

**CONTROL DEL GRAMALOTE (*Paspalum fasciculatum* Willd.) EN
POTREROS MEDIANTE HERBICIDAS**

Tesis de Grado de *Magister Scientiae*

**ORION MEMORIAL
LIBRARY**

2 - MAR 1969

IIAS

Alfonso Chacón Díaz

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Departamento de Zootecnia
Turrialba, Costa Rica
Febrero, 1969**

CONTROL DEL GRAMALOTE (Paspalum fasciculatum Willd.) EN
POTREROS MEDIANTE HERBICIDAS

ORION MEMORIAL
LIBRARY

2 - MAR 1969

IIAS

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados como
requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Permiso para su publicación, reproducción total o
parcial, debe ser obtenido en dicho Instituto

APROBADA:



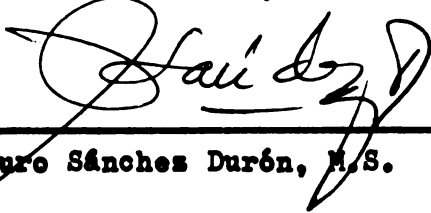
Consejero

Oliver Deaton, Ph.D.



Comité

Karel Vohnout M., Ph.D.



Comité

Arturo Sánchez Durón, M.S.



Comité

Edilberto Camacho, M.S.

Febrero, 1969

A mis padres

A mi esposa

A mis hijos y hermanos

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su sincero agradecimiento a los Drs. Oliver Deaton, John Blydenstein y Gilberto Páez, bajo cuya dirección se llevó a cabo el presente trabajo de tesis.

Agradece también:

A los miembros de su comité Dr. Karel Vohnout M. e Ingenieros Arturo Sánchez Durón y Edilberto Camacho por las valiosas sugerencias aportadas y revisión de los manuscritos.

A la Zona Andina (OEA) por la beca y atenciones dispensadas durante el tiempo que duraron sus estudios.

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, por el apoyo y facilidades ofrecidas para proseguir estudios de postgrado.

Y de manera especial a los compañeros del Departamento de Zootecnia por la amistad demostrada y la hermandad de los días transcurridos.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Arequipa, Perú, el 16 de julio de 1929.

En 1950 ingresó a la Escuela Nacional de Agricultura (La Molina), graduándose de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional del Litoral (Rep. Argentina) en 1954.

Trabajó en la Escuela Nacional de Agricultura (La Molina) en 1955 y en el Servicio de Investigación y Promoción Agraria (SIPA) donde ocupó el cargo de Supervisor de Extensión y Fomento Ganadero.

En 1962 pasó a ser Profesor de la cátedra de Zootecnia Especial en la Facultad de Agronomía y Forestal de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, donde ocupó por tres años el cargo de Decano y actualmente el de Jefe del Departamento de Zootecnia.

En setiembre de 1967 ingresó como estudiante graduado al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, para proseguir estudios postgraduados en el Departamento de Zootecnia, terminando en febrero de 1969.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	viii
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
Características botánicas del gramalote	3
Distribución geográfica	5
Ensayos sobre aceptación y digestibilidad	6
Características biológicas y fisiológicas de los her- bicidas usados en el experimento	6
Ensayos sobre el gramalote	8
Ensayos sobre época de aplicación	9
MATERIALES Y METODOS	10
Clima	10
Campo experimental	11
Diseño experimental	11
Epocas	13
Herbicidas	13
Niveles de los herbicidas	14
Aplicación de los herbicidas	14
Colección de datos	14
Análisis estadístico	16
Prueba de hipótesis	20
RESULTADOS	22
Efectos de la época de aplicación	26
Contraste entre tratamientos	27
Contraste entre testigos y tratamientos	27
Efectos diferenciales entre herbicidas	29
Efectos de niveles dentro de cada herbicida	29
Efectos de la interacción época por tratamiento	30
DISCUSION	33
Efectos de las épocas de aplicación	33
Efectividad de los herbicidas	33
Efectos entre niveles	35
Costos	35
Observaciones complementarias	36

	<u>Página</u>
CONCLUSIONES	38
RESUMEN	39
SUMMARY	40
LITERATURA CITADA	41

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro		<u>Página</u>
1	Resumen de datos meteorológicos del año 1968	12
2	Promedios de materia seca de todos los tratamientos	22
2a	Promedios de peso de raíces de todos los tratamientos	23
3	Análisis de variancia multidimensional. Suma de Cuadrados y de Productos para la variables de respuestas: Materia Seca y Peso de raíces.	25
4	Prueba de hipótesis de diferencia entre tratamientos por medio del método unión-intersección y el criterio de T^2 de Hotelling	28
5	La función lineal discriminatoria que maximiza las diferencias entre tratamientos	30
6	Puntaje correspondiente a cada tratamiento ..	31
Figura		
1	Inflorescencia y semillas de <u>Paspalum fasciculatum</u> Willd (tomado de Hitchcock, 20)	5

INTRODUCCION

En la mayoría de las regiones agropecuarias del mundo, y especialmente en las situadas en climas tropicales, controlar o erradicar malezas constituye un problema de gran magnitud. Los esfuerzos que el hombre hace para disminuir o evitar la competencia entre cultivos y malas hierbas están plenamente justificados, según lo muestran las estadísticas mundiales que valorizan las cuantiosas pérdidas que ocasionan a la actividad agraria en general.

En varios países de la América Tropical la gramínea gramalote (Paspalum fasciculatum Willd) se considera como una maleza. En Turrialba, Costa Rica, donde se llevó a cabo el presente estudio, infesta con diferente grado de intensidad cultivos de importancia económica tales como caña de azúcar, café, hule (caucho), forrajeras y otros cultivos. Por su crecimiento agresivo, el gramalote influye adversamente de manera especial en el establecimiento de potreros y en el desarrollo de las especies forrajeras sembradas. Tiene poca aceptación por el ganado, el cual solo come las hojas tiernas del rebrote cuando no dispone de otro pasto.

En las áreas bajas de los potreros, donde la acumulación de humedad es mayor, la infestación es más grave, pudiendo convertirse en la formación vegetal dominante, desplazando a pasturas de más alto rendimiento. Esto trae como consecuencia un incremento en los costos de establecimiento y de mantenimiento de los potreros, un deficiente uso de la tierra y una menor productividad de la explotación agropecuaria en general.

La circunstancia de haberse desarrollado herbicidas con

toxicidad selectiva hacia gramíneas y la necesidad de combatir el gramalote motivaron el presente trabajo con los siguientes objetivos:

1. Evaluar los efectos de cuatro herbicidas sobre el gramalote (Paspalum fasciculatum Willd.).
2. Determinar el nivel más eficiente de cada herbicida en el combate del gramalote.
3. Determinar la eficiencia de los herbicidas en dos épocas de aplicación.

REVISION DE LITERATURA

Características botánicas del gramalote

El gramalote (Paspalum fasciculatum Willd.) es una gramínea perenne con raíces entrecruzadas que forman masas compactas. Los tallos son comprimidos, de un centímetro de diámetro. Los estolones, especialmente en campo abierto, llegan a desarrollar hasta 5 m de longitud. Los tallos florales son erectos y miden entre 70 cm y 2 m de altura. Los nudos y las vainas son densamente barbados. La lígula es firme y mide cerca de 7 mm de largo y 1 a 3 cm de ancho. Las inflorescencias son flabeliformes y compuestas de 7 a 30 racimos ascendentes, de 10 a 12 cm de largo, agregados en abanico, sobre un eje fuerte. Las semillas, de color café claro brillante, miden de 3 a 4 mm de longitud y 1,5 mm de ancho, elípticas, con ciliassedosas en los márgenes, abundantes y al parecer estériles (20, 21). La esterilidad de la semilla fue confirmada por Segura en 1957 (44). De acuerdo con los estudios de Blydenstein (9) la distribución natural de las raíces en el suelo fue de 60 por ciento en los 10 primeros cm, 13 por ciento entre los 10 y 20 cm, 12% entre 20 y 30 cm y el 15% restante en el horizonte de 30 a 80 cm de profundidad. El rendimiento de materia verde fue estimado por Alencar (2) en 5,5 per Ha y el peso de raíces en 8 Kg. por metro cúbico.



