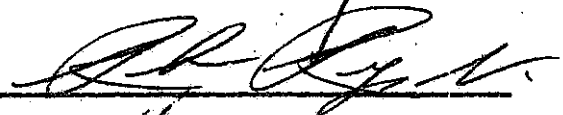
ENRIQUE ALARCON MILLAN
Presidente de Tesis

Ph.D.



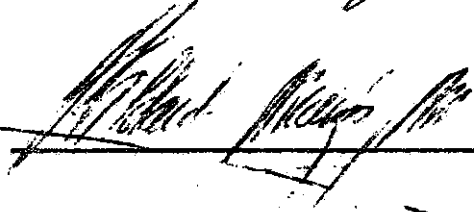
REYNALDO REYES NUÑEZ
Consejero

M.S.



GILDARDO MARIN MORALES
Consejero

M.S.



" El Presidente de Tesis y el Consejo
Examinador no serán responsables de
las ideas emitidas por el candidato"

(Artículo 217 de los Estatutos de la
Universidad Nacional)

DEDICO

A mi Esposa

A mis hijos

A mis padres y hermanas

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos al Instituto Colombiano Agropecuario ICA, por la comisión y oportunidad ofrecida para la realización de los estudios de Post-Grado.

Al doctor Enrique Alarcón N., por su acertada dirección, colaboración y empeño en la realización de este trabajo.

A los doctores Reynaldo Reyes N., y Gildardo Marín M., por su asesoría.

A los Programas de Pastos y Forrajes, Certificación de Semillas y Fisiología Vegetal del ICA; a los doctores John Ferguson y Edgar Burbano del Programa de Pastos Tropicales del CIAT en Palmira.

A los señores Bernardo Chaves, por su oportuna ayuda en los análisis estadísticos y Pablo Flechas del Laboratorio de Certificación de Semillas en Tibaitatá por su colaboración en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Procedencia de la Semilla	4
2.2. Almacenamiento	5
2.3. Promotores e inhibidores de germinación	7
2.4. Efectos de las cubiertas de las Semillas	13
2.5. Efectos de temperaturas	15
3. MATERIALES Y METODOS	
3.1. Efecto de la localidad y tipo de empaques en la calidad de la Semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth)	19
3.2. Efecto de la escarificación y del ácido gi- berélico en la germinación de Semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth)	26
3.3. Efecto de la temperatura y el medio de ger- minación sobre la emergencia de plántulas del Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth)	28

	Página
4. RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1. Efectos de la localidad y tipo de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth)	30
4.2. Efecto de la escarificación y del ácido gibe- rónico en la germinación de Semilla de Cari- magua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth)	37
4.3. Efecto de la temperatura y el medio de germina- ción sobre la emergencia de plántulas de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth)	49
5. CONCLUSIONES	61
6. RESUMEN	63
7. SUMMARY	67
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	70
APENDICE	78

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1. Análisis de suelos representativos de los Centros Experimentales Carimagua, La Libertad, Palmira y Motilonia. Bogotá, 1980	22
TABLA 2. Procedencia y manejo efectuado al pasto para obtener las semillas utilizadas en los diferentes experimentos. Bogotá, 1980.	23
TABLA 3. Efecto de la localidad y época de almacenamiento sobre la germinación de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth). Bogotá, 1980.	32
TABLA 4. Efectos del tipo de empaque sobre la germinación de Semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth). Bogotá, 1980.	34
TABLA 5. Efectos de la escarificación con ácido sulfúrico y épocas de almacenamiento sobre la germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth)	40

- TABLA 6. Efecto del ácido giberélico sobre la germinación de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) Bogotá, 1980. 42
- TABLA 7. Efecto de la temperatura y épocas de almacenamiento sobre la germinación de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth). Bogotá, 1980.
- TABLA 8. Efecto del medio de germinación sobre la emergencia de plántulas de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) durante diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980. 52

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Precipitación, humedad relativa y temperatura ambiente durante el ciclo del cultivo en las cuatro localidades.	21
FIGURA 2. Efectos de la localidad y tipos de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth)	35
FIGURA 3. Influencia de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) obtenido a partir de los mejores tratamientos con el uso de la prueba de Duncan.	38
FIGURA 4. Efecto de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) sin escarificar con aplicación de ácido giberélico.	43
FIGURA 5. Efecto de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) escarificada durante 1 minuto y con aplicación de ácido giberélico.	46

- FIGURA 6. Influencia de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) obtenido a partir de los mejores tratamientos, con el uso de la prueba de Duncan. 48
- FIGURA 7. Efecto de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de la semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) en distintos medios a dos temperaturas alternas. 54
- FIGURA 8. Influencia de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) obtenido a partir de los mejores tratamientos con el uso de la prueba de Duncan. 56

LISTA DE TABLAS DEL APENDICE

	Página
TABLA 1. Efectos de la localidad y tipos de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980.	79
TABLA 2. Efectos de la localidad y tipos de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980.	80
TABLA 3. Efectos de la escarificación y del ácido giberélico en la germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento. Bogotá, 1980.	81
TABLA 4. Efectos de la escarificación y del ácido giberélico en la germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento. Bogotá, 1980.	82

- TABLA 5. Efecto de la temperatura y el medio de germinación sobre la emergencia de plántulas de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980. 83
- TABLA 6. Efecto de la temperatura y el medio de germinación sobre la emergencia de plántulas de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980. 84
- TABLA 7. Germinación de semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) procedente de cuatro localidades y guardada en empaques diferentes 60 días después de la cosecha. Bogotá, 1980. 85
- TABLA 8. Germinación de semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) procedente de cuatro localidades y guardada en empaques diferentes 90 días después de la cosecha. Bogotá, 1980. 87

	Página
TABLA 9. Germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) procedente de cuatro localidades y guardada en empaques diferentes 120 días después de la cosecha. Bogotá, 1980.	89
TABLA 10. Germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) procedente de cuatro localidades y guardadas en empaques diferentes 150 días después de la cosecha. Bogotá 1980.	91
TABLA 11. Germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) procedente de cuatro localidades y guardadas en empaques diferentes, 180 días después de la cosecha. Bogotá, 1980.	93
TABLA 12. Germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) procedente de cuatro localidades y guardada en empaques diferentes, 240 días después de la cosecha. Bogotá, 1980.	95
TABLA 13. Germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) escarificada químicamente y con aplicaciones de ácido giberélico, 60 días después de la cosecha. Bogotá, 1980.	97

- TABLA 14. Germinación de semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) escarificada químicamente y con aplicaciones de ácido giberélico, 90 días después de la cosecha. Bogotá, 1980. 99
- TABLA 15. Germinación de semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) escarificada químicamente y con aplicaciones de ácido giberélico, 120 días después de la cosecha. Bogotá, 1980. 101
- TABLA 16. Germinación de semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) escarificada químicamente y con aplicaciones de ácido giberélico, 150 días después de la cosecha. Bogotá, 1980. 103
- TABLA 17. Germinación de semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) escarificada químicamente y con aplicaciones de ácido giberélico, 180 días después de la cosecha. Bogotá, 1980. 106

<p>TABLA 18. Germinación de semilla de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) escarificada químicamente y con aplicaciones de ácido giberélico, 210 días después de la cosecha. Bogotá, 1980</p>	<p>107</p>
<p>TABLA 19. Emergencia de plántulas de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) bajo temperaturas y medios de germinación diferentes, 60 días después de la cosecha. Bogotá, 1980.</p>	<p>109</p>
<p>TABLA 20. Emergencia de plántulas de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) bajo temperaturas y medios de germinación diferentes, 90 días después de la cosecha. Bogotá, 1980.</p>	<p>111</p>
<p>TABLA 21. Emergencia de plántulas de Carimagua 1 (<u>Andropogon gayanus</u> Kunth) bajo temperaturas y medios de germinación diferentes, 120 días después de la cosecha. Bogotá, 1980.</p>	<p>113</p>

- TABLA 22. Emergencia de plántulas de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) bajo temperaturas y medios de germinación diferentes, 150 días después de la cosecha. Bogotá, 1980. 115
- TABLA 23. Emergencia de plántulas de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) bajo temperaturas y medios de germinación diferentes, 180 días después de la cosecha. 117
- TABLA 24. Emergencia de plántulas de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) bajo temperaturas y medios de germinación diferentes, 210 días después de la cosecha. Bogotá, 1980. 119
- TABLA 25. Efecto de la localidad y tipos de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980. 121

- TABLA 26. Efectos de la localidad y tipos de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980. 122
- TABLA 27. Efectos de la escarificación y del ácido giberélico en la germinación de semilla de Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento. Bogotá, 1980. 126
- TABLA 28. Efectos de la escarificación y del ácido giberélico en la germinación de semilla de Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento. 127
- TABLA 29. Efecto de la temperatura y el medio de germinación sobre la emergencia de plántulas del Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980. 131

TABLA 30. Efecto de la temperatura y el medio de germinación sobre la emergencia de plántulas del Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth) sometida a diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980.

1. INTRODUCCION

Una de las áreas del país más importante para la producción ganadera es la denominada Llanos Orientales. En muchas de sus regiones, posiblemente por pobreza de sus suelos, solo se desarrollan pastos nativos con poco valor nutritivo y baja producción, de tal manera que un animal apenas puede mantenerse en un área de 5 a 10 hectáreas. Se han introducido muchas especies para elevar la capacidad de carga de los potreros, entre las cuales se puede mencionar con buenos resultados el braquiaria.

Proveniente de Nigeria fue introducido a Colombia por el CIAT el Andropogon gayanus, Kunth, en 1973. Este pasto presenta ciertas ventajas como son tolerancias del aluminio intercambiable del suelo, quemas y sequías, buen uso del fósforo nativo del suelo y mantiene altas tasas de crecimiento sin aplicación de nitrógeno. En Colombia el pasto se denomina Carinagua 1. (Alarcón, 1980).

En 1974 se comenzó a evaluar agrónomicamente y en 1977 se inició la medición de carga animal y ganancia de peso (Alarcón, 1980).

En el primer año de pastoreo se obtuvo una ganancia de peso promedio por animal de 241 kilogramos. Estas ventajas pueden aprove-

chase para obtener mayor producción e incrementar el área dedicada a ganadería con pastos introducidos en los Llanos Orientales.

La siembra de pastos comúnmente se hace utilizando partes vegetativas de la planta, lo cual ocasiona incrementos considerables de los costos de establecimiento debido al transporte del material al sitio de siembra y empleo de mayor mano de obra por hectárea. En la mayoría de los casos se prefiere usar carióspsides para evitar las desventajas ya mencionadas.

La producción de semilla de Andropogon gayanus Kunth, obtenida en Colombia ha sido excelente, alcanzándose un promedio de 125 kg/Ha-año de semilla pura (ICA-CIAT, 1978); sin embargo, se ignoran muchos aspectos fisiológicos, especialmente relacionados con la latencia de la semilla y diferentes maneras de romperla.

Este trabajo consistió en evaluar carióspsides del pasto Carimagua 1 de diferente procedencia, así como el tiempo más adecuado de almacenamiento y el empaque más correcto para conservar la semilla. También fueron propósitos del estudio, conocer el efecto de aplicación de hormona y el uso de temperaturas alternas sobre la germinación de la semilla. Concretamente el trabajo se dividió en tres experimentos con los siguientes objetivos:

Experimento 1: a) Determinar la influencia del ambiente de la localidad donde está sembrado el pasto sobre la calidad de la semilla producida medida por su germinación.

b) Determinar el efecto de diferentes tipos de empaques en la calidad de la semilla.

Experimento 2: a) Determinar el efecto producido por la aplicación de ácido giberélico sobre la germinación en semillas escarificadas con ácido sulfúrico concentrado y no escarificadas.

Experimento 3: a) Determinar el efecto de dos temperaturas alternas sobre la germinación de la semilla.

b) Estudiar efectos de algunos medios de germinación sobre la emergencia de plántulas.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Procedencia de la semilla

Las condiciones ecológicas del lugar donde se ha recolectado la semilla es muy importante, especialmente en lo referente a clima y suelo, los cuales afectan su rendimiento y calidad. Semilla de varias especies entre las cuales se pueden mencionar Lactuca sativa, Anagallis arvensis, Amaranthus retroflexus y Chenopodium spp. varían en su germinación y viabilidad especialmente cuando son cosechadas en diferentes épocas del año, localidades y años, aparentemente con el mismo estado de maduración debido posiblemente a variaciones en las condiciones ambientales durante el ciclo vegetativo de la planta madre (Kigel, Ofir y Koller, 1977).

