

Universidad Nacional Autónoma  
de México

---

---

Facultad de Estudios Superiores  
CUAUTITLÁN

Estudio de la Evolución de las Concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio y su Relación con el Rendimiento como Índice del Estado Nutricional en Pasto Ballico "Lolium multiflorum Lam."

**T E S I S**

Que para obtener el Título de  
Ingeniero Agrícola

p r e s e n t a n

**Gutiérrez Orozco Jaime**

**Cárdenas Negrete Luis Angel**

Director de Tesis

**M.C. Carlos Orlando de la Teja Angeles**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

RESUMEN - - - - -	I
I. INTRODUCCION - - - - -	1
II. OBJETIVOS - - - - -	3
III. HIPOTESIS - - - - -	4
IV. REVISION BIBLIOGRAFICA - - - - -	5
1. Nitrogeno, Fósforo y Potasio en el Suelo y en la Planta - - - - -	5
2. Equilibrio Nutritivo - - - - -	14
3. Características de la Planta Utilizada - - - - -	20
V. MATERIALES Y METODOS - - - - -	30
1. Características del Sitio de Muestreo - - - - -	30
2. Muestreo de Suelo y Preparación de las Muestras para su Análisis en el Laboratorio - - - - -	32
3. Análisis Físico-químico del Suelo - - - - -	33
4. Establecimiento del Diseño Experimental - - - - -	36
5. Determinación de la Concentración de Nitrogeno, Fósforo y Potasio en la Planta - - - - -	40
6. Determinación del Contenido de Nitrogeno, Fósforo y Potasio en la Planta - - - - -	43
7. Cálculo de la Proporción (equilibrio nutritivo) N:P:K - - - - -	44
VI. RESULTADOS Y ANALISIS - - - - -	45
1. Caracterización del Suelo - - - - -	45
2. Resultados y Análisis del Diseño Experimental - - - - -	47
3. Resultados y Corrección del contenido de N, P y K en la Planta - - - - -	54

4. Resultados y Correlación de la Concentración de	
N, P y K en la Planta - - - - -	67
5. Resultados y Correlación de las Proporciones	
N, P, K en la Planta - - - - -	76
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES - - - - -	88
VIII. APENDICE - - - - -	90
IX. BIBLIOGRAFIA - - - - -	115

## RESUMEN

**Introducción.**— El aspecto principal de este trabajo consiste en la experimentación de una técnica para el diagnóstico oportuno de deficiencias nutricionales y corregirlas a tiempo. Esta técnica se basa en el principio de los equilibrios nutritivos y lo distintivo es que no se toman como parámetros las concentraciones de los elementos, sino de las proporciones en que se encuentran unos en relación con otros tomados en grupos de tres elementos que son: N:P:K, K:Ca:Mg y Fe:Mn:Zn. Se ha visto que estas relaciones son independientes del tiempo y de las condiciones ambientales, presentando en forma constante las siguientes proporciones de nutrientes: N:P:K = 50:30:20, K:Ca:Mg = 24:70:06 y Fe:Mn:Zn = 54:30:16. Como las relaciones son invariantes a través del ciclo vegetativo en condiciones óptimas de producción, si en un momento dado se altera alguna de ellas, significa que existen deficiencias de uno o varios nutrientes, pudiéndose corregir estas de inmediato en el momento en que se realicen los análisis foliares correspondientes.

**Materiales y Métodos.**— Se montó un experimento en invernadero con pasto ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam.), el cual se sometió a diferentes dosis de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y efectuando tres cortes a los 42, 63 y 84 días después de la siembra del pasto, con el objeto de encontrar un tratamiento con los máximos rendimientos. Con los tratamientos que resultaran estadísticamente iguales al mejor, se establecieron los valores límite de las proporciones N:P:K, los cuales serían los índices de mejores rendimientos y nutrición adecuada. Estos valores se compararon con las proporciones de los tratamientos con menores rendimientos para comparar si había o no diferencia significativa entre dichas proporciones y por tanto, poder utilizarlas como indicadores de buenos rendimientos y del estado nutricional de la planta.

**Análisis y Conclusiones.**— En vista de que los análisis de fósforo dieron valores tales que al multiplicarlos por diez resultarían mayores que los correspondientes del

nitrógeno y debido a que una de las condiciones para que se dé el equilibrio nutritivo debe cumplirse la expresión  $N > P > K$ , no se tomó en cuenta la proporción  $N:10P:K$ , sino que se consideraron los valores originales de las concentraciones de fósforo para calcular, per tanto, la proporción  $N:P:K$ .

Las proporciones  $N:P:K$  calculadas para cada tratamiento, en ningún caso dieron la relación 50:30:20 o valores similares, sino los siguientes: para  $N\%$  = 60-80%,  $P\%$  = 10-23 y  $K\%$  = 10-19%. No se observó diferencia de dichas proporciones entre los mejores tratamientos y los que tuvieron los menores rendimientos. A través del tiempo, fueron muy variables no presentando estabilidad durante los tres cortes, por lo que no se pueden tomar como índices representativos del estado nutricional para el pasto ballico anual (Lolium multiflorum Lam.).

## I. INTRODUCCION

La presión de la población sobre la demanda de alimentos es cada vez más fuerte. Las explotaciones agrícolas intensivas agotan la capacidad productiva de los suelos; una forma de satisfacer ambos -demanda y capacidad productiva- es la optimización del uso de praderas y pastizales.

La mayoría de la población, no tiene en su dieta las cantidades adecuadas de calcio así como de proteínas necesarias. Casi dos terceras partes del calcio consumido, proceden de la leche y sus derivados obtenidos indirectamente de forrajes ricos en calcio. El reducido consumo de carne por persona en México se mantiene muy bajo. El promedio anual para carnes rojas es de 14.3 kg. El consumo promedio anual por habitante, por tipos de carne es: 9.4 kg para carne bovina, 4.3 para porcina y 0.6 para ovino-caprina. Estos niveles son extremadamente reducidos tanto desde el punto de vista de los requerimientos dietéticos mínimos, como comparados con los de otros países. En este sentido, el "mexicano promedio" consume al año aproximadamente diez veces menos carne de bovino que el "habitante promedio" de Argentina, Uruguay, Nueva Zelanda o Australia -países consumidores de carne bovina por excelencia- y entre cinco y seis veces menos que el de Alemania, Inglaterra, Dinamarca y Francia (CEPAL, 1974). Los productos de origen animal (carne, leche y derivados), proporcionan generalmente el 67% de las proteínas que se consumen; de ahí la importancia del cultivo de praderas y su conservación y mantenimiento.