Fig. 1. Inflorescencia y semillas de Paspalum fasciculatum Willd. (Tomado de Hitchcock, 20).

Distribución geográfica

El gramalote se encuentra distribuido desde el sur de México hasta el norte de Argentina. Se desarrolla bien en los climas cálidos y húmedos, y de manera extraordinaria en las orillas de los ríos, lagos y pantanos en lugares situados a baja altitud sobre el nivel del mar (41). Esta gramínea fue colectada por primera vez por Humboldt y Bonpland en su expedición científica por el Ecuador, Perú y Bolivia en los años de 1802 a 1806; en el Herbarie de Berlin está identificado como "Habitat in Peruv. Hum 3812, Gamalote" (21). En un estudio de la flora de Venezuela y Brasil, Chase (14) señala al gramalote, como la formación dominante en el área comprendida entre los ríos Apuré, Portuguesa y Orinoco. En Brasil esta especie está considerada como un elemento importante en la elevación de las tierras bajas de los ríos Amazonas y Paraguay por la acción de las raíces y hojas que ayudan a retener el suelo aluvial. En Trinidad, Butterworth (12) señala que es una maleza común de los petrereros de Pangola.

Nombres vulgares del Paspalum fasciculatum Willd.

<u>País</u>	<u>Nombre vulgar</u>
Costa Rica	gamalote, gamalote negro
El Salvador	gamalote negro, gramalote
Trinidad	bamboo grass
Barbados	swamp grass
Puerto Rico	Venezuela grass
*Perú	gramalote
Brasil	capim araguaí

* Con este nombre se le conoce en la región amazónica peruana.

Ensayos sobre aceptación y digestibilidad

Diversos ensayos (3, 6) de aceptación y digestibilidad han puesto de manifiesto bajos valores de consumo y energía en comparación con otras forrajas. Rivera Brenes (40) al expresar los resultados de un experimento dio al pasto elefante un valor de 100 por ciento en el consumo y al gramalote 39 por ciento. Estudios en Trinidad mencionan que apenas provee los requerimientos para mantenimiento y que para las necesidades de producción debería suplementarse a los animales con concentrados (12, 31). Como factor asociado a su baja aceptación se menciona la existencia de un aceite esencial desconocido y de olor característico (3, 4).

Características biológicas y fisiológicas de los herbicidas usados en el experimento

Según Calderbank (13) el uso del Paraquat, componente químico del Gramoxone, no presenta peligro de toxicidad para los animales cuando se lo usa en los niveles recomendados. Suministrado oralmente sólo el 10 por ciento es absorbido por vía intestinal y excretado en las 48 horas siguientes a la administración.

De acuerdo con Kutchinski (30) el valor residual del Dalapén en la leche es de 0,3 por ciento de la cantidad ingerida en los alimentos, no encontrando ninguna cantidad significativa en la grasa de la leche. Resultados similares fueron encontrados por otros investigadores (17, 29).

Con referencia al TCA Kligman (28) menciona que ganado alimen

tado con 1 gr de herbicida por kg de peso vivo no causó ningún trastorno serio, de donde se deduce que no existe mayor peligro en la ingestión de forrajes o malezas que han recibido aspersiones normales de este herbicida.

Trabajos de Baldwin (4) han establecido que el Paraquat se mueve con el agua dentro de la planta, mayormente por el xilema. La luz es indispensable para que ejerza sus efectos fitotóxicos (35). En los casos de presencia de luz y ausencia de oxígeno se notó que no afectaba a las plantas verdes, lo que sugiere que el compuesto químico no es directamente tóxico para las plantas (10). En la mayoría de los suelos, especialmente en los pesados, sufre inmediata inactivación por ocurrir un rápido intercambio de bases con los componentes del suelo (13). Casi simultáneamente a la aspersión es adsorbido por los constituyentes de la planta y por la superficie foliar, lo que en la práctica significa que las lluvias que caen poco después de una aspersión tendrán muy poco efecto en su acción (42, 46). La selectividad dentro de las mismas gramíneas ha sido puesta de manifiesto en varios trabajos de investigación (16, 19, 39).

Leasure (32) al estudiar el modo de acción del Dalapón determi nó que con dosis y concentraciones bajas se ponía de manifiesto la selectividad, el producto se movía por los sistemas de conducción de la planta, siendo mayores los efectos cuando el follaje era abun dante. Puede ser excretado por las raíces sin sufrir cambios. Los sistemas biológicos del suelo pueden liberar de 90 a 100 por ciento

del compuesto químico en período de tres semanas (29).

Según Keith (26) la humedad es el principal factor de influencia en los resultados con TCA. Las lluvias excesivas o las sequías extremas pueden conducir a errores en la interpretación del comportamiento del herbicida y de la respuesta de una determinada planta (34). La lixiviación es un problema que se presenta en el uso del TCA y ha sido estudiado por Minarik y Bullón Ferreyra (11, 36). La comprobación de Munakata (32) de que el TCA no afecta las cubiertas germinativas de las semillas de pastos puede explicar el control deficiente de plantas provenientes de semillas.

Ensayos sobre el gramalote

Novoa (38) demostró en invernadero que el TCA es capaz de producir la muerte de rizomas de gramalote por efecto acumulativo en su interior, con dosis bajas en períodos largos (10 lbs. por acre)* o en períodos cortos con dosis altas (60 lbs. por acre). Ese estudio también puso de manifiesto que la efectividad del herbicida está estrechamente relacionada con la condición fisiológica de la planta y la intensidad de la luz. Kasassian (23) controló la maleza con dosis de 10 lbs. por acre, especialmente cuando estaba en competencia con otras especies y había sido cortada. Al comparar una aplicación de TCA vs. dos aplicaciones de 40 lbs. por acre en una sola aspersión, el combate de la gramínea fue 3 por ciento más

* 1 acre = 4047 m².

efectivo. Dosis de 40 y 60 lbs. por acre fueron altamente signifi-
cativas en el combate de la maleza comparadas con 20 lbs. (11).

Trabajos en Trinidad (22) indican que con Dalapón se logró controlar el gramalote en dosis de 20 lbs. por acre seguida por tratamientos en manchas 3 a 6 semanas más tarde. Los mejores resultados se obtuvieron en aspersiones a los rebrotes cuando tenían de 6 a 9 pulgadas de alto.

Al aplicar Dalapón a razón de 5 lbs. por acre después de 0, 1, 2, 4, y 6 semanas de haber cortado el gramalote, se observó que las dos primeras fechas dieron resultados desfavorables. En las tres últimas, cuando el retoño tenía un promedio de 11 a 28 pulgadas, todos los tratamientos fueron bastante efectivos (25).

Observaciones en parcelas en que el gramalote sobrepasaba en crecimiento al pangola, el Dalapón en dosis de 8 lbs. por acre afectó a la maleza y al pangola. Con dosis de 20 lbs. por acre se controló el gramalote pero rebrotó a los seis meses (28, 49).

Ensayos sobre época de aplicación

Davies (15, 16) considera que la estación en que se aplica el herbicida es un factor importante en la respuesta de una especie a una sola dosis del herbicida. Es evidente que en lugares donde las estaciones son más marcadas, los efectos de épocas de aplicación son también más importantes. En Trinidad, al controlar gramalote se obtuvo con Dalapón mejores resultados en la estación seca (24).

En cambio Paraquat aplicado 12 a 14 semanas después de asperjar gramalote con Dalapón, estimuló reinfestación de la maleza, tan
to en la época seca como en la húmeda (48).

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en los terrenos, y con materiales y equipo del Departamento de Zootecnia del Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en Turrialba, Costa Rica, de enero a diciembre de 1968.

Clima

El valle de Turrialba, donde se encuentran los potreros del Departamento de Zootecnia, está situado a 9 grados 33' de latitud norte y 83 grados 39' de longitud oeste; la altitud sobre el nivel del mar es de 605 m. La topografía es variable, con superficies planas y onduladas.