Los cultivos de pastos destinados a la producción de semillas deben establecerse en regiones con períodos de lluvia y verano definidos para asegurar un desarrollo vegetativo normal, aceptable maduración y cosecha adecuada. En gramíneas se ha encontrado cierta relación entre la humedad relativa y la presencia de enfermedades, tanto en las panículas (carbones) como dentro de los flósculos (tipo albugos), siendo las mejores zonas para producción de semillas las que tienen baja humedad relativa (Loteró, 1975).

Los suelos deben poseer además de propiedades físicas y químicas favorables, adecuadas condiciones de fertilidad, con las cuales se puede conseguir aumentos del número de macollas por unidad de área, mayor cantidad de panículas, número de semillas por panícula y peso de la semilla (Alarcón, Lotero y Escobar, 1969; Lotero, 1975; Correa, 1974).

Existen otros factores que influyen en la calidad de la semilla como son secado, procesamiento y almacenamiento. Con semillas de pasto guinea y puntero proveniente de los Llanos Orientales adecuadamente manejada y almacenada bajo las mismas condiciones ambientales durante el mismo tiempo, se obtuvo mejor vigor y germinación comparado con semillas procedentes de Palmira y Valledupar sin ningún procesamiento (Betancourt y Bernal, 1978).

Algunos investigadores afirman que las semillas pueden germinar cuando la cosecha se hace en estado lechoso (McLister, 1943). Sin embargo, determinar el momento adecuado de recolección es difícil, debido a la desigualdad de maduración que se presenta en el cultivo y en una misma espiga de la planta; la semilla debe cosecharse después que ha alcanzado su madurez fisiológica (Bernal, 1979).

2.2. Almacenamiento

Las condiciones de almacenamiento tienen una influencia decisiva

en la conservación de semillas. Bajas temperaturas, baja humedad relativa y aireación adecuada son las condiciones favorables a las cuales, se deben someter las semillas después de la cosecha (Jollif y Sánchez, 1971).

Las semillas al respirar, pierden peso, aumentan su humedad y el contenido de CO_2 en los espacios entre los granos. Cuando son más intensos éstos procesos, mayor es la rapidez con la cual la semilla pierde su poder germinativo y vigor, siendo una condición fundamental para su conservación reducir al mínimo su proceso de respiración (Kononkov y García, 1967).

Las condiciones de temperatura y humedad durante el almacenamiento influyen sobre la viabilidad de la semilla. En pasto mejicano o hatico (Ixophorus unisetus) se encontró buena viabilidad de la semilla almacenada después de dos años en condiciones de baja humedad relativa (Hodnett, 1958). En semillas de maíz se observó que al aumentar la humedad relativa durante el almacenamiento, disminuyó su germinación y vigor (Marroquin, 1978).

El material de empaque en donde se almacena la semilla puede influir en el contenido de humedad y temperatura del aire que rodea la semilla. En semilla de pasto guineá almacenada en bolsas de papel

se logró incrementos de 10.1% y 7.1% a los 30 y 60 días de almacenamiento respectivamente, sobre la germinación de la semilla guardada en bolsas de polietileno (Wejía, 1976).

La germinación de semillas normales de pastos recién cosechadas germinan poco o no germinan, requiriendo de un período de almacenamiento antes de la siembra para romper latencia, la cual puede variar con las condiciones de suelo, humedad, fertilización, clima, edad del cultivo y la especie (Sernal, 1979). En semillas de puntero (Hyparrhenia rufa), guinea (Panicum maximum) y angleton (Dichanthium aristatum) producidas en el Valle del Cauca, se lograron incrementos de un 38% para puntero a los 130 días después de la cosecha, 10.4% para guinea a los 160 días y 56.6% para angleton a los 219 días (Alarcón, Lotero y Escobar, 1969). Con pasto braquiaria (Brachiaria decumbens) se ha observado incrementos progresivos en la germinación, llegando al máximo, entre 7 y 8 meses de almacenamiento, con un 80% (Ramos, 1976).

2.3. Promotores e inhibidores de germinación

Los procesos involucrados en dormancia y germinación de semillas están bajo control hormonal. Naturalmente existen promotores de germinación como giberelinas, citoquininas, etileno e inhibidores entre los cuales se pueden mencionar el ácido abscísico, cumarinas y otros fenólicos (Amen, 1968; Mayer y Shain, 1974).

Químicamente se conocen más de cuarenta giberelinas efectivas, pero hay unas más activas que otras como GA₄ y GA₇ (Reeve y Crozlier, 1974).

Las giberelinas tienen efectos sobre semillas dormantes y no dormantes; se les ha denominado iniciadoras de germinación debido a que es rara la especie que escapa a su acción. Se ha reportado solamente un caso, en Dioscorea tokora, maleza perenne de la familia Dioscoreaceae, cuya semilla es inhibida en su germinación cuando se hacen aplicaciones de ácido giberélico (Okagami y Kawai, 1977).

En los granos de cereales las giberelinas se producen en el embrión y son transportadas a la capa de aleurona vía vascular por la región nodal y del escutelo (Paley, 1964; Weaver, 1976). Las giberelinas inducen síntesis de enzimas hidrolíticas dentro de las células de la capa de aleurona que posteriormente son secretadas en el endospermo donde producen hidrólisis de las sustancias almacenadas, las cuales son absorbidas por el escutelo y traslocadas al embrión para mantener el desarrollo de las plántulas (Bennett y Chrispeels, 1972; Jacobsen y Varner, 1967; Bonner, 1965). Las giberelinas además de inducir síntesis de alfa amilasa, controlan la producción y secreción de hidrolasas en células de aleurona de cebada (Paley, 1965; Chrispeels, 1967).

Los carbohidratos y el catabolismo de las proteínas son estimulados por la aplicación de ácido giberélico en maíz, concluyendo que las giberelinas reemplazan un compuesto normalmente suplido por el embrión (Ingle y Hageman, 1965).

Las semillas secas de gramíneas contienen bajo nivel de alfa amilasa el cual aumenta en las fases tempranas de germinación (Amen, 1968; La Berge y otros, 1971; Chen, 1972); el incremento precedente de alfa amilasa es el requisito para síntesis de RANs y proteína, realizado por ácido giberélico (Chen y Varner, 1970; Chen y Park, 1973).

Los niveles endógenos de giberelinas en semillas maduras y secas difieren con el tamaño de la cariósida, siendo mayor en las más grandes (Wurzuburger y otras, 1974). En semillas de habichuela el nivel endógeno de giberelinas decrece naturalmente con su maduración, al mismo tiempo se incrementan otras sustancias neutrales (Hashimoto y Rappaport, 1966 a; 1966 b.)

Las giberelinas o productos metabólicos favorecen germinación cuando se aplican a las semillas por imbibición, produciendo cambios en los niveles endógenos, finalizando la dormancia de la semilla, pero no está claro cuando comienza a incrementarse (Chen y Varner, 1970; Chen y Park, 1973; Taylorson y Hendrick, 1977).

La temperatura, edad y tiempo de imbibición de la semilla en el ácido giberélico influyen en su sensibilidad al ácido. La temperatura moderada es necesaria para que la hormona reempláce la acción del fitocromo en promoción de germinación. Existen a menudo relación sinérgica entre ácido giberélico y fitocromo porque regulan un evento común en germinación. A través de mecanismos distintos, se ha observado que el ácido giberélico actúa originando cambios en la permeabilidad de las membranas, derrepresa el genomio que codifica para la formación de alfa amilasa, induce síntesis de proteína é incrementa la actividad enzimática (Dilworthy y Kende, 1974; Edwards, 1976; Fountain y Bewley, 1976; Eastwood, 1977).

Manivel citado por Ramos (1976), encontró terminación de reposo de un 50% de semilla sin escarificar aplicando 50 ppm de ácido giberélico en contacto durante 28 horas. En Avena fatua, se logró incrementar su germinación de un 26 a 57% con aplicaciones de 500 ppm de ácido giberélico (Nayer y otros, 1963). En semillas de braquieria escarificada y sin escarificar aplicaciones entre 50 a 200 ppm de ácido giberélico en contacto 26 horas, aumentan la germinación en un 15 a 20% (Ramos, 1976).

Las citoquininas intervienen en muchos fenómenos fisiológicos, tales como dormancia y germinación de semillas, siendo su actividad

más prominente cuando interactúan con algunos agentes como ácido giberélico, luz, etileno y otras sustancias que mejoran germinación (Rao y otros, 1975; Khan, 1975). Las citoquininas para desempeñar su papel de controladoras de germinación se trasladan del endospermo al embrión unidas a glucósidos (Smith y Van Staden, 1978) y aunque mejoran germinación, no es suficiente por si sola (Aren, 1968).

El ácido abscísico y las citoquininas tienen un sitio común de acción y este es diferente al lugar donde actúa el ácido giberélico (Fountain y Sewley, 1976). A pesar de tener las citoquininas y el ácido abscísico un sitio común, este no afecta la absorción o metabolismo de las primeras (Tzou y otros, 1973).

La influencia del etileno en dormancia de semilla fue observada en la mitad del siglo pasado, pero su acción sobre germinación y biosíntesis de inhibidores no son muy conocidas como en otros sistemas fisiológicos de la planta (Abeles, 1973; Beyer, 1975; Taylorson y Hendrick, 1977). El etileno puede actuar solo, pero como citoquinina parece que su acción en germinación es usualmente incrementada cuando interactúa con luz o CO_2 (Negm, Smith y Kumamoto, 1973). Algunos autores sugieren que su papel principal es producir terminación de dormancia, mientras otros dicen que actúa esencialmente en la iniciación de germinación, permitiendo aumentar la rata de crecimiento. No está

claramente definida la forma como el etileno produce terminación de dormancia, pero su producción en los estados avanzados de germinación hace suponer que puede ser un subproducto y no una causa o motivo para la germinación (Mayer y Shain, 1974).

El ácido abscísico (ABA) es un componente endógeno de muchas semillas que puede prolongar su dormancia, pero cuando es removido la semilla puede germinar. Con estratificación de semillas dormantes de Fraxinus spp, se observa rápida disminución del ABA endógeno (Addicott y Lyon, 1969; Wareing y Saunders, 1971). Parece que la imposición de dormancia por ABA es eficiente tanto en luz como en oscuridad, pero con algunos tratamientos como estratificación se logra disminuir su efecto (Dunalap y Morgen, 1977).

En algunas semillas como lechuga, no existe correlación entre los niveles de ABA y dormancia. (Braun y Khan, 1976), encontrándose en extracto de semilla de Acer otros tipos de inhibidores de los cuales ABA es solamente una fracción (Weeb y otros, 1972; 1973).

Hay otros compuestos inhibidores de germinación que pueden afectar síntesis de aminoácidos y proteínas como la cumarina (Leopold y Kriedmann, 1976) que en semillas de xanthium es un inhibidor natural de germinación, pero aplicaciones de quinotina y luz roja revierten ese efecto (Amen, 1968).

2.4. Efectos de las cubiertas de las semillas

El hecho de que las semillas aparentemente maduras no germinen, puede deberse a un factor o a combinaciones de factores como son: embriones rudimentarios, embriones fisiológicamente inmaduros, cubiertas mecánicamente resistentes é impermeables y a presencia de inhibidores de germinación. (Amen, 1968).

Numerosos estudios realizados con ayuda de soplador (separación por peso de espiguillas), indican que del 50 al 75% de la inflorescencia de muchos pastos tropicales, no contienen carióspsides. La separación de las inflorescencias vacías es difícil y la semilla puede aparecer por fuera como llena, la cual germina pobremente por el gran porcentaje de flores vacías presentes. De esta manera, un tratamiento que facilite la presentación o descubierto de la semilla es conveniente (Burton, 1938).

Las sustancias inhibidoras de germinación pueden estar presentes en la cubierta o en las cariopsides. La dormancia impuesta por la cubierta puede ser debida a inhibidores localizados en ella, a impermeabilidad de la cubierta para intercambio gaseoso y absorción de agua, o a resistencia mecánica sobre el embrión (Mayer y Shain, 1974), en semillas de cucurbita los inhibidores se encuentran en la cubierta y el embrión (Toole y otros, 1956).

