

EFFECTO DE ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTOS QUIMICOS A LAS SEMILLAS SOBRE
GERMINACION DE Brachiaria humidicola (Rendle) Scheweickerdt y Brachiaria-
dictyoneura (Fig & De. Not) Stapf.

TESIS

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

Por:

LUIS A. CASTIBLANCO CASTIBLANCO

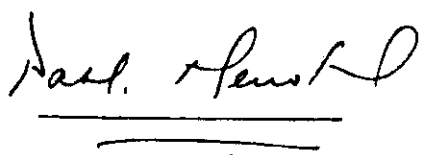

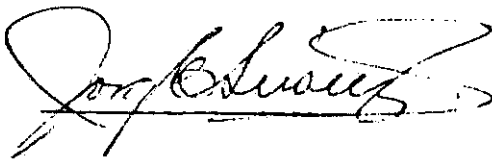
Como requisito parcial para optar al título de

MAGISTER SCIENTIAE

Bogotá, Colombia

1.985

TESIS APROBADA POR
COMITE CONSEJERO

DR. PABLO MENDOZA M.	Ph.D.	
DR. REYNALDO REYES N.	M.S.	
DR. JORGE E. SUAREZ C.	M.S.	

" El Presidente de Tesis y el Consejo Examinador de Grado no
serán responsables de las ideas emitidas por el candidato"
(Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional).

A mi esposa

A mis hijos

A mis padres y hermanos

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 Pablo Mendoza M., por su acertada dirección, colaboración y empeño en la realización de este trabajo.

A los Doctores Reynaldo Reyes N. y Jorge Suárez Corredor por su asesoría.

A los Programas de Pastos y Forrajes, Certificación de Semillas y al Laboratorio Nacional de Semillas del ICA.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por facilitar las semillas de Brachiaria dictyonura y Brachiaria humidicola.

Al Doctor Bernardo Chavez C. de la Sección de Estadística y Biometría por su oportuna ayuda en los análisis estadísticos.

A todas aquellas personas y entidades que de una u otra forma prestaron su colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	6
2.1 ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS	6
2.2 DEFINICION DE TERMINOS	7
2.2.1 Germinación	7
2.2.2 Latencia	8
2.3 FACTORES QUE CONTROLAN GERMINACION	10
2.3.1 Testas o Cubiertas	11
2.3.2 Luz y Temperatura	15
2.3.3 Promotores e Inhibidores de Germinación	18
2.3.4 Compuestos Metabólicos	23
2.4 EFECTO DE ALMACENAMIENTO SOBRE GERMINACION	26
3. MATERIALES Y METODOS	30
3.1 EXPERIMENTO 1	32
3.2 EXPERIMENTO 2	33
3.3 EXPERIMENTO 3	35
3.4 EXPERIMENTO 4	36
3.5 EXPERIMENTO 5	37

	Página
4. RESULTADOS Y DISCUSION	40
4.1 EXPERIMENTO 1	40
4.2 EXPERIMENTO 2	42
4.3 EXPERIMENTO 3	47
4.4 EXPERIMENTO 4	51
4.5 EXPERIMENTO 5	55
5. CONCLUSIONES	62
6. RESUMEN	66
7. SUMMARY	70
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74
APENDICE	

LISTA DE TABLAS

Tabla	Número		Página
1		Efecto del tiempo de escarificación con H_2SO_4 sobre la germinación de semillas de <u>Brachiaria humidicola</u> y <u>Brachiaria dictyoneura</u>	40
2		Efecto del ácido giberélico en la germinación de semillas de <u>Brachiaria dictyoneura</u>	43
3		Efecto del ácido giberélico en la germinación de semillas de <u>Brachiaria humidicola</u>	44
4		Efecto del KNO_3 en la germinación de semillas de <u>Brachiaria dictyoneura</u>	48
5		Efecto del KNO_3 en la germinación de semillas de <u>Brachiaria humidicola</u>	50
6		Efecto de la tiourea en la germinación de semillas de <u>Brachiaria dictyoneura</u>	52
7		Efecto de la tiourea en la germinación de semillas de <u>Brachiaria humidicola</u>	53

Tabla Número		Página
8	Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas de <u>Brachiaria dictyoneura</u>	57
9	Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de <u>Brachiaria humidicola</u>	58

LISTA DE TABLAS DEL APENDICE

Número

1. Análisis de varianza para la Tabla 1, correspondiente a los datos de germinación de semillas de Brachiaria humidicola en el Experimento 1.
2. Análisis de varianza para la Tabla 1, correspondiente a los datos de semillas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 1.
3. Análisis de varianza para la Tabla 2, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 2.
4. Análisis de varianza para la Tabla 2, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 2.
5. Análisis de varianza para la Tabla 3, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 2.
6. Análisis de varianza para la Tabla 3, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 2.

Número

7. Análisis de varianza para la Tabla 4, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 3.
8. Análisis de varianza para la Tabla 4, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 3.
9. Análisis de varianza para la Tabla 5, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola, en el Experimento 3.
10. Análisis de varianza para la Tabla 5, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola, en el Experimento 3.
11. Análisis de varianza para la Tabla 6, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 4.
12. Análisis de varianza para la Tabla 6, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 4.

Número.

13. Análisis de varianza para la Tabla 7, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 4.
14. Análisis de varianza para la Tabla 7, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 4.
15. Análisis de varianza para la Tabla 8, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 5.
16. Análisis de varianza para la Tabla 8, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 5.
17. Análisis de varianza para la Tabla 9, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 5.
18. Análisis de varianza para la Tabla 9, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 5.

Número.

19. Análisis de regresión para la Tabla 1, correspondiente a los datos de germinación de semillas de Brachiaria humidicola en el Experimento 1.
20. Análisis de regresión para la Tabla 1, correspondiente a los datos de germinación de semillas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 1.
21. Análisis de regresión para la Tabla 2, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 2.
22. Análisis de regresión para la Tabla 2, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 2.
23. Análisis de regresión para la Tabla 3, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 2.
24. Análisis de regresión para la Tabla 3, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 2.

Número.

25. Análisis de regresión para la Tabla 4, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 3.
26. Análisis de regresión para la Tabla 4, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 3.
27. Análisis de regresión para la Tabla 5, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 3.
28. Análisis de regresión para la Tabla 5, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 3.
29. Análisis de regresión para la Tabla 6, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 4.
30. Análisis de regresión para la Tabla 6, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 4.

Número.

31. Análisis de regresión para la Tabla 7, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 4.
32. Análisis de regresión para la Tabla 7, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 4.
33. Análisis de regresión para la Tabla 8, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 5.
34. Análisis de regresión para la Tabla 8, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 5.
35. Análisis de regresión para la Tabla 9, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 5.
36. Análisis de regresión para la Tabla 9, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 5.

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas escarificadas y sin escarificar de <u>Brachiaria humidicola</u> .	56A
2	Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas escarificadas y sin escarificar de <u>Brachiaria humidicola</u> .	60A

1. INTRODUCCION

Una de las áreas más importantes del país para la producción ganadera es la Región de la Orinoquía, integrada por Arauca, Casanare, Meta y Vichada, la cual representa cerca de un cuarto del área total de Colombia. El área en pastos es de 18.364.630 hectáreas, de las cuales 4.549.449 hectáreas es tán aprovechadas en ganado de carne y 86.680 en ganado de leche. La topografía es plana en su mayoría y se halla cubierta por pastos nativos casi en su totalidad, ya que los pastos naturalizados y mejorados, se encuentran principalmente en lo que se denomina el piedemonte llanero. Las condiciones climáticas varían notablemente de una zona a otra, por ejemplo, la precipitación anual en Villavicencio es de 4.500 milímetros, divididos en dos períodos bien definidos de invierno fuerte y extrema sequía, mientras que en Orocué es de 1.700 milímetros y en Puerto Carreño de solo 1.000 milímetros. La temperatura media varía de 25 a 27°C., pero ocurren variaciones muy marcadas durante las 24 horas del día. Aparte de los problemas encontrados a causa del clima, el factor más limitante en la producción de los pastos es la baja fertilidad de los suelos, principalmente los de sabana, caracterizados por un alto grado de acidez, altos contenidos de aluminio, bajos contenidos de potasio y magnesio y muy bajos de nitrógeno y fósforo. Como resultado de estas condiciones ecológicas, de la presencia de especies im-

productivas de muy baja calidad y de un manejo pobre de pastos, se tiene que la capacidad de carga es la más baja del país, 10-15 hectáreas por animal, bajos porcentajes de natalidad, 30-40% y altos porcentajes de mortalidad, 10-15% lo cual conduce a obtener una baja producción de leche y carne por hectárea.

Para aumentar la productividad ganadera de de la región, es decir producción de más carne y más leche para consumo del país, a fin de liberar áreas como la Costa Atlántica, cuya producción ganadera se destinaría a exportación, la investigación se ha dirigido a encontrar especies y variedades forrajeras promisorias que resistiendo la acidez y la baja fertilidad de los suelos, sostengan una elevada capacidad de carga, toleren el verano y permitan una producción superior varias veces a la obtenida con pastos nativos. Este es precisamente el caso de algunas especies del género Brachiaria, entre las cuales se pueden mencionar Brachiaria decumbens, Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura.

La siembra de pastos comúnmente se hace utilizando partes vegetativas de la planta, lo cual ocasiona incrementos considerables en 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 el uso de semillas para evitar las desventajas ya mencionadas. (Barros, 1980).

La producción de semillas de forrajeras normalmente constituye una actividad secundaria o marginal dentro de la explotación ganadera, a la cual se aplica poca inversión y técnica muy deficiente. Todavía no se conoce la fisiología de la mayor parte de las plantas forrajeras tropicales, especialmente de las condiciones que regulan la fase reproductiva .

Como consecuencia de lo anterior la mayor parte de la semilla que se comercializa es de baja calidad, principalmente en los aspectos de pureza física y germinación. El ganadero, para obtener una buena población y un aceptable establecimiento de sus praderas, debe sembrar cantidades grandes de semilla de alto costo, corriendo el riesgo de perder la siembra, contaminar sus potreros con malezas extrañas y obtener praderas desuniformes y muy mezcladas desde el punto de vista genético.

Para solucionar estos problemas, el ganadero debe utilizar semillas de forrajeras de categoría seleccionada, que son de alta calidad y se ajustan a las normas exigidas por el gobierno en cuanto a pureza física y germinación, disminuyendo las posibilidades de fracaso en el proceso crítico del establecimiento de la pradera.

Para ilustrar la magnitud de las necesidades de semilla de pastos se puede tomar como ejemplo la Orinoquia y más concretamente los Llanos Orientales. Su extensión es aproximadamente 12 millones de hectáreas, estimándose que tan solo un 5% del área se encuentra cubierta con pastos introdu-

cidos. Si a corto plazo se pretendiera sembrar un 3% adicional, por ejemplo, con pasto braquiaria, serían necesarios 720.000 kilogramos de semilla de muy buena calidad (36% o más de germinación y altamente pura). Esta semilla deberá obtenerse de una extensión aproximada de 24.000 hectáreas manejadas con prácticas agronómicas específicas de producción de semillas y una cosecha y procesamiento muy técnicos.

Como limitantes tecnológicos en la producción de semillas de pastos y forrajes se pueden mencionar los siguientes: ecológicos, genéticos, agronómicos, recolección, procesamiento y almacenamiento.

Para varios pastos y leguminosas de importancia económica no se han hecho estudios sobre acondicionamiento de la semilla, latencia de la misma y su ruptura. También el almacenamiento de la semilla, en muchas oportunidades es defectuoso. Inclusive es corriente encontrar en el mercado semilla denominada "fresca", la cual presenta en los pastos la más baja germinación debido a la latencia física y principalmente fisiológica.

El objetivo de este trabajo consistió en estudiar el efecto sobre la germinación, de almacenamiento y tratamientos químicos a las semillas de las especies Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura.

Los tratamientos químicos usados fueron el ácido sulfúrico, el ácido gibe-

rélico, el nitrato de potasio y la tiourea.

Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio Nacional de Semillas del Instituto Colombiano Agropecuario, en Tibaitatá, durante los años 1982 y 1983.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (1981) el Brachiaria humidicola es un pasto originario de Zululand, África, desde donde fué introducido a América. Reúne características ventajosas de una gramínea forrajera de alta productividad para suelos ácidos e infértiles del trópico húmedo.

Las principales características de Brachiaria humidicola en comparación con otras especies son: persistencia bajo pastoreo; adaptación a altos niveles de aluminio intercambiable del suelo; bajos costos de mantenimiento; resistencia a plagas especialmente al mión de los pastos (Aeneolamia varia y Zulia pubescens); vigor y productividad en suelos ácidos e infértiles; buena producción animal (ganancia en peso) por unidad de superficie, en suelos de baja fertilidad y ácidos; compatibilidad con ciertas leguminosas forrajeras promisorias; buena producción de semilla; excelente cobertura del suelo y competencia con malezas y por último bajos requerimientos de nitrógeno y fósforo.

La gramínea Brachiaria humidicola es bien conocida en Brasil, donde está

difundida en gran escala como así mismo en otras áreas tropicales del mundo. Ha sido incluida en la lista de especies promisorias para Carimagua por ser una planta estolonífera fuerte, la cual cubre rápidamente el suelo, compitiendo muy bien con las malezas debido a su capacidad de enraizar en los nudos de los estolones (CIAT, Informe Anual; 1978).

A diferencia de muchas otras especies forrajeras tropicales, la semilla es bastante fértil, es decir, tiene un elevado poder germinativo luego de un período de latencia (INIAP, Ecuador, 1981).

La especie Brachiaria dictyoneura CIAT 6133 es muy promisoría. Forma buenas asociaciones con Desmodium canum y Desmodium ovalifolium. Es pastoreada de preferencia a Brachiaria humidicola cuando los animales tienen libre acceso a ambas especies. Aparentemente, semilla recién cosechada de Brachiaria dictyoneura presenta una fuerte latencia. (CIAT, Informe Anual, 1981).

2.2 DEFINICION DE TERMINOS .

2.2.1 Germinación.

Generalmente se considera como el paso de la radícula a través de la cubierta seminal. Sin embargo, para que este hecho ocurra deben haber sucedido múltiples cambios bioquímicos y fisiológicos en la semilla. En una prueba

de laboratorio, germinación es la emergencia y desarrollo desde el embrión de las semillas, de aquellas estructuras esenciales, las cuales, para la clase de semilla que esté siendo probada, indican la habilidad para desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables del suelo (ISTA, 1976).