El clima es "tropical húmedo" con las características siguientes:

Temperatura, promedio anual 22,25 grados centígrados, con máximas de 27,21 y mínimas de 17,34 grados centígrados.

Precipitación, promedio anual 2.609,6 mm. Con base en datos de 12 años, se considera a diciembre (314 mm) como el mes más lluvioso del año y a marzo y abril como los más secos (78,8 mm y 119 mm de precipitación, respectivamente).

En Turrialba se pueden considerar como meses secos los que alcancen un índice de aridez de - 54, lo que ocurre muy ocasionalmente entre enero-abril, por lo que este período se puede señalar como la época seca del año. Esto implica que en la mayor parte del año existe un alto porcentaje de humedad, que en promedio es

rrresponde al 87,8 por ciento de la precipitación anual. La evapora-
ción diaria es aproximadamente de 3,71 mm y una iluminación me-
dia diaria de 4,38 horas de sol.

El Cuadro 1 presenta las características principales del cli-
ma de Turrialba durante el año del experimento.

Campo experimental

Para la ejecución del experimento se usó el potrero NR 216 del
Departamento de Zootecnia, con un área total de 26.000 m². Origie-
nalmente este terreno se empleó para cultivos de caña de azúcar y
de café. En los últimos diez años se ha usado como potrero para
ganadería.

El terreno es en su mayor parte bajo y húmedo, con drenajes
artificiales abiertos. En los días con lluvia intensa gran parte
del potrero sufre inundaciones y en las partes más bajas el agua
estuvo estancada durante algunos días. Al iniciar el experimento
estaba cubierto por gramalote con un grado de dominancia casi com-
pleto. En ciertas partes se notaban plantas aisladas de elefante
y guinea, y en las más bajas pará. Para la investigación se empleó
el área más uniforme y con predominio de gramalote.

Diseño del experimento

El diseño experimental fue de bloques al azar, con tres repeti-
ciones y 13 cuadros de tratamientos, distribuidos en unidades expe-
rimentales de 3 x 10 m cuadrados, en dos épocas de aplicación.

Cuadro 1. Resumen de datos meteorológicos. Año 1968.

Mes	Temperatura $^{\circ}$ C				Lluvia		Brillo solar			Radiación		Humedad	
	Max Prom	Min Med	Absoluta		Total Mens mm	Días de 0,1 mm o más	Días de Max hrs	Días de Prom Diario Horas	Mens cm^2/min	Prom diario $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$	Prom %		
			Max	Min									
Enero	25,1	16,3	20,7	27,3	13,4	196,8	21	66,0	143,0	4,61	11.307	364,7	82,2
Feb.	24,6	16,4	20,5	28,0	13,7	258,4	18	75,0	120,8	4,16	10.633	366,6	88,0
Mar.	25,6	15,4	20,5	28,2	12,4	323,1	18	85,4	149,1	4,80	12.531	404,2	84,7
Abr.	25,7	17,6	21,6	27,8	14,8	130,0	17	23,2	126,4	4,21	13.249	386,9	86,2
Mayo	27,4	18,3	22,8	28,6	16,6	228,6	28	36,4	153,8	4,96	13.249	427,4	87,5
Junio	27,4	18,1	22,8	30,2	17,0	291,2	23	54,8	145,5	4,85	11.622	387,4	87,8
Jul.	26,5	18,3	22,4	28,2	15,2	489,5	30	113,4	111,5	3,60	9.837	317,3	89,2
Ago.	26,7	18,1	22,4	29,6	16,6	214,2	25	26,4	113,5	3,66	10.719	345,8	88,8
Set.	27,6	18,3	23,0	29,3	16,6	322,2	25	69,2	154,6	5,15	12.543	418,1	86,8
Oct.	27,6	18,5	23,0	29,7	16,3	198,4	24	43,9	163,5	5,27	12.243	394,9	86,6
Nov.	26,4	18,5	22,4	28,0	16,5	216,4	21	67,4	120,0	4,20	9.808	326,9	86,9
Dic.	25,9	17,2	21,6	28,5	13,8	266,0	14	131,1	161,8	5,22	12.110	390,6	85,2
Total	-	-	-	-	-	3.134,8	264	-	1.669,5	-	139.851	4.530,8	1.039,9
Prome die	26,4	17,6	22,0	-	-	261,2	22,0	-	139,1	4,55	-	377,6	86,6

Observaciones en Promedios: Temp. Max: Max + Min : 2
 Precipitación: de 7 - 7
 Humedad relativa: Media bihoras

* Datos meteorológicos tomados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.

Épocas

Hubo dos épocas de aplicación. La primera el 8 de febrero, y la segunda el 8 de mayo de 1968.

Herbicidas

Se emplearon los siguientes herbicidas:

TCA (Acido tricloroacético). Se utilizó la sal sódica al 90 por ciento, con un equivalente ácido de 79,3 por ciento. La sal tiene una estructura fina cristalina, incolora e inodora, rápidamente soluble en agua, con la que da una solución clara. La mayor absorción se produce por las raíces.

Dalapón (Acido 2-2 dicloropropionico). Se empleó la sal sódica al 85 por ciento con un equivalente ácido de 75 por ciento. Se le expende comercialmente como un polvo amarillento soluble en agua. La mayor eficiencia se obtiene con aplicaciones al follaje.

Dalapón + TCA. En esta mezcla se utilizaron dos herbicidas pertenecientes a la misma serie, con el objetivo de atacar a la maleza por el follaje y la raíz.

Gramoxone (Paraquat-dicloride 1,1-dimetil 4; 4 bipyridilium). El ingrediente activo del gramoxone es el Paraquat, compuesto del complejo bipyridilium. Contiene 24,7 por ciento de dicloruro de Paraquat y 75,3 de ingredientes inertes (50).

Niveles de los herbicidas

Los siguientes fueron los niveles en que se emplearon los herbicidas:

Herbicidas	Niveles		
	N ₁	N ₂	N ₃
TCA (Kg/Ha)	30	60	90
Dalapón (Kg/Ha)	20	40	60
Dalapón + TCA (Kg/Ha)	10 +20	20 +40	30 +60
Gramoxone (gl/Ha)	5	7,5	10
Control	N a d a		

Aplicación de los herbicidas

La aplicación de los tratamientos se efectuó cuando las plantas tenían una altura de 30 a 35 cm y la parte aérea en crecimiento, con bomba espaldera.

Colección de datos

La colección de datos se hizo en el orden que sigue:

- a) Corte de las parcelas. Todas las parcelas (enteras) se cortaron 7 semanas después de la aplicación de los herbicidas, eliminándose el material cortado.
- b) Regeneración del reteño. Se dejó un período de 8 semanas a partir de la fecha de corte para la regeneración del

retoño.

- c) Corte del retoño. El retoño, en los casos que existía, se cortó 8 semanas después del corte anterior. Para esta operación se consideró la parcela de 9 x 2 m². Para eliminar el efecto de borde, se pesó la materia verde y se tomó una muestra representativa para la determinación de materia seca por metro cuadrado.
- d) Determinación de materia seca. Se colocaron 200 gramos de la muestra en una bandeja (previamente pesada) y se pusieron al horno durante 8 horas a 100 grados centígrados de temperatura, y el porcentaje de materia seca se determinó por diferencia de pesos.
- e) Determinación de materia seca total. Con los valores de peso de materia verde y porcentaje de materia seca se calcularon los valores de materia seca total con la siguiente fórmula.
- $$\text{MS total} = \frac{\text{Peso de materia verde} \times \text{porcentaje de MS}}{100}$$
- f) Peso de raíces secas. De cada parcela en la que se cortó el retoño, se tomaron 6 muestras de raíces por parcela, cortados en bloques de 20 x 20 cm y 10 cm de altura. Las raíces se lavaron hasta eliminarles todo residuo de tierra y se separaron las raíces que no eran de granalote; luego se colocaron en un horno para eliminarles humedad. Se desechó toda la parte aérea y se determinó el peso de las raíces secas de la muestra.