La germinación de muchos pastos es mejorada por reducción, rompimiento, tratamientos con ácidos o removiendo las cubiertas de la semilla (Toole y otros, 1955). Los tratamientos con ácidos minerales fuertes son efectivos para romper dormancia impuesta por las cubiertas; sin embargo, deben tomarse precauciones para evitar daños en el embrión (Verner, 1967; McDonald Jr y Khan, 1977).

En pasto buffel (Cenchrus ciliaris) los inhibidores están presentes en las cerdas, lemas, paleas y otras estructuras externas de la semilla pero adheridas a ella (Toole y otros, 1956).

En pasto dallis (Paspalum dilatatum) se ha reportado una rápida germinación escarificando la semilla con HCl del 37% durante 3 a 10 minutos (Ray y Stewart, 1937); también se ha podido incrementar la germinación de pasto bahia o trenza (Paspalum notatum) en un 32% cuando la semilla se trata con ácido sulfúrico concentrado durante cinco minutos, mientras que las no tratadas no germinan (Burton, 1939).

Escarificando la semilla de pasto braquiaria con ácido sulfúrico concentrado durante cinco minutos se acorta su período de latencia manteniendo este efecto durante cuatro meses de almacenamiento (Ramos, 1976).

Con el rompimiento o eliminación de las cubiertas de semillas se consigue mejorar el intercambio gaseoso y liberar mecanismos restringidos impuestos sobre el embrión por la firme lema y palea (Toole, y otros, 1956).

2.5. Efectos de temperaturas

La temperatura es un factor que influye en dormancia y germinación de semillas, ejerciendo su efecto sobre varios niveles metabólicos. La acción de la temperatura varía entre y dentro de especies, dependiendo de la procedencia de la semilla, condiciones genéticas y de almacenamiento (Toole y otros, 1956; Vegis, 1964; Ching, 1975; Medina, 1977).

Temperaturas bajas, altas y alternas estimulan germinación de semillas. Muchas semillas después de maduras para romper dormancia requieren de estratificación o bajas temperaturas que consiste en someterla después de imbibidas en agua a temperaturas de 2 a 5°C por un período de 4 a 6 semanas (Sondheimer y otros, 1968); este tratamiento ha estimulado germinación de varias especies tales como Rhinanthus crista-galli, Heracleum sphondylium (Toole y otros, 1956); Fraxinus americana (Sondheimer y otros, 1968); Fraxinus excelsior, L. (Wareing y Saunders, 1971) y Corylus avellana (Jones, 1973).

Con varias semillas que requieren frío, se ha encontrado una disminución marcada de los niveles endógenos de ABA, biosíntesis de giberelinas y parece que su principal mecanismo de acción es producir cambios en hormonas endógenas (Amen, 1968).

Altas temperaturas son convenientes en algunas especies para romper dormancia. En varias malezas gramíneas se rompe la dormancia con pretratamiento a temperatura de 50°C (Taylorson y Brown, 1977). Los efectos de altas temperaturas son asociados con cambios en permeabilidad de membrana que se manifiesta por el escape de constituyentes endógenos de la semilla (Hendrick y Taylorson, 1976).

Por el contrario, altas temperaturas por largo tiempo deterioran el material de la semilla para germinar en muchas especies (Toole y otros, 1965; Hendrick y Taylorson, 1976). Semillas de algodón no germinan a 45°C debido posiblemente a desnaturalización de las proteínas impulsada por esta alta temperatura; a temperaturas de 15°C hay inactividad de las enzimas y no es visible aumento de volumen como resultado de la imbibición. Dentro del rango de 20-30°C las enzimas en semilla de algodón pueden alcanzar gradualmente su máxima actividad aumentando de esa forma germinación, la cual puede declinar por un incremento de temperatura por encima de 30°C (Koller, 1972).

Alternación de temperatura, usualmente en el rango de 10 a 40°C causan efectos marcados en terminación de dormancia (Thompson, 1974), en ciclos generalmente de un día, 8 horas a la temperatura más alta y 16 horas con la temperatura más baja (Taylorson y Hendrick, 1972; Biswas y otros, 1978), interactuando sinérgicamente con Pfr (Hendrick y Taylorson, 1976).

Los regímenes adecuados de temperaturas alternas generalmente en semilla de pastos inciden en una germinación más rápida que con un régimen constante, aunque después de 6 días son similares. Sin embargo, bajas temperaturas alternas pueden reducir la germinación a un nivel no satisfactorio (McElgunn, 1974). La respuesta de algunos pastos a temperaturas alternas puede estar asociada con la ruptura de dormancia más que un efecto directo sobre germinación (Harrington, 1923; Morinaga, 1926).

Entre las especies de pastos que requieren períodos de alternación de temperatura de 20-30°C se encuentran Panicum cloratum, Panicum maximum, Paspalum dilatatum, Cenchrus ciliaris, Chloris gayana y Setaria sphacelata (Blair y otros, 1974); Cynodon dactylon, requiere temperaturas alternas de 15 a 38°C (Morinaga, 1926).

Existen diferentes criterios para explicar los efectos de las

temperaturas alternas. Toole y colaboradores (1955), sugieren que los cambios de temperaturas actúan bioquímicamente, preparando a través de mecanismos que involucran enzimas termodinámicas, reactantes de los cuales depende la germinación. Cohen citado por Thompson (1974), propone una explicación basada en cambios físicos correlacionados con la máxima temperatura; estos cambios, sugirió, pueden implicar la conversión de una enzima precursora, inactiva, a un estado activo o producir alteraciones en permeabilidad de membranas las cuales permiten interacciones entre compuestos previamente separados. Lang, también citado por Thompson (1974), sugiere que los cambios de temperaturas son efectivos no porque remuevan inhibidores responsables de dormancia, sino porque aumentan la actividad fisiológica de la semilla.

3. MATERIALES Y METODOS

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados para el presente estudio, se dividió en tres experimentos analizados separadamente como se describe a continuación:

3.1. Efectos de la localidad y tipos de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth).

Las espiguillas del pasto utilizadas en este experimento, fueron cosechadas en los Centros Experimentales Carimagua, La Libertad y Motilonia del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, y en la Granja del CIAT en Palmira.

Carimagua está situado a 200 m.s.n.m., en el extremo nororiental del Departamento del Meta, a $4^{\circ}37'$ de latitud norte y $71^{\circ}36'$ de longitud oeste en los Llanos Orientales de Colombia con una precipitación de 2000 mm anuales distribuidos desde abril hasta diciembre y una temperatura promedio mensual de 24°C .

La Estación Experimental La Libertad está localizada en Villavencio (Departamento del Meta), a una altura de 336 m.s.n.m., a $4^{\circ}3'$ de latitud norte y $73^{\circ}29'$ de longitud oeste, con una humedad relativa

promedio del 77%, temperatura media de 26.2°C y una precipitación promedio de 2686 mm anuales distribuidos desde marzo hasta noviembre.

La Granja del CIAT ubicada en Palmira, Departamento del Valle del Cauca, está a una altura de 966 m.s.n.m., y a $3^{\circ}30'$ de latitud norte, $76^{\circ}22'$ de longitud oeste, con una humedad relativa promedio del 72%, temperatura media de 23.9°C y precipitación promedio de 1000 mm.

El Centro Experimental Motilonia está localizado en el Municipio de Codazzi (Cesar), a una altura de 130 m.s.n.m., $10^{\circ}2'$ de latitud norte y $73^{\circ}13'$ de longitud oeste, temperatura promedio de 29°C y 1200 mm de precipitación anual.

En la figura 1, se incluyen las variaciones mensuales de la precipitación, humedad relativa y temperatura ambiente durante el ciclo vegetativo del pasto en las diferentes localidades.

El análisis químico del suelo de las diferentes localidades se muestra en la Tabla 1. La procedencia y manejo efectuado al pasto con el propósito de cosechar semilla, se enseña en la Tabla 2 para cada uno de los sitios originarios de la misma.

Para todos los experimentos se usaron espiguillas desaristadas

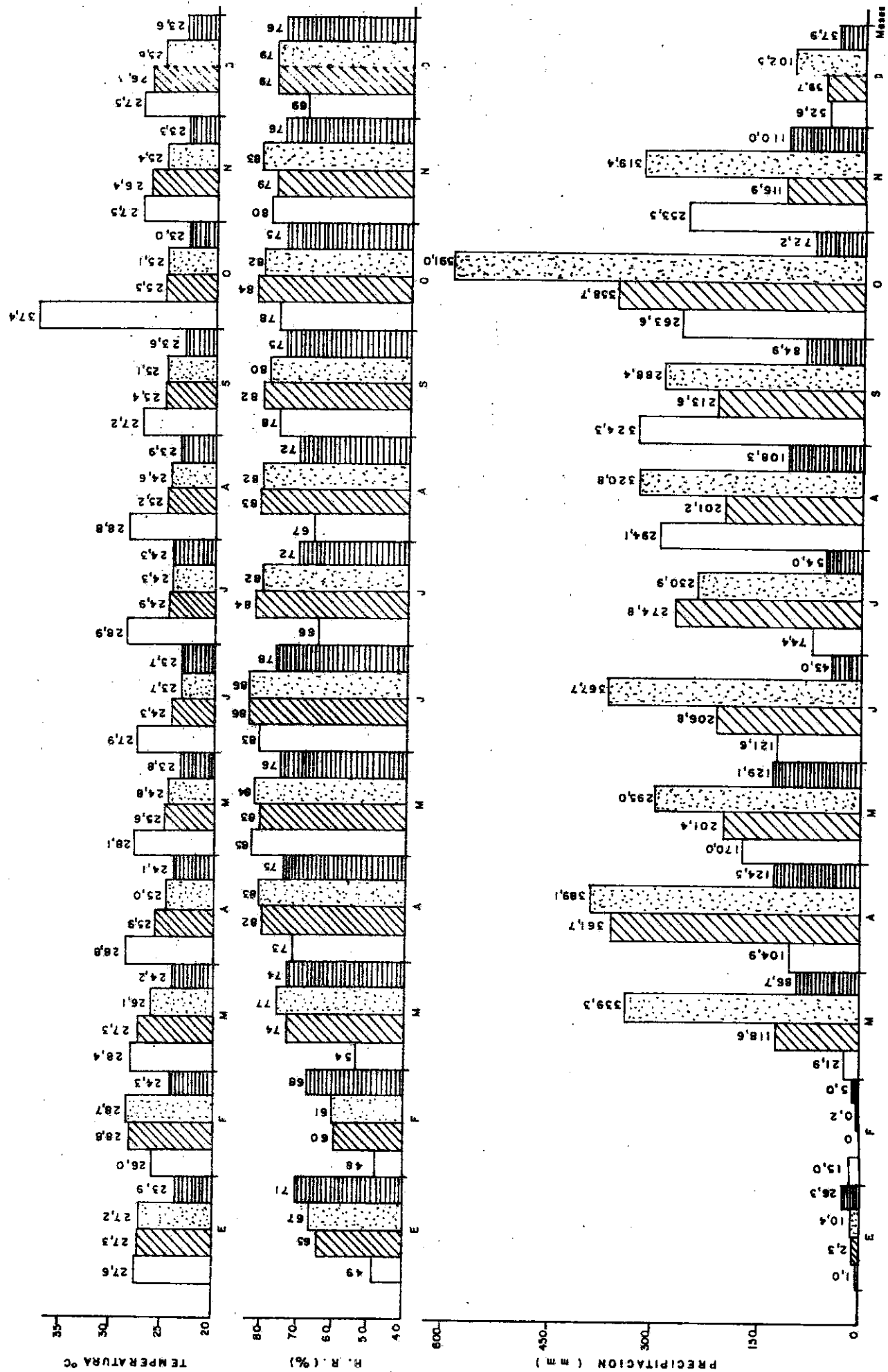


FIGURA 1 - Precipitación, humedad relativa y temperatura ambiente mensuales durante el ciclo del cultivo en las cuatro localidades.

TABLA 1. Análisis de suelos representativos de los Centros Experimentales Carimagua, La Libertad, Palmira y Motilonia. Bogotá, 1980.