Leopold (1978) dice que es la iniciación del crecimiento de una semilla seca y que involucra cuatro procesos: imbibición de agua, formación del sistema enzimático, iniciación del crecimiento y emergencia de la radícula.

2.2.2 Latencia .

En muchos casos, la semilla es capaz de germinar inmediatamente después de ser liberada de la planta madre y en otros germina solo después de un período más o menos largo de descanso, que se conoce con el nombre de latencia o dormancia .

En un sentido general la latencia de semillas es considerada como una suspensión del crecimiento causada por inhibición endógena activa y caracterizada por detención metabólica parcial. Sin embargo, la latencia de semillas es universalmente definida como el estado en el cual algunas semillas viables no germinan bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y

oxígeno. (Amen, 1968; Roberts, 1972; Hendricks y Taylorson, 1975; Jann y Amen, 1977).

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 e impermeables y presencia de inhibidores de germinación (Amen, 1968).

Según Harper (1957), hay tres diferentes tipos de latencia: innata, inducida y forzada. Latencia innata o primaria ocurre cuando la semilla está todavía unida a la planta y previene la germinación inmediatamente después que la semilla se cae ó es cosechada. Latencia inducida o secundaria ocurre cuando a las semillas se les suministra agua, pero están en un ambiente donde algún otro factor particular es desfavorable para la germinación. Este factor puede ser temperaturas extremas o suministro inadecuado de oxígeno. Finalmente, dormancia ambiental o forzada se refiere a semillas viables que no germinan porque hay un factor ambiental limitante. Este tipo de latencia se usa principalmente para describir la reducida capacidad de germinación de semillas enterradas en el suelo, y se distingue de la latencia inducida en que es removida inmediatamente cuando el factor limitante es suministrado o removido.

La latencia de semillas como proceso tiene relativamente distintas fases de desarrollo las cuales explican fisiológicamente el comienzo, el control y la finalización del proceso. (Amen, 1968; Marcus, 1971; Taylorson y Hendricks, 1977). La primera fase es llamada la fase inductiva y está caracterizada por una marcada declinación en los niveles hormonales y una iniciación de bloqueos metabólicos. La segunda fase, denominada mantenedora, constituye un período "indefinido" de detenimiento metabólico parcial. La tercera fase, designada activadora, representa un período de sensibilidad a estímulos ambientales específicos. La cuarta fase o de germinación, señala el final de la latencia y está caracterizada por incrementos en los niveles hormonales y en la actividad enzimática. (Amen, 1968; Marcus, 1971).

2.3 FACTORES QUE CONTROLAN GERMINACION.

Hasta el presente parece que hay un acuerdo entre la mayoría de los autores en lo concerniente a la clasificación de los factores que controlan la germinación de semillas: testas, luz y sistema fitocromo, temperatura, promotores e inhibidores y compuestos metabólicos (Wareing y Saunders, 1971 ; Simonds y Simpson, 1971; Thomas, 1972; Roberts, 1972; Khan, 1977; Roberts y Smith, 1977; Taylorson y Hendricks, 1977).

2.3.1 Testas o Cubiertas.

Los efectos de las testas de las semillas sobre la latencia de las mismas son debidos a sus características físicas y químicas, las cuales interfieren con procesos, tales como absorción de agua, absorción de oxígeno, intercambio gaseoso y difusión de inhibidores. Además presentan resistencia mecánica a la expansión del embrión o al recibimiento de la luz . (Mayer y Shain, 1974; Taylorson y Hendricks, 1977).

Las diferentes partes de la semilla absorben agua a diferente velocidad. La testa absorbe agua a menor velocidad que las otras estructuras y prácticamente su función es el transporte desde el medio ambiente hacia el interior. La testa y su permeabilidad influyen directamente en la absorción de agua por la semilla. Además está relacionada con el intercambio gaseoso y con la presencia y difusión de inhibidores; por tal razón la eliminación parcial o total de las testas se considera un método para romper latencia e inducir germinación (Amen, 1968; Popinigis, 1977).

La presencia de inhibidores endógenos de crecimiento en los integumentos de las semillas es bastante común (Wareing y Saunders, 1971) y en muchos casos los efectos inhibitorios de las cubiertas de las semillas pueden estar relacionados con el impedimento de la lixiviación de inhibidores que se encuentran en el embrión (Amen, 1968; Mayer y Shain, 1974).

La germinación de semillas con latencia impuesta por la cubierta de la semilla puede ser fomentada por remoción, rompimiento o debilitamiento de la testa (Khan, 1977). Los métodos usados, tales como escarificación mecánica y química, calentamiento, enfriamiento, digestión enzimática, tratamiento con solventes orgánicos, no solo aumentan la permeabilidad sino que inducen otros cambios tales como sensibilidad a luz y temperatura y remoción de inhibidores y promotores, todos los cuales pueden estar incidiendo en la latencia. (Leopold y Kriedemann, 1975; Taylorson y Hendricks, 1976; Khan, 1977).

La germinación de muchos pastos es mejorada por reducción, rompimiento, tratamiento con ácidos o removiendo las cubiertas de las semillas. (Toole et al, 1955). Los tratamientos con ácidos minerales fuertes son efectivos para romper la latencia impuesta por las cubiertas; sin embargo, deben tomarse precauciones para evitar daños al embrión. (Varner, 1967; Mc.Donald Jr. y Khan, 1977).

En pasto dallis (Paspalum dilatatum) se reportó una rápida germinación es-carificando la semilla con ácido clorhídrico del 37% durante 3 a 10 minutos (Ray y Stewart, 1937); también se incrementó la germinación del pasto bahía o trenza (Paspalum notatum) en un 32% cuando la semilla se trató con ácido sulfúrico concentrado durante cinco minutos, mientras que las no tratadas no germinaron (Burton, 1939).

En pasto buffel (Cenchrus ciliaris) los inhibidores están presentes en las cerdas, lemas, paleas y otras estructuras externas adheridas a la semilla. (Toole et al, 1956, citado por Barros, 1980).

La semilla de pasto Brachiaria decumbens se caracteriza por poseer dos tegumentos muy compactos similares al de muchas leguminosas, tal como lo indica Burton (1939), quien supuso que los tegumentos actuaban como una barrera física que evitaba la entrada de agua e intercambio de gases, particularmente el oxígeno y CO₂. Grof (1968) trabajando con el mismo pasto, encontró poca germinación con semillas sin escarificar. Sin embargo, cuando las semillas se trataron con ácido sulfúrico durante 10 a 15 minutos, la germinación aumentó significativamente tanto en semilla fresca como en la almacenada por diez meses.

Mc.Lean y Grof (1968) confirmaron la efectividad del ácido sulfúrico concentrado para eliminar latencia en Brachiaria ruziziensis, ya que obtuvieron un incremento en la germinación del 24%. Estos investigadores, al comparar la escarificación química con la mecánica, indicaron que la última fué significativamente menos efectiva, debido a los daños que se produjeron en el embrión durante el proceso de abrasión con lija, a pesar de que se logró romper latencia en un 15%. En el mismo experimento, pero trabajando con semillas del pasto Brachiaria mutica, encontraron que dichas semillas, sin ningún tratamiento de escarificación, alcanzaron un porcentaje de germinación del 76%, mientras que las tratadas con ácido sulfúri-

co redujeron considerablemente su viabilidad. Lo anterior se explica en base a que las glumas que envuelven la carióspside son livianas y no están fuertemente adheridas a la carióspside.

Ramos (1975) observó que el mejor tiempo de escarificación química con ácido sulfúrico concentrado, para romper latencia de semillas de Brachiaria decumbens, fué de cinco minutos .

La semilla del pasto Brachiaria dictyoneura recién cosechada, presenta una fuerte latencia. En el reporte anual del Programa de Pastos Tropicales del CIAT (1981), se informó que tratando dichas semillas con ácido sulfúrico, durante 25 o 20 minutos, se obtuvieron porcentajes de germinación del 6% y 3%, un mes después de la cosecha. Periodos más cortos de contacto de la semilla con ácido así como tratamientos con calor fueron inefectivos para romper su latencia. Cuando la lema y la palea fueron removidas, 15% de las carióspsides germinaron en una semana. Este fenómeno sugiere la presencia de sustancias inhibitoras dentro de las glumas y/o en las carióspsides.

Whiteman y Mendra (1982) estudiando los efectos de almacenamiento y tratamientos a las semillas sobre la germinación de Brachiaria decumbens, encontraron que la escarificación con ácido sulfúrico concentrado por 20 minutos, aumentó la germinación de semillas recientemente cosechadas y de semillas almacenadas durante 10 meses, en 16.6% y 62% respectivamente. Pos-

tularon que la latencia podría ser debida a restricción mecánica impuesta por la cubierta de las semillas y a inhibición de la difusión de oxígeno debida a la impermeabilidad de las estructuras que envuelven la carióspside. Estas consisten de una gluma inferior, una gluma superior, una lema y una palea. Las dos últimas estructuras son duras, brillantes y están fuertemente adheridas a la carióspside. En otro experimento de esta investigación, la remoción manual de estas estructuras permitió alcanzar una germinación de 96.6% en carióspsides de semilla almacenada durante diez meses, mientras que la remoción manual de las glumas, lema y palea, en semilla recientemente cosechada, no indujo ninguna germinación. Lo anterior indica que el embrión de semillas de Brachiaria decumbens requiere un período de sobremaduración por encima de tres meses.

2.3.2 Luz y Temperatura.

La luz es uno de los factores más importantes en el proceso de germinación. Sin embargo, las respuestas de las semillas a la luz son variadas y complejas. Algunas semillas tienen una necesidad absoluta de luz para germinar; en otras, la exposición a la luz actúa como mecanismo inhibitorio de la germinación y un tercer grupo está caracterizado porque su germinación está relacionada con una respuesta fotoperiódica, es decir, con una alternancia de períodos de luz y oscuridad. La temperatura puede interactuar con la luz durante la germinación de muchas semillas (Devlin, 1970).

El efecto de la luz sobre la germinación ha sido muy estudiado en los últimos años por Wesson y Wareing (1967), y Taylorson (1972). Estos autores sugieren la presencia de un sistema fitocromo que controla la germinación. De aquí se desprende que al enterrar las semillas se pueden producir cambios en el sistema fitocromo, variaciones que repercuten sobre el sistema hormonal que controla la germinación (Ramos, 1975).

El efecto de la temperatura sobre germinación, varía entre y dentro de especies, dependiendo de la procedencia de la semilla, condiciones genéticas y de almacenamiento (Toole et al 1955). Algunas semillas responden positivamente a regímenes constantes de temperatura, mientras que otras lo hacen a regímenes alternantes (ISTA, 1976).

Se ha demostrado que la temperatura ejerce su efecto regulador sobre múltiples niveles del metabolismo de la semilla, y que el requerimiento de temperatura por parte de las semillas, para romper latencia, varía de acuerdo a la especie en cuestión. (Ching, 1975; Taylorson y Hendricks, 1977). Así, bajas temperaturas, temperaturas alternas y altas temperaturas son tratamientos usados para estimular germinación, (Leopold y Kriedman, 1975).

Alternación de temperaturas, generalmente en el rango de 10 a 40°C causan efectos marcados en rompimiento de latencia, en ciclos generalmente de un día, 8 horas a la temperatura más alta y 16 horas a la temperatura más baja, interactuando sinérgicamente con el sistema fitocromo. (Taylorson y

Hendricks, 1972; Thompson, 1974; Biswas et al, 1975; Hendricks y Taylorson, 1976).

En semillas de pastos, los tratamientos con temperaturas alternas inciden en una germinación más rápida, comparados con los tratamientos de temperaturas constantes, aunque después de seis días son similares. Sin embargo, bajas temperaturas alternas pueden reducir la germinación a un nivel no satisfactorio (Mc.Elgunn, 1974).

En algunas especies de gramíneas, tratando las semillas con temperaturas alternas, generalmente entre 10 y 30°C, se han obtenido aumentos en el porcentaje de germinación. Este método es muy efectivo para las semillas cuya latencia es causada por un embrión inmaduro ó para provocar modificaciones estructurales en los tegumentos (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1963). Sin embargo, otros autores indican que ninguna de las anteriores afirmaciones es aceptable y sugieren que el cambio tiene lugar en una micromolécula de la semilla (fitocromo), que es la que controla la germinación (Taylorson y Hendricks, 1972; Negm, 1973).

Morinaga (1926) encontró que el pasto Cynodon dactylon requiere temperaturas alternas de 15 a 38°C. Entre las especies de pastos que requieren periodos de alternación de temperaturas de 20 a 30°C se encuentran : Panicum coloratum, Panicum maximum, Paspalum dilatatum, Cenchrus ciliaris, Chloris gayana y Setaria sphacelata (Blair et al, 1974).

Los cambios de temperatura interactúan considerablemente con la alternación simultánea de períodos de luz-oscuridad. Lo más común es un período de luz a la temperatura más baja y uno de oscuridad a la temperatura más alta. (Taylorson, 1969; Taylorson y Hendricks, 1972; Semenza et al, 1978). Una interacción entre luz y temperatura también fué detectada por Mayer y Poljakoff- Mayber (1963) en semillas de Amaranthus y otras especies.

Vegis en 1964 realizó experimentos con semillas de Poa pratensis y observó que la germinación aumentaba sometiendo dichas semillas a temperaturas de 20°C durante 18 a 20 horas y a 20°C durante cuatro a seis horas.

Ramos (1975) encontró que para romper latencia en semillas de Brachiaria decumbens, el mejor tratamiento de temperatura y luz fué de 16 horas de luz a 30°C y ocho horas de oscuridad a 20°C, comparado con tratamientos de oscuridad completa y luz continua .

Barros (1980), trabajando con semillas del pasto Carimagua (Andropogon gayanus) obtuvo mejor germinación a un régimen alternante de 20-30°C que a uno de 15-25°C.