La fertilidad del suelo afecta al contenido de elementos minerales y al desarrollo de las plantas, y por tanto, al vigor de los animales que consumen forrajes. En condiciones adecuadas de fertilidad, las plantas contienen una cantidad suficiente de elementos principales para las necesidades del ganado. Un desequilibrio en la concentración de nutrientes en los suelos, puede causar problemas en las plantas.

Muchos métodos para determinar la fertilidad de suelos, se basan en observaciones o en las medidas del crecimiento de las plantas; otros consisten en el análisis foliar y se basan en la premisa de que la cantidad de un elemento presente en una planta puede ser indicativo del suministro de este nutriente en particular y esto se relaciona directamente con la cantidad presente en el suelo.

El aspecto principal de este trabajo, consiste en la experimentación de una técnica para el diagnóstico oportuno de deficiencias nutricionales y corregirlas a tiempo. Esta técnica se basa en el principio de los equilibrios nutritivos y lo distintivo es que no se toman en cuenta, para la interpretación del estado nutritivo, las concentraciones de los elementos, sino las proporciones en que se encuentran unos en relación con otros tomados en grupos de tres elementos que son: N:P:K, K:Ca:Mg y Fe:Mn:Zn. Se ha visto que estas relaciones, en función del tiempo y en condiciones óptimas ambientales, presentan en forma constante las siguientes relaciones de nutrientes: Para N:P:K = 50:30:20, para K:Ca:Mg = 24:70:06 y para Fe:Mn:Zn = 54:30:16. Como las relaciones son invariables a través del ciclo vegetativo en condiciones óptimas de producción, si en un momento dado se altera alguna de ellas, significa que existen deficiencias de uno o varios nutrientes, pudiéndose corregir éstas de inmediato en el momento en que se realicen los análisis foliares correspondientes.

En suma, los índices suministrados por los equilibrios de estos elementos pueden representar el estado nutricional de los cultivos, porque al ser cifras relativas, son independientes de la variedad y de las condiciones climáticas y de cultivo, y si no existen alteraciones nutritivas considerables, permiten un diagnóstico oportuno, ya que su variación frente al tiempo, puede carecer de significancia.



## II. OBJETIVOS

- 1.- Estudiar la dinámica del contenido y de la concentración de los elementos nutritivos nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), durante tres cortes que comprenden desde la siembra hasta las doce semanas de crecimiento vegetativo o producción de forraje de pasto ballico "Lolium multiflorum Lam."
- 2.- Determinar la proporción (equilibrio nutritivo) N:P:K bajo condiciones de altos rendimientos.
- 3.- Determinar las relaciones que existen entre los contenidos de elementos nutritivos N, P, K y el rendimiento.
- 4.- Uso del equilibrio nutritivo para determinar las deficiencias de los nutrientes - N, P y K.
- 5.- Uso del equilibrio nutritivo como índice de rendimiento y calidad nutritiva.

El objetivo básico es saber si también en las plantas monocotiledóneas opera el mismo principio de los equilibrios nutritivos durante el ciclo de la planta, ya que hasta la fecha sólo se ha experimentado con especies de plantas dicotiledóneas (aguacate, olivar, papa, manzano y cítricos), de las que se están obteniendo resultados comunes para todas ellas.

Además, se pretende establecer las bases para un diagnóstico oportuno en cultivos de pastos, fundado en la estabilidad de los equilibrios nutritivos.

### III. HIPOTESIS

- 1.- Las concentraciones de elementos nutritivos, nitrógeno, fósforo y potasio, guardan una relación proporcional entre sí en los tejidos de la planta y se mantiene más o menos constante a lo largo de su desarrollo.
- 2.- Los valores del equilibrio entre los elementos nutritivos pueden ser usados como índices para predecir el rendimiento y la calidad del forraje.

Las alteraciones que se presentan en el estado nutricional de las plantas puede ser determinado mediante la expresión  $N:P:K$ , basada en el concepto de equilibrio nutritivo, considerando que este equilibrio sea muy parecido para cultivos estudiados anteriormente, para cuya proporción debe ser la misma dentro de cada grupo de elementos contenidos éstos en la planta regulando, por antagonismo o sinergismo, los restantes macroelementos. Teniendo así, que la inversión de valores de alguna pareja, supone un desequilibrio que afectaría al crecimiento, a la cosecha o a ambos.

Por lo tanto, este trabajo, en el cual se plantea la hipótesis antes mencionada, servirá tanto como medio para verificar dicho planteamiento, como medio de diagnóstico de deficiencias nutricionales en la planta.

#### IV. REVISION BIBLIOGRAFICA

##### 1. Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el Suelos y en la Planta

###### a) Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los elementos más abundantes en las plantas. Se encuentra formando compuestos esenciales tales como las proteínas, ácidos nucleicos, reguladores del crecimiento y vitaminas. Como componente de esos y otros compuestos, interviene en muchas de las reacciones bioquímicas que integran la vida (Devlin, 1980).

El nitrógeno constituye un 80% de la atmósfera terrestre, sin embargo se encuentra en forma inaprovechable para la mayoría de las plantas, ya que es muy inerte. El 95% o más del nitrógeno del suelo se encuentra en forma orgánica proteínica que no es aprovechable por las plantas, es decir, que es el elemento más deficiente en la mayoría de los suelos agrícolas (Ortiz, 1977).

La mayor parte de las plantas, absorben nitrógeno existente en el suelo en forma fijada, principalmente en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amoniacal ( $\text{NH}_4$ ). La forma nitrato no es aprovechada directamente por la planta; debe ser reducida hasta amoniaco antes de ser incorporado a los compuestos nitrogenados de la planta. La reducción del nitrato en amoniaco precisa de la energía de la respiración; así, los glúcidos de la planta, le proporcionan los esqueletos carbonados para la incorporación del grupo amonio y la energía necesaria para la producción del nitrato (Devlin, op. cit.).