Al final, se obtuvieron dos factores para la interpretación de los resultados: materia seca total y peso de raíces secas.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se hizo por medio del Análisis de Variancia Multidimensional. Para este análisis se tomaron simultáneamente las dos variables de respuestas materia seca (MS) y peso de raíces secas (PR). La ventaja de esta técnica sobre el análisis de variancia individual de cada variable de respuesta, es la mayor fuerza discriminatoria de los efectos de tratamientos y por consiguiente la mayor prepotencia de la prueba de hipótesis.

El modelo matemático usado en el experimento es el siguiente:

$\underline{Y} = \underline{\mu} + \underline{\alpha}_i + \underline{\beta}_j + \underline{\gamma}_k + \underline{\delta}_{ij} + \underline{\epsilon}_{ijk}$ pero basado en la suposición que $\underline{\epsilon}_{ijk} \sim \text{NM}(0, \Sigma)$ (NM = normal multivariada)

$$E(\underline{Y}) = \underline{\mu} + \underline{\alpha}_i + \underline{\beta}_j + \underline{\gamma}_k + \underline{\delta}_{ij}$$

$$1 \times 2$$

donde E indica esperanza matemática de la matriz de respuestas $\underline{Y} [\underline{Y}_1, \underline{Y}_2]$ donde \underline{Y}_1 es el vector de respuesta de materia seca (MS) e \underline{Y}_2 el peso de raíces (PR).

$\underline{\mu}$, $\underline{\alpha}_i$, $\underline{\beta}_j$, $\underline{\gamma}_k$, $\underline{\delta}_{ij}$ son (1 x 2) vectores parámetros que tienen las siguientes definiciones:

$\underline{\mu}$ = media general

$\underline{\alpha}_i$ = efecto diferencial del i^{th} época

$\underline{\beta}_j$ = efecto diferencial del j^{th} tratamientos

$\underline{\gamma}_k$ = efecto diferencial del k^{th} bloques

$\underline{\delta}_{ij}$ = interacción del i^{th} época con el j^{th} tratamiento

En una forma más compacta se puede escribir esta ecuación como

$$E(\underline{Y}_i) = \underline{\Delta} \underline{\xi}$$

donde: $\underline{Y}_i = [Y_{i1}, Y_{i2}] = [MS, PR]$

$\underline{\Delta}$ = matriz diseño o matriz modelo

$\underline{\xi}$ = matriz de parámetros o sea $\underline{\xi}$ se define como

$$\underline{\xi} = \begin{array}{|cc|} \hline \mu_{1,1} & \mu_{21} \\ \alpha_{1,1} & \alpha_{12} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{22} \\ \beta_{1,1} & \beta_{12} \\ \beta_{13,1} & \beta_{13,2} \\ \gamma_{1,1} & \gamma_{1,2} \\ \gamma_{3,1} & \gamma_{3,2} \\ \delta_{11,1} & \delta_{11,2} \\ \delta_{2,13,1} & \delta_{2,13,2} \\ \hline \end{array}$$

donde el primer subscrito indica el número de parámetros dentro de cada grupo y el segundo subscrito indica la variable de respuesta.

El primer paso en el análisis de variancia multidimensional (MANOVA) es el cálculo de la suma de cuadrados (SC's) y suma de

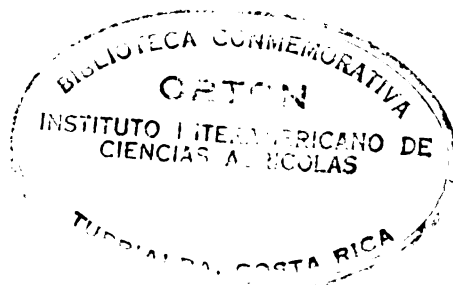
productos (SP's) entre las variables de respuesta (MS y PR) y la partición correspondiente de las sumas totales en los diferentes componentes de variación, que se detallan en el capítulo de resultados.

El siguiente paso consiste en la determinación de la función lineal discriminatoria. Es evidente, que para interpretar los resultados simultáneamente sobre las dos variables se necesita una función que transfiera las dos observaciones en cada unidad experimental en un solo número. Per definición la mejor función lineal discriminatoria, es el vector característico asociado con la máxima raíz característica del producto matriz $E^{-1}H$; donde E^{-1} es la inversa de la matriz de la suma de cuadrados del error. En lugar de E^{-1} se puede usar la inversa del estimado de la matriz variancia, covariancia $\hat{\Sigma}$ e la matriz de correlación \hat{R} . H , representa la matriz de la suma de cuadrados de hipótesis, correspondiente a cada factor de variación que se desea probar.

Los coeficientes de la combinación lineal son tales que maximizan o dramatizan la diferencia entre tratamientos. El procedimiento para obtenerles es el siguiente:

Sea

$$\lambda = \frac{\underline{a}' H \underline{a}}{\underline{a}' E \underline{a}} \quad \text{la función que se desea maximizar.}$$



$$\begin{aligned} \frac{\partial \lambda}{\partial \underline{a}} &= \frac{2 \underline{H} \underline{a} \underline{a}' \underline{E} \underline{a} - 2 \underline{E} \underline{a} \underline{a}' \underline{H} \underline{a}}{(\underline{a}' \underline{E} \underline{a}) (\underline{a}' \underline{E} \underline{a})} = 0 \\ &= \frac{\underline{H} \underline{a} \underline{a}' \underline{E} \underline{a} - \underline{E} \underline{a} \underline{a}' \underline{H} \underline{a}}{\underline{a}' \underline{E} \underline{a}} = 0 \\ &= \underline{H} \underline{a} - \frac{\underline{E} \underline{a} \underline{a}' \underline{H} \underline{a}}{\underline{a}' \underline{E} \underline{a}} \\ &= \underline{H} \underline{a} - \underline{E} \underline{a} \lambda = 0 \end{aligned}$$

Multiplicando por E^{-1}

$$E^{-1} H \underline{a} - E^{-1} E \underline{a} \lambda = 0$$

$$E^{-1} H \underline{a} - \underline{a} \lambda = 0$$

$$(E^{-1} H - I \lambda) \underline{a} = 0$$

donde $I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ = matriz de identidad

Esto implica que si $\underline{a} \neq 0$; $|E^{-1} H - I \lambda| = 0$, donde $|E^{-1} H - I \lambda|$ es el determinante de la diferencia de dos matrices.

y λ = raíz característica de $E^{-1} H$, valor que produce el mejor coeficiente

eficiente $\underline{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$ para la combinación lineal de MS y PR que

maximiza la diferencia entre tratamientos.

Un caso particular le constituye la fuente de variaciones con un solo grado de libertad, en las cuales la función discriminato-
ria se puede obtener directamente, como sigue:

$$E^{-1} \underline{d} = \underline{a}$$

donde:

$$\underline{d} = \begin{array}{|c|} \hline \bar{X}_1 \text{ MS} - \bar{X}_2 \text{ MS} \\ \hline \bar{X}_1 \text{ PR} - \bar{X}_2 \text{ PR} \\ \hline \end{array} = \text{diferencia de tratamientos}$$

sobre cada variable de respuesta (MS y PR) (los números en los subscripts representan las épocas). Se hace notar que los coeficientes de la función discriminatoria que se obtienen por este método son proporcionales a los obtenidos por el método anterior.

Prueba de hipótesis

Las pruebas de hipótesis se basaron en el método conocido con el nombre de "Principio de Unión - Intersección" (Union - Intersection Principles) que utiliza la máxima raíz característica de E^{-1} , donde el criterio de la prueba está dado por la fórmula:

$$\hat{\theta} = \frac{\hat{\lambda} \text{ max.}}{1 + \hat{\lambda} \text{ max.}} \quad \text{el valor } \hat{\theta} \text{ se compara con un valor tabular,}$$

que se encuentra en la tabla de Heck con el nombre de "Charts of the upper. 01, .025 and .05 points of the distribution of the largest characteristic root".

La tabla de Heck utiliza los parámetros tabulares s , m y n , donde:

$$\begin{aligned} s &= \min. \{nh, p\} \\ m &= \frac{(nh-p) - 1}{2} \\ n &= \frac{(ns - p + 1)}{2} \end{aligned}$$

donde: nh = grados de libertad de la matriz-hipótesis

p = número de variables de respuesta.

ne = grados de libertad de la matriz-error.