Localidades	M.O.		P I/		meq/100 gramos de suelo						
	pH	%	ppm	C.N.*	Al	Ca	Mg	K	Na	ClCe	
Carimagua (Llanos Orientales)	4,5	3	1,0	C.N.*	3,3	0,15	0,15	0,1	0,1	3,8	
La Libertad (Piedemonte Llanero)	4,7	3,6	6,0		3,0	0,6	0,03	0,08	0,20	3,91	
Palmira (Valle del Cauca)	6,8	3,6	49,2		-	14,5	11,2	0,54	0,23	26,47	
Motilonia (Valle del Cesar)	7,0	4,6	140,0		-	2,3	2,5	0,58	0,16	5,54	

I/ Determinación por el sistema de Bray II

* Determinado por el método de Carolina del Norte

Fuente: Banco de Datos del Programa Nacional de Suelos del ICA

TAULA 2. Procedencia y manejo efectuado al pasto para obtener las semillas utilizadas en los diferentes experimentos. Bogotá, 1980.

Localidad	Tipo	Siembra	Cosecha	Fertilización
Carimagua	Selección nada	VI-79	XII-79	Al momento de la siembra se aplicaron 75 kg/Ha de P_2O_5 ; 50 kg/Ha de K_2O ; 20 kg/Ha de MgO ; 20 kg/Ha de S; 1 kg/Ha de Zn y B; 1.5 ton/Ha de cal dolomítica; 100 kg/Ha de N en post-emergencia.
La Libertad	Selección nada.	IX-13/79	I-80	Al momento de la siembra se aplicaron 250 kg/Ha de cal neolítica; 90 kg/Ha de P_2O_5 y 67 kg/Ha de K_2O .
Palmira	Selección nada	III-79	XII-79	Al momento de la siembra se aplicaron 1 kg/Ha de B y 2,5 kg/Ha de Zn SO_4 . 50 kg/Ha de N en post.-emergencia.
Notilonia	Selección nada	V-31/79	XII-79	Solamente se hizo aplicación de 100 kg de N al voleo. En todas las localidades en donde se aplicó N se usó como fuente urea del 46%; ninguno de los lotes fue pastoreado y la cosecha se hizo con hoz.

en la Granja del CIAT en Palmira, mediante un molino especial provisto de cilindro giratorio con dientes, revestidos con caucho para evitar daños a la semilla. Posteriormente se introducen las espiguillas y aristas en una máquina Clipper, la cual hace la separación de espiguillas pesadas, livianas y aristas.

Después del procesamiento, las espiguillas se empacaron en bolsas de papel con dos capas, bolsas de tela y bolsas de polietileno. La cantidad por empaque fue de 250 gramos, 600 gramos y 120 gramos para bolsas de papel, de tela y polietileno, respectivamente. Todos los empaques se almacenaron en el laboratorio de certificación de Semillas del ICA en Tibaitatá localizado en el Municipio de Mosquera (Cundinamarca), a una altura de 2453 m.s.n.m. y a $4^{\circ}42'$ de latitud norte, $24^{\circ}13'$ de longitud oeste. Las condiciones ambientales del laboratorio fueron de 20°C de temperatura y una humedad relativa del 50%.

Para determinar el número de espiguillas a utilizar por replicación, se tomaron al azar 200 espiguillas de cada localidad para determinar número de cariósides, resultando 230 espiguillas para la localidad de Motilonia, 270 para el lote de la Libertad, 303 espiguillas para el de Carimagua y 282 para el lote procedente de Palmira.

La germinación durante el almacenamiento en los diferentes tipos de empaques se cuantificó como un porcentaje mensual, contando el número de plántulas emergidas a los 7, 21 y 28 días después de la siembra. Se consideraron semillas germinadas aquellas cuyo coleóptilo emergió sobre la superficie del suelo y presentaban las primeras raicillas. Las espiguillas se sembraron a una profundidad de 0.2 cm, iniciadas en marzo y finalizadas en septiembre de 1980.

El suelo utilizado en este estudio era de terraza alta de la Estación Experimental La Libertad, colocado en bandejas de asbesto de 50 cm de largo, 34 de ancho y 11 cm de profundidad, mantenido con humedad adecuada durante todo el experimento en el invernadero del Programa de Fisiología Vegetal.

Las condiciones ambientales del invernadero tuvieron un rango de temperatura diurna de 34 a 38°C, nocturna de 12 a 16°C.

El análisis del suelo utilizado mostró un pH de 4,4; materia orgánica 4,3; 8 ppm de fósforo y 3,8 miliequivalentes por 100 gramos de suelo de aluminio intercambiables.

Para el análisis estadístico de los datos, se empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Para

determinar las diferencias entre promedios de tratamientos se utilizó la prueba de Duncan.

3.2. Efecto de la escarificación y del ácido giberélico en la germinación de semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth)

En este experimento se estudió la posibilidad de romper la latencia fisiológica de semillas de Carimagua 1 por medio de ácido giberélico, utilizando diferentes dosis del ácido en semilla escarificada químicamente y no escarificada. Para ello se utilizaron espiguillas procedentes de la Estación Experimental La Libertad, empacadas en bolsas de papel con dos capas y almacenadas en el laboratorio de Certificación de Semillas del ICA en Tibaitatá.

Las espiguillas para la primera siembra fueron escarificadas con ácido sulfúrico del 98% dejándolas en contacto con el ácido 2.5 minutos. En las siembras siguientes se incluyó 1 minuto de contacto. Posteriormente se lavaron con suficiente agua para remover los vestigios del ácido y prevenir daños al embrión, y se dejaron secar al aire libre.

Las concentraciones de ácido giberélico fueron: 0, 50, 100 y 150 ppm. Las soluciones se hicieron disolviendo ácido giberélico en

forma de polvo en agua desmineralizada hasta obtener las dosis indicadas. El tiempo de imbibición de las espiguillas en el ácido giberélico fué de 20 horas. Las espiguillas de los tratamientos sin ácido giberélico se dejaron en agua desmineralizada también 20 horas. Durante la imbibición las espiguillas se mantuvieron en la oscuridad. Luego se sembraron en el invernadero del Programa de Fisiología Vegetal en bandejas de asbesto que contenían suelo como se explicó para el experimento N° 1.

Para evaluar el porcentaje de germinación mensual se contaron las plántulas emergidas a los 7, 21 y 28 días después de la siembra, considerándose semillas germinadas aquellas de las cuales emergió el coleóptilo sobre la superficie del suelo y mostraban las primeras raicillas. Las espiguillas se sembraron a una profundidad de 0.2 cm., iniciadas en marzo de 1980 y finalizadas en septiembre del mismo año.

Para el análisis estadístico de los datos se empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, cada una de 270 espiguillas. Las diferencias entre tratamientos se hizo comparando sus promedios utilizando la prueba de Duncan.

3.3. Efecto de la temperatura y el medio de germinación sobre la emergencia de plántulas del Carinagua 1 (Andropogon gayanus Kunth).

Las espiguillas empleadas en este experimento procedieron también del pasto sembrado en la Estación Experimental La Libertad, empacadas en bolsas de papel con dos capas y almacenadas en el Laboratorio de Certificación de Semillas del ICA en Tibaitatá.

Como medios de germinación se utilizaron los siguientes: 1) Cajas de petri de 9 cm de diámetro con dos capas de papel de filtro Whatman N°1, humedecido con 5 ml de agua desmineralizada; 2) Papel toalla extendido sobre láminas metálicas y saturado de humedad; 3) bandejas plásticas de 27 cm de largo, 17 de ancho y 3.5 cm de profundidad llenadas con suelo de terraza alta de la Estación La Libertad cuyo análisis químico fué descrito. En este caso las espiguillas se sembraron a 0.2 cm de profundidad.

La temperatura se obtuvo en un germinador marca Cleland International con control manual de temperatura. Las temperaturas fueron 15-25°C y 20-30°C aplicando el grado mayor en el día durante 8 horas y el menor durante 16 horas.

El porcentaje de germinación se expresó como promedio de 4 repeticiones de 270 espiguillas cada una, considerándose como semillas germinadas para los medios cajas de petri y papel toalla, aquellas donde fueron visibles la radícula y el coleóptilo, para el medio canchales plásticas, cuando apareció el coleóptilo a través de la superficie del suelo. Las evaluaciones se hicieron a los 7 y 21 días después de la siembra, las cuales se iniciaron en marzo y se continuaron mensualmente hasta septiembre de 1980.

Para el análisis estadístico de los datos, se empleó un diseño completamente al azar; para determinar las diferencias entre tratamientos, se compararon los promedios utilizando la prueba de Duncan.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Este capítulo sigue el mismo orden como el anterior, en el cual aparecen los experimentos con su correspondiente metodología.

4.1. Efecto de la localidad y tipos de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth)

Para determinar estos efectos se analizaron los resultados obtenidos en cada época de almacenamiento y posteriormente se hizo una evaluación combinada de las localidades, tipos de empaques y épocas de almacenamiento sobre la germinación de la semilla.

Entre 120 y 150 días de almacenamiento, se aumentó progresivamente la germinación de la semilla procedente de las cuatro localidades, la cual con excepción de la semilla de La Libertad disminuye en las dos épocas siguientes, o sea 180 y 210 días (Tabla 3).

La semilla procedente de Carimagua que germinó en un 19,89%, dió el más alto porcentaje con diferencias significativas respecto a las demás localidades; entre la semilla procedente de La Libertad (16,02%) y de Motilonia (15,90%) no hubo diferencias significativas

en la germinación, obteniéndose el más bajo porcentaje con la semilla de Palmira (7,43%), el cual fué significativamente diferente a todos. A pesar de poseer Motilonia y Palmira mejores condiciones de suelos que Carimagua y La Libertad, la diferencia en germinación a favor de estas dos últimas localidades posiblemente se debe a factores ambientales como puede ser cantidad y distribución de las lluvias durante la floración del pasto que favorecieron mejor formación y desarrollo de la semilla o a características de adaptación del pasto a suelos ácidos e infértiles.

De acuerdo con los resultados anteriores, el lugar o la localidad donde se cosecha la semilla, parece tener gran importancia sobre la calidad de la misma, lo cual confirma las observaciones realizadas por Betancourt y Bernal (1978), quienes encontraron mejor germinación y vigor con semilla de guinea procedente de los Llanos Orientales, frente a la de Valledupar y Palmira.

Los resultados sobre épocas de almacenamiento, demuestran que existen diferencias significativas entre los porcentajes de germinación (Tabla 3). Con excepción de la germinación obtenida a los 120 días, se observó aumentos progresivos durante el almacenamiento, lo cual confirma los resultados reportados por Alarcón y Colaboradores (1969) y

TABLA 3. Efecto de la localidad y época de almacenamiento sobre la germinación de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth). Bogotá, 1980.

Localidad	Porcentaje de germinación *				Promedio
	60 días	90 días	120 días	150 días	
Motilonia (Codazzi)	16,0	13,75	14,0	16,75	15,9 b **
Carimagua	17,75	14,0	19,83	23,67	19,89 a
La Libertad (Villavicencio)	9,5	17,75	11,58	15,00	16,25
Granja Palmira (Palmira)	5,83	8,0	5,17	10,17	7,43 c
Promedio	12,8 d	13,38 d	12,64d	16,40c	15,06 c

* Promedios de los tres empaques

*** Promedios con una letra en común no difieren significativamente al nivel del 5%

Ver análisis estadístico en la Tabla 1 del Apéndice

Ramos (1976), quienes afirmaron que es necesario el almacenamiento de la semilla de algunos pastos tropicales durante varios meses para aumentar su germinación. El porcentaje a los 180 días de almacenamiento de la semilla (18,62) es significativamente diferente a las demás épocas, posiblemente con este tiempo de almacenamiento hay mayor intercambio gaseoso ocasionado por el debilitamiento de las cubiertas que permiten cambios químicos y morfológicos en el interior de la semilla induciendo germinación; a los 210 días disminuyó a un 15,06%. La germinación a los 150 días de almacenamiento (16,40%) fue superior y significativamente diferente a las obtenidas en las tres épocas anteriores y a los 210 días.

En lo que respecta al efecto del empaque se observaron aumentos progresivos en germinación entre 120 y 180 días de almacenamiento; a partir de esa época disminuye en todos los empaques (Tabla 4). Las variaciones de germinación por época para las cuatro localidades en los empaques utilizados aparecen en la Figura 2.