Se supone que el primer paso para la reducción del nitrato es la conversión de nitratos en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) por medio de la enzima nitratorreductasa; posteriormente el nitrito es reducido a hiponitrito ( $\text{HNO}$ ) por medio de la enzima nitritoreductasa.

El siguiente paso es la formación de hidroxilamina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ) y finalmente la conversión de ésta en amoníaco. Cada paso de la reducción de nitrato a amoníaco requiere de la adición de un par de electrones al nitrógeno (Fig. 1).

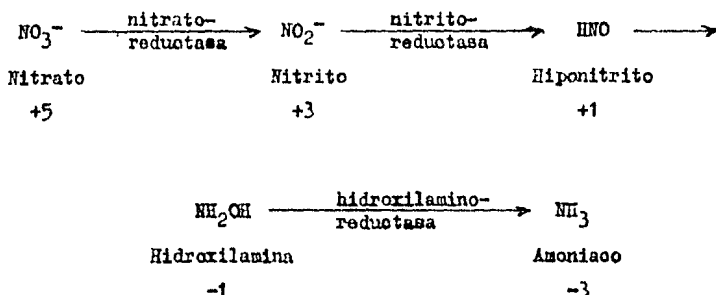


Fig. 1. Reducción del nitrógeno en la planta, desde la forma nitrato tomada del suelo, hasta amoníaco, para ser utilizado por la planta. Cada paso implica la adición de un par de electrones al nitrógeno.

Si el nitrato debe ser reducido a amoníaco para que el nitrógeno pueda entrar en el sistema metabólico, se observa una asimilación de nitrógeno mucho más rápida cuando se emplea como fuente, amoníaco en lugar de nitrato.

Al igual que con la reducción y la asimilación del nitrato, la asimilación de amoníaco depende, en parte, de la abundancia de glúcidos en la planta. Sin embargo, debido a la rápida asimilación del amoníaco, las reservas de glúcidos de una planta que emplee amoníaco como única fuente de nitrógeno pueden disminuir peligrosamente bajo (Nicholas et. al., 1954 y Nightingale et. al., 1928, citados por Devlin), produciéndose un crecimiento blando, succulento, sin frutos y con mucha parte vegetativa, como consecuencia de una fuerte escasez de glúcidos.

El nitrógeno en la planta es fácilmente trasladable; si está deficiente, las

proteínas de las partes más viejas se hidrolizan y en forma de aminoácidos se movilizan a los tejidos más jóvenes. El efecto más conocido del nitrógeno es el color verde de las hojas ya que junto con el magnesio es constituyente de la clorofila. El contenido adecuado de nitrógeno en el suelo está asociado a un desarrollo vigoroso, hojas brillantes, color verde oscuro, todo lo cual tiene relación con una buena cosecha.

El nitrógeno, por ser constituyente de la clorofila, una deficiencia de él, produce amarillamiento en las plantas (clorosis); por ser constituyente del protoplasma, es necesario donde se están formando tejidos nuevos; por ser móvil, puede pasar de los tejidos viejos a los nuevos apareciendo las hojas más viejas o las que están en las partes bajas, deficientes en nitrógeno. En plantas jóvenes, el crecimiento es lento, leñoso, hojas verde amarillentas, etc. Los síntomas de deficiencia se acentúan -- conforme persiste la carencia de nitrógeno en el suelo.

Concentraciones elevadas de nitrógeno causan una tendencia al aumento del número y tamaño de las células de las hojas, con un aumento general en la producción de las hojas (Morton y Watson, 1948 y Njoku, 1957 citados por Devlin).

En cuanto a la respuesta que el pasto ballico anual tiene a la fertilización nitrogenada, la mayoría de los investigadores que han trabajado en praderas indican que el nitrógeno es el elemento que más influye sobre el crecimiento, calidad y rendimiento del pasto; asimismo, se reporta que las praderas tienen gran respuesta a aplicaciones crecientes de nitrógeno (CIANE, 1976). Estas aplicaciones llegan hasta un límite en el que al aplicar mayor cantidad de nitrógeno, ya no hay respuesta de la planta; en Zaragoza, Coah., bajo condiciones de pastoreo, aplicando un máximo de 450 kg de nitrógeno por hectárea, no se alcanzó el punto decreciente en la curva de rendimientos evaluados como forraje verde; en este experimento se aplicó una cantidad constante de P (CIANE, 1976).

Martin (1970), indica que en suelos bien abastecidos de fósforo, el aplicar nitrógeno sólo, produce tan buenos rendimientos como cuando se aplica nitrógeno más fósforo. Por otra parte, en suelos con una severa deficiencia de fósforo, el aplicar --

únicamente nitrógeno no incrementa en forma costeable los rendimientos a menos que además se aplique fósforo (CIANE, op. cit.).

En un experimento en la Comarca Lagunera, se obtuvo una dosis óptima económica (DOE) de fertilización, siendo el nivel de 30 kg P/ha/corte, en la que el nivel de nitrógeno produjo los rendimientos más satisfactorios. Se determinó la concentración de nitrógeno nítrico ( $N-NO_3$ ) en el forraje a los 42, 61 y 84 días después de la siembra, encontrándose un máximo de 3041 ppm a los 42 días; este nivel cae dentro de los límites permitidos en una ración normal. Como la planta tuvo tan sólo 26 cm de altura a esta fecha, al momento del corte o pastoreo, aún está bastante alejado, permitiendo reducir aún más su concentración. Se observa que ha medida que se incrementa el nivel de nitrógeno aplicado por corte, se incrementa la concentración de  $N-NO_3$  en el forraje. Los rendimientos obtenidos reportaron dosis económicas de nitrógeno para niveles de 30 y 60 kg/ha de  $P_2O_5$ . La DOE ponderada fue de 51.3-30-00 por corte. Después del primer corte muestreo realizado a los 42 días después de la siembra, la concentración de  $N-NO_3$  disminuye al avanzar la madurez del pasto. La concentración de  $N-NO_3$  en el forraje aumenta al aumentar la dosis de N aplicada por corte (CIANE, op. cit.).