En los casos en que los grados de libertad de la matriz-hipótesis fue 1, se utilizaron como criterio de prueba de hipótesis el así llamado T^2 de Hotelling o " T^2 statistics" que está dado por la fórmula:

$$T^2 = \frac{1}{p} \times \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2} \times (ne-p+1) \underline{d}' E^{-1} \underline{d}$$

r_1 = número de repeticiones de un tratamiento

r_2 = número de repeticiones del otro tratamiento

donde

$$T^2 \sim F_{\alpha} (p, ne - p + 1)$$

que es el criterio de una simple prueba de F.

RESULTADOS

En los cuadros 2a y 2b se han resumido los resultados del experimento, correspondiendo a los promedios de materia seca (MS) y peso de raíces (PR), de acuerdo con los diversos tratamientos.

Cuadro 2a. Promedios de materia seca de todos los tratamientos.

PROMEDIO MATERIA SECA (KGS.)				
		Epoca 1	Epoca 2	\bar{X}
H ₁ TCA	N ₁	1,94	1,86	1,90
	N ₂	1,62	1,88	1,75
	N ₃	1,01	1,46	1,24
	\bar{X}	1,52	1,73	1,63
H ₂ Dalapon	N ₁	0,65	1,51	1,08
	N ₂	0,81	0,71	0,76
	N ₃	0,99	1,15	1,07
	\bar{X}	0,82	1,12	1,97
H ₃ Dalapon + TCA	N ₁	1,46	1,77	1,62
	N ₂	1,13	2,27	1,70
	N ₃	1,65	2,12	1,89
	\bar{X}	1,41	2,05	1,73
H ₄ Gramoxone	N ₁	2,77	4,87	3,82
	N ₂	3,43	2,95	3,19
	N ₃	1,98	4,04	3,01
	\bar{X}	2,73	3,95	3,34
Control		5,42	5,27	5,35
	\bar{X}_S	2,38	2,83	2,80

Cuadro 2a. Promedios de peso de raíces de todos los tratamientos.

PROMEDIO PESO DE RAICES (GR.)				
		Epoca 1	Epoca 2	\bar{X}
H ₁ TCA	N ₁	15,87	9,73	12,80
	N ₂	12,13	10,83	11,48
	N ₃	5,43	9,53	7,48
	\bar{X}	11,44	10,03	10,59
H ₂ Dalapon	N ₁	8,17	13,80	10,99
	N ₂	8,30	2,13	5,22
	N ₃	7,73	6,80	7,27
	\bar{X}	8,07	7,58	7,83
H ₃ Dalapen + TCA	N ₁	12,77	14,67	13,72
	N ₂	10,53	19,90	15,22
	N ₃	15,97	13,80	14,89
	\bar{X}	13,09	16,12	14,61
H ₄ Gramoxone	N ₁	19,27	27,30	23,28
	N ₂	17,10	24,03	20,57
	N ₃	20,30	19,00	19,65
	\bar{X}	18,89	23,44	21,17
Control		31,45	36,43	33,94
	\bar{X}_g	16,59	18,72	17,63

Cada cifra es el promedio de tres observaciones, excepto las de control que fue de seis.

La evaluación de dichos resultados de acuerdo al análisis estadístico se presentan en la secuencia de cuadros del análisis multidimensional; algunas consideraciones sobre la matriz variancia-covariancia y la matriz de correlación. Prueba de hipótesis de los principales componentes de variación, la mejor función lineal discriminatoria y los puntajes de los tratamientos en comparación.

En el cuadro 3 se presentan los resultados del análisis multidimensional con las respectivas sumas de cuadrados y productos. Tomando los valores de las sumas de cuadrados del error combinado, se pueden formar las matrices de las variancias y la covariancia entre los parámetros MS y PR.

$$\hat{\Sigma} = \begin{array}{|c|c|} \hline 2,3511 & 9,2186 \\ \hline 9,2186 & 72,1696 \\ \hline \end{array}$$

En la diagonal principal de la matriz se encuentran los estimados de las variancias de las variables de respuesta MS y PR respectivamente, en otras palabras $\hat{\sigma}^2_{MS} = 2,3811$ y $\hat{\sigma}^2_{PR} = 72,1696$. En la diagonal secundaria se observa la covariancia entre materia seca y peso de raíces, $\hat{\sigma}_{MS, PR} = 9.2186$.

Con los valores de la suma de productos $SPY_1 Y_2$ como numerador y como denominador la raíz cuadrada del producto de la suma de cuadrados de Y_1 e Y_2 fue posible obtener la matriz de correlación R entre las variables materia seca y peso de raíces.

Cuadro 3. Análisis de variancia multidimensional. Suma de Cuadros y de productos para las variables de respuestas: Materia Seca y Peso de raíces.

Fuente de Variancia	G.L.	SCY ₁ (MS)	SPY ₁ Y ₂ (MS, PR)	SCY ₂ (PR)
Bloques (B)	2	4,53	4,41	53,58
Epoocas (E)	1	5,04	20,54	83,60
Tratamientos (T)	12	179,96	1.051,20	6.336,24
No aplicación vs. aplicación	1	120,99	719,51	4.278,75
Entre herbicidas	3	54,70	304,68	1.812,66
TCA (H ₁)	2	1,29	11,51	92,00
Dalapon (H ₂)	2	0,40	5,05	102,54
Dal. + TCA (H ₃)	2	0,24	0,76	7,45
Gramoxone (H ₄)	2	2,19	9,68	42,84
E x T	12	12,43	20,01	196,53
B x E	2	0,87	0,94	108,40
B x T	24	110,82	431,94	2.597,28
Testigo/B/E	6	3,97	19,55	147,72
B x E x T	24	17,68	63,81	1.188,10
Error combinado*	56	133,54	516,24	4.041,50
Total	83	335,29	1.611,19	10.711,44

* Se hace notar que las sumas de cuadrados de interacciones bloques con otros factores, se han combinado debido a que ofrecen poco interés práctico y no fueron estadísticamente significativas.

$$\hat{R} = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,734 \\ 0,734 & 1,000 \end{bmatrix}$$

Como es de esperarse la correlación entre estas dos variables es bastante alta. El valor de $r_{MS, PR} = 0,734$ sugiere que un análisis multidimensional es el que conviene usar en este caso. Es decir la prueba de hipótesis e interpretación de los resultados deben basarse sobre las dos variables simultáneamente.

En el cuadro 4 se presentan las pruebas de varias hipótesis formuladas en el presente estudio.

Efectos de la época de aplicación

La prueba de hipótesis época 1 vs. época 2 se debe interpretar como sigue:

$$H_0 = \underline{\mu}_1 = \underline{\mu}_2$$

donde μ es el vector cuyos componentes son $\underline{\mu}_1 = \begin{bmatrix} \mu_{MS1} \\ \mu_{PR1} \end{bmatrix}$ y $\underline{\mu}_2 =$

$$\begin{bmatrix} \mu_{MS2} \\ \mu_{PR2} \end{bmatrix}, \text{ o sea } H_0 = \begin{bmatrix} \mu_{MS1} \\ \mu_{PR1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{MS2} \\ \mu_{PR2} \end{bmatrix}, \text{ estos son los verdaderos}$$

vectores parámetros y los estimados de ellos son:

$$\begin{bmatrix} \mu_{MS1} \\ \mu_{PR1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,1626 \\ 15,4619 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \mu_{MS2} \\ \mu_{PR2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,6528 \\ 17,4571 \end{bmatrix}$$

La prueba de esta hipótesis se basa en el criterio de Hotelling o sea de T^2 , debido a que ellas tienen un solo grado de libertad. El valor $T^2 = 1,043$ indica que no se detectaron diferencias en el efecto de herbicidas aplicados en diferentes épocas, es decir que las respuestas e reacciones de las plantas frente al estímulo del herbicida aplicado en diferentes épocas, tienden a ser similares bajo las condiciones experimentales del presente trabajo.