La semilla empacada en bolsas de papel con dos capas, obtuvo el más alto porcentaje de germinación (16,18), pero no mostró diferencias significativas con la semilla en bolsas de polietileno (15,62%). La semilla empacada en bolsas de tela mostró el menor porcentaje (12,43%),

TABLA 4. Efectos del tipo de empaque sobre la germinación de semilla de Carimegua 1
(Andropogon geyanus Kunth) durante diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980.

Empaques	Porcentaje de germinación *				Promedio		
	60 días	90 días	120 días	150 días		180 días	210 días
Bolsas de polietileno	13,2	15,0	15,62	17,56	18,69	14,87	15,82 a**
Bolsas de tela	10,62	13,19	5,87	12,63	16,44	11,87	12,43 b
Bolsas de papel	14,56	11,94	12,44	19,0	20,75	18,44	16,18 a
Promedio	12,8 d	13,38 d	12,64 d	16,40 b	18,62 a	15,06 c	

* Promedios de las cuatro localidades

** Promedios con una letra en común no difieren significativamente al nivel del 5%

Ver análisis estadístico en la Tabla 2 del Apéndice

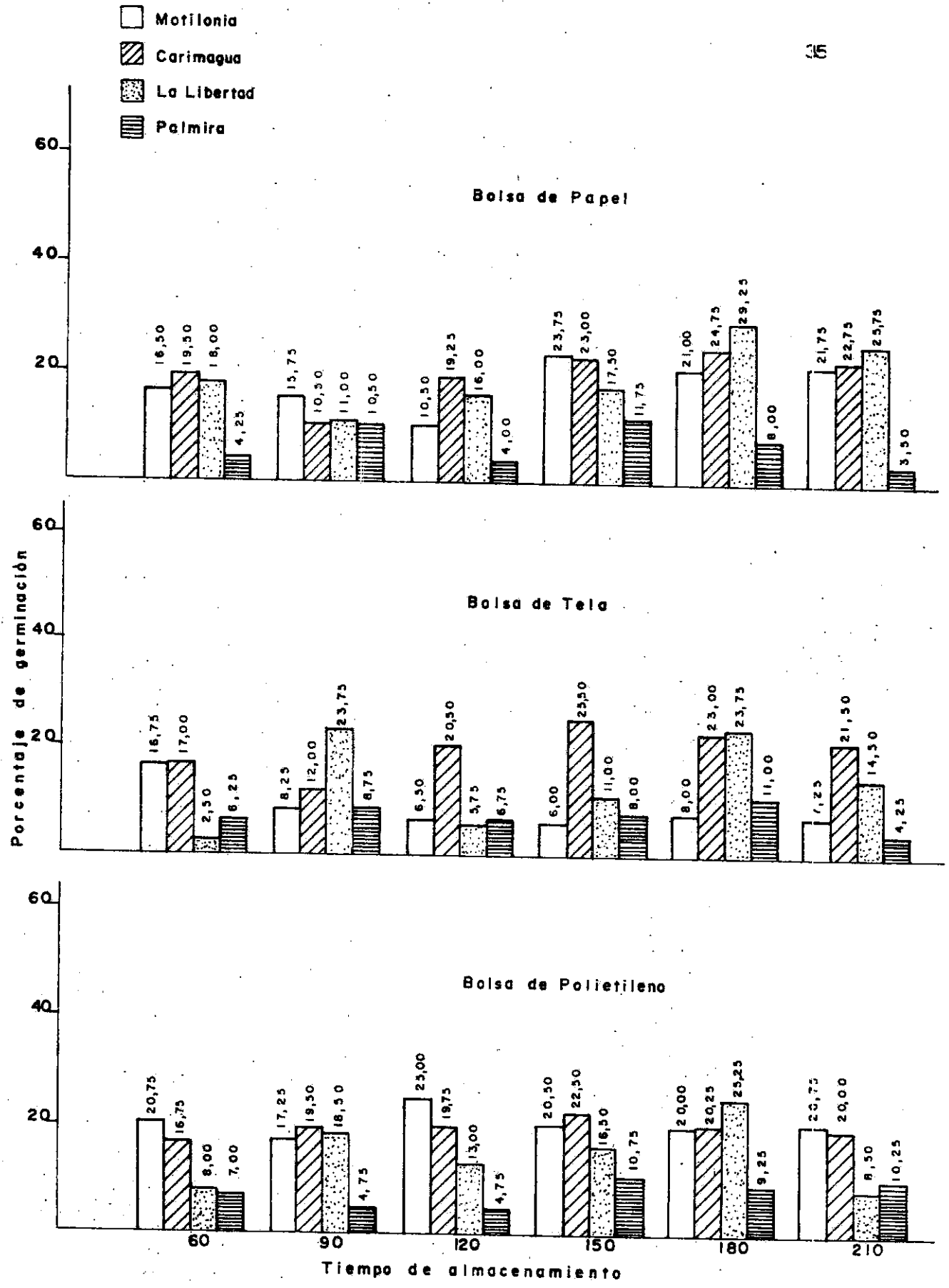


FIGURA 2. Efectos de la localidad y tipos de empaques en la calidad de la semilla de Carimagua I (*Andropogon gayanus* Kunth)

resultando significativamente diferente a las dos anteriores. Posiblemente, los medios de conservación en las bolsas de papel a temperatura de 20°C en el sitio de almacenamiento, fueron más adecuados que en los empaques de polietileno y de tela. Mejía (1976), reportó incrementos de 10,1 y 7,1% en germinación con semilla de pasta guinea almacenado en bolsas de papel en comparación con la almacenada en bolsas de polietileno durante 30 y 60 días.

La evaluación combinada de las localidades, tipos de empaques y épocas de almacenamiento (Tabla 25 del Apéndice) resultó que la germinación era del 29,25% para semilla procedente de La Libertad, empaçada en bolsas de papel con dos capas durante 180 días de almacenamiento. Esta germinación es la más alta y significativamente diferente a las demás, siguiéndole en orden de germinación la semilla procedente de La Libertad en bolsas de polietileno (25,25%) y la procedente de Carimagua (24,75%) empaçada en bolsas de papel aunque no existió diferencias significativas entre estas dos; con muestras de semillas procedentes de Motilonia empaçadas en bolsas de papel se obtuvo un 21% de germinación; el menor porcentaje se consiguió con semilla procedente de Palmira (8%) empaçada en bolsas de tela.

La germinación obtenida durante el almacenamiento a partir de los mejores tratamientos con el uso de la prueba de Duncan (Figura 3) indica aumentos progresivos hasta los 180 días y luego disminuye (25,75%) a los 210 días.

De estos resultados se deduce que a los 180 días de cosechada la semilla de Carimagua I rompe la latencia, además parece que el empaque de bolsas de papel mantiene mejores condiciones para la conservación de la semilla a la temperatura de 20°C especialmente en lo que se refiere a temperatura y contenido de humedad dentro del ambiente del empaque, factores que si no se controlan pueden dañar el embrión.

La germinación promedio a los 180 días (29,25%) puede considerarse aceptable ya que la mayoría de los pastos tropicales presentan bajos porcentajes de germinación.

4.2. Efecto de la escarificación y del ácido giberélico en la germinación de semilla de Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth)

Para determinar estos efectos se analizaron los resultados obtenidos en cada época de almacenamiento. Posteriormente se evaluaron los efectos combinados de escarificación, ácido giberélico y épocas

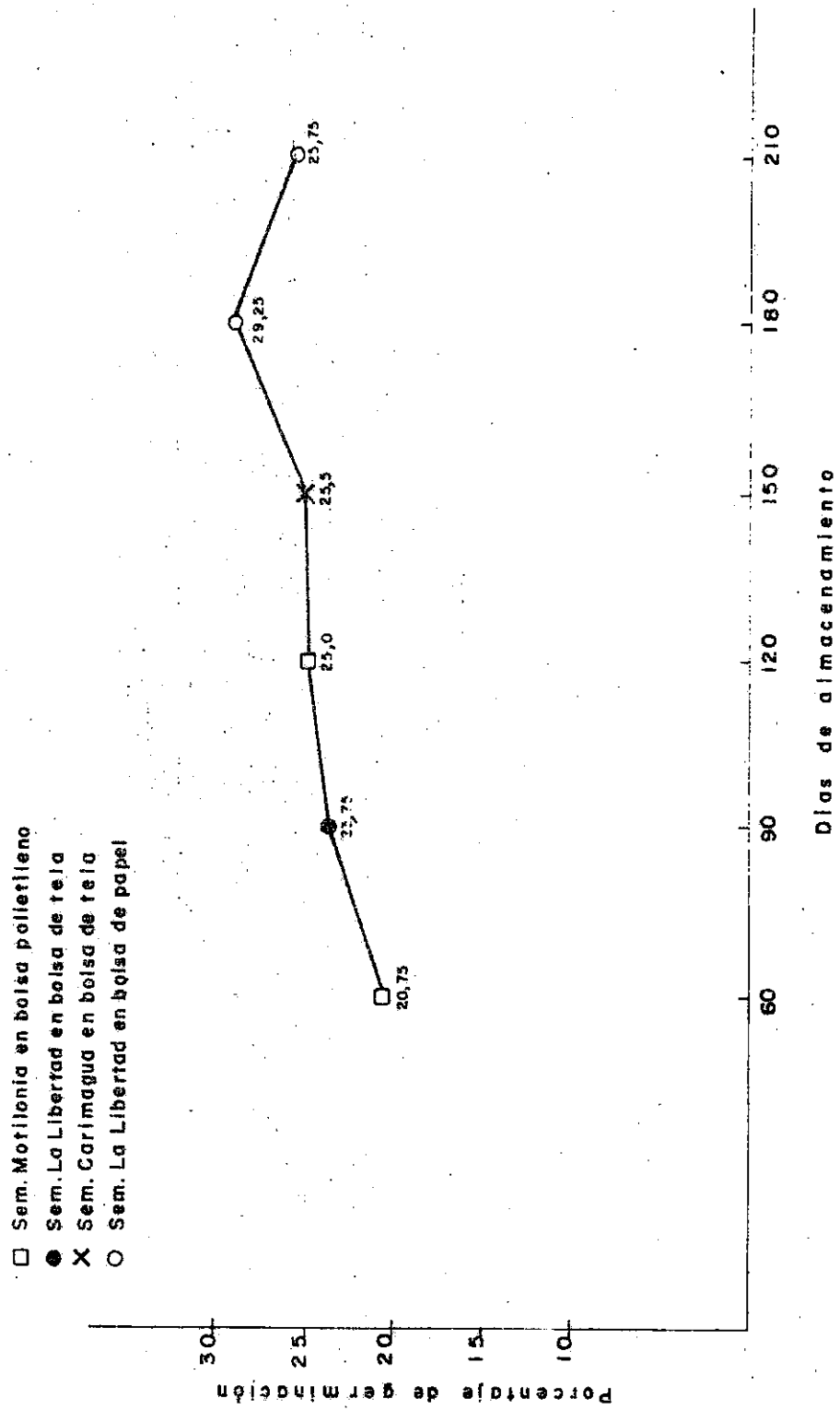


FIGURA 3 - Influencia de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth) obtenido en parcelas de los mejores tratamientos con el uso de la prueba de Duncan.

de almacenamiento sobre la germinación de la semilla. En la primera época de almacenamiento (60 días), no se incluyó el tratamiento de 1 minuto de escarificación con ácido sulfúrico; por tal razón, cuando se evaluaron los efectos combinados no aparecieron significancias para esta primera época.

Los resultados obtenidos después de efectuados los tratamientos indicaron que la germinación durante el almacenamiento no mostró una tendencia de aumento progresivo, expresado como porcentaje.

El valor promedio de 14,08% a los 120 días de almacenamiento, correspondió al más alto porcentaje con diferencias significativas respecto a las demás épocas; los menores se obtuvieron a los 90 (9,85%) y 180 días (9,56%) respectivamente, sin existir diferencias significativas entre ellos. Esto indica que posiblemente el efecto de la hormona varió durante la época de almacenamiento de la semilla. (Tabla 5).

La semilla sin escarificar, con un promedio de germinación de 24,73% dió los mejores resultados y fue significativamente diferente a la semilla escarificada durante 1 minuto (6,45%) y 2,5 minutos (2,90%), lo cual parece indicar que tanto el ácido sulfúrico como posiblemente los tiempos de escarificación utilizados, dañaron el embrión

TABLA 5. Efectos de la escarificación con ácido sulfúrico y épocas de almacenamiento sobre la germinación de semilla de Carimegua 1 (Andropogon gayanus Kunth). Bogotá, 1980.