## b) Fósforo

El fósforo se encuentra en el grupo de los elementos primarios que constituyen los que la planta necesita para su normal crecimiento. Se encuentra en el suelo en forma orgánica (en el ácido nucleico, en fosfolípidos y fosfatos de inosita) que es inutilizable por la planta, y en forma inorgánica, fácilmente absorbible por la planta, como iones ortofosfato primario  $H_2PO_4^-$  y secundario  $HPO_4^{2-}$  principalmente. El fósforo es fácilmente absorbible por la planta en forma iónica, sin embargo, el fosfato sufre una intensa adsorción por la fase sólida del suelo, lo cual limita la aportación de fósforo a la planta (Devlin, op. cit. y Ortiz, op. cit.).

El fósforo suele aplicarse a los suelos deficientes en este elemento en forma de

superfosfatos que contienen fosfatos absorbibles tales como el fosfato monocalcico —  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . Para obtener buenos resultados, son necesarias condiciones de pH del suelo entre 6 y 7, pues en suelos ácidos el hierro y aluminio forman sales con el ion — fosfato imposibles de asimilar por la planta; y en suelos alcalinos su disponibilidad se ve dificultada por la formación de fosfatos cálcicos insolubles (Devlin, op. cit.). Por su escasa movilidad en el suelo, las plantas absorben solamente del 10 al 30% del fosfato, permaneciendo alrededor de los gránulos donde fue depositado como fertilizante (Ortiz, op. cit.).

El fósforo tiene una elevada movilidad en la planta siendo una característica — esencial de crecimiento de las plantas. El fósforo participa en procesos tales como — la fotosíntesis, la síntesis de almidones, la gluólisis, la síntesis de lípidos y de proteínas. También forma parte de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos, de las — coenzimas NAD y NADP, y del ATP. En los tejidos meristemáticos se encuentran fuertes concentraciones de fósforo que interviene en la síntesis de nucleoproteínas (Devlin, op. cit.).

Las plantas tienen más resistencia a las enfermedades con una adecuada cantidad de fósforo, lo que tiene relación con una mayor vigorosidad, aunque son menos — lentas. El ballico anual, por ser una especie forrajera de corto periodo vegetativo, requiere de niveles altos de fósforo (Ortiz, op. cit.).

En los efectos del fósforo sobre la producción animal, se han reportado aumentos — marcados en la capacidad de carga y en las ganancias de peso en ganado de carne con — la aplicación de fertilizantes fosfatados al pastizal, pero mucha de esta respuesta — aparentemente ha resultado de los mayores rendimientos obtenidos, con poca evidencia sobre un cambio en el valor biológico del forraje (Matrone, et. al. citados por Reid, traducción).

El principal efecto del fósforo, no es en cuanto a su mayor o menor aprovecha — miento por el ganado (no significancia de valores de P del suelo o en cenizas de huesos de corderos (Webb, et. al. 1948), sino sobre la cantidad de pastura; o sea, mayor rendimiento de forrajes.

Con deficiencias de P, el forraje es poco palatable y provoca bajas ganancias de peso y menos valores de P en la sangre. Con fosfato disódico aumenta la concentración de P, pero hay poco efecto en la palatabilidad (Weir, Rendig e Ittner, citados por Reid).

McDonald (1968) observó que había diferencias marcadas entre los borregos y vacunos en susceptibilidad a deficiencias de P, y que no existe deficiencia en la infertilidad en borregos debido a escases de P en el forraje; Underwood (1966), afirmó que deficiencias de P tienen un efecto específico sobre el ciclo estrual en el ganado vacuno y Hodges et. al. (1964) encontraron que mientras la fertilización con P aumentó significativamente las ganancias anuales de carne por hectárea y los niveles de P en la sangre, no hubo efectos significativos sobre el porcentaje de producción de orías o sobre el peso al destete de la oría. La densidad y dureza del hueso fueron menores en praderas no fertilizadas que en parcelas tratadas con P; pero en general, hubo poca evidencia sobre efectos serios de las bajas concentraciones en la salud del hato o la eficiencia reproductiva (Reid, op. cit.).

En los efectos del fósforo sobre la composición de la planta, el nivel de P disminuye más rápidamente con la madurez que el Ca. El efecto de la fertilización en producir aumentos significativos en la concentración de P en las plantas se ha encontrado ser variable; Beeson (1946) y Whithead (1966), indican que aplicaciones de fertilizantes a menudo tenía poco efecto sobre el contenido de fósforo en el forraje, a menos que hubiese una severa deficiencia de P; por su parte Reith (1965), afirmó que las tasas de aplicación de N, P y K adecuadas justamente para producir rendimientos de cultivo óptimo, probablemente no aumentarían o disminuirían los niveles de N, P, K, Ca y Mg en más de un 25%. También se ha reportado que la fertilización con P aumenta el contenido de proteína y Ca de los cultivos forrajeros. El efecto del P sobre la absorción del N, obviamente se relacionará con la adecuada provisión de N. En pasto Timothy, Grant y McLean (1966) encontraron que la aplicación de N y K tuvieron un mayor efecto sobre el contenido de P que el fósforo sólo, y Brown y Appgar (1959) no obtuvieron ninguna respuesta en la concentración de P en este pasto a niveles de fósforo de hasta 1050 kg/ha (Reid, op. cit.).



La deficiencia en fósforo puede provocar la caída prematura de las hojas y la pigmentación antocianica púrpura o roja. A diferencia del nitrógeno las plantas que carecen de fósforo pueden presentar zonas necróticas (muertas) sobre las hojas, pecíolos o frutos, un aspecto general de achaparrado y las hojas pueden adquirir una coloración característica obscura o azul verdosa. Debido a la elevada movilidad del fósforo en la planta y a causa de la tendencia que presentan las hojas jóvenes de privar a las hojas más viejas de los elementos móviles, en condiciones de deficiencia, las hojas más viejas son las que suelen presentar los síntomas de deficiencia (Devlin, op. cit.).