Contraste entre tratamientos

La comparación de tratamientos o sea la combinación de herbicidas y sus respectivos niveles, incluyendo además el testigo se hizo utilizando la prueba de unión-intersección. Esta prueba indica que las diferencias entre los efectos de tratamientos son altamente significativas ($P < 0,01$) para MS y PR. Esto sugiere una partición de la suma de cuadrados de tratamientos en sus varios componentes, como se detalla en el cuadro 4.

Contraste entre testigos y tratamientos

La comparación entre no aplicaciones versus aplicaciones de herbicidas, o sea el testigo comparado con los efectos de cualquier herbicida a cualquier nivel indica que los herbicidas tuvieron efectos positivos, a juzgar por la producción de materia seca y peso de raíces simultáneamente.

Cuadro 4. Prueba de hipótesis de diferencia entre tratamientos por medio de método unión-intersección y el criterio de T^2 de Hotelling.

	Máxima raíz característica λ	$\hat{\theta}$ Estimado	θ Tabla	Parámetro de Heck			Hotelling's T^2	Nivel de significancia
				s	m	n		
Epoca 1ª vs. 2ª E	0,03784737	-	-	-	-	-	1,043	NS
Tratamientos	1,71171219	0,6310	0,415	2	4,5	26,5		0,01
No aplicaciones vs. aplicaciones	1,16241445	-	-	-	-	-	31,963	0,01
Entre herbicidas	0,35229010	0,2370	0,227	2	0	26,5		0,01
Entre niveles de TCA (H_1)	0,22772640	0,0223	0,195	2	-0,5	26,5		NS
Entre niveles Delapon (H_2)	0,03537849	0,0342	0,195	2	-0,5	26,5		NS
Delapon + TCA (H_3)	0,00265442	0,0026	0,195	2	-0,5	26,5		NS
Gramoxone (H_4)	0,16747220	0,0165	0,195	2	-0,5	26,5		NS
Epoca x Tratamientos	0,15703435	0,1350	0,345	2	4,5	26,5		0,05

Efectos diferenciales entre herbicidas

Una vez detectada la eficacia de los herbicidas fue de interés comprobar si existen efectos diferenciales entre los cuatro herbicidas en estudio. La respuesta a este interrogante la da la prueba de hipótesis $H_0: \mu_{H1} = \mu_{H2} = \mu_{H3} = \mu_{H4}$ donde μ_{H1} es el parámetro vector con dos componentes (MS, PR). Aplicando el criterio de la prueba de unión-intersección y la máxima raíz característica, se pone de manifiesto que la hipótesis en cuestión es falsa por lo tanto nos inclinamos a aceptar ($P < 0,01$) que existe respuesta diferencial de la clase de herbicida usado.

Efectos de niveles dentro de cada herbicida

Según la hipótesis anteriormente aprobada hay evidencia de la respuesta diferencial del gramalote a los herbicidas. Se debe ahora determinar el mejor nivel a que debe aplicarse los herbicidas para lograr la máxima respuesta, en otras palabras se formula la hipótesis $H_0: \mu_{N1} = \mu_{N2} = \mu_{N3}$ donde μ_{N1} es el vector parámetro del i^{th} nivel de cada uno de los herbicidas. Del cuadro 4 concluimos que no existen diferencias estadísticamente detectables entre efectos diferenciables de cada nivel en ninguno de los herbicidas, aun cuando se observan ciertas diferencias entre los niveles. De estas diferencias ninguna fue de consideración desde el punto de vista práctico.

Efectos de la interacción época por tratamiento

Finalmente, al discutir el componente de variación época por tratamiento se observa en el cuadro 4 que los tratamientos no respondieron igualmente de acuerdo a la época de aplicación. La significación estadística fue aproximadamente del 5 por ciento de probabilidad en las diferencias de respuestas; sin embargo, es conveniente poner énfasis en los efectos principales de tratamientos por su importancia y efectos diferenciales tan marcados y dando poca importancia a la interacción por estar ampliamente superada por los efectos principales y presentar además dificultad en la interpretación.

La mejor función lineal discriminatoria para cada factor considerado se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. La función lineal discriminatoria que maximiza las diferencias entre tratamientos.

COMPARACION	
Epoca 1ª vs. época 2ª	73,28 MS + 1,00 PR
Tratamientos	3,47 MS + 1,00 PR
No aplicaciones vs. aplicaciones	3,51 MS + 1,00 PR
Entre herbicidas	9,19 MS + 1,00 PR
Entre niveles de TCA H ₁	0,14 MS + 1,00 PR
Entre niveles de Dalapon H ₂	-3,06 MS + 1,00 PR
Entre niveles de Dalapon + TCA	-5,33 MS + 1,00 PR
Entre niveles de Gramoxone H ₄	24,02 MS + 1,00 PR
Epoca x Tratamientos	-7,18 MS + 1,00 PR

Como se puede notar la función discriminatoria da mayor factor de ponderación a la variable de respuesta materia seca excepto en la discriminación entre niveles de TCA. Esto se debe en parte a la alta correlación entre las variables materia seca y peso de raíces. Per ejemplo la función discriminatoria que dramatiza la diferencia entre época 1 y época 2 es la combinación lineal de las variables de respuestas dadas por 73,28 MS + 1,00 PR, este implica que el coeficiente de materia seca fue 73,28 veces mayor que el de peso de raíces lo que a su vez implica la mayor importancia de la materia seca como un criterio para evaluar el efecto del herbicida.

Cuadro 6. Puntaje* correspondiente a cada tratamiento.

Comparación	Puntaje (1)	Puntaje (2)	Puntaje (3)	Puntaje (4)
Epoca 1 vs. Epoca 2	173,94	211,85		
No aplicaciones vs. aplicaciones	52,71	20,27		
Entre herbicidas	25,55	16,72	30,55	51,86
Entre niveles de TCA (H_1)	12,53	11,23	7,31	
Entre niveles de Dalapon (H_2)	7,03	2,45	3,35	
Entre niveles Dal. + TCA (H_3)	5,11	6,16	4,82	
Entre niveles de Gramoxone (H_4)	115,08	97,15	91,91	

* Puntaje = Es la expresión numérica de la mejor función lineal discriminatoria, es un número puro, es decir que no tiene unidad de medida y se debe interpretar como un calificador de "Score".

Los puntajes dados en el cuadro 6 explican la significación encontrada en el cuadro 4 de prueba de hipótesis. Por ejemplo en la comparación de época 1 vs. época 2, las diferencias son de escaso margen, aunque la función discriminadora asigna un valor ligeramente mayor a la época 2 lo que implica que la época 1 podría tener mayores méritos como período de aplicación, sin embargo las diferencias entre ambos efectos no fueron detectables estadísticamente.

Los puntajes correspondientes a no aplicaciones vs. aplicaciones, expresa en forma clara las grandes diferencias entre los testigos y los efectos de los herbicidas, lo que sugiere que hubo alto control de la maleza. Los puntajes entre herbicidas acusan diferencias en los valores de cada herbicida en mayor o menor grado de efectividad en una escala que va del Dalapon, TCA, Dalapon + TCA al Gramoxone.

Los puntajes entre niveles del mismo herbicida dan la impresión que los niveles altos de TCA, Dalapon + TCA y Gramoxone y el nivel medio del Dalapon fueron los más efectivos, sin embargo estadísticamente no dieron significación. Esto sugiere que cualquiera de los niveles pueden ser considerados como efectivos y probablemente el criterio de selección debería basarse en el mejor herbicida con el menor nivel de aplicación.

DISCUSION

Efectos de las épocas de aplicación

La ausencia de diferencias significativas entre épocas podría deberse mayormente a la similitud de los factores climáticos durante todo el año 1968, en el área de trabajo. Los experimentos descritos en la literatura sobre la influencia de la época de aplicación (16, 18, 48) en el efecto de los herbicidas fueron conducidos en condiciones de mucha variabilidad climática y estaciones marcadas en el año. Factores tales como la radiación solar son de importancia en el desarrollo foliar y especialmente en el crecimiento radical. Sin embargo en el caso de nuestra investigación esos valores fueron muy similares en las dos épocas (ver cuadro 1).