2.3.3 Promotores de Inhibidores de Germinación.

Los procesos involucrados en la ruptura de latencia y germinación poste-

rior están bajo control hormonal. Naturalmente existen hormonas tales como giberelinas (AG_3), citoquininas, etileno y ácido abscísico (ABA) e inhibidores tales como las cumarinas que parecen funcionar en una acción recíproca como agentes específicos de germinación (Amen, 1968; Khan, 1971; Mayer y Shain, 1974).

El control de la iniciación y la terminación de la latencia está aparentemente regulado por un balance de promotores e inhibidores de germinación. En la iniciación de la latencia este balance es cambiado en favor de un compuesto inhibidor (ácido abscísico) y la terminación es cambiada de nuevo en favor de un compuesto promotor (ácido giberélico, citoquininas). Evidencias experimentales indican que los niveles de hormonas que promueven el crecimiento, decrecen marcadamente durante la maduración de la semilla, imponiendo la latencia. (Amen, 1968).

Las giberelinas y el ácido abscísico tienen efectos profundos en la germinación, mientras que el etileno y las citoquininas son más efectivos interactuando con otra hormona de crecimiento, luz ó CO_2 (Taylorson y Hendricks, 1977).

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

(Tzou et al, 1973).

La aplicación de citoquininas usualmente muestra una baja actividad en la latencia y control de germinación, comparada con el ácido abscísico o el ácido giberélico. Su actividad es mayor cuando están combinadas con otros agentes promotores como son el ácido giberélico, luz y etileno. Las citoquininas son siempre más efectivas que el ácido giberélico cuando actúan con inhibidores como el ácido abscísico en procesos sensitivos al ácido giberélico. A las citoquininas se les considera que juegan un papel permisivo en el proceso de ruptura de latencia de semillas (Khan, 1975).

Semillas latentes que requieren frío, almacenamiento seco luego de la maduración y tratamientos lumínicos, pueden germinar sin este requerimiento aplicándoles ácido giberélico (Taylorson y Hendricks, 1977).

Existe una relación estrecha entre ácido giberélico y el sistema fitocromo, a menudo sinérgica. Lewark y Khan (1977) señalan que es necesario realizar los tratamientos con ácido giberélico, a temperaturas moderadas, cuando se desea que la hormona reemplace la acción del fitocromo en promoción de la germinación; también señalan la posibilidad de que el ácido giberélico y el fitocromo, regulen un evento común en germinación.

A través de mecanismos diferentes se ha observado que el ácido giberélico actúa originando cambios en la permeabilidad de las membranas (Taylorson

y Hendricks, 1977), desreprimando el genoma, el cual se halla inhibido (Edwards, 1976), induciendo síntesis de proteína (Fountain y Bewley, 1976), e incrementando la actividad enzimática (Eastwood, 1977; Ben-tal y Varner, 1974).

Taylorson y Hendricks (1977), resumen el efecto del ácido giberélico en semillas de cebada así: incremento de α -amilasa, mayor síntesis de RNA y proteínas, incorporación de fosfatos en fosfolípidos, formación de polisomas, proliferación del retículo endoplasmático y alteración en la permeabilidad de las membranas.

El etileno y la tiourea pueden reemplazar el efecto del ácido giberélico en la ruptura de la latencia secundaria en semillas fotosensibles de lechuga, actuando posiblemente cada sustancia en sitios y procesos diferentes; pero el etileno y la tiourea no inducen síntesis de ácido giberélico (Speer et al, 1974).

Hay (1962) hacía notar el poco conocimiento existente sobre los mecanismos que controlan la latencia en semillas de Avèna fatua. Observó que se podría inducir germinación, punzando la testa o aplicando soluciones de ácido giberélico, KNO_3 y H_2O_2 , aunque el primer experimento no pudo ser confirmado por Naylor y Fedec (1978). Decía también que una de las causas de su latencia era la presencia de inhibidores en la testa; pero también señalaba la posibilidad de que el embrión y el endospermo poseyeran el me-

canismo inhibitor, el cual podía ser revertido con ácido giberélico.

Se han encontrado respuestas de crecimiento al aplicar ácido giberélico, en embriones aislados de Avena fatua. Analizando los posibles mecanismos de control de germinación en esta maleza, se ha postulado que el ácido giberélico incrementa en el embrión la actividad de la vía de las pentosas fosfato, favoreciendo síntesis de NADPH y flavonoles, los cuales son esenciales para la iniciación del crecimiento del embrión (Jones, 1973).

El ácido giberélico rompe la latencia en semillas de muchas especies, al actuar como sustituto para requerimientos específicos de bajas temperaturas, días largos o luz roja. En la germinación de semillas el principal efecto del ácido giberélico es incrementar la elongación celular, lo que hace que la radícula empuje a través del endospermo, la cubierta de semilla o la cubierta del fruto que restringe su crecimiento (Salisbury y Ross, 1978).

En investigaciones realizadas por Mayer y Poljakoff-Mayber (1963), se logró incrementar la germinación de Avena fatua de 26 a 57% y de Sinapsis arvensis de 9 a 89% con aplicaciones de 500 partes por millón de ácido giberélico. Estos autores postularon que la sensibilidad de las semillas al ácido giberélico dependía del tiempo de imbibición de las semillas en el ácido y de su edad. En semillas de uva, escarificadas y no escarificadas, Manivel y Weaver (1974) encontraron que imbibiendo las semillas du-

rante 28 horas, en soluciones de 50 partes por millón de ácido giberélico, se aumentó la germinación en un 50% en semilla sin escarificar. Por otra parte, el ácido giberélico en dosis de una parte por millón, rompió la latencia en un 50%. El hecho de que solo fué necesaria una parte del ácido giberélico, para romper el reposo de la semilla escarificada, indica la dificultad que presenta el ácido para penetrar los tegumentos de la semilla.

Ramos (1975) experimentando con semillas latentes de Brachiaria decumbens, logró aumentar su germinación entre un 15 a un 20% cuando las semillas se imbibieron durante 25 horas en soluciones de 50 a 200 partes por millón de ácido giberélico. Concentraciones superiores a 200 partes por millón de ácido giberélico, inhibieron la germinación.

Barros (1980) observó que semillas sin escarificar de Andropogon gayanus, aumentaron su germinación en un 12%, con aplicaciones de ácido giberélico en dosis de 50 partes por millón.

2.3.4 Compuestos Metabólicos.

Para estimular germinación en algunas semillas y comprender mejor sus mecanismos de latencia, se ha probado un gran número de compuestos químicos tales como cianuros, azidas, nitratos, nitritos, hidroxilaminas, tiourea y

algunos compuestos sulfúricos. Algunos estimulan la acción hormonal en las membranas, otros actúan como inhibidores de enzimas específicas o componentes de la cadena respiratoria. (Clavijo, 1978).

Los nitratos, nitritos e hidroxilaminas rompen latencia en arroz (Roberts, 1964), en Bromus tectorum (Evans y Young, 1975) y en Echinochloa crusgalli Bev y Amaranthus albus (Hendricks y Taylorson, 1974). Esta estimulación es causada por inhibición de la citocromo oxidasa, indicando que bloqueando la transferencia de electrones al oxígeno, a través de la cadena de citocromos, se promueve germinación. Sin embargo, en un experimento conducido por Hendricks y Taylorson en 1974, se postuló que nitritos, azidas e hidroxilaminas promueven la germinación de semillas al inhibir la descomposición del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) por la catalasa.

El nitrato de potasio (KNO_3) es un compuesto que tiene un efecto sinérgico sobre la acción de las giberelinas y se emplea frecuentemente para hacer análisis de viabilidad de semillas, pues favorece su germinación (Mayer y Poljakoff- Mayber, 1963).

Huxley y Turk (1966) en una investigación con cuatro malezas sensibles a la luz, encontraron que una solución de 0.2% de nitrato de potasio incrementó la germinación en Tagetes minuta y Euphorbia hirta.

Algunas especies tales como Polygonon mospeliensis, responden a nitrato de potasio solamente a temperaturas alternas (Toole, 1938).

Ramos (1975) encontró que el nitrato de potasio, en dosis de 500 y 1.000 partes por millón, estimuló la germinación de semillas latentes de Bracharia decumbens, de un 12 a 14% en semilla escarificada, y de un 6 a 7% en semilla no escarificada.

La germinación de muchas semillas en la oscuridad se estimula con tiourea. Sin embargo, la tiourea debe aplicarse en alta concentración para promover la germinación. Por ejemplo, para semillas de lechuga, la concentración efectiva es del orden de 10^{-2} a 10^{-3} M. Estas concentraciones tienen efecto si las semillas germinan dentro de la solución de tiourea. (Gómez, 1982).

Como en muchos otros experimentos sobre la germinación, aquí también existen interacciones entre el efecto de la tiourea y el de otros factores que afectan la germinación, tales como luz y temperatura. Aún más, los efectos observados son una función de las concentraciones de tiourea. Es claro que a diferentes temperaturas, la concentración efectiva de tiourea para promover la germinación es diferente. (Gómez, 1982).

La tiourea, a pesar de ser un estimulador de la germinación, no lo hace con todas las especies de semillas, o si lo hace en algunas, debe ser com-

plementada con otros tratamientos. Esto lo comprobaron Speer et al (1974) con semillas de lechuga (Lactuca sativa v. Gran Rapids), donde la tiourea en combinación con luz roja, aumentó al máximo la germinación.

Ramos (1975) no encontró respuesta a la aplicación de tiourea en la germinación de semillas de Brachiaria decumbens ; sin embargo, Morales y Arenas (1983) si la obtuvieron al aplicarla en dosis de 10^{-3} M en semillas del pasto Dichanthium annulatum.

2.4 EFECTO DE ALMACENAMIENTO SOBRE GERMINACION.

Algunas semillas recién cosechadas no germinan al sembrarlas inmediatamente, pues poseen un tipo de latencia primaria, la cual se vence con periodos específicos de almacenamiento los cuales son esenciales para conseguir sobremaduración del embrión. Lo anterior lo comprobó Mott (1974) en Aristida contorta . Este tipo de latencia también fué observado en otras especies de pastos, tales como Rottboellia exaltata, donde Thomas y Allison (1974) encontraron que la latencia primaria puede durar desde unas pocas semanas a un año o más. Dependiendo de las condiciones de post-cosecha esta latencia puede declinar rápidamente. Mott (1974) consiguió sobremaduración en Aristida contorta con altas temperaturas durante el almacenamiento, o tratamientos con ácido giberélico o tiourea.

Durante el período de almacenamiento es posible que ocurran una serie de cambios anatómicos, morfológicos y fisiológicos que acondicionan la semilla para su germinación. Mayer y Poljakoff-Mayber (1963) afirmaron que se altera la composición de las sustancias presentes en la semilla durante el almacenamiento, cambia la permeabilidad de la testa o cubierta y pueden aparecer sustancias promotoras de la germinación disminuyéndose los inhibidores del crecimiento.

Las condiciones de almacenamiento tienen una influencia sobre germinación de semillas. Bajas temperaturas, baja humedad relativa y aireación adecuada, son las condiciones favorables a las cuales se deben someter las semillas después de cosechadas (Jollif y Sánchez, 1971).

En pastos tropicales, los períodos de almacenamiento necesarios para romper latencia varían según su especie. Alarcón, Lotero y Escobar (1969) lograron incrementar germinación y vencer latencia de puntero (Hyparrhenia rufa), guinea (Panicum maximum) y angletón (Dichanthium aristatum), almacenando sus semillas durante 130, 160 y 219 días respectivamente.

En semillas de pasto climacuna (Dichanthium annulatum) Toro (1979) encontró que la latencia es superada a los 225 días de la cosecha. Ramos (1975) observó que la germinación de las semillas de Brachiaria decumbens se aumentó gradualmente con el tiempo de almacenamiento, alcanzando un máximo

de 80% a los 8 meses. El mismo autor halló que para Brachiaria ruziziensis hubo un máximo en la germinación con siete meses de almacenamiento, consiguiéndose un 77% para semillas tratadas con ácido giberélico y 74% para las no tratadas.

Con el fin de determinar el período de reposo y el efecto de escarificación sobre éste y la germinación de semillas de los pastos Brachiaria brizantha y Brachiaria ruziziensis, Pérez y Arguelles (1981) almacenaron semilla sin escarificar y escarificada por diez minutos y encontraron que el B. brizantha alcanzó los mayores porcentajes de germinación entre los 90 y los 180 días, cuando no se escarificó la semilla. Cuando se escarificó se obtuvo la máxima germinación a los 150 días y se mantuvo alta entre los 90 y los 270 días, disminuyendo rápidamente su viabilidad después de este período. Tanto las semillas sin escarificar y escarificadas de B. ruziziensis alcanzaron la máxima germinación a los 240 días, teniendo las escarificadas porcentajes superiores al 40% desde los 120 días.

Barros (1980) halló que la germinación del pasto Carimagua (Andropogon gayanus) aumentó gradualmente con el tiempo de almacenamiento, alcanzando su máximo porcentaje entre 150 y 180 días después de cosechados.

Whiteman y Mendra (1982) concluyeron que es esencial un período de almacenamiento de por lo menos seis meses, para conseguir sobremaduración y remo-

ver la latencia primaria de semillas de Brachiaria decumbens. Pero la máxima germinación de semillas intactas (sin ningún tratamiento) la consiguieron después de 12 meses de almacenamiento y ésta solo fué de 40 a 55%. En cambio, escarificando con H_2SO_4 semillas almacenadas durante 10 meses, obtuvieron 70% de germinación, lo cual demostró la efectividad de este tratamiento para vencer latencias fuertes relacionadas con restricción mecánica impuesta por la cubierta de la semilla.

Morales y Arenas (1983) confirmaron los resultados de Toro (1979), encontrando que las semillas de Climacuna (Dichanthium annulatum) rompieron su período de reposo aproximadamente a los 210 días de almacenamiento.

3. MATERIALES Y METODOS

Las semillas utilizadas en este estudio fueron cosechadas en campos experimentales del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, del Instituto Colombiano Agropecuario, y luego clasificadas por el Programa de Pastos Tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical en Cali.

Las semillas de Brachiaria dictyoneura fueron cosechadas en Junio 24 de 1982 y las de Brachiaria humidicola en Agosto 3 de 1982.