### c) Potasio

El potasio en el suelo se encuentra en tres formas; no intercambiable, intercambiable y soluble; la mayor parte es no intercambiable y no puede ser aprovechado por la planta. Mediante la meteorización y lixiviación de micas y feldespatos, es liberado quedando a disposición de las plantas. Los lugares vacíos que quedan en la red cristalina de los minerales que lo contenían son ocupados por Ca, Mg y iones hidronio ( $H_3O^+$ ); si se agregan sales de potasio como fertilizantes al suelo, los iones K son fijados nuevamente pero no quedan retenidos de forma tan fuerte como los iones K originales, gracias a lo cual se pueden poner con mayor facilidad a disposición de la planta (Devlin, op. cit. y Ortiz, op. cit.).

Sus formas solubles en el agua y capaces de participar en el intercambio iónico y ser asimilables por los vegetales, son los carbonatos de potasio que se pueden formar a partir de sulfatos o cloruros de potasio en presencia de caliza o carbonato de calcio (Calderón, 1977).

La fijación del potasio constituye un verdadero aprisionamiento de él, que queda atrapado entre los cristales que forman las arcillas y no lo dejan disponible. Debido a este fenómeno de fijación y también a la existencia del potasio natural del suelo en formas no solubles, los análisis químicos de suelos, que en México suelen reportar cantidades muy grandes de él, están muy alejados de la realidad práctica que sucede -

en la asimilación de este elemento por las plantas, que encuentran dificultad en su provisión. En multitud de ocasiones ha sido probado que aún los análisis reportaron cantidades muy elevadas en el suelo, la adición de fertilizante potásico se tradujo en un aumento en los rendimientos de los cultivos (Calderón, op. cit.).

El potasio, absorbido por las raíces pasiva y activamente, no es constituyente de los tejidos estructurales de la planta, es esencial para la producción y traslado de carbonatos y necesario para el proceso metabólico del nitrógeno (Ortiz, op. cit.).

También es necesario en los puntos de desarrollo de las plantas y parece ser que tiene una acción bastante marcada en la regulación de las condiciones hídricas del vegetal, tanto a nivel celular como de tejidos, ayudando a la formación de proteínas y en la transformación de los azúcares y almidón. Tiene influencia en la resistencia que los vegetales presentan al ataque de enfermedades (Calderón, 1977).

Las concentraciones de potasio más elevadas se encuentran en las regiones meristemáticas de la planta ya que es esencial como activador de los sistemas enzimáticos que intervienen en la síntesis de ciertas uniones peptídicas. La acumulación de glúcidos observada en las primeras fases de la deficiencia de potasio puede ser debida a la alteración en la síntesis de proteínas, es decir, que los esqueletos carbonatados que en condiciones normales intervendrían en la síntesis de proteínas se acumulan de glúcidos. Además de este papel de activador del metabolismo, puede actuar también como activador de varias enzimas que intervienen en el metabolismo glucídico (Devlin, op. cit.).

Deficiencias de potasio causan acumulación de carbohidratos solubles y disminución en el nivel de polisacáridos en la planta. Los síntomas externos son moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas necróticas en la punta y los bordes de las hojas. Debido a la movilidad del potasio, estos síntomas aparecen primero en las hojas maduras. Asimismo, en muchos casos, el ápice de la hoja presenta una tendencia a incurvarse hacia abajo. En general, una planta deficiente en potasio crece achaparrada, debido a un pronunciado acortamiento de los entrenudos (Devlin, op. cit.).

En los efectos del potasio en la producción animal; altos niveles de este elemento causan hipermagnesemia e tetania de los pastos, baja disponibilidad de nitrógeno - en el tubo digestivo del rumiante, y de proteína. Smyth, Conway y Walsh (1958) y Black y Richards (1965), informan depresión de magnesio en la sangre de los animales pastoreando praderas tratadas tanto con N y K que en praderas tratadas con cualquiera de estos elementos. Mudd (1970), señala que la fertilización con potasio al nivel de 210 kg/ha redujo la concentración de Ca y P en el forraje en primavera y disminuyó la disponibilidad de Ca al animal. Martin (1969) concluye que la aplicación de K como fertilizante parece tener efecto sobre la utilización de los forrajes y que una respuesta en producción animal resultaría primordialmente del aumento en el rendimiento de forraje por hectárea y posiblemente, del bien definido cambio en la composición botánica inducido en praderas asociadas por la fertilización con potasio (Reid, op. cit.).

En los efectos del potasio en la composición de la planta, se ha encontrado que las praderas han desarrollado niveles más altos de K que el forraje cortado, acentuándose las diferencias conforme pasa el tiempo (cuarto o quinto año de pastoreo) (Backman, Shaw y Walton 1970, citados por Reid).

Parece ser que la aplicación de N aumenta el potasio del forraje cuando hay una adecuada fuente de K en el suelo; donde hay una deficiencia, la aplicación de N reduce el contenido. Walton (1963) también hace notar que la fertilización con K aumenta sustancialmente la concentración de K en el forraje, una aplicación de K en primavera resulta en mayores aumentos de K en la planta que una aplicación en otoño. Altas tasas de K disminuye los niveles de Na, Ca y Mg en la planta (Brown, Carpenter y Belyea, 1969). Cummings y Teel (1965), con orchard, mostraron que hay correlación negativa de K con los compuestos nitrogenados no proteicos y correlación positiva con la proteína verdadera en las gramíneas (Reid, op. cit.).

Molead y Carson (1965), en alfalfa y orchard encontraron que tanto la tasa como la fuente de N y la tasa de K influenciaron la composición de N en el tejido de la planta; indicaron que un adecuado nivel de K entre 50 y 250 ppm dieron un alto metabolismo de proteínas y bajo nitrógeno no proteico (HNPN) en la planta, concluyeron que esta situación es deseable tanto para el metabolismo de la planta como el de los ani-

males que consumen el tejido del forraje. Un estudio adicional (McLeod y Susuky, — 1967), mostró que la proporción del K a N afectó la proporción relativa de los aminoácidos libres en alfalfa y orchard y que el mayor contenido de aminoácidos se obtuvo cuando la proporción K:N fue de 1:5 (Reid, op. cit.).