La comparación entre tratamientos (combinación de herbicidas y niveles), incluyendo el testigo, al dar un valor altamente significativo indica que hubo un buen control de la maleza en las parcelas tratadas con herbicidas. Los valores 52,7 y 20,27 que aparecen en el cuadro de puntaje y que corresponden al testigo y a otros tratamientos respectivamente, dan una idea clara de la efectividad en el control de la maleza.

Efectividad de los herbicidas

Entre herbicidas existen efectos diferenciales que pueden deberse a características intrínsecas de cada compuesto químico y a sus relaciones con los factores ambientales. El orden de efectivi

dad en el cuadro 6 coloca en primer lugar al Dalapon con el puntaje de 16,72, seguido por TCA con 25,55, Dalapon + TCA con 30,55 y Gramoxone con 51,86.

El Dalapon tuvo en el transcurso del experimento un comportamiento más uniforme aun en las condiciones de menor homogeneidad de los factores ambientales, incluyendo el potrero. La relativa resistencia al lavado de la lluvia y su acción sobre el follaje y las raíces deben haber contribuido a este resultado.

La efectividad del TCA fue mayor en las parcelas situadas en las partes más secas del terreno, pero estuvo notablemente disminuida en las áreas bajas y húmedas del experimento. La lixiviación y la humedad parecen haber jugado un rol preponderante en la acción herbicidal, lo que está acorde con lo encontrado por otros investigadores (26, 34, 36). El TCA parece tener mayor efecto residual. Aún seis meses después se encontró plantas afectadas por necrosis y con el vigor disminuido notablemente.

El comportamiento de la mezcla Dalapon + TCA ocupa el tercer lugar en efectividad en el control del gramalote, a juzgar por su puntaje. El objetivo de atacar a la maleza por dos puntos de absorción, follaje y raíces no fue tan satisfactorio como se esperaba. En algunos casos se notó que hubo bloqueo de la acción, especialmente en las dosis altas. La rápida destrucción del follaje no permitió la translocación de los productos debido probablemente a los daños causados a los sistemas de conducción de las plantas, lo que coincide con lo expresado por Leasure (32) en cuanto a la

selectividad del Dalapón.

En términos generales el Gramoxone no tuvo efectos notables en el control de la maleza. Al ser inactivado en el suelo, especialmente en los suelos arcillosos como los del experimento, se reduce su efecto sobre las raíces. El efecto sobre el follaje fue violento, pues este fue virtualmente quemado en todos los niveles una hora después de las aplicaciones, rebrotando aproximadamente a los 45 días. Su resistencia a la remoción por las lluvias inmediatas a la aplicación, y a la acción de la luz (10) (la cual puede activarlo), no tuvieron un efecto favorable en su efectividad.

Efectos entre niveles

Entre niveles de un mismo herbicida no se obtuvieron diferencias estadísticamente detectables, si bien es cierto que los valores del nivel medio (N_2) del Dalapon y los niveles altos (N_3) del TCA, Dalapón + TCA y Gramoxone mostraron ciertas diferencias con los otros niveles, pero no es posible considerarlas discriminatorias. Ante esta situación nos inclinamos por los niveles menores (N_1) de todos los herbicidas por acercarse en todos los casos al nivel económicamente eficiente.

Costos

Los costos de los niveles más promisorios (N_1) de Dalapón y TCA fueron de \$150,00 y 125,00 respectivamente. Al discutir este punto, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones:

1. El gramalote es particularmente nocivo en los casos de renovación o reemplazo de potreros invadidos por gramalote al sustituirlos por pastos sembrados.
2. Los mayores gastos parecen provenir de la temprana aparición de los rebrotes después de una aradura y siembra de una forrajera mejorada, que puede llegar hasta la reocupación del área por el gramalote.

Al tener cierta proporción de la maleza eliminada o disminuida en su vigor, por el efecto de los herbicidas, los beneficios más tangibles deben reflejarse en la escasa presencia de gramalote o en su tardía aparición, cuando ya la forrajera sembrada ha dominado el potrero. En consecuencia los costos de los tratamientos deben ser cargados al nuevo potrero establecido, donde se supone habrá menores gastos en el control de la maleza y mayor productividad en el potrero.

Observaciones complementarias

En las unidades experimentales en que se obtuvo mayor control se produjo una sustitución rápida del gramalote, especialmente por Axonopus compresus y por algunas malezas de hoja ancha como: Mimosa púdica, Canna indica y Emilia sonchifolia. La proporción de Guinea (Panicum maximum) aumentó en las partes altas y en las más húmedas del terreno la de plantas de parí (Brachiaria nítica). De una manera general casi toda el área del experimento sufrió cambios en su composición botánica, lo que se pudo apreciar al cortar

el retoño, así como en la separación de las raíces. La confirmación final se obtuvo con el comportamiento del ganado al pastorear por primera vez y en veces subsiguientes en el área experimental. Los animales prefirieron pastar en las parcelas tratadas con herbicidas y donde la vegetación original había sufrido cambios por especies al parecer de mayor aceptación por el ganado. El hecho de que algunos herbicidas como el TCA, no afectan las cubiertas germinativas de las semillas (37) puede haber contribuido al incremento de especies como el pasto guinea, las cuales además resultaron favorecidas con un mayor espacio al haberse controlado en cierta proporción el gramalote.

CONCLUSIONES

El presente estudio debe considerarse como un experimento exploratorio o piloto en el control del gramalote por medio de herbicidas; las conclusiones fueron las siguientes.

1. Es posible controlar el gramalote con los siguientes herbicidas: Dalapón (75% equivalente ácido) y TCA (79,3% equivalente ácido) a las dosis de 20 y 30 Kg por Ha, respectivamente.
2. La mezcla de Dalapón + TCA no presentó ninguna ventaja sobre los herbicidas puros.
3. El Gramoxone fue inferior a los otros herbicidas en el control del gramalote.
4. Las épocas de aplicación de febrero y mayo no presentaron diferencias estadísticamente significativas quizá por la semejanza de los factores climáticos de ambos meses en 1968. En un año normal los resultados podrían ser más efectivos en febrero.
5. La materia seca aparece como factor de mayor ponderación que el peso de raíces, para evaluar el efecto de herbicidas.

RESUMEN

En Turrialba, Costa Rica se llevó a cabo un estudio para evaluar los efectos de cuatro herbicidas sobre el gramalote (Paspalum fasciculatum Willd.), tratar de encontrar el nivel más adecuado para el combate de la maleza y definir la importancia de dos épocas de aplicación.

Los herbicidas que se utilizaron en el experimento fueron: Dalapón, TCA, Dalapón + TCA y Gramoxone, cada uno de ellos a tres niveles. Febrero y mayo fueron las épocas de aplicación de los herbicidas.

Cada uno de los tratamientos (combinación de herbicidas y niveles) fue aplicado en una sola oportunidad.

Por cuanto las variables de respuesta materia seca (MS) y peso de raíces (PR) estaban altamente correlacionadas, fueron analizadas estadísticamente usando el análisis de variancia multidimensional.

Los resultados pueden resumirse en la siguiente forma: Es posible obtener un control satisfactorio con Dalapón (75% equivalente ácido) o TCA (79,3 equivalente ácido) con dosis de 20 y 30 Kg per Ha, respectivamente. La mezcla de los dos herbicidas nombrados, en diferentes proporciones, no dio mejores respuestas que los herbicidas puros. Bajo condiciones similares a las del experimento, el Gramoxone no parece adecuado para el combate del gramalote.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre épocas, aparentemente por la similitud de condiciones climáticas de ambas en 1968.

SUMMARY

In Turrialba, Costa Rica, a study was made to evaluate the effectiveness of four herbicides in controlling the weed gramalote (Paspalum fasciculatum Willd) in two different seasons.

The herbicides used in this experiment were: Dalapón, TCA, a mixture of Dalapon and TCA and Gramoxone. Three levels of all these herbicides were used. Single applications were made in two seasons February and May.

The characteristics studied as criteria for evaluating the control were dry matter and weight of the roots. These characteristics were highly correlated and were analyzed statistically using the multivariate analysis of variance (MANOVA).