El sitio de recolección de la semilla, Carimagua, está situado a 200 m.s.n.m. en el extremo nororiental del Departamento del Meta, a 4° 37' de latitud norte y 71° 36' de longitud oeste, en los Llanos Orientales de Colombia. Su precipitación anual es de 2.000 mm anuales distribuidos desde Abril hasta Diciembre. La temperatura promedio es de 24°C.

Para la realización de los diferentes ensayos se seleccionaron espiguillas que contenían cariósides, utilizando el método de soplado uniforme, con un soplador de columna de aire General Seed Blower.

El contenido de humedad de las semillas, después de la clasificación y secamiento fué de 8.5%. Las semillas maduras y secas fueron colocadas en empaques plásticos y almacenadas en nevera a 5°C.

Se efectuaron cinco experimentos con las semillas almacenadas. Todas las pruebas de germinación fueron hechas usando 50 semillas por replicación, colocadas en cajas plásticas de petri de 10 centímetros de diámetro, sobre dos círculos de papel filtro Whatman número 3, de 9 cms. de diámetro, humedecidos con cinco mililitros de agua destilada o las soluciones químicas objeto del tratamiento. La germinación fué efectuada en un germinador Conviron, utilizando luz constante y con la siguiente graduación de temperatura: 30°C durante 8 horas y 20°C durante 16 horas . Se usó Captán para el control de hongos durante la germinación.

Para realizar la evaluación de las diferentes pruebas se consideró germinada una semilla cuando su plúmula y radícula estaban bien desarrolladas. El número de semillas germinadas fué registrado a los 7, 14 y 21 días.

Para el análisis de los diferentes experimentos se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro replicaciones de 50 semillas cada una por tratamiento, ya que el material experimental era homogéneo y los tratamientos de los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio bajo condiciones controladas. En este estudio, los datos de germinación fueron expresados en porcentajes y analizados estadísticamente usando la prueba de Duncan, para determinar las diferencias entre tratamientos .

Estos experimentos se efectuaron desde Septiembre de 1982 hasta Julio de 1983, en el Laboratorio Nacional de Semillas del Centro Nacional de Inves-

tigaciones Agropecuarias Tibaitatá en Mosquera, Cundinamarca.

Para cumplir los objetivos planteados, se dividió el estudio en cinco experimentos separados, los cuales se describen a continuación:

3.1 EXPERIMENTO 1. Efecto de la escarificación con H_2SO_4 en la germinación de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura.

Con el fin de estudiar el efecto de la escarificación con H_2SO_4 sobre la germinación de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura y además encontrar el tiempo óptimo de contacto de las semillas con el ácido, se probaron diferentes tiempos de escarificación de las semillas, que constituyeron los siguientes tratamientos :

1. 0 minutos
2. 5 minutos
3. 10 minutos
4. 15 minutos
5. 20 minutos
6. 25 minutos
7. 30 minutos
8. 35 minutos
9. 40 minutos .

Los porcentajes de germinación de las semillas sometidas a los anteriores tratamientos se compararon entre sí y con el porcentaje de germinación de cariósides desnudas, es decir, de semillas a las cuales se les había quitado manualmente las glumas, la lema y la palea. Para determinar las diferencias entre promedios de tratamientos se utilizó la prueba de Duncan. Se empleó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro replicaciones de 50 semillas cada una, por tratamiento.

Las semillas se escarificaron con H_2SO_4 concentrado del 98%, durante los tiempos anteriormente mencionados, después de lo cual se lavaron con abundante agua corriente, para remover los residuos del ácido y prevenir así daños al embrión. Posteriormente se dejaron secar al aire libre por dos horas, y se procedió a realizar las pruebas de germinación.

3.2 EXPERIMENTO 2. Efecto del ácido giberélico en la germinación de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura.

Con el propósito de observar el efecto del ácido giberélico en la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura fueron ensayadas las siguientes concentraciones de ácido, durante el montaje de las pruebas de germinación :

1. 1 parte por millón
2. 10 partes por millón

3. 100 partes por millón
4. 200 partes por millón
5. 300 partes por millón
6. 500 partes por millón
7. 1000 partes por millón

Los porcentajes de germinación de las semillas sometidas a los anteriores tratamientos fueron comparados entre sí y con el de semillas intactas que no tuvieron ningún tratamiento, utilizando la prueba de Duncan. Se usó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro replicaciones de 50 semillas cada una, por tratamiento.

Las semillas escarificadas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura fueron tratadas con el H_2SO_4 durante 15 y 30 minutos respectivamente, según tiempos óptimos de escarificación encontrados en el Experimento 1.

Las soluciones del ácido giberélico se prepararon disolviendo este ácido, en forma de polvo, en agua desmineralizada, hasta obtener las concentraciones antes mencionadas. Luego se hicieron las pruebas de germinación aplicando 5 ml. de la solución respectiva por caja de petri que contenía 50 semillas, colocadas sobre círculos de papel filtro Whatman No. 3.

3.3 EXPERIMENTO 3. Efecto del KNO_3 en la germinación de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura .

Para analizar el efecto del KNO_3 en la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura fueron ensayadas las siguientes concentraciones de nitrato de potasio durante las pruebas de germinación.

1. 500 partes por millón
2. 1000 partes por millón
3. 2000 partes por millón.

Los porcentajes de germinación de las semillas sometidas a los anteriores tratamientos fueron comparados entre sí y con el de semillas intactas que no tuvieron ningún tratamiento, utilizando la prueba de Duncan. Se usó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro replicaciones de 50 semillas cada una, por tratamiento.

La metodología de preparación de las soluciones de KNO_3 , el tiempo de escarificación de las semillas con H_2SO_4 y el montaje de las pruebas de germinación fueron similares al Experimento No. 2.

3.4 EXPERIMENTO 4. Efecto de la tiourea en la germinación de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura.

Con el objetivo de investigar el efecto de la tiourea en la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura, fueron probadas las siguientes concentraciones de tiourea, durante las pruebas de germinación.

1. 7.6 partes por millón.
2. 76 partes por millón
3. 760 partes por millón
4. 7600 partes por millón

Los porcentajes de germinación de las semillas sometidas a los anteriores tratamientos fueron comparados entre sí y con el de semillas intactas que no tuvieron ningún tratamiento de tiourea, utilizándose la prueba de Duncan. Se usó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones de 50 semillas cada una, por tratamiento.

La metodología de preparación de las soluciones de tiourea, el tiempo de escarificación de las semillas con H_2SO_4 y las pruebas de germinación fueron similares al experimento No.2

3.5 EXPERIMENTO 5. Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura.

Para determinar el efecto del periodo de almacenamiento sobre la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura, a las anteriores semillas se les tomó su porcentaje de germinación después de los siguientes días de almacenamiento:

1. 90 días
2. 120 días
3. 150 días
4. 180 días
5. 210 días
6. 240 días
7. 270 días
8. 300 días
9. 330 días
10. 360 días

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Para determinar las diferencias entre promedios de tratamientos se usó la prueba de Duncan.

No se efectuó la prueba de germinación de semillas frescas, ni de semillas

con uno y dos meses de almacenamiento, pues éstas fueron recibidas cuando ya tenían tres meses de cosechadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Este capítulo se ha dividido en cinco partes correspondientes a cada uno de los cinco experimentos realizados con las semillas.

4.1 EXPERIMENTO 1.

Este experimento fué realizado para determinar el efecto del tiempo de inmersión de las semillas en H_2SO_4 concentrado sobre la germinación de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura cuando éstas tenían tres y cuatro meses de recolectadas respectivamente.

Los resultados del efecto del tiempo de inmersión en H_2SO_4 concentrado sobre el porcentaje de germinación de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura se presentan en la Tabla 1 y son analizados estadísticamente en las Tablas 1 y 2 del Apéndice.

Tanto en Brachiaria humidicola como en Brachiaria dictyoneura se obtuvieron respuestas cuadráticas altamente significativas (Tablas 19 y 20 del Apéndice), lográndose máximos porcentajes de germinación de 59.5 y 13.5% con 15 y 30 minutos de inmersión de las semillas en H_2SO_4 respectivamente. El hecho de haber necesitado más tiempo de escarificación las semillas de Brachiaria dictyoneura para conseguir su máxima germinación, indica que

TABLA 1. Efecto del tiempo de escarificación con H₂SO₄ sobre la germinación de semillas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura

Tiempo de escarificación (minutos)	Porcentaje de germinación	
	<u>B. humidicola</u>	<u>B. dictyoneura</u>
0	40.5 cd <u>1/</u>	1.0 h <u>1/</u>
5	46.5 b	1.5 gh
10	48.5 b	1.5 gh
15	59.5 a	2.5 fg
20	45.5 bc	4.0 de
25	37.5 d	5.0 d
30	31.5 e	13.5 b
35	22.0 f	7.5 c
40	10.5 g	3.0 ef
Cariópsides <u>2/</u>	49.5 b	38.5 a

1/ Promedios dentro de una columna seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1% de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

2/ Semillas a las cuales se les ha quitado manualmente las glumas, la lema y la palea, y que no fueron tratadas con H₂SO₄.

las estructuras que envuelven sus cariósides (lema y palea) son más duras y resistentes al ácido que las de Brachiaria humidicola. Al aumentar los tiempos de inmersión de las semillas en H_2SO_4 concentrado, a partir de los anteriores tiempos óptimos, se observó una marcada disminución en los porcentajes de germinación, lo cual se explica por el daño que causa el exceso de ácido al embrión de las semillas.

Puesto que la escarificación tuvo un efecto marcado en el aumento de la germinación, parece que la latencia de estas semillas es causada por restricción mecánica impuesta por la cubierta de la semilla y por inhibición a la difusión de oxígeno, debida a la lema y palea que son estructuras duras y brillantes, que están fuertemente adheridas a la cariósida, especialmente en el caso de Brachiaria dictyoneura.

En la Tabla 1 se observa el efecto de la remoción manual de las anteriores estructuras sobre la germinación de ambas especies de pastos. Los porcentajes de germinación de las cariósides de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura fueron de 49.5 y 38.5% respectivamente, los cuales resultaron ser significativamente superiores en relación con la germinación de semillas intactas, que en Brachiaria humidicola fué de 40.5% y en Brachiaria dictyoneura solo del 1%.

Este experimento demostró la existencia de una fuerte latencia en Brachiaria dictyoneura y de una latencia moderada en Brachiaria humidicola. En el

caso de Brachiaria dictyoneura, se confirmaron los resultados de los trabajos realizados por el CIAT en 1981, en los cuales se encontró que tratando dichas semillas con H_2SO_4 durante 35 minutos se aumentaba la germinación de 0 a 6%, un mes después de cosechadas.

Otro factor que puede estar influenciando latencia en Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura, es la presencia de inhibidores de la germinación, en las estructuras de la cubierta y/o en el embrión de las semillas, lo cual puede aclararse con los siguientes experimentos .

4.2 EXPERIMENTO 2.

Este experimento se realizó para determinar el efecto del ácido giberélico en la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura. En el momento de efectuar la prueba las semillas tenían 4 y 5 meses de cosechadas respectivamente.

Los tratamientos usados y los efectos sobre germinación son mostrados en las Tablas 2 y 3. Los análisis estadísticos se muestran en las Tablas 3, 4, 5 y 6 del Apéndice.

En la Tabla 2 se observa el resultado de la aplicación de ácido giberélico en semillas sin escarificar y escarificadas con H_2SO_4 de Brachiaria dictyo-

TABLA 2. Efecto del ácido giberélico en la germinación de semillas de Brachiaria dictyoneura.

Concentración (ppm)	Porcentajes de germinación	
	No Escarificadas	Escarificadas
0	1.5 e <u>1/</u>	35.0 d <u>1/</u>
1	5,5 d	37,0 d
10	8.0 d	42.5 b
100	8.5 cd	43.5 b
200	8.5 cd	48.0 a
300	11.5 bc	49.5 a
500	14.0 ab	50.5 a
1000	16.0 a	49.5 a

1/ Promedios dentro una columna, seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1%, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

TABLA 3. Efecto del ácido giberélico en la germinación de semillas de Brachiaria humidicola .

Concentración (ppm)	Porcentaje de germinación	
	No escarificadas	Escarificadas
0	51.5 e <u>1/</u>	63.5 c <u>1/</u>
1	56.5 de	65.5 c
10	61.0 cd	68.0 c
100	67.5 bc	69.0 c
200	72.0 ab	75.0 b
300	76.0 a	85.0 a
500	75.5 a	80.0 ab
1000	74.5 ab	79.0 ab

1/ Promedios dentro de una columna seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1% de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

neura . En ambos casos se obtuvieron respuestas lineales altamente significativas (Tabla 21 y 22 del Apéndice). La mejor dosis en semillas escarificadas fué de 500 p.p.m., con la cual se logró una máxima germinación de 50.5%, mientras que la mejor dosis de ácido giberélico en semillas no escarificadas fué de 1000 p.p.m., con la cual la germinación solamente fué de 16%.

Los resultados de aplicación de ácido giberélico en semillas sin escarificar y escarificadas con H_2SO_4 de Brachiaria humidicola se presentan en la Tabla 3. Se obtuvieron respuestas cuadráticas altamente significativas (Tabla 23 y 24 del Apéndice). En ambos casos, la dosis de ácido giberélico que tuvo mejor efecto sobre la germinación fué de 300 p.p.m., pero mientras que en semillas escarificadas se obtuvo una germinación de 85%, en semillas no escarificadas ésta fué de 76%. Dosis superiores a 300 p.p.m., aplicadas en semillas escarificadas y sin escarificar, produjeron pequeñas disminuciones en los porcentajes de germinación.

Este experimento demostró una vez más el efecto estimulador de las giberelinas sobre la germinación, puesto que hubo diferencias altamente significativas en el porcentaje de germinación de semillas tratadas con ácido giberélico y las no tratadas.

Otro hecho importante hallado es que esta promoción de la germinación debida a las giberelinas es más notable en Brachiaria dictyoneura que en Brachiaria humidicola.

Estos resultados parecen coincidir con las afirmaciones de Amen (1968) en el sentido de que los procesos involucrados en la ruptura de la latencia y posterior germinación están bajo control hormonal y que el control de la iniciación y la terminación de la latencia está regulado por un balance entre promotores e inhibidores de la germinación.