La relación entre el abastecimiento de K al problema de la acumulación de  $\text{NO}_3$  en las especies forrajeras es, desafortunadamente, no resuelto del todo. Algunos autores han encontrado que el K aumenta la tasa de reducción de  $\text{NO}_3$  en las plantas; otros no han encontrado ningún efecto. En una investigación muy interesante de los efectos de la fertilización con K, Ca y Mg sobre el contenido de nitrógeno nítrico ( $\text{N-NO}_3$ ) del pasto Sudán (*Sorghum sudanense*) y mijo perleado (*Panicum polyanthum*), ambos bien conocidas como acumuladores de  $\text{NO}_3$ , Schneider y Clark (1970) observaron que mientras el Mg y el Ca bajan significativamente el nivel de  $\text{NO}_3$  en los pastos, el tratamiento con K resultó en una acumulación de  $\text{N-NO}_3$ . Sugirieron que, cuando menos para estos dos especies, el evitar excesos en los niveles de K puede ayudar en prevenir problemas de toxicidad por  $\text{NO}_3$  (Reid, op. cit.).

## 2. Equilibrio Nutritivo

En cuanto al estudio de la evolución de los equilibrios nutritivos en la planta, Esteban y Aguilar (1976) en un estudio de la evolución de los nutrientes N, P, K, Ca y Mg en hojuela de papa encontraron que la variación de la concentración en hoja de los elementos N, P y K es muy intensa en relación con el crecimiento del cultivo, — produciéndose generalmente una disminución significativa de los elementos antes citados. La concentración de Ca y Mg aumenta con la edad de la planta como ya es conocido.

En cuanto al equilibrio fisiológico N:P:K, encontraron que los valores correspondientes a este equilibrio siguen, con alguna excepción, la misma tendencia que los correspondientes a la concentración aunque son más estables frente al tiempo (menor significación y menor pendiente de la recta de regresión) y que en el equilibrio — K:Ca:Mg, la estabilidad frente al tiempo es muy acusada como lo demuestra la carencia

de significación de los coeficientes de correlación encontrados.

Esteban y Aguilar (1976), concluyen que los índices suministrados por los equilibrios fisiológicos pueden representar el estado nutritivo de los cultivos porque: 1) se deduce de trabajos propios y de los otros autores que han sido reelaborados, 2) al ser cifras relativas, son independientes de la variedad y de las condiciones climáticas y de cultivo, y 3) si no existen graves alteraciones nutritivas, permiten un diagnóstico precoz ya que su variación frente al tiempo puede ser despreciable; además proponen con carácter provisional los siguientes equilibrios:

$N = 45-48\%$ ;  $10P = 28-30\%$ ;  $K = 22-25\%$

$K = 38-40\%$ ;  $Ca = 44-48\%$ ;  $Mg = 14-16\%$

Para poder interpretar los resultados, algunas veces anómalos, del análisis foliar, se realizan análisis de suelos de la capa arable; con los resultados se confirman los desequilibrios encontrados por análisis foliar (Esteban y Aguilar, op. cit.).

En general, no se ha podido llegar a unos índices que, basados en la concentración de nutrientes en hoja, permitan un diagnóstico del estado nutritivo de los cultivos hortícolas y en particular del cultivo de la patata (Esteban y Aguilar, op. cit.)

El estudio del estado nutritivo de las plantas basado sobre el equilibrio fisiológico ha recibido poca atención por los investigadores que trabajan en esta campo. Recalde y Esteban, citados por Esteban (1975) obtuvieron buenos resultados en el olivo utilizando la expresión  $N:10P:K$  cuya utilidad ha sido comprobada por numerosos investigadores españoles que han trabajado sobre éste y otros cultivos (Esteban, op.cit)

Esteban (op. cit.) en una investigación bibliográfica sobre varios cultivos obtuvo los siguientes resultados: En olivo, que es tal vez el único frutal en el que el estado nutritivo ha sido estudiado basándose en los resultados del equilibrio fisiológico, estos están generalmente incluidos dentro de los valores óptimos dados por —

González y col., citados por Esteban (op. cit.): N = 47-51%; 10P = 28-33% y K = 19-22%. Las desviaciones en los niveles críticos y en la alimentación global, son debidas principalmente a las variedades. En cítricos, el diagnóstico del estado nutritivo ha sido basado en los niveles críticos, pero el efecto de las variedades y los errores de muestreo, próximos al 10%, han impedido a los investigadores establecer estos niveles con carácter absoluto, por lo que citan unos intervalos para cada nutriente - entre los que suponen se encuentra la normalidad nutritiva. En el cultivo del manzano se han encontrado las mayores diferencias en los niveles críticos. Existen discrepancias no solamente en la misma variedad, sino también en el mismo autor. En general, - los niveles de N recomendados son relativamente bajos en relación con el K, desequilibrio que origina pérdidas importantes de cosecha. Los errores de toma de muestra - son muy altos con coeficientes de variación que oscilan entre; N = 7.15-13.85%; P = - 24.10-34.63% y K = 6.00-17.19%.

El citado autor tomó solamente el equilibrio N:10P:K porque el contenido de estos elementos en planta regula, por antagonismo o sinergismo, el de los restantes macronutrientes; por ejemplo, el conocido antagonismo K-Mg o el sinergismo N-P por citar - dos de los más conocidos. También estudió la condición  $N > P > K$  porque la inversión de valores de una de las parejas que pueden formarse supone un desequilibrio que afecta fundamentalmente a la cosecha, al crecimiento o a ambos, como por ejemplo, al darse - la inversión  $N < K$ , hay disminución de crecimiento, pérdida de cosecha y fruto de baja calidad.

Es posible que el equilibrio nutritivo sea muy parecido, en principio, para los cultivos estudiados, ya que los coeficientes de variación obtenidos no difieren demasiado del que algunos autores encuentran para la toma de muestras. No parecen existir diferencias entre variedades, condiciones del suelo o métodos de cultivo, ya que la - concordancia entre los resultados obtenidos en muy diferentes condiciones, es muy alta. Por lo anterior, Esteban (1975) llega a las siguientes conclusiones: 1) el equilibrio nutritivo ( $N\% : 10P\% : K\%$ ) bajo el punto de vista agronómico parece el mismo - para el olivo, cítricos, melocotón y manzano y puede responder, en general, a la - proporción N = 50%, 10P = 30% y K = 20%; 2) Esta relación es independiente de las con-

diciones ecológicas y de cultivo y representa la máxima cosecha en cantidad y calidad en el lugar considerado. Posiblemente corresponda a unas constantes fisiológicas y 3) es conveniente que este método sea aplicado por otros investigadores y a otros cultivos.