Escarificación	Porcentajes de Germinación *				Promedio		
	60 días	90 días	120 días	150 días		180 días	210 días
Sin escarificar.	21,06	20,43	24,87	23,18	22,68	32,5	24,73 a**
1 minuto	-	6,12	13,12	7,12	3,75	2,12	6,45 b
2,5 minutos	7,81	3,00	4,25	3,75	2,25	1,25	2,90 c
Promedio	14,43	9,85 d	14,08 a	11,35 c	9,56 d	11,95 b	

* Promedios de las concentraciones de ácido giberélico utilizado

** Promedios con una letra en común no difieren significativamente al nivel del 5%

Ver análisis estadístico en la Tabla 3 del Apéndice

de la semilla, siendo menos drástico este efecto cuando se escarificó durante 1 minuto. La Tabla 6 muestra el efecto de diferentes dosis de ácido giberélico sobre la germinación de la semilla del Carimagua 1.

El porcentaje de germinación varió con la aplicación de ácido giberélico. Con 150 ppm la germinación promedio fué 12,43%, siendo la más alta con diferencias significativas respecto a las demás concentraciones; entre 50 y 100 ppm de ácido giberélico con las cuales se consiguieron 11,73 y 11,50% de germinación, no hubo diferencias significativas; el más bajo porcentaje y significativamente diferente a todos, se obtuvo con 0 ppm de ácido giberélico (9,78). Se puede observar que estos valores, están por debajo de los obtenidos en el primer experimento, como consecuencia del efecto negativo de la escarificación.

La semilla sin escarificar responde en forma diferente a las aplicaciones de ácido giberélico (Figura 4). Cuando no se les aplicó ácido giberélico, la germinación aumentó progresivamente entre 90 (11,75%) y 180 días de almacenamiento (30,75%), época de mayor germinación; a los 210 días, disminuyó a un 30,5%.

Con 50 ppm de ácido giberélico la germinación también aumentó

TABLA 6. Efecto del ácido giberélico sobre la germinación de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth) durante diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1980

Acido giberélico	Porcentaje de germinación *					Promedio
	60 días	90 días	120 días	150 días	180 días	
0 ppm	9,87	5,58	12,16	8,41	11,58	11,16 9,78 ** c
50 ppm	12,25	9,25	14,00	12,83	10,41	12,16 11,73 b
100 ppm	15,25	13,00	12,08	13,08	7,5	11,83 11,50 b
150 ppm	20,37	11,58	18,08	11,08	8,75	12,66 12,43 a
Promedio	14,43	9,58 d	14,08 a	11,35	9,56 d	11,95 c

* Promedios de escarificación

** Promedios con una letra en común no difieren significativamente al nivel del 5%

Ver análisis estadístico en la Tabla 4 del Apéndice.

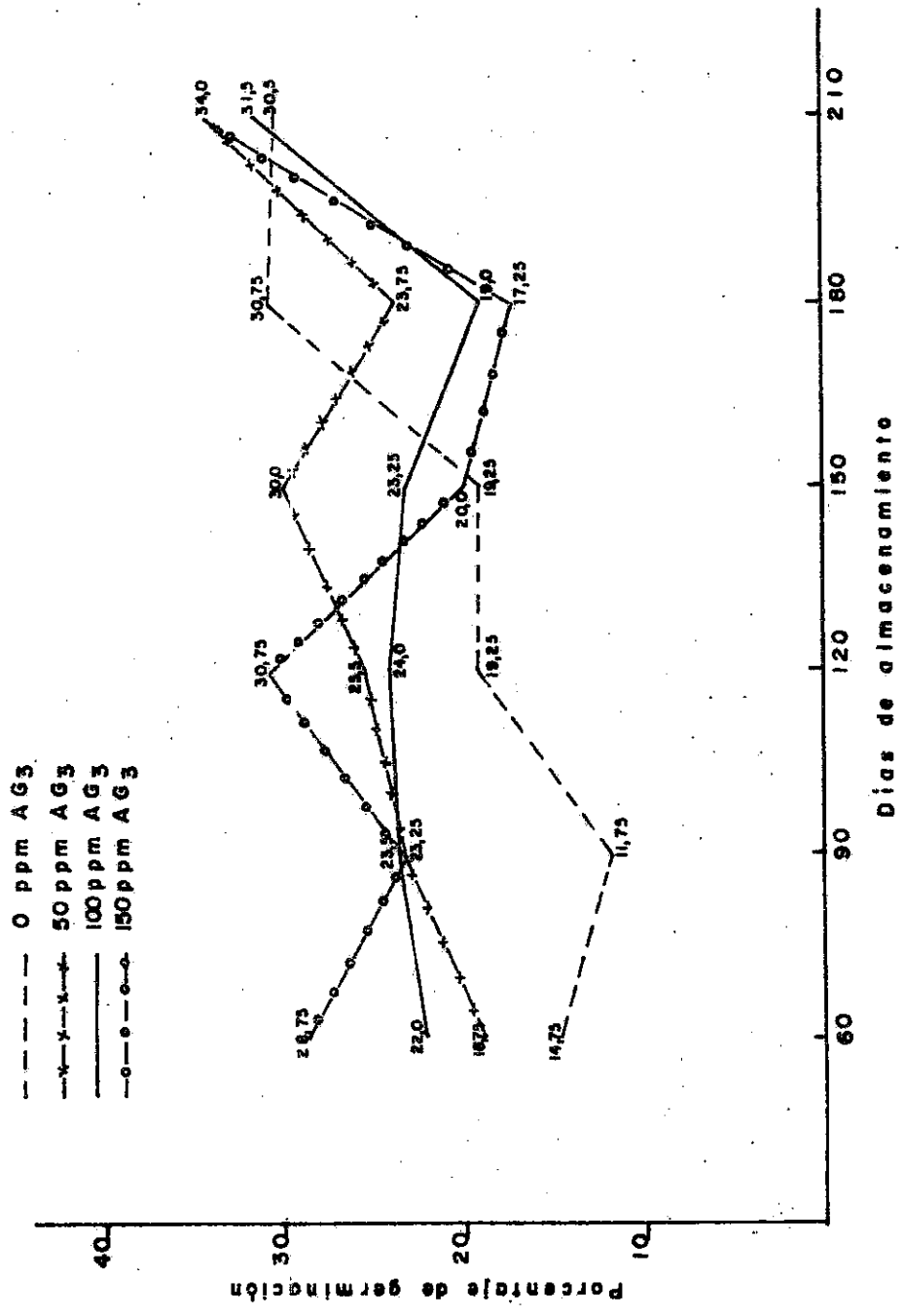


FIGURA 4 - Efecto de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de semilla de Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth) sin escarificar con aplicación de ácido giberélico.

progresivamente durante el almacenamiento, alcanzando su máximo porcentaje a los 150 días (30%); a los 180 días, la germinación disminuyó (23,75%).

Con la aplicación de 100 ppm de ácido giberélico la germinación aumentó progresivamente hasta los 120 días (24%), porcentaje este menor que el obtenido con 50 ppm (25,9%), a los 180 días, esta germinación disminuyó a un 19%.

La aplicación de 150 ppm de ácido giberélico produjo a los 120 días de almacenamiento el más alto porcentaje de germinación obtenido en esa época (30,75%).

Estos resultados parecen indicar que el contenido de ácido giberélico en la semilla de Carimagua inicialmente es bajo o posiblemente se encuentra desbalanceado y su nivel o actividad aumenta durante el almacenamiento.

A los 180 días parece que el incremento o balanceamiento en la acción del ácido giberélico es suficiente para producir aumentos de la germinación, ya que 50 ppm aplicados la disminuyen. Igualmente se observó que en ésta época la mayor germinación (30,75%) se obtuvo cuando

no se aplicó ácido giberélico y la más baja (17,25%), con 150 ppm de la hormona. Posiblemente esta dosis aumentó los niveles endógenos produciendo desbalanceamiento hormonal en la semilla, inhibiendo de esta forma germinación. Posiblemente después de 180 días de almacenamiento, el contenido de ácido giberélico en la semilla disminuyó ya que cuando se aplicó la hormona, hubo aumentos en la germinación en comparación cuando no se aplicó. Los anteriores resultados concuerdan con las anotaciones hechas por Taylorson y Hendrick (1977), quienes afirmaron que frecuentemente los niveles endógenos de ácido giberélico libre decrecen después de la maduración de las semillas y que la germinación normalmente ocurre con incrementos de ácido giberélico, aunque no está claro cuando comienza a incrementarse.

Con la semilla escarificada químicamente se obtuvo, en general, porcentajes de germinación bajos. Nuevamente se repite que el tiempo de contacto de la cariopside con el ácido sulfúrico posiblemente dañó el embrión de la semilla, siendo menos severo cuando el tiempo de contacto fue de 1 minuto (Figura 5). El efecto del ácido giberélico en las semillas escarificadas posiblemente no se observó, porque el embrión no respondió a sus aplicaciones.

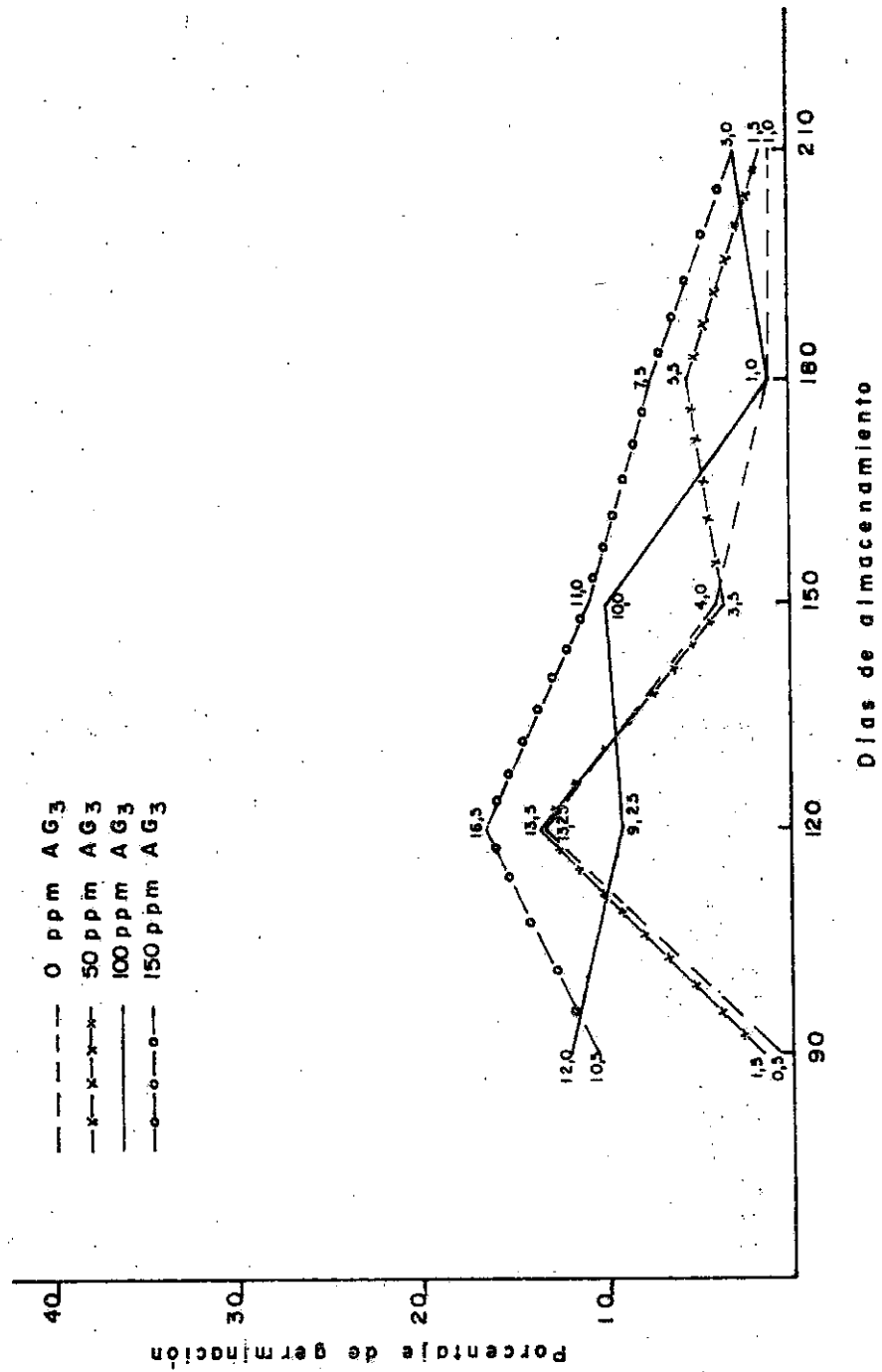


FIGURA 5 - Efecto de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de semilla de Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth) escarificada durante 1 minuto y con aplicación de ácido giberético.