La aplicación de la anterior teoría al comportamiento de germinación en Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola podría explicarse de la siguiente manera: en los primeros meses después de ser cosechadas las semillas su latencia es fuerte y ésta se debe a la presencia de inhibidores de la germinación en el embrión y/o el endospermo de las semillas. Por otro lado el contenido endógeno de ácido giberélico es bajo o se encuentra desbalanceado. Al realizar aplicaciones de ácido giberélico en semillas no escarificadas, la baja germinación lograda indica la dificultad que tiene el ácido para penetrar a través de los tegumentos. En cambio al aplicar el ácido giberélico en semillas escarificadas, éste penetra más fácilmente hacia el interior de la semilla, haciendo que el balance entre inhibidores y promotores se incline hacia estos últimos y se produzca la germinación.

Las anteriores observaciones para Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola coinciden también con las realizadas por Ramos en 1975 para Brachiaria decumbens. Este autor encontró que las semillas de Brachiaria decumbens presentan además de la latencia debida a la cubierta de la semilla, una latencia fisiológica, producida por un desbalance hormonal. Al imbibir las semillas durante 25 horas en soluciones de 50 a 200 p.p.m. de ácido giberélico, Ramos logró aumentar su germinación entre un 15 a 20%.

4.3 EXPERIMENTO 3.

El objetivo de este experimento fué el de determinar si el KNO_3 incrementa la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de los pastos Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura. En el momento de la prueba, las semillas tenían tres y cuatro meses de cosechadas respectivamente.

Los tratamientos usados y los efectos sobre germinación se pueden observar en las Tablas 4 y 5. Los análisis estadísticos se muestran en las Tablas 7, 8, 9 y 10 del Apéndice.

En la Tabla 4, se observa el efecto de la aplicación de KNO_3 en semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria dictyoneura, obteniéndose

TABLA 4. Efecto de KNO_3 en la germinación de semillas de Brachiaria dictyoneura

Concentración (ppm)	Porcentaje de germinación	
	No escarificadas	Escarificadas
0	1.5 c <u>1/</u>	35.0 b <u>1/</u>
500	5.5 b	36.5 b
1000	9.0 a	44.5 a
2000	11.0 a	46.0 a

1/ Promedios dentro de una columna seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1% , de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

en ambos casos respuestas lineales altamente significativas a las dosis usadas (Tablas 25 y 26 del Apéndice). En ambos tipos de semillas, la mejor dosis en la promoción de la germinación fué la de 2000 p.p.m. de KNO_3 , pero mientras que en las semillas escarificadas se obtuvo una germinación de 46% en las no escarificadas ésta solo fué de 11%.

Los efectos de la aplicación de KNO_3 en semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola se presentan en la Tabla 5. En este caso también se obtuvieron respuestas lineales altamente significativas (Tabla 27 y 28 del Apéndice). La mejor dosis en la promoción de la germinación fué la de 2000 p.p.m. de KNO_3 , tanto en semillas escarificadas como sin escarificar, pero mientras que en semillas escarificadas se logró una germinación de 82%, en las no escarificadas ésta fué de 74.5%.

Los anteriores datos indican que el KNO_3 aumentó la germinación de semillas latentes de Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola, ya que se presentaron diferencias altamente significativas entre los porcentajes de germinación de semillas tratadas con KNO_3 y las no tratadas.

Así mismo, al realizar aplicaciones de KNO_3 en semillas sin escarificar de las dos especies estudiadas, la baja germinación lograda indica la dificultad que tiene el KNO_3 para penetrar a través de los tegumentos.

TABLA 5. Efecto del KNO₃ en la germinación de semillas de Brachiaria humidicola

Concentración (ppm)	Porcentaje de germinación	
	No Escarificadas	Escarificadas
0	51,5 c 1/	63,5 c 1/
500	62,5 b	71,5 b
1000	68,0 ab	77,0 ab
2000	74,5 a	82,0 a

1/ Promedios dentro de una columna seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1%, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

En cambio al aplicar este compuesto en semillas escarificadas se obtuvo una mejor germinación.

En razón de que con la dosis máxima empleada de KNO_3 (2000 p.p.m.) se obtuvieron los mayores porcentajes de germinación, en este trabajo no se puede concluir cuál es la dosis óptima de KNO_3 en la promoción de germinación de Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola, ya que hizo falta probar concentraciones superiores de este compuesto químico.

4.4. EXPERIMENTO 4.

Este experimento fué realizado con el fin de determinar el efecto de la tiourea en la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura. En el momento de efectuar el ensayo de las semillas tenían tres y cuatro meses de cosechadas respectivamente.

Los tratamientos usados y sus efectos sobre germinación son mostrados en las Tablas 6 y 7. Los análisis estadísticos se muestran en las Tablas 11, 12, 13 y 14 del Apéndice.

En la Tabla 6 se observa el resultado de la aplicación de tiourea en semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria dictyoneura. En am-

TABLA 6. Efecto de la tiourea en la germinación de semillas de Brachiaria dictyoneura.

Concentración (ppm)	Porcentaje de germinación	
	No escarificadas	Escarificadas
0	1.5 c <u>1/</u>	35.0 b <u>1/</u>
7,6	7.5 b	43.0 b
76	13.5 a	49,5 a
760	5.5 b	41.5 b
7600	5.0 b	12.5 c

1/ Promedios dentro de una columna seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1% de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

Los casos se obtuvieron respuestas lineales altamente significativas (Tablas 29 y 30 del Apéndice). En semillas escarificadas se logró una germinación máxima de 49.5% con una dosis de 76 p.p.m. En semillas no escarificadas la mejor germinación fué de 13.5% también con 76 p.p.m. de tiourea. Al aplicar concentraciones superiores de tiourea en semillas escarificadas y sin escarificar se produjeron disminuciones en los porcentajes de germinación.

Los efectos de la aplicación de tiourea en semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola se presentan en la Tabla 7. En este caso también se obtuvieron respuestas lineales altamente significativas (Tabla 31 y 32 del Apéndice). La mejor dosis en la promoción de la germinación fué de 760 p.p.m. de tiourea, tanto en semillas escarificadas como sin escarificar, pero mientras que en semillas escarificadas se logró una germinación de 84% en las no escarificadas ésta fué de 74.5%. No hubo diferencias altamente significativas, según la prueba de rango múltiple de Duncan, entre los porcentajes de germinación obtenidos con las dosis de 760 p.p.m. y 76 p.p.m. de tiourea, tanto para semillas escarificadas como sin escarificar. Al realizar aplicaciones de tiourea en dosis superiores a las anteriores se observaron efectos inhibitorios en la germinación.

TABLA 7. Efecto de la tiourea en la germinación de semillas de Brachiaria humidicola

Concentración (ppm)	Porcentaje de germinación	
	No escarificadas	Escarificadas
0	51.5 b <u>1/</u>	63.5 b <u>1/</u>
7,6	72,5 a	80.5 a
76	73,0 a	82.0 a
760	74,5 a	84,0 a
7600	45.5 b	56.0 c

1/ Promedios dentro de una misma columna seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1% de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

Los resultados de este experimento indican que la tiourea estimuló la germinación de semillas latentes de Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola , ya que se presentaron diferencias altamente significativas entre los porcentajes de germinación de semillas tratadas con tiourea y las no tratadas.

Al realizar aplicaciones de tiourea en semillas sin escarificar se obtuvo una más baja germinación que cuando se aplicó la tiourea en semillas escarificadas. Se puede deducir que la escarificación ácida al resquebrajar la cubierta de la semilla facilita la penetración de la tiourea hacia el interior de la misma.

El incremento altamente significativo en germinación obtenido con la tiourea podría ser debido a un aumento tanto de las giberelinas como de otras sustancias en la semilla (Leopold y Kriedemann, 1975) o a una inhibición irreversible de la catalasa. Este último fenómeno fué bien explicado por Hendricks y Taylorson (1975) quienes mostraron que la tiourea, el KNO_3 y la hidroxilamina promueven germinación al inhibir la descomposición del peróxido de hidrógeno por la catalasa. Por lo tanto este peróxido de hidrógeno oxida la coenzima reducida NADPH requerida en la ruta pentosa fosfato, vía metabólica esencial para la pérdida de la latencia .

4.5 EXPERIMENTO 5.

El efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas es-

carificadas y sin escarificar de Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola se muestra en las Tablas 8 y 9 y los análisis estadísticos se muestran en las Tablas 15, 16, 17 y 18 del Apéndice.

En la Figura 1 se observa un incremento progresivo en la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria dictyoneura obteniéndose el máximo porcentaje de germinación para ambos tipos de semilla, a los doce meses de almacenamiento, siendo éste de 43.5% para semillas escarificadas y de 19.3% para semillas sin escarificar. Efectuado el análisis de regresión se obtuvieron respuestas lineales altamente significativas (Tablas 33 y 34 del Apéndice).

El incremento en el porcentaje de germinación es más pronunciado en semillas escarificadas, especialmente en el lapso comprendido entre el tercero y el quinto mes de almacenamiento, pues mientras que en semillas escarificadas la germinación subió de 7% en el tercer mes a 35% en el quinto mes, en semillas no escarificadas solamente subió de 0.5% en el tercer mes a 1.5% en el quinto mes.

El incremento pronunciado en el porcentaje de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura, a medida que transcurren los meses de almacenamiento, posiblemente se puede deber a dos causas:

1. El embrión de las semillas necesita alcanzar su madurez fisioló-

TABLA 8. Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas de Brachiaria dictyoneura

Días de almacenamiento	Porcentaje de germinación	
	No escarificadas	Escarificadas
90	0.5 f <u>1/</u>	7.0 f <u>1/</u>
120	1.0 f	13.5 e
150	1.5 f	35.0 d
180	4.5 e	36.0 d
210	6.0 e	37.5 cd
240	8.5 d	38.5 bcd
270	12.0 c	40.5 abc
300	13.5 c	41.5 abc
330	17.0 b	42.5 ab
360	19.3 a	43.5 a

1/ Promedios dentro de una columna seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1%, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

TABLA 9. Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de Brachiaria humidicola

Días de almacenamiento	Porcentaje de germinación	
	No escarificadas	Escarificadas
90	40.5 e <u>1/</u>	59.5 e <u>1/</u>
120	51.5 cd	63.5 de
150	52.0 cd	65.5 cd
180	53.5 c	67.0 cd
210	55.5 bc	68.5 bcd
240	60.5 ab	69.5 bc
270	61.5 ab	73.5 ab
300	62.5 a	75.5 a
330	63.5 a	78.0 a
360	45.5 de	75.0 a

1/ Promedios dentro de una columna seguidos por una letra en común, no difieren significativamente al nivel del 1% de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

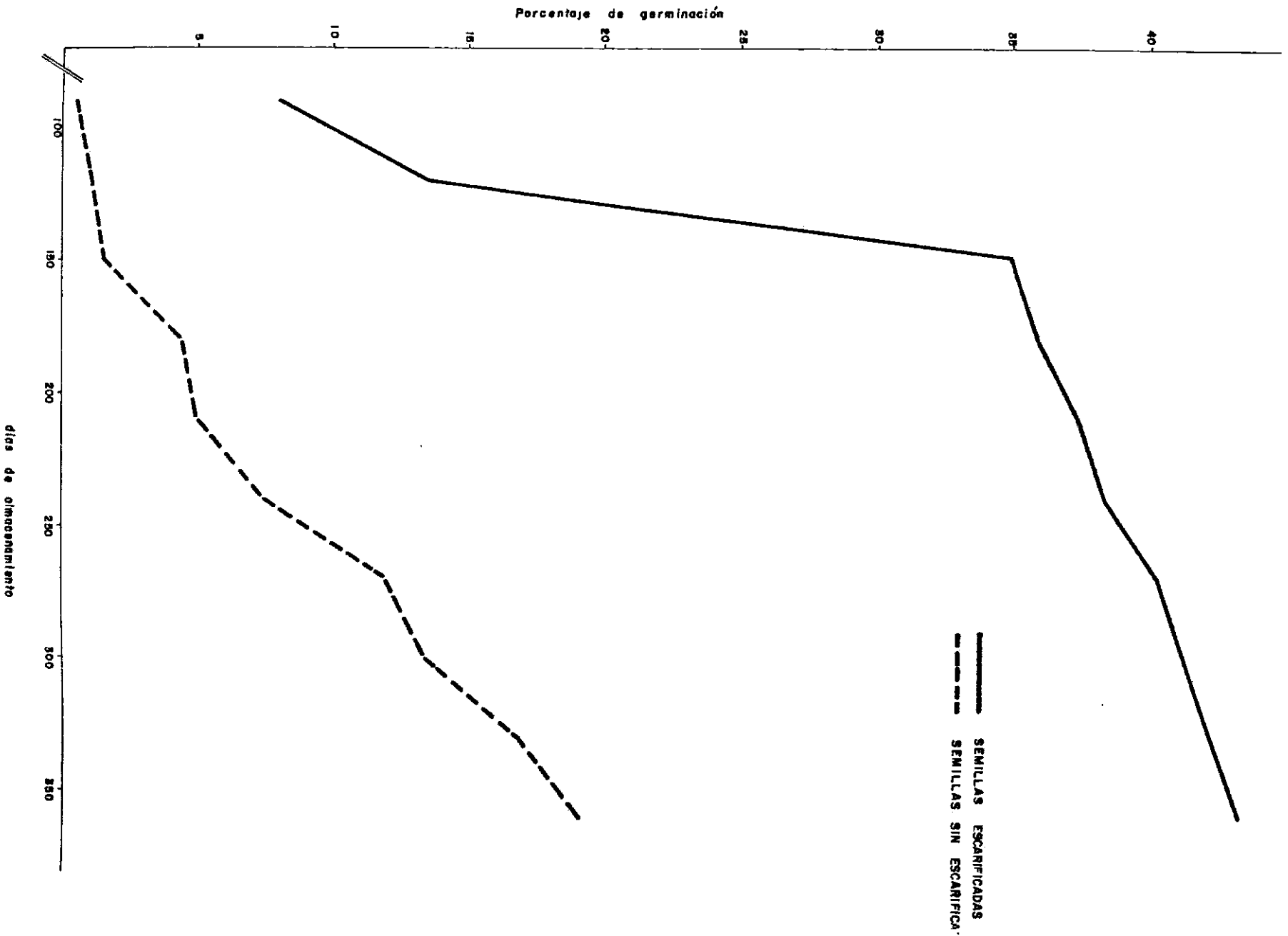


Figura Nº 1 Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas escarificadas y sin escarificar de Bracharia distachneura

gica y ésta se va consiguiendo a medida que pasa el tiempo de almacenamiento.