Mazuelos, et. al. (1975), en estudios de los equilibrios en cultivos de olivar, encuentran que la proporción N:10P:K carece de significancia estadística en relación con el tiempo de toma de muestra; las pendientes de las ecuaciones de regresión, en ningún caso, son significativas. En etapas fisiológicas de gran actividad metabólica en que la migración de nutrientes a puntos de crecimiento y de cosecha es muy intensa (desarrollo del fruto), se pueden producir desviaciones a la regresión que en el caso de árboles equilibrados, bien nutridos y con suficientes reservas disponibles en el suelo, no deberán superar el 10% que se puede confundir con el error de muestreo. Los equilibrios medios encontrados vienen definidos por: Variedad de mesa: N = 50%, 10P = 29% y K = 21%; variedad de aceite: N = 54%, 10P = 27% y K = 19%. Estos equilibrios están muy próximos al óptimo que propone González y col (1967) citado por Mazuelos, y son prácticamente iguales a los propuestos por Esteban (1975) por lo que se puede considerar constante el equilibrio ya establecido (50:30:20) pudiendo ser utilizado como índice de diagnóstico sin limitación alguna.

En el equilibrio K:Ca:Mg. como en el caso anterior, los mismos autores (Mazuelos, et. al.) encuentran que las correlaciones entre la evolución de los nutrientes y el tiempo de toma de muestra, carece de significación, así como las pendientes de las ecuaciones de regresión. Los equilibrios medios corresponden a; Variedad de mesa: K = 28%, Ca = 67% y Mg = 5%, variedad de aceite: K = 21%, Ca = 72% y Mg = 7%. Estos equilibrios, relativamente constantes a través del tiempo, no se ajustan a los óptimos propuestos por González y col. (1967) citados por Mazuelos; correspondiendo a la variedad de aceite la desviación más intensa. La distorsión puede tener su origen en una deficiencia de Mg, nutriente que en circunstancias similares, ha producido excelentes resultados añadidos al suelo o suministrado a la planta por vía foliar.

El equilibrio Fe:Mn:Zn, permite diagnosticar deficiencias relativas de alguno de

estos elementos en ausencia de síntomas visuales. La evolución de los equilibrios en las dos variedades de olivo ya mencionadas, viene influenciada por la actividad metabólica de la planta, produciéndose las mayores variaciones durante el período de floración-cuaje de fruto. Las correlaciones en relación con el tiempo de toma de muestra, no son significativas, ni tampoco las pendientes de las correspondientes ecuaciones de regresión, por lo que podemos admitir que los valores relativos que representan — los micronutrientes citados pueden considerarse constantes. Las desviaciones a la regresión rara vez rebasan el 10%, cifra que está dentro del margen de los errores experimentales. Los equilibrios medios obtenidos se pueden representar por; Variedad de mesa: Fe = 50%, Mn = 27% y Zn = 15%, variedad de aceite: Fe = 50%, Mn = 23% y Zn = 18%. El equilibrio óptimo podría estar definido por el valor medio de los anteriores: Fe = 54%, Mn = 30% y Zn = 16%.

Debido a que en trabajos anteriores las alteraciones nutritivas que sufre el aguacate, en el transcurso de un año, basándose en los datos de análisis foliar de muestras procedentes de ramas fructíferas y a la influencia que sobre este tipo de hoja tiene la presencia del fruto, hace que se reduzcan las posibilidades de diagnóstico a unos períodos de tiempo demasiado estrechos, impidiendo la corrección nutritiva del cultivo durante el período de desarrollo del fruto, Jaime, et. al. (1973) pretenden establecer las bases de un diagnóstico precoz en cultivos de aguacate, fundado en la estabilidad de los equilibrios nutritivos durante el crecimiento de la planta, siendo posible corregir, en estas condiciones, la nutrición con una fertilización adecuada con vista a la obtención de cosechas óptimas.

Para la correcta interpretación de los resultados, Jaime, et. al. (op. cit.), se basaron en el estudio de la evolución del Índice Vegetativo (I.V.) que de acuerdo con la fórmula,

$$I.V. = \frac{0.365 (N + 10P + K)}{Ca + Mg}$$

representa la actividad metabólica de la planta, es decir, durante el crecimiento de ésta, la concentración en la hoja de los nutrientes N, P y K, va disminuyendo; por el



contrario, la de los nutrientes Ca y Mg va aumentando. El crecimiento viene determinado por el descenso continuo a través del tiempo del I.V. Cualquier alteración que se produzca corresponderá a anomalías metabólicas, que pueden coincidir o no con estados fisiológicos bien determinados.

En la variedad fuerte, el I.V. evolucionó con cierta normalidad hasta el estado de floración en el que se produjo una detención del crecimiento unida a una recuperación de nutrientes en hoja. El posterior descenso indicó la normal actividad metabólica consecuencia del crecimiento y del desarrollo del fruto. La violenta elevación del I.V. en el mes de mayo tuvo como origen la renovación de la hoja a la que va unida una reactivación del metabolismo y por tanto del crecimiento. El bajo nivel alcanzado en este punto por el I.V. hizo suponer que es necesaria una recuperación de la planta antes de que inicie un nuevo ciclo de crecimiento.

La evolución del equilibrio N:10P:K en la variedad Fuerte de aguacate, viene muy influenciada por la deficiencia de K. Los valores de N, 10P y K se desvían muy poco de la recta de regresión hasta pasada la floración. La presencia del fruto en el árbol reclama fuertes cantidades de K que hacen descender la concentración de este elemento en la hoja hasta valores inferiores al 12%, mientras que el N se acumula por falta de utilización 50%. En estas condiciones la pérdida de cosecha es evidente.