The results obtained were as follows: It is possible to satisfactorily control gramalote with Dalapon (75% acid equivalent) or TCA (79% acid equivalent) with doses of 20 and 30 Kg per hectare, respectively. Mixtures of these two herbicides gave no better results than when used alone. Gramoxone did not, under the experimental conditions used, adequately control the growth of gramalote.

No differences were detected between the seasons studied, apparently due to the similarity of climatic conditions.

LITERATURA CITADA

1. ALLEN, H. P. Paraquat as a tool for grassland renewal. *Outlook on Agriculture* 5(4):149-154. 1967.
2. ALENCAR, F, M. A. Plantas uteis para o revestimento de solo. *Bragantia* 12(10):321-336. 1952.
3. ARROYO, J. A. y RIVERA BRENES, L. Digestibility studies on Venezuela grass (Paspalum fasciculatum) and Plantain Pseudostalks (Musa paradisiaca). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 44(3):103-106. 1960.
4. BALDWIN, B. C. Translocation of diquat in plants. *Nature* 198(4883):872-873. 1963.
5. BARRONS, K. G. Relative tolerance of crops to sodium TCA 90%. *Down to Earth* 7(2):8-9. 1951.
6. BATEMAN, J. V. y GARZA, R. Digestibilidad del pasto Imperial Axonopus scoparius y Gamalote Paspalum fasciculatum. *Turrialba* 12(1):25-27. 1962.
7. BEYER, H., ed. Handbook of tables for probability and statistics. Cleveland, Ohio, The Chemical Rubber, 1966. 502 p.
8. BLACKBURN, F., HANSHELL, A. y CLARKE, M. Some aspects of weed control in Trinidad. *Tropical Agriculture* 29:54-70. 1952.
9. BLYDENSTEIN, J. Estudio del efecto de cortes a diferentes intervalos sobre el desarrollo de gamalote (Paspalum fasciculatum). *Turrialba* 16(3):217-220. 1966.
10. BOON, W. R. The chemistry and mode of action of the bipyridilium herbicides diquat and paraquat. *Outlook on Agriculture* 4(4):163-170. 1965.
11. BULLON FERREYRA, O. A. Combate químico de la gramínea perenne Paspalum fasciculatum Willd. que infesta plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica, Centro América. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericana no de Ciencias Agrícolas, 1953. 84 p. (Mimeografiada)
12. BUTTERWORTH, M. H. The digestibility of sugarcane tops, rice aftermath, and bamboo grass. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 30(1):77-81. 1962.

13. CALDERBANK, A. y SLADE, P. The fats of paraquat in plants. *Outlook on Agriculture* 5(2):55-59. 1966.
14. CHASE, A. Grasses of Brazil and Venezuela. *Agriculture in the Americas* 4(7):123-126. 1955.
15. DAVIES, G. E., HUNTER, R. F. y KING, J. Hill pasture improvement with Dalapon. In British Weed Control Conference, 5th, Brighton, November 8-10, 1960. Proceedings. London, British Weed Council, 1960? pp. 157-164.
16. DAVIES, W y JONES, L. Pasture renovation by herbicidal and other treatments. *Outlook on Agriculture* 4(4):155-162. 1964.
17. FERTIG, S. N. y SCHREIBER, A. Effect of Dalapon ingestion on performance of dairy cattle and levels of residual in the milk. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 9(5): 269-374. 1957.
18. GARDNER, L. A. The use of Dalapon for grassland improvement in the South West of Scotland. In British Weed Control Conference, 5th, Brighton, England, 1960. v. 1.
19. GREEN, J. O. y LEWIS, J. Paraquat a new herbicide. *Agriculture* 70:115-118. 1963.
20. HITCHCOCK, A. S. Manual of the grasses of the West Indies. U. S. Department of Agriculture. Miscellaneous Publication 243. 1936. 439 p.
21. _____ The grasses of Ecuador, Peru and Bolivia. *Contributions from the United States National Herbarium* 24(8): 291-556.
22. KASASSIAN, L. Chemical weed control in citrus. Weed control Extension circular. University College, West Indies 4:3. 1962. (Original no consultado, compendiado en *Weed Abstracts* 12(2):479)
23. _____ Interim report for the period April 1st to September 31st. *PANS (c)* 8(3):186-189. 1962.
24. _____ Report for period ending March 31st. *PANS (c)* 8(3): 183-185. 1961.
25. _____ et al. Annual report 1964. University of the West Indies. *PANS (c)* 11(4):417-429. 1965.

26. KEITH, C. B. TCA a promising new chemical for grass control. Down to Earth 4(4):8-9. 1949.
27. KENDALL, M. y STUART, A. The advanced theory of statistics. New York, Hafner, 1966. v. 3. 552 p.
28. KLINGMAN, G. C. Weed control: as a science. New York, Wiley, 1961. 421 p.
29. KUTSCHINSKI, A. H. A laboratory method of determining the stability of Dalapon sodium salt on soil and other medium. Down to Earth 10(2):14-15. 1954.
30. _____ Farm and magnitude of 2-2 dichloro propionic acid (Dalapon) residues in milk. Journal of Agriculture and Food Chemistry 9(5):365-368. 1965.
31. LAMUSSE, M. J. M. The effects of weed competition on the sugar content and yield of sugar cane. Tropical Agriculture 1:31-37. 1965.
32. LEASURE, J. K. El modo de acción del Dalapon. Biokemia 2:18. 1963.
33. _____ The halogenated aliphatic acids. Journal of Agriculture and Food Chemical 12(1):40-43. 1964.
34. LOUSTALOT, A. J. y FERRER, R. Studies on the persistence and movement of sodium trichloro acetate in the soil. Agronomy Journal 42:323-327. 1950.
35. MESS, G. C. Experiments on the herbicidal action of 1,1'-ethilene-2-2 dipyridylum dibromide. Annals of Applied Biology 48(3):601-602. 1960.
36. MINARIK, C. L. Preemergence herbicides and their behavior. In North Eastern Weed Control Conference, 5th. Proceeding Supplement, 1951. pp. 29-39.
37. MUNAKATA, K. Herbicidal activities of halogeno alkil - carboxilic acids. I Germination inhibition activities. Weeds 7(4):300. 1959.
38. NOVOA S., L. G. Algunos factores que influncian la efectividad del TCA en el combate de malezas perennes. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1955. 76 p. (Mimeografiada)

39. PLANT PROTECTION LIMITED. Some recommendations for the use of "Gramoxone". Pans (C) 12(4):251-256. 1966.
40. RIVERA BRENES, et al. Palatability trials of Mercker grass (Pennisetum purpureum), Venezuela grass (Paspalum fasciculatum Willd) and Plantain Pseudotalks (Musa paradisica). Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 43(4):249-254. 1959.
41. ROSEVEARE, G. M. The grasslands of latin america. Imperial Bureau of Pastures and Field Crops. Bulletin no. 36. 1948. 291 p.
42. ROSS, M. A. And now Paraquat. Journal of Agriculture South Australia 66(7):258-259. 1963.
43. SAENZ MAROTO, A. Los forrajes de Costa Rica. San José, Costa Rica, Editorial Universitaria, 1955. 606 p.
44. SEGURA IBARRA, G. W. Hábitos de crecimiento del Paspalum fasciculatum Willd. y su posible control con herbicidas. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1957. 57 p. (Mimeografiada)
45. SNEDECOR, G. W. y COCHRAN, W. G. Métodos estadísticos. Traducción de la 5a. ed. inglesa por A. Reynosa Fuller. México, Continental, 1966. 626 p.
46. SPRINGETT, R. R. The bipyridylum herbicides: Their properties and use. Outlook on Agriculture 4(5):226-233. 1965.
47. STEELE, B. The cost of killing weeds. PANS (C) 11(4): 363-364. 1965.
48. TRINIDAD UNIVERSITY college of the West Indies, Regional Research Centre, Mona. Herbicide Research Unit. Annual Report. 1966. (n.d.). pp. 16.
49. _____ Report March-December, 1963. (Original no consultado compendiado en Weed Abstracts 13(4):189)
50. WOODFORD, E. K. y EVANS, S. A., eds. Weed control handbook. 4th. ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1965. 434 p.