La germinación obtenida durante el almacenamiento a partir de los mejores tratamientos con el uso de la prueba de Duncan (Figura 6), indica que entre 90 y 210 días de almacenamiento la germinación aumentó progresivamente.

El mejor tratamiento para todas las épocas fué cuando se utilizó semilla sin escarificar, la cual aumentó su germinación desde los 90 días de almacenamiento.

El porcentaje de germinación a los 60 días (26,75%), puede considerarse alto para gramíneas tropicales con este tiempo de almacenamiento, el cual fué posible por la aplicación de 150 ppm de ácido giberélico. Se puede deducir, que entre 60 y 120 días posiblemente el contenido de ácido giberélico en la semilla es bajo y que la aplicación entre 100 y 150 ppm. son necesarias para aumentar germinación. Desde los 150 días de almacenamiento parece que comenzó a incrementarse el nivel endógeno y a los 180 días no se necesitó aplicar la hormona para aumentar germinación lo cual parece indicar que en esa época el contenido de ácido giberélico en la semilla es óptimo.

A los 210 días de almacenamiento se obtuvo el máximo porcentaje de germinación (34%), alcanzado con la aplicación de 150 ppm de ácido

- S.escarificar 150 ppm AG3
- X S.escarificar 100 ppm AG3
- S.escarificar 50 ppm AG3
- S.escarificar 0 ppm AG3

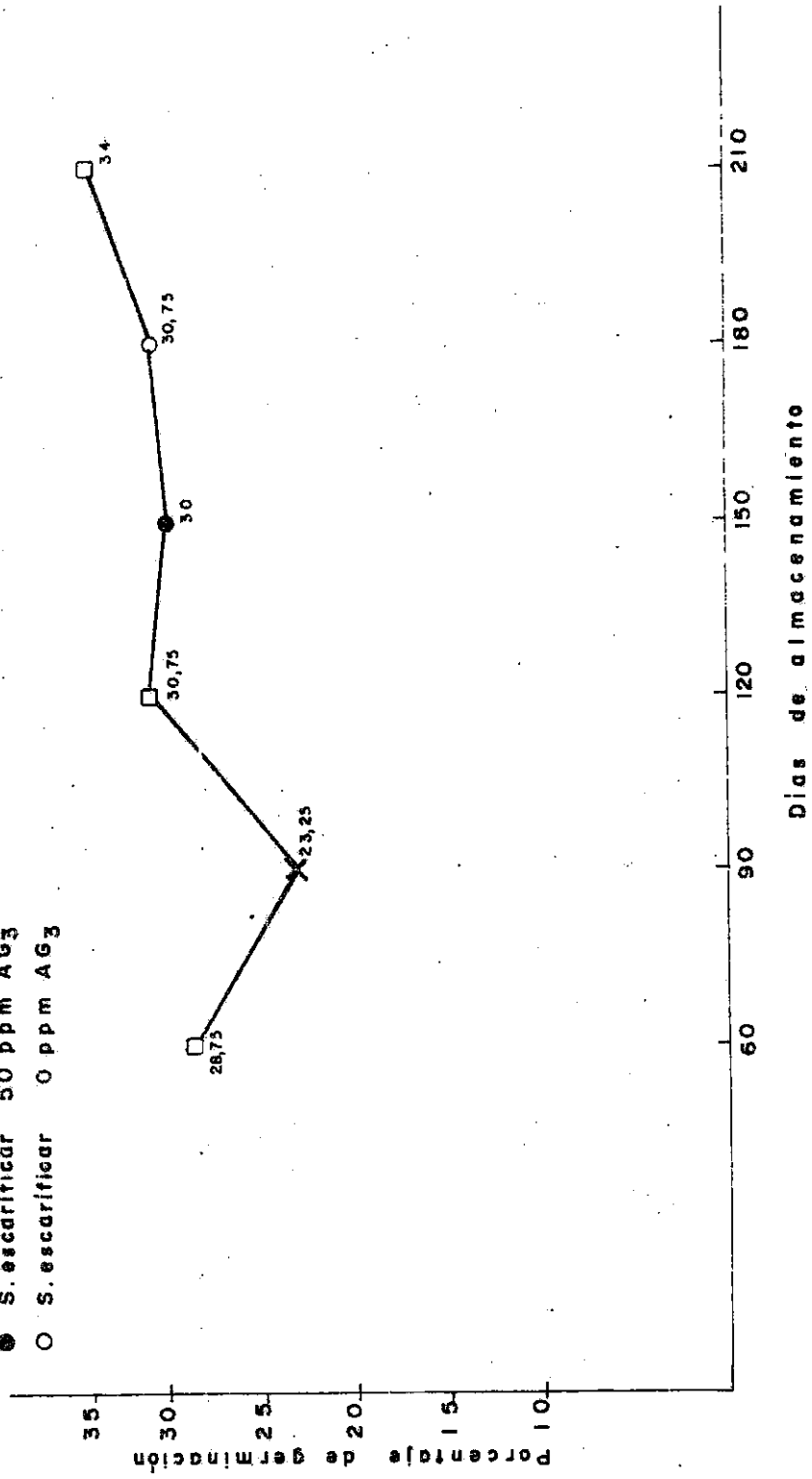


FIGURA 6 - Influencia de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de Carlomagua I (Andropogon adyanus Kunth) obtenido a partir de los mejores tratamientos con el uso de la prueba de Duncan.

giberélico; este resultado posiblemente se debe a marcadas disminuciones de ácido giberélico endógeno después que la semilla ha alcanzado su madurez fisiológica, resultando benéfica la aplicación de la hormona.

4.3. Efecto de la temperatura y el medio de germinación sobre la emergencia de plántulas de Carimagua I (Andropogon gayanus Kunth)

Estos efectos fueron determinados analizando los resultados obtenidos en cada época de almacenamiento. Finalmente se evaluaron los efectos combinados de temperaturas, medios de germinación y épocas de almacenamiento sobre la germinación de la semilla.

La germinación durante el almacenamiento mostró aumentos progresivos entre 90 y 180 días para luego disminuir a los 210 días de almacenamiento. A los 180 días, época en la cual se obtuvo un valor promedio de 24,95% se presentó la mayor germinación y mostró diferencias significativas respecto a las demás épocas, posteriormente la germinación disminuyó a los 210 días (Tabla 7).

Para todas las épocas de almacenamiento, la germinación bajo la temperatura 20-30°C, fue mayor que la obtenida con 10-25°C.

TABLA 7. Efecto de la temperatura y épocas de almacenamiento sobre la germinación de Carimagua 1 (Andropogon gayanus Kunth). Bogotá, 1980.

Temperaturas	Porcentaje de germinación *					Promedio
	60 días	90 días	120 días	150 días	180 días	
15 - 25°C	11,33	12,00	14,50	11,92	20,33	15,83 14,32 b**
20 - 30°C	23,25	19,08	17,25	21,33	29,58	24,42 22,48 c
Promedio	17,29 c	15,54 c	15,87 de	16,62cd	24,95 a	20,12 b

* Promedios de los tres medios de germinación

** Promedios con una ltera en común no difieren estadísticamente al nivel del 5%.

Ver análisis estadístico en la Tabla 5 del Apéndice.

El promedio de germinación con la temperatura 20-30°C (22,43%), mostró diferencias significativas respecto a la temperatura 15-25°C (14,32%). Esta diferencia posiblemente se debe a que cambios más altos de temperaturas alternas pueden producir alteraciones en la permeabilidad de las membranas, lo cual permite mayor actividad fisiológica de la semilla induciendo germinación (Thompson, 1974); por el contrario bajas o inadecuadas temperaturas alternas pueden reducir la germinación a un nivel no satisfactorio (McElgunn, 1974).

Los medios de germinación utilizados, no mostraron consistencia durante el almacenamiento, pero se observó aumentos considerables en germinación a los 180 días (Tabla 8).

Para la semilla puesta en cajas de petri se obtuvo una germinación promedio de 21,87%, la cual difirió significativamente respecto a los medios: bandejas con suelo (19,91%) y papel toalla (13,41%) respectivamente (Tabla 8). Puede deducirse que posiblemente las disminuciones en la concentración de oxígeno en las cjas de petri mejoraron condiciones internas de la semilla favoreciendo germinación. Las diferencias de germinación entre las bandejas con suelo y papel toalla, posiblemente se debe a que con el primero de estos dos medios hay mejor contacto de la semilla con el sustrato y su actividad aumentó con la humedad del suelo.

TABLA 6. Efecto del medio de germinación sobre la emergencia de plántulas de Carimegua 1 (Andropogon gayanus Kunth) durante diferentes épocas de almacenamiento después de la cosecha. Bogotá, 1963.

Medios de germinación	Porcentaje de germinación *				Promedio		
	60 días	90 días	120 días	180 días			
Cajas de petri	9,75	19,50	17,62	22,75	16,25	25,37	21,67 ***
Papel toalla	13,37	11,00	9,25	13,50	16,50	16,87	13,41 c
Bandejas con suelo	28,75	16,12	20,75	13,62	26,12	14,12	19,91 b
Promedio	17,29 c	15,54 e	15,87 e	16,62 cd	24,95 c	20,12 b	

* Promedios de las dos temperaturas

** Promedios con una letra en común no difieren estadísticamente al nivel del 5%.

Ver análisis estadístico en la Tabla 6 del Apéndice.

La germinación obtenida con los diferentes medios y temperaturas alternas, aumentó entre 150 y 180 días de almacenamiento y disminuyó a los 210 días (Figura 7).

Los mejores porcentajes de germinación se obtuvieron en cajas de petri a temperatura alterna de 20-30°C seguidos por el medio bandejas con suelo a la misma temperatura alterna.

El menor porcentaje de germinación se obtuvo en papel toalla y el mayor con este medio fue con temperatura alterna de 20-30°C.

La evaluación combinada de medios de germinación, temperaturas alternas y épocas de almacenamiento (Tabla 29 del Apéndice), indican diferencias significativas entre los factores. El 40,5% de germinación que se obtuvo a los 60 días de almacenamiento en bandejas con suelo y temperatura alterna de 20-30°C, fue el mayor y significativamente diferente a los demás. Este resultado contrario a lo esperado posiblemente se debió a que en esta época la semilla poseía condiciones internas adecuadas y la humedad del suelo pudo mejorar e incrementar esas condiciones induciendo germinación. Más tarde con el almacenamiento, pudo ocurrir un desbalanceamiento interno que logró acondicionarse a los 180

- Cajas de petri 15 - 25°C
- × Cajas de petri 20 - 30°C
- Papel toalla 15 - 25°C
- × Papel toalla 20 - 30°C
- Bandeja con suelo 15 - 25°C
- × Bandeja con suelo 20 - 30°C