El cambio de hoja, unido al crecimiento de primavera-verano origina un desequilibrio que se caracteriza por el fuerte descenso del N, aumento excesivo del P y restablecimiento del nivel normal de K. Pasada esta etapa, la planta tiende a recobrar su equilibrio primitivo aproximándose los valores a la recta de regresión.

En el equilibrio K:Ca:Mg, los mismos autores admiten que para que exista normalidad fisiológica de la planta se tiene que cumplir la condición de  $Ca > K > Mg$ . En la variedad Fuerte, el Ca y el K evolucionan con cierta regularidad hasta la etapa de floración-cuajado del fruto en que se produce un desfase entre estos elementos aumentando el Ca y disminuyendo el K hasta que en el cambio de hoja se produce una violenta alteración del equilibrio que tiende después a recuperar los valores anteriores. -

En general, el Mg sufre variaciones poco marcadas que se hacen más intensas en la etapa de cambio de hoja-crecimiento.

De los resultados anteriores, Jaime, et. al. (op. cit.), concluyen que: a) el tipo de hoja muestreada, además de reflejar el metabolismo de la planta, muestra la estabilidad de los equilibrios nutritivos durante el ciclo que se estudia; b) el efecto de la variedad no existe nada más que en el desfase en la floración y en la distinta época de cambio de hoja-crecimiento de verano; c) los coeficientes de correlación entre la evolución de los elementos y el tiempo de toma de muestra, no son significativos. La pendiente de la ecuación de regresión no es significativa por lo que el valor del equilibrio puede ser definido por la ordenada en el origen; y d) una diferencia de potasio, por ejemplo, puede ser diagnosticada en cultivo de aguacate, en cualquier momento del ciclo, excepto en la etapa de cambio de hoja, porque coexisten en el árbol hojas demasiado viejas con otras demasiado jóvenes, por lo que la muestra puede no ser representativa del estado de nutrición de la planta.

### 3. Características de la Planta Utilizada

#### a) Origen y Distribución

El término ballico se aplica, en general, a dos especies cultivadas del género *Lolium*. Una de ellas, el *Lolium multiflorum*, se conoce con el nombre de ballico italiano o ballico común, y la otra, es el *Lolium perenne* o ballico inglés (Hughes, et. al., 1975).

El ballico italiano es nativo de las regiones del Mediterráneo, sur de Europa, norte de África y Asia Menor. La historia indica que se cultivó por primera vez en Italia; de ahí se introdujo a Estados Unidos de América en el noroeste del Pacífico a fines del siglo XIX (Hughes, et. al., op. cit.).

En México se siembra en el centro del país, zona norte, noroeste y norte, ya sea

sólo o en combinación con otras plantas forrajeras (Alanís, 1981).

#### b) Condiciones Ecológicas y Edáficas

Se adapta a zonas que se encuentran entre los 2000 a 3200 msnm, aunque se adapta mejor entre los 2200 y 3000 msnm (ICA, 1968), y la producción decrece arriba de los 3000 m. Los ballicos no son tan resistentes al invierno como otras gramíneas incluyendo el dátil (*Dactylis*) y el fleco (*Phleum pratense*); no se adapta a condiciones climáticas extremas y frío, calor y sequía. En climas medios puede crecer como cultivo de rotación para periodos cortos (Hughes, et. al., op. cit.).

En lo que a suelos se refiere, tiene amplio margen de adaptación, aunque es mejor en suelos franco-arcillosos húmedos (Culbertson, etl al., 1945). Para producciones satisfactorias se requieren suelos de fertilidad media a elevada. Crecen relativamente bien en suelos de poca fertilidad, pero requieren de una siembra densa. Crecen aceptablemente en suelos húmedos con drenaje superficial bueno, poco pesado y ricos en nitrógeno; no resisten el agua estancada, no son gramíneas para tierras secas (Hughes, et. al., op. cit.).

#### c) Clasificación Taxonómica

Reino = Vegetal	
División = Tracheophyta	
Subdivisión = Pteropsidae	Subfamilia = Festucoideae
Clase = Angiospermae	Tribu = Festuceae
Subclase = Monocotiledoneae	Género = <i>Lolium</i>
Grupo = Clumiflora	Especie = <i>Lolium multiflorum</i>
Orden = Graminales	
Familia = Graminae	

#### d) Descripción Botánica

El ballico italiano es una planta anual o bienal, debido a que forma semilla y se resiembrara por sí sólo (ICA, op. cit. y Alanís, 1981), alcanza una altura de hasta un metro. Crece en matojos, en grupos aislados con numerosos macollos, tallos firmes y erectos, nudos largos y oscuros, los tallos florales crecen de 60 a 150 cm; sus hojas son planas verde brillante y glabras de 30 cm de longitud y de 6 a 10 cm de ancho; la base es extendida con panículas a cada lado. La inflorescencia es una espiga de 20 a 40 cm de largo, las espiguillas tienen de 10 a 20 florecillas. (Fig. 2). El ballico anual o italiano es similar al ballico peruano o inglés, distinguiéndose en las siguientes características: El ballico anual tiene tallos cilíndricos, hojas enrolladas en la yema y semillas generalmente con barbas; y el peruano tiene tallos ligeramente planos, hojas dobladas y semilla sin barbas (ICA, op. cit.).

#### e) Importancia y Uso

Es de importancia como forraje, mejora el suelo, controla la erosión, forma praderas, céspedes de jardín y obtención de semilla. Como forraje se usa principalmente como pasto. Puede usarse en combinación con cereales, proporcionando un pastoreo más temprano que sembrado sólo y un pastoreo más tardío en primavera que sembrado sólo - cereales (Hughes, et. al., op. cit.).

Es de importancia porque tiene rápido crecimiento en invierno y en primavera, — teniéndose forraje verde en épocas críticas. El uso más frecuente es el de establecer praderas en rotación. Se puede pastorear a los 60 días después de establecida. El ciclo de pastoreo puede ser de 150 días, recuperándose a los 24 días de cada pastoreo - (Hughes, et. al., op. cit.). El Lolium multiflorum se recomienda para siembras de establecimiento corto, utilizándose para corte, pastoreo, ensilado o para heno (Alanís, op. cit.).

#### f) Selección de la Variedad

Durante los últimos años, se han seleccionado gran número de variedades y líneas