2. Al eliminarse la barrera mecánica impuesta por los tegumentos, se facilita el intercambio de gases (particularmente el oxígeno), oxidación y subsecuente destrucción de inhibidores y su difusión hacia afuera.

La anterior explicación está reforzada por los datos de la Tabla 8 ya que además del aumento en la germinación producido por el debilitamiento de los tegumentos debido a la escarificación con H_2SO_4 , se requiere un tiempo de almacenamiento de 12 meses para obtener una germinación de 43.5%. Por consiguiente la latencia de la semilla de Brachiaria dictyoneura no solo se debe a la barrera impuesta por los tegumentos, sino que puede ser también de orden fisiológico .

Los anteriores resultados corroboran las conclusiones del Experimento 1 de este trabajo, en el sentido de que las semillas recientemente cosechadas de Brachiaria dictyoneura presentan una fuerte latencia debida a inmadurez fisiológica del embrión y a la dureza de la cubierta. Esta latencia es largamente perdurable ya que aún a los doce meses de almacenadas, las semillas intactas solo logran un 19.3 % de germinación. En este trabajo no se pudo determinar cual es el tiempo óptimo de almacenamiento de Bra-

chiaría dictyoneura, ya que solo se realizaron pruebas de germinación hasta el décimosegundo mes; en el cual se obtuvo la germinación más alta. Si se desea acortar este largo período de latencia que presentan las semillas de Brachiaria dictyoneura es necesario escarificarlas con H_2SO_4 durante 30 minutos y además agregarles 300 p.p.m. de ácido giberélico. Con los anteriores tratamientos, en este trabajo se consiguió la máxima germinación para estas semillas, la cual fué de 50.5% a los cinco meses de cosechadas.

En la Figura 2 también se observa un incremento progresivo en la germinación de semillas sin escarificar y escarificadas de Brachiaria humidicola. En semillas escarificadas se obtuvo una respuesta lineal altamente significativa (Tabla 35 del Apéndice) lográndose una germinación máxima de 78% a los 11 meses de almacenamiento. A los doce meses la germinación descendió a 75%. En la Tabla 9 se observa que no hubo diferencias altamente significativas en los porcentajes de germinación de semillas almacenadas durante 9, 10, 11 y 12 mes, según la prueba de rango múltiple de Duncan. En semillas no escarificadas se obtuvo una respuesta cuadrática altamente significativa (Tabla 36 del Apéndice), lográndose el máximo porcentaje de germinación de 63.5% a los 11 meses de almacenamiento, no existiendo diferencias altamente significativas en los porcentajes de germinación de semillas almacenadas durante 8, 9, 10 y 11 meses. A los 12 meses de almacenamiento la germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola descendió a 45.5%, debido a la pérdida de viabi-

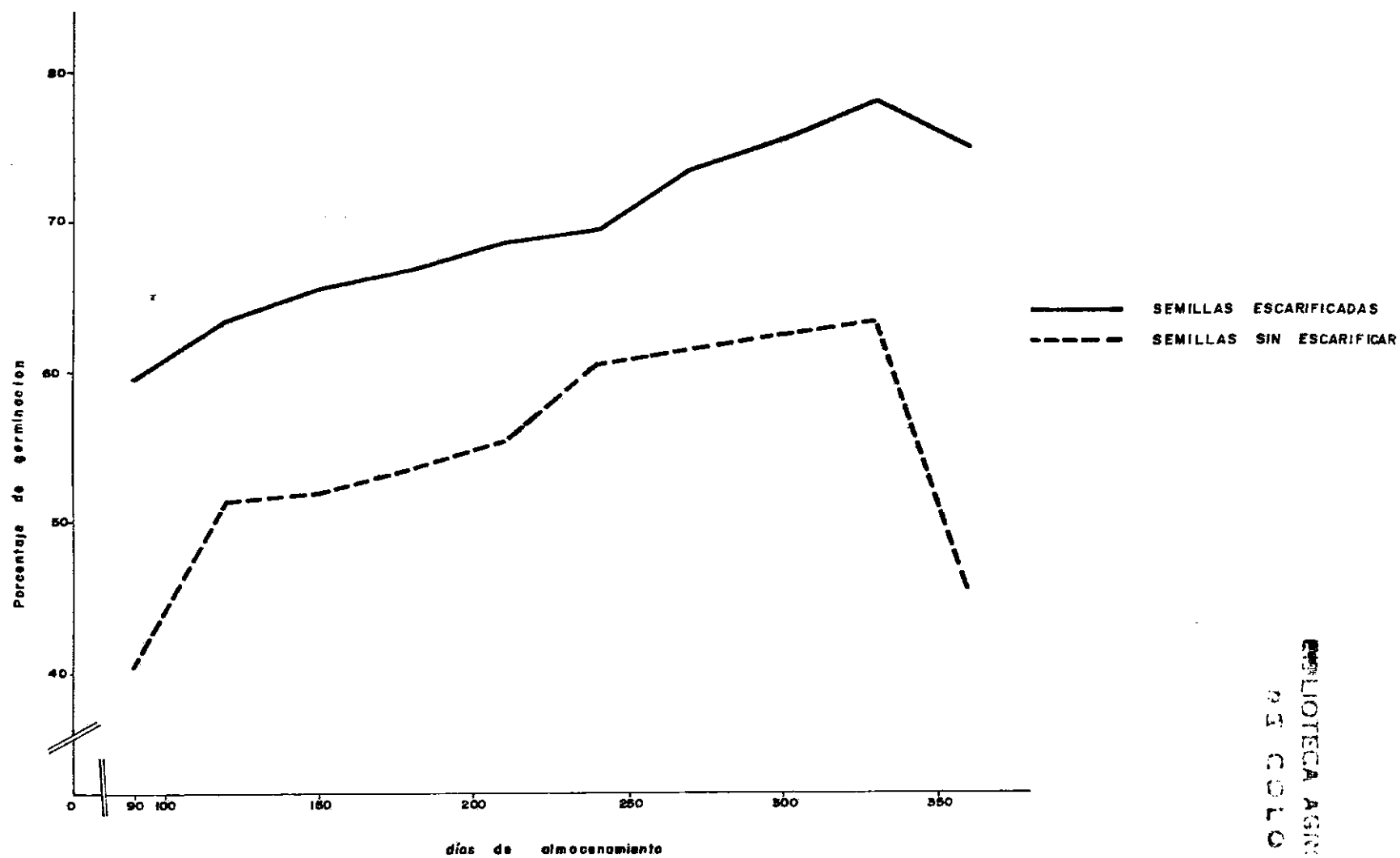


Figura Nº 2 Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas escarificadas y sin escarificar de Bracharia humidicola.

lidad del embrión al no encontrar un medio apropiado para su desarrollo.

Según los datos anteriores, es posible afirmar que las semillas de Brachiaria humidicola poseen una latencia moderada en comparación con la que presentan las semillas de Brachiaria dictyoneura.

Este período de reposo en Brachiaria humidicola es de aproximadamente ocho meses, tiempo en el cual se suceden los cambios bioquímicos y morfológicos que acondicionan la semilla para su óptima germinación. Si se desea acortar este período de reposo, es necesario escarificar las semillas con H_2SO_4 por 15 minutos y así ya se consigue una germinación de 59.5% a los tres meses de cosechadas las semillas.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten concluir lo siguiente:

1. Los resultados obtenidos demostraron que la germinación de Brachiaría dictyoneura y Brachiaría humidicola está controlada por dos formas de latencia: la más importante es la latencia a largo término, la cual puede ser debida a restricción mecánica impuesta por la cubierta de la semilla y a inhibición de la difusión del oxígeno debida a las duras y brillantes estructuras que rodean las cariopsis: paleas y lemas. Existe también una latencia primaria expresada en semillas recientemente cosechadas y debida a inmadurez fisiológica del embrión, la cual puede vencerse con sobremaduración del mismo, almacenando las semillas o tratándolas con ácido giberélico o tiourea.
2. Las semillas de Brachiaría dictyoneura presentan una fuerte latencia, la cual es largamente perdurable ya que aún a los doce meses de almacenamiento, las semillas intactas solo logran un 19.3% de germinación.

3. Si se desea acortar este largo período de latencia es necesario escarificar las semillas con H_2SO_4 concentrado durante 30 minutos y además agregarles una solución de 500 p.p.m. de ácido giberélico. Con estos tratamientos se consiguió la máxima germinación para Brachiaria dictyoneura, la cual fué de 50.5% a los cinco meses de cosechadas las semillas.
4. El segundo mejor tratamiento para vencer latencia en Brachiaria dictyoneura, y con el cual no se observaron diferencias significativas con el anterior tratamiento, consistió en escarificar las semillas con H_2SO_4 durante 30 minutos y agregarles una solución de 76 p.p.m. de tiourea, consiguiéndose un 49.5% de germinación a los cinco meses de cosechadas las semillas.
5. Al escarificar las semillas de Brachiaria dictyoneura con H_2SO_4 durante 30 minutos y agregarles una solución de 2.000 p.p.m. de KN_3 se obtuvo un 46% de germinación a los cinco meses de cosechadas las semillas.
6. Las semillas de Brachiaria humidicola presentan una latencia moderada, en comparación con la que presentan las semillas de B. dictyoneura. Este período de reposo es de aproximadamente ocho meses, tiempo en el cual se suceden los cambios bioquímicos y morfológicos que acondicionan la semilla para su óptima germinación. A los ocho

meses de almacenamiento se obtuvo un 60.5% de germinación en semillas intactas.

7. Si se desea acortar el período de reposo en Brachiaria humidicola es necesario escarificar las semillas con H_2SO_4 durante 15 minutos y así se puede obtener una germinación de 59.5% a los tres meses de cosechadas las semillas.
8. El mejor tratamiento para vencer latencia en Brachiaria humidicola consistió en escarificar las semillas con H_2SO_4 durante 15 minutos y además agregarles una solución de 300 p.p.m. de ácido giberélico, con lo cual se obtuvo una germinación de 85% a los cuatro meses de cosechadas las semillas.
9. El segundo mejor tratamiento para romper latencia en Brachiaria humidicola consistió en escarificar las semillas con H_2SO_4 concentrado durante 15 minutos, agregándoseles luego una solución de 760 p.p.m. de tiourea, con lo cual se obtuvo una germinación del 84% a los cuatro meses de cosechadas las semillas.
10. Al escarificar las semillas de Brachiaria humidicola con H_2SO_4 concentrado por 15 minutos y agregarles luego una solución de 2.000 p.p.m. de KNO_3 , se obtuvo una germinación de 82% a los cuatro meses de cosechadas las semillas.

11. El factor más limitante para la germinación de las semillas de Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola fué la dureza de las cubiertas, pero una vez sobrepuesto este limitante, se obtuvo una mayor germinación debido al efecto del GA_3 , $KN03$ y la tiourea, en semillas escarificadas. Lo anterior probablemente se deba a la dificultad que tienen esas sustancias químicas para penetrar la cubierta la semilla .

12. Los resultados obtenidos son preliminares y deben considerarse como una contribución a la iniciación de investigaciones sobre fisiología de germinación de semillas latentes de Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola .

6. RESUMEN

Con el fin de estudiar el efecto del almacenamiento y tratamientos químicos a las semillas de Brachiaria humidicola y Brachiaria dictyoneura sobre su germinación, se realizaron cinco experimentos, así:

- Experimento 1. Determinar el efecto de la escarificación de las semillas con H_2SO_4 del 98% sobre su germinación probando los siguientes tiempos de escarificación de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 minutos.
- Experimento 2. Determinar el efecto del ácido giberélico sobre germinación de semillas escarificadas y sin escarificar, utilizando las concentraciones de: 1, 10, 100, 200, 300, 500 y 1000 partes por millón de GA_3 .
- Experimento 3. Determinar el efecto del KNO_3 sobre la germinación de semillas escarificadas y sin escarificar, evaluando concentraciones de KNO_3 de 500, 1000 y 2000 partes por millón.
- Experimento 4. Determinar el efecto de la tiourea en la germinación de semillas escarificadas y sin escarificar, probando las concentraciones de: 7.6, 76, 760 y 7600 partes por millón de tiourea.

Experimento 5. Determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas escarificadas y sin escarificar, evaluando la germinación a los 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 meses.

Los experimentos se llevaron a cabo en el Laboratorio Nacional de Semillas, localizado en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, del Instituto Colombiano Agropecuario. Se emplearon semillas cosechadas en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, del Instituto Colombiano Agropecuario y beneficiadas en el Centro Internacional de Agricultura Tropical en Cali.

Las pruebas demostraron la existencia de una latencia fuerte para Brachiaria dictyoneura y de una latencia moderada para Brachiaria humidicola.

Para la primera especie la germinación de semillas con cuatro meses de cosechadas fué de 1% y para la segunda especie su germinación a los tres meses ya alcanzaba el 40.5%.

La germinación de Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola probablemente está controlada por dos formas de latencia. La latencia a largo término, la cual puede ser debida a restricción mecánica impuesta por la cubierta de la semilla y de inhibición de la difusión del oxígeno debida a las duras y brillantes estructuras que rodean las cariósides: paleas y lemas. Existe también una latencia primaria debida a inmadurez fisiológi-

ca del embrión, la cual puede vencerse con sobremaduración del mismo, almacenando las semillas o tratándolas con ácido giberélico o tiourea.

El mecanismo de dormancia debido a dureza de la cubierta es largamente perdurable, especialmente en Brachiaria dictyoneura, ya que aún a los 12 meses de almacenamiento, semillas intactas de esta especie sólo lograron un 19.3% de germinación, mientras que las semillas de Brachiaria humidicola alcanzaron un 60.5% de germinación a los ocho meses de almacenamiento.