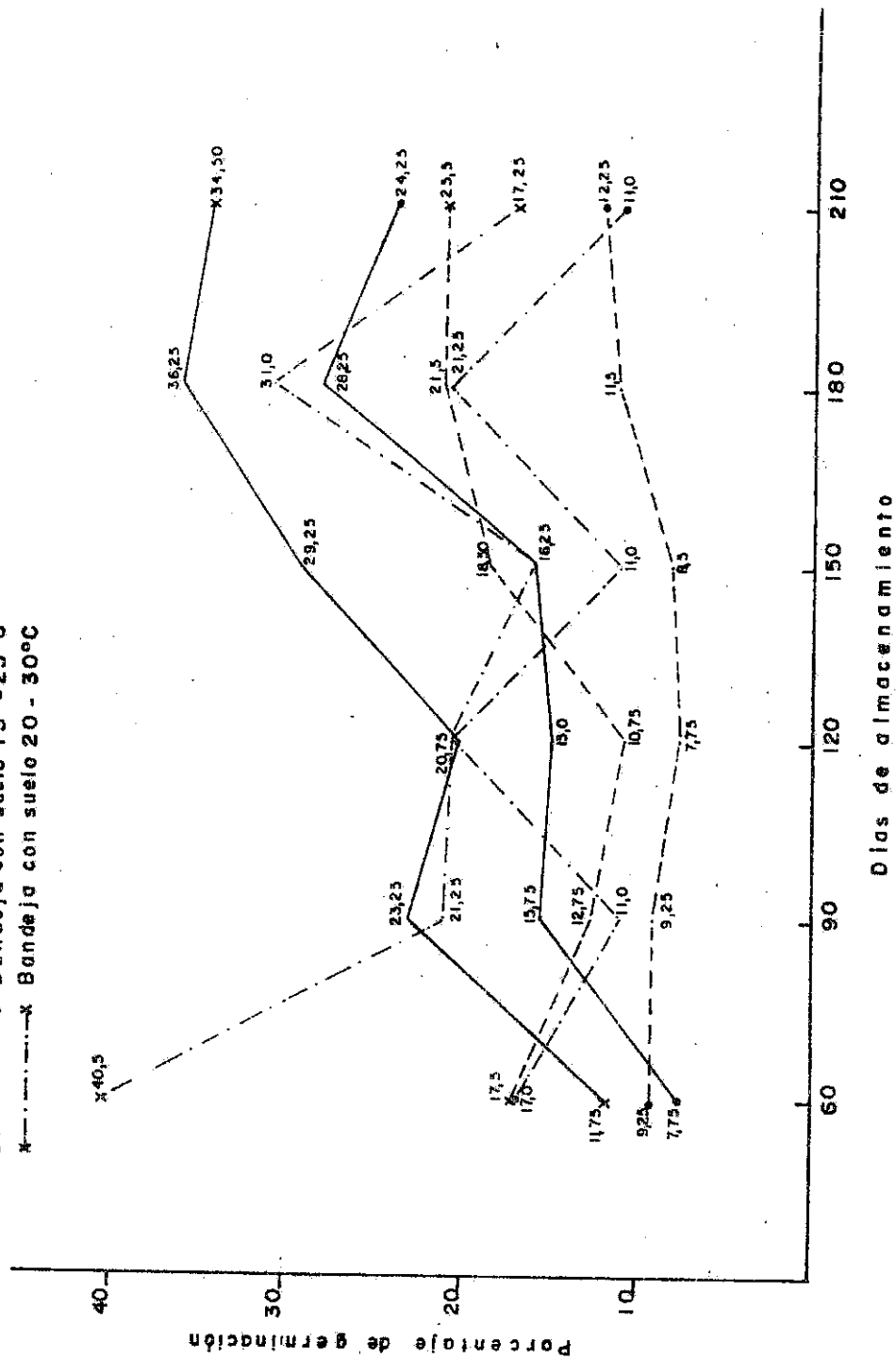


FIGURA 7 - Efecto de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de la semilla de Carimagua I (*Andropogon gayanus* Kunth) en distintos medios a dos temperaturas alternas.

días después de la cosecha de la semilla, época en la cual se obtuvo 36,25% de germinación con cajas de petri a temperatura alterna de 20-30°C. Este porcentaje que le siguió al de bandejas con suelo a los 60 días, fué significativamente diferente a los demás y coincide con la época en que los dos experimentos anteriores indican terminación de latencia de la semilla.

La variación de germinación obtenida con los mejores tratamientos en cada época (Figura 8), muestra que entre 120 y 180 días de almacenamiento, esta aumentó progresivamente. Después de la germinación obtenida a los 60 días de almacenamiento, el medio cajas de petri a 20-30°C mostró mejor consistencia logrando aumentar la germinación a los 180 días. Se podría postular la concentración de CO₂ y las disminuciones de oxígeno en las cajas de petri tapadas, permitió aumentos de germinación. Morinaga (1926), encontró en pasto argentina (Cynodon dactylon) una mejor germinación cuando la concentración de oxígeno fué de 8%. Willaman y Beaumont, citados por Corcker y Boston (1957), afirman que la concentración de CO₂ y la respiración, pueden incrementar la concentración de hidrógeno en los tejidos, aumentando la permeabilidad de las membranas lo que a su vez permiten cambios endógenos y así germinación. Morinaga (1926), también confirmó que el hidrógeno produce efectos benéficos en la germinación.

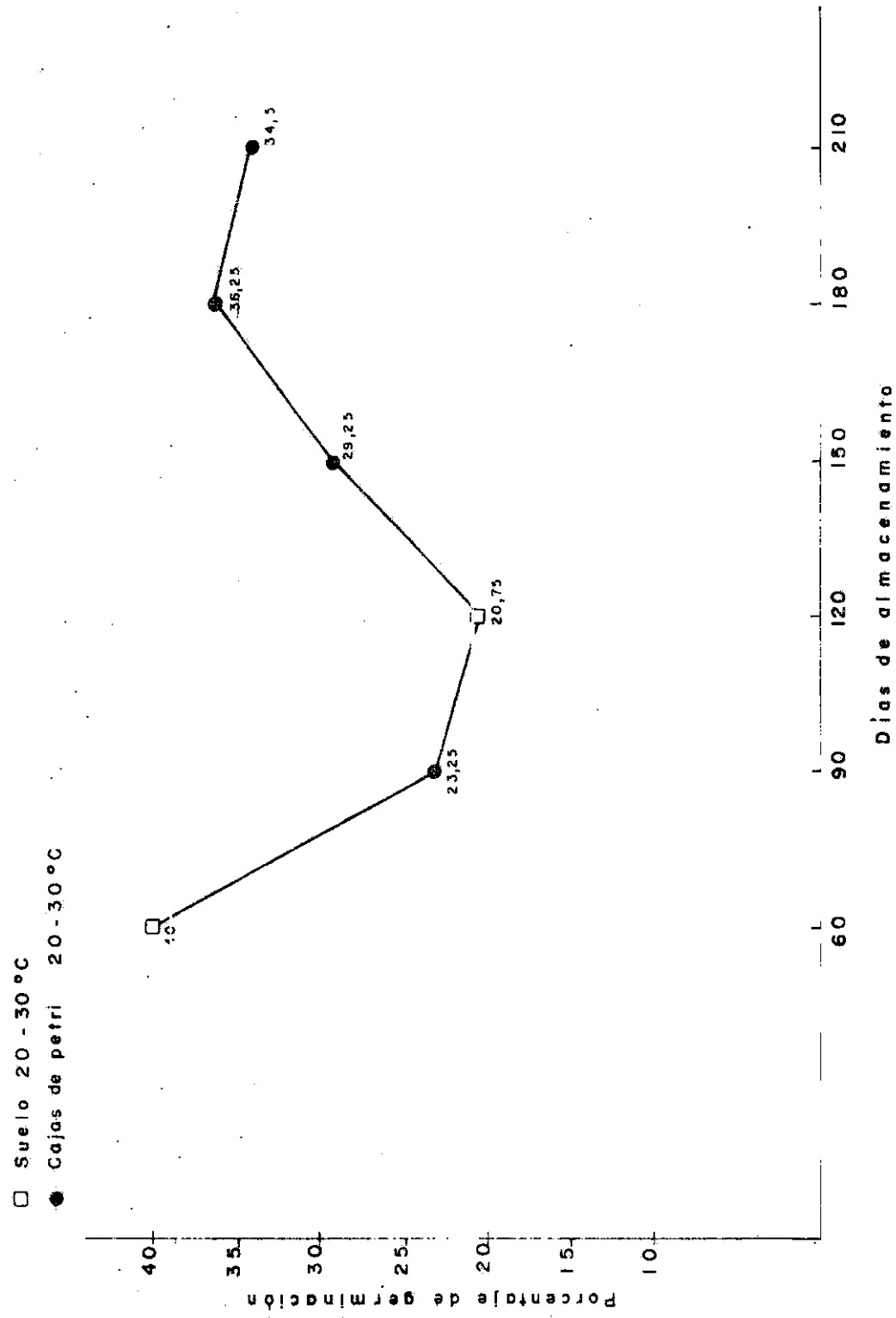


FIGURA 8 - Influencia de la época de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de *Carimagua* I
 (*Andropogon gayanus Kunth*) obtenido a partir de los mejores tratamientos con el uso de la
 prueba de Duncan.

Uso práctico de los resultados obtenidos en los experimentos efectuados.

Teniendo en cuenta los resultados del primer estudio se puede recomendar al ganadero, para el establecimiento de praderas con pasto Carimagua 1, utilizar semillas aproximadamente con 180 días de cosechadas. Siembras antes o posteriores a este tiempo, a pesar de existir condiciones adecuadas para realizarla conllevan además de una baja población de plantas por unidad de área a un enmalezamiento pronto del potrero, siendo necesario efectuar desyerbas tempranas y posibles resiembras con lo cual se aumentan los costos de establecimiento.

Utilizando semillas cosechadas en La Libertad y Carimagua almacenadas a una temperatura promedio de 20°C en bolsas de papel con dos capas, se obtiene mejor germinación que cuando se emplea semillas procedentes de Motilonia o Palmira. A juzgar por los resultados, las semillas que se obtienen en Motilonia poseen mejores condiciones para germinar que las de Palmira. Sin embargo, se enfatiza que las condiciones ecológicas de La Libertad y Carimagua, por lo menos para el Carimagua 1, favorecen una adecuada formación y desarrollo de la semilla quizás debido a una mejor adaptación del pasto a esas localidades.

En cuanto a empaques, las bolsas de papel con dos capas posiblemente mantienen mejores condiciones internas como son baja humedad y temperatura adecuada. Las bolsas de tela debido a su porosidad permite mayor intercambio gaseoso que posiblemente aumenta la temperatura desmejorando la calidad de la semilla.

Con base a los resultados obtenidos en el segundo experimento, no se recomienda la escarificación de semilla de Carimagua 1 con ácido sulfúrico del 98%; otros tratamientos quizás físicos darían mejores resultados y posiblemente mayor actividad del ácido giberélico, ya que la semilla sin escarificar respondió mejor a las aplicaciones de la hormona que la no escarificada.

Cuando se aplicó 150 ppm de ácido giberélico a la semilla sin escarificar con 120 días después de la cosecha, se obtuvo el mismo porcentaje de germinación que cuando no se aplicó la hormona a los 180 días de almacenamiento (30,75%). La aplicación sería recomendable para semilla cosechada en noviembre o diciembre, si se quiere sembrar prontamente el pasto y si se dispone de riego en la finca. Tal vez el costo del producto hace difícil esta práctica, por tal razón, se sugiere esperar los 180 días después de la cosecha que fue la época en la cual se obtuvo mejor germinación sin la aplicación de la hormona y coincide con el período de lluvias.

De los tres medios de germinación utilizados en el tercer estudio

en el germinador con temperatura alterna de 20-30°C, empleando la menor durante 16 horas y la mayor temperatura en el día durante 8 horas, fue la que produjo mayor alteración de la permeabilidad de las cubiertas de la semilla. Esto facilitó una mejor actividad fisiológica en el cariópside. Este tratamiento puede ser muy útil cuando se requiera incrementar la germinación de plántulas a nivel de laboratorio.

El mejor medio para germinación es el de cajas de petri tapadas, posiblemente la alta concentración de CO₂ favorece el intercambio gaseoso de las membranas que mejoran las condiciones internas de la semilla.

A pesar de existir diferencias en los resultados de germinación entre los tratamientos utilizados en los tres experimentos, éstos coinciden en demostrar que la semilla de Carimagua 1 entró en un período de reposo después de la cosecha durante el cual la germinación fue relativamente baja, sin embargo, aumenta a través del período de almacenamiento, obteniéndose nuevamente el máximo porcentaje a los 180 días.

La semilla de Carimagua 1 posee aristas, que junto a los flósculos vacíos o estériles producen efectos contrarios en su conservación. Además de no desempeñar ellas ninguna actividad dentro del proceso fisiológico, dificulta el manejo de la semilla, aumenta volumen y causa elevación considerable de la temperatura, factor éste que influye en el desmejoramiento de su calidad.

Por tal razón, con el desaristado complementado con otros procesos de manejo se obtiene una semilla de condiciones físicas aceptables que permiten su mejor uso y disminuyen los costos de establecimiento de praderas.