El tratamiento más efectivo para reducir latencia en Brachiaria dictyoneura consistió en escarificar las semillas con H_2SO_4 durante 30 minutos y luego agregarles una solución de 500 p.p.m. de ácido giberélico, con lo cual se consiguió la germinación más alta para esta especie, que fué de 50.5% a los cinco meses de cosechadas las semillas. Otro tratamiento efectivo para vencer latencia en Brachiaria dictyoneura y con el cual no se observaron diferencias significativas con el anterior tratamiento, consistió en escarificar las semillas con H_2SO_4 durante 30 minutos y agregarles luego una solución de 76 p.p.m. de tiourea, consiguiéndose un 40.5% de germinación a los cinco meses de cosechadas las semillas. Al escarificar las semillas de Brachiaria dictyoneura durante 30 minutos y agregarles luego una solución de 2.000 p.p.m. de KN_3 , se obtuvo un 46% de germinación a los cinco meses de cosechadas las semillas.

El tratamiento más efectivo para vencer latencia en Brachiaria humidicola consistió en escarificar las semillas con H_2SO_4 durante 15 minutos y agregarles luego una solución de 300 p.p.m. de ácido giberélico, con lo cual se consiguió una germinación de 85% a los cuatro meses de cosechadas las semillas. Otro tratamiento efectivo para reducir latencia en Brachiaria humidicola y con el cual no se observaron diferencias significativas con el anterior tratamiento, consistió en escarificar las semillas con H_2SO_4 concentrado durante 15 minutos y agregarles luego una solución de 760 p.p.m. de tiourea, obteniéndose una germinación del 84% a los cuatro meses de cosechadas las semillas. Al escarificar las semillas de Brachiaria humidicola con H_2SO_4 concentrado durante 15 minutos y agregarles luego una solución de 2.000 p.p.m. de KNO_3 se alcanzó una germinación de 82% a los cuatro meses de cosechadas las semillas.

Con el ácido giberélico, el KNO_3 y la tiourea, en todos los casos, se obtuvieron porcentajes de germinación más elevados en semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura y Brachiaria humidicola que en semillas sin escarificar. Lo anterior, probablemente se debe a la dificultad que tienen los químicos para penetrar la cubierta de la semilla.

7. SUMMARY

To study the effect of the storage and chemical treatments upon the germination of the seeds of Brachiaría humidicola and Brachiaría dictyoneura five experiments were carried out as follows:

- Experiment 1. Seed scarification with H_2SO_4 concentrated, testing the scarification times of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 minutes.
- Experiment 2. Scarified and non scarified seeds treated with GA_3 using the acid concentration of 1, 10, 100, 200, 300, 500, and 1000 p.p.m.
- Experiment 3. Scarified and non scarified seeds treated with $KN03$ at concentrations of 500, 1000 and 2000 p.p.m.
- Experiment 4. Scarified and non scarified seeds treated with thiourea at concentrations of 7.6, 76, 760 and 7.600 p.p.m.
- Experiment 5. Scarified and non scarified seeds stored during one year evaluating germination at 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, and 12 months of storage.

These Experiments were conducted at the National Seed Laboratory of the Colombian Agricultural Institute (ICA).

Seeds used were harvested and classified by International Center of Tropical Agriculture (CIAT) in Cali.

The tests showed a strong seed dormancy for Brachiaria dictyoneura and a moderate dormancy for Brachiaria humidicola. The first species germination, four months after being harvested, was 1%, whereas for the second one, three months after harvesting, it was 40.5%.

Probably two dormancy mechanisms control B. dictyoneura and B. humidicola germination: Long term dormancy is the most important, it may be due to mechanical restriction imposed by the seed coat and inhibition of oxygen diffusion because of the closely appressed, hard, shiny palea and lemma structures enclosing the caryopsis. Primary dormancy is the other mechanism, which was variably expressed in freshly harvested seed, as physiological unripeness of the embryo. This can be overcome by over-ripening the seeds, storing them at high temperature, or treating them with gibberellic acid or thiourea.

Dormancy mechanism due to coat hardness is long lasting specially in B. dictyoneura. Intact seeds of this species, 12 months stored, had 19.3% of germination. In Brachiaria humidicola the germination was 60.5% after 8 months of storage.

To reduce seed dormancy in B. dictyoneura the most effective treatment was seed scarification with H_2SO_4 during 30 minutes plus a solution of 500 p.p.m. of gibberellic acid, which produced a germination of 50.5%, 5 months after harvesting.

Other effective treatment to defeat seed dormancy in B. dictyoneura which gave no significant difference with the above treatment, was the seed scarification with H_2SO_4 during 30 minutes and then add 76 p.p.m. of thiourea, which induced a 49.5% of germination 5 months after harvesting.

In B. dictyoneura, seeds scarified with H_2SO_4 during 30 minutes and 2000 p.p.m. of KN_3 , a 46% of germination, 5 months after harvesting was obtained.

The most effective treatment to defect seed dormancy in B. humidicola was seed scarification during 15 minutes with H_2SO_4 and then add a solution of 3000 p.p.m. of gibberellic acid, which produced a germination of 85%, 4 months after harvesting.

Other effective treatment to reduce dormancy in B. humidicola, which gave no significant difference with the above treatment, was the seed scarification with H_2SO_4 during 15 minutes plus a solution of 760 p.p.m. of thiourea, giving 84% of germination, 4 months after harvesting.

In B. humidicola, seeds scarified with H_2SO_4 during 15 minutes and 2000 p.p.m. of KNO_3 , a 82% of germination, 5 months afeter harvesting was obtained.

Scarified seeds of B. dictyoneura and B. humidicola treated with gibberellic acid, KNO_3 and thiourea, scored higher germination porcentage, than those on scarified seeds, due to low capacity for the chemicals to penetrate the hard seed coat.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALARCON, M. E.; LOTERO, J.; ESCOBAR, L. Producción de semillas de los pastos angletón, puntero y guinea. *Agricultura Tropical* (Colombia) v.25 no.4, p. 207-215. 1969.
2. AMEN, R. D. A model of seed dormancy. *Botanical Review* (Estados Unidos) v.34, p. 1-31. 1968.
3. BARROS, J. A. Efecto de la procedencia de factores fisicoquímicos sobre la calidad de la semilla de pasto carimagua 1 (Andropogon gayanus, Kunth). Bogotá, UNC-ICA, 1980. 134 p. (Tesis Mag. Sci.).
4. BEN-TAL, Y.; VARNER, J. E. An early response to gibberellic acid not requiring protein synthesis. *Plant Physiology* (Estados Unidos) v.53, p.813-816. 1974.
5. BISWAS, P. K.; BELL, P. D.; CRAYTON, J. L.; PAUL, K. B. Germination behavior of Florida Pusley seeds. I. Effects of storage, light, temperature and planting depths on germination. *Weed Science* (Estados Unidos) v.23 no.5, p. 400-403. 1975.

6. BLAIR, J. G.; HUGHES, R.; LOVETT, J. V.; GAUSLEY, M. G. Temperature, seedling depth and fertilizer effects on germination and early seedling growth of kikuyu grass. *Tropical Grasslands (Australia)* v.8 no.3, p. 163-170. 1974.
7. BURTON, G. W. Scarification studies on southern grass seeds. *Journal of the American Society of Agronomy (Estados Unidos)* v.31 no.3, p. 179-187. 1939.
8. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. CALI (COLOMBIA) Programa de Ganado de Carne. Informe anual 1978. Cali, CIAT. 1979. 188p.
9. _____. Programa de Pastos Tropicales. Informe anual 1981. Cali, CIAT. 1982. 302p.
10. CLAVIJO, J. Dormancy mechanisms in itchgrass (Rottboellia exaltata, L.) Louisiana, Louisiana State University, 1978. 86p. (Tesis Mag. Sci.).
11. CHING, T. M. Temperature regulation of germination in Crimson clover seeds. *Plant Physiology (Estados Unidos)* v.56 no.6, p.768-771. 1975.

12. DEVLIN, R. M. Fisiología vegetal. Barcelona, Omega, 1970. 614p.
13. EASTWOOD, D. Responses of enzymatically isolated aleurone cells of oat to gibberellic A3. Plant Physiology (Estados Unidos) v.60 no.3, p. 457-459. 1977.
14. EDWARDS, M. Dormancy in seed charlock (Sinapsis arvensis, L.) Plant Physiology (Estados Unidos) v.58 no.5, p. 626-630. 1976
15. EVANS, R. A.; YOUNG, J. A. Enhancing germination of dormant seeds of downy brome. Weed Science (Estados Unidos) v.23 no.5, p. 354-357. 1975.
16. FOUNTAIN, D.; BEWLEY, D. Lettuce seed germination. Plant Physiology (Estados Unidos) v.58 no.4, p. 530-536. 1976.
17. GROF, B. Viability of seed of Brachiaria decumbens. Queensland Journal of Agricultural and Animal Science (Australia) v.25, p. 149-152. 1968.
18. GOMEZ, M. F. Latencia, germinación, inhibición y estimulación. Semillas (Colombia) v.7 no.3, p. 3-12. 1982.

19. HARPER, J. L. The ecological significance of dormancy and its importance in weed control. En: International Congress of Crop Protection, 4th, Hamburg, 1957. Proceedings. Braunschwing, Hamburg, 1957. v.1, p.415-420.
20. HAY, T. Experiments of the mechanism of induced dormancy in Wild Oats, (Avena fatua l.). Canadian Journal of Botany (Canadá) v.40, p.191-202. 1962.
21. HENDRICKS, S. B.; TAYLORSON, R. B. Prmótion of seed germination by nitrates and cyanides. Nature (Inglaterra) v.237, p.169-170. 1972.
22. _____; _____. Promotion of seed germination by nitrate, nitrite, hidoxilamine and ammonium salts. Plant Physiology (Estados Unidos) v.54, p.304-309. 1974.
23. _____; _____. Breaking of seed dormancy by catalase inhibition. Proceeding of the National Academy of Sciences (Estados Unidos) v.72, p. 306-309. 1975.
24. _____; _____. Variation in germination and aminoacid leakage of seed with temperature related to membrane phase change. Plant Physiology (Estados Unidos) v.58 no.1, p. 7-11. 1976.

25. HUXLEY, P. A.; TURK, A. Factors which affect the germination of six common East African Weeds. *Experimental Agriculture (Inglaterra)* v.2, p.17-25. 1966.
26. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. QUITO (ECUADOR) Iniap- Napo 701 (Brachiaría humidícola); un nuevo pasto para la Región Amazónica Ecuatoriana. Quito, INIAP, 1981 7 p. (Mimeografiado).
27. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. OSLO (NORUEGA). International rules for seed testing. *Seed Science and Technology (Noruega)* v.4 no.1, p.23-112. 1976.
28. JANN, R. C.; AMEN, D. What is germination? En: Khan, A.A., ed. *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination.* Amsterdam, North-Holland Publishing, 1977. p.7-28.
29. JOLLIF, G. D.; SANCHEZ, J. Trabajos en semillas: una propuesta para CIAT, Caja Agraria e ICA. Medellín, Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tulio Ospina, 1971. 72 p.

30. JONES, R.L. Gibberellins: their physiological role. Annual Review of Plant Physiology (Estados Unidos) v.24, p.590-592. 1973.
31. KHAN, A.A. Cytokinins: permissive role in seed germination. Science (Estados Unidos) v.171, p.853-859. 1971.
32. _____. Primary, preventive and permissive roles of hormones in plants systems. Botanical Review (Estados Unidos) v.41 no.4, p.391-420. 1975
33. _____. Seed dormancy: changing concepts and theories. En: Khan, A.A., ed. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Amsterdam, North-Holland Publishing, 1977. p.29-45.
34. LEOPOLD, A.C.; KRIEDMAN, P.E. Plant growth and development, 2nd. ed. New York, Mc.Graw-Hill, 1975. 533p.
35. _____; _____. Plant grow and development. 2nd. ed. New Delhi, Mc.Graw-Hill, 1978. 545p.
36. LEWARK, S.; KHAN, A.A. Mode of action of gibberellic acid and light on lettuce seed germination. Plant Physiology (Estados Unidos) v.60, p.575-577. 1977.

37. MANIVEL, L.; WAVER, R. J. Effect of growth regulation and heat on germination of today grape seeds. *Vitis* (Estados Unidos) v.12, p. 286-290. 1974.
38. MARCUS, A. Enzyme induction in plants. *Annual Review of Plant Physiology* (Estados Unidos) v.22, p. 313-336. 1971.
39. MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. *The germination of seeds.* London, Pergamon Press. 1963, 236 p.
40. _____; SHAIN, Y. Control of seed germination. *Annual Review of Plant Physiology* (Estados Unidos) v.25, p. 167-193. 1974.
41. MACDONALD, M. B. Jr.; KHAN, A. A. Factors determining germination of indian ricegrass seeds. *Agronomy Journal* (Estados Unidos) v.69 no.4, p.558-563. 1977.
42. MCELGUNN, J. D. Germination response of forage grasses to constant and alternating temperature. *Canadian Journal of Plant Science* (Canadá) v.54 no.2, p.265-270. 1974.

43. MCLEAN, D.; GROF, B. Effect of seed treatments of Brachiaria mutica and Brachiaria ruziziensis. Queensland Journal of Agricultural and Animal Science. (Australia) v.25, p.81-83. 1968.
44. MORALES, W.; ARENAS, H. Factores físicos y químicos que afectan el período de reposo y la viabilidad en semillas de pasto Climacuna (Dichanthium annulatum). Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 1983. 141 p. (Tesis Ing. Agr.).
45. MORINAGA, T. Effect of alternating temperatures upon the germination of seeds. American Journal of Botany. (Estados Unidos). v.13 no.2, p.141-158. 1926.
46. MOTT, J. J. Mechanisms controlling dormancy in the arid zone grass Aristida contorta. Australian Journal of Botany (Australia) v.22, p.835-845. 1974.
47. NAYLOR, J.; FEDEC, P. Dormancy studies in seed of Avena fatua : genetic diversity affecting response to temperature. Canadian Journal of Botany (Canadá) v.56 no.18, p.2224-2229. 1978

48. NEGM, F. B. The role of phytochrome in an interaction with ethylene and carbon dioxide in overcoming lettuce seed thermodynamicity. *Plant Physiology* (Estados Unidos v.51, p.1089-1094. 1973.
49. PEREZ, R. A.; ARGUELLES, G. Informe anual de actividades. 1980. Villavicencio, Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Pastos y Forrajes, 1981. 62p.
50. POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasilia, Ministerio de Agricultura, 1977. 189 p.
51. RAMOS, N. Factores que influyen en la germinación de las semillas del pasto Braquiaria (Brachiaria decumbens, Stapf). Bogotá, UNC-ICA, 1975. 128 p. (Tesis Mag. Sci.).
52. RAY, C. B.; STEWART, R. T. Germination of seeds from certain species of paspalum. *Journal of the American Society of Agronomy*. (Estados Unidos. v.29 no.7, p. 548-554. 1937.
53. ROBERTS, E. H. A survey of the effects of chemical seed. *Plant Physiology* (Estados Unidos) v.17, p. 30-43. 1964.

54. ROBERTS, E. H. Dormancy: a factor affecting seed survival in the soil. En: Roberts, E. H. ed. Viability of seeds. Syracuse, Syracuse University Press, 1972. p.320-359.
55. SALISBURY, F.; ROSS, C. Plant physiology, 2 ed. Belmont, California Wadsworth, 1978. 422 p.
56. SEMENZA, R. J.; YOUNG, J. A.; EVANS, R. A. Influence of light and temperature on the germination and seedbed ecology of common mullein (Verbascum thapsus). Weed Science (Estados Unidos) v.26 no.6, p.577-581. 1978.
57. SIMMONDS, J. A.; SIMPSON, G. M. Increased participation of pentose phosphate pathway in response to after ripening and gibberellic acid treatment in caryopses of Avena fatua. Canadian Journal of Botany (Canadá)v.49, p. 1833-1840. 1971.
58. SPEER, H. L.; HSIAO, A. I.; VIDAVER, W. Effects of germination-promoting substances given in conjunction with red light on the phytochrome-mediated germination of dormant lettuce seeds (Lactuca sativa L.). Plant Physiology (Estados Unidos) v.54, p.852-854. 1974.

59. TAYLORSON, R. B. Photocontrol of rough cinquefoil seed germination and its enhancement by temperature manipulation and KN03 . Weed Science (Estados Unidos) v.17 no.2, p.144-148. 1969.
60. _____. Phytochrome controlled changes in dormancy and germination of buried weeds seeds. Weed Science (Estados Unidos) v.20 no.5, p.417-422. 1972.
61. _____; HENDRICK, S.B. Interaction of light and temperature shift on seed germination. Plant Physiology (Estados Unidos) v.49 no.2, p.127-130. 1972.
62. _____; _____. Aspects of dormancy in vascular plants. Bioscience (Estados Unidos) v.26 no.2, p.95-101. 1976.
63. _____; _____. Dormancy in seeds. Annual Review of Plant Physiology (Estados Unidos) v.28, p.321-354. 1977.
64. THOMAS, H. Control mechanisms in the resting seed. En: Roberts, E. H. ed. Viability of seeds. Syracuse, Syracuse University Press, 1972. p.361-396.

65. THOMAS, P. E.; ALLISON, J. C. Seed dormancy and germination in Rottboellia exaltata. Journal Agricultural Science of Camberra (Australia) v.85, p.129-134. 1975.
66. THOMPSON, P. A. Effects of fluctuating temperatures on germination. Journal of Experimental Botany (Inglaterra) v.25 no.84, p.164-175. 1974.
67. TOOLE, E. H.; BORTHWICK, H. A.; HENDRICKS, S. B.; TOOLE, V.K. Interaction of temperature and light in germination of seeds. Plant Physiology (Estados Unidos) v.30 no.5, p.473-478. 1955.
68. _____; _____; _____; _____. Physiology of seed germination. Annual Review of Plant Physiology (Estados Unidos) v.7, p.299-324. 1956.
69. TOOLE, V. K. Germination requirement of the seed of some introduced and native range grasses. Association of Official Seed Analysis (Estados Unidos) v.30, p.227-243. 1938.
70. TORO, A. Período de reposo en semilla de pasto Climacuna. (Dichanthium annulatum). Carta Agraria (Colombia) no.275, p.12-13. 1979.

71. TZOU, D.; GALSTON, T.; SONDEIHER, E. The metabolism of hormones during seeds germination and release from dormancy. *Plant Physiology (Estados Unidos)*. v.51 no.5, p.894-896. 1973
72. VARNER, J.E. Hormonal control of enzyme production in barley endosperm. *Annals of the New York Academic of Science (Estados Unidos)* v.144, p.219-222. 1976
73. VEGIS, A. Dormancy in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology (Estados Unidos)* v.15, p.185-224. 1964.
74. WAREING, P. F.; SAUNDERS, P.F. Hormones and dormancy. *Annual Review of Plant Physiology (Estados Unidos)* v.22, p.261-288. 1971
75. WESSON, G.; WAREING, P.F. Light requirements of buried seeds. *Nature (Inglaterra)* v.213, p.600-601. 1967
76. WHITEMAN, P.; MENDRA, K. Effects of storage and seed treatments on germination of Brachiaria decumbens. *Seed Science and Technology (Estados Unidos)* v.10, p.233-242. 1982

APENDICE

TABLA 1. Análisis de varianza para la Tabla 1, correspondiente a los datos de germinación de semillas de Brachiaria humidicola en el Experimento 1.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	9	7.524,10	863,01	66,18**
Error	30	379,00	12,63	
Total	39	7.903,10		

** P < .01

C.V. = 9.07

TABLA 2. Análisis de varianza para la Tabla 1, correspondiente a los datos de germinación de semillas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 1.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F
Tratamientos	9	4.696,40	521,82	602,1**
Error	30	26,00	0,86	
Total	39	4,722,40		

** P < . 01

C.V. = 11.93

TABLA 3. Análisis de varianza para la Tabla 2, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 2.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	7	599.87	85.69	18.53**
Error	24	111.00	4.62	
Total	31	710.87		

** $P < .01$
 C.V. = 23.40

TABLA 4. Análisis de varianza para la Tabla 2, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 2.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	7	752.87	107.55	13,66**
Error	24	189.00	7.87	
Total	31	941.87		

** $P < .01$
 C.V. = 6.24

TABLA 5. Análisis de varianza para la Tabla 3, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 2.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	7	2.483,87	354,84	15.63**
Error	24	545.00	22.71	
Total	31	3.028,87		

** $P < .01$
 C.V. = 7.13

TABLA 6. Análisis de varianza para la Tabla 3, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 2.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	7	1.681,50	240.21	14,27
Error	24	404,00	16,83	
Total	31	2.085,50		

** $P < .01$
C.V.=5,61

TABLA 7. Análisis de varianza para la Tabla 4, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	3	209,00	69,66	14,59**
Error	12	34,00	2,83	
Total	15	243,00		

** $P < .01$
C.V. = 24,93

BIBLIOTECA AERONECARIARIA
DE COLOMBIA

TABLA 8. Análisis de varianza para la Tabla 4, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	3	242,00	80,66	9,13**
Error	12	106,00	8,83	
Total	15	348,00		

** $P < .01$
C.V. = 7,16

TABLA 9. Análisis de varianza para la Tabla 5, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola, en el experimento 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	3	1.138,75	379,58	17,06**
Error	12	267,00	22,25	
Total	15	1,405,75		

** $P < .01$
C.V. = 7,35

TABLA 10. Análisis de varianza para la Tabla 5, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola, en el Experimento 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	3	754,00	251,33	19,58**
Error	12	154,00	12,83	
Total	15	908,00		

** $P < .01$
 C.V. = 4,87

TABLA 11. Análisis de varianza para la Tabla 6, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 4.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	4	312,80	78,20	22,56**
Error	15	52,00	3,46	
Total	19	364,80		

** $P < .01$
 C.V. = 28,21

TABLA 12. Análisis de varianza para la Tabla 6, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 4.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	4	3.266,80	816.70	75,16**
Error	15	163,00	10,86	
Total	19	3.429,80		

** $P < .01$
 C.V. = 8.88

TABLA 13. Análisis de varianza para la Tabla 7, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 4.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	4	3.040,80	760.20	28,09**
Error	15	406,00	27,06	
Total	19	3.446,80		

** $P < .01$
 C.V. = 8,20

TABLA 14. Análisis de varianza para la Tabla 7, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 4.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	4	2.549,20	637,30	30,64**
Error	15	312,00	20,80	
Total	19	2.861,20		

** $P < .01$
C.V. = 6.23

TABLA 15. Análisis de varianza para la Tabla 8, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 5.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	9	1.665,62	185,07	81,95
Error	30	67,75	2,26	
Total	39	1.733,37		

** $P < .01$
C.V. = 17,9

TABLA 16. Análisis de varianza para la Tabla 8, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 5

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Tratamientos	9	5.782,90	642,54	79,98**
Error	30	241,00	8,03	
Total	39	6.023,90		

** $P < .01$
 C.V. = 8.4

TABLA 17. Análisis de varianza para la Tabla 9, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 5.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	9	2.096,10	232,90	12,37**
Error	30	565,00	18,83	
Total	39	2.661,10		

** $P < .01$
 C.V. = 7,94

TABLA 18. Análisis de varianza para la Tabla 9 , correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 5.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	9	1.254,90	139,43	12,49**
Error	30	335.00	11,16	
Total	30	1.589,90		

** $P < .01$
 C.V. = 4,80

TABLA 19. Análisis de regresión para la Tabla 1, correspondiente a los datos de germinación de semillas de Brachiaria humidicola en el Experimento 1.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta cuadrática)	2	6.556,90	3.278,45	125,06**
Error	33	865,10	26,21	
Total	35	7.422,00		

** P < .01
 C.V. = 13.47
 R^2 = 88.34%

TABLA 20. Análisis de regresión para la Tabla 1, correspondiente a los datos de germinación de semillas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 1.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta cuadrática)	2	217,31	108,65	11,75**
Error	33	305,24	9,24	
Total	35	522,55		

** P < .01

C.V. = 9,26

R² = 81,58%

TABLA 21. Análisis de regresión para la Tabla 2, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 2.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	308,89	308,89	61,39**
Error	26	130,82	5,03	
Total	27	439,71		

** $P < .01$
 C.V. = 21,80
 $R^2 = 70,25\%$

TABLA 22. Análisis de regresión para la Tabla 2, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 2.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	2	518.36	259.18	26.74**
Error	25	242.35	9.69	
Total	27	760.71		

** $P < .01$
 C.V. = 22.14
 R^2 = 70.5 %

TABLA 23. Análisis de regresión para la Tabla 3, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola, en el Experimento 2.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta cuadrática)	2	1.277,73	638,86	31,42**
Error	25	508,27	20,33	
Total	27	1.786,00		

** $P < .01$
 C.V. = 6.53
 $R^2 = 71,5\%$

TABLA 24. Análisis de regresión para la Tabla 3, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 2.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta cuadrática)	2	1.041.24	520.62	22.30**
Error	25	583.76	23.35	
Total	27	1.625.00		

** $P < .01$
 C.V. = 6.48
 R^2 = 74.1%

TABLA 25. Análisis de regresión para la Tabla 4, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Modelo (respuesta lineal)	1	54.86	54.86	13.67**
Error	10	40.14	4.01	
Total	11	95.00		

** $P < .01$
 C.V. = 23.67
 R^2 = 77.7%

TABLA 26. Análisis de regresión para la Tabla 4, correspondiente a los datos de germinación de semillas esscarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	148.59	148.59	10.17**
Error	10	146.07	14.61	
Total	11	294.66		

** $P < .01$
 C.V. = 9.02
 R^2 = 78.42

TABLA 27. Análisis de regresión para la Tabla 5, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	282.88	282.88	27.79**
Error	10	101.78	10.18	
Total	11	384.66		

** $P < .01$

C.V. = 4.67

$R^2 = 73.5\%$

TABLA 28. Análisis de regresión para la Tabla 5, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	210.38	210.38	16.53**
Error	10	127.28	12.73	
Total	11	337.66		

** $P < .01$
 C.V. = 4.64
 $R^2 = 72.3\%$

TABLA 29. Análisis de regresión para la Tabla 6, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 4.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Modelo (respuesta lineal)	2	98.40	49.20	4.73**
Error	13	135.35	10.41	
Total	15	233.75		

** P < .01

C.V. = 10.9

R² = 82.7

TABLA 30. Análisis de regresión para la Tabla 6, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 4.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	3.149.51	3.149.51	182.02**
Error	14	242.24	17.30	
Total	15	3.391.75		

** $P < .01$
 C.V. = 11.3
 $R^2 = 92.8\%$

TABLA 31. Análisis de regresión para la Tabla 7, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 4.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	2.278.51	2.278.51	110.29**
Error	14	289.24	20.66	
Total	15	2.567.75		

** P < .01

C.V. = 6.8

R² = 88.7%

TABLA 32. Análisis de regresión para la Tabla 7, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 4.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	1.997.92	1.997.92	78.61**
Error	14	355.83	25.42	
Total	15	2.353.75		

** $P < .01$
 C.V. = 6.6
 R^2 = 84.8%

TABLA 33. Análisis de regresión para la Tabla 8, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 5.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	1.621,49	1.621.49	550.72**
Error	38	111.88	2.94	
Total	39	1.733.37		

** $P < .01$
 C.V. = 20.4
 R^2 = 93.5%

TABLA 34. Análisis de regresión para la Tabla 8, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria dictyoneura en el Experimento 5.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	4.056.51	4.056.51	78.36**
Error	38	1.967.39	51.77	
Total	39	6.023.90		

** $P < .01$
 C.V. = 21.44
 R^2 = 77.3%

TABLA 35. Análisis de regresión para la Tabla 9, correspondiente a los datos de germinación de semillas escarificadas de Brachiaria humidicola, en el Experimento 5.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta lineal)	1	1.176.15	1.176.15	108.02**
Error	38	413.75	10.88	
Total	39	1.589.90		

** $P < .01$

C.V. = 4.74

R^2 = 73.9%

TABLA 36. Análisis de regresión para la Tabla 9, correspondiente a los datos de germinación de semillas no escarificadas de Brachiaria humidicola en el Experimento 5.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Modelo (respuesta cuadrática)	2	1.491.83	745.91	23.60**
Error	37	1.169.27	31.60	
Total	39	2.661.00		

** $P < .01$
 C.V. = 10.28
 $R^2 = 56.1 \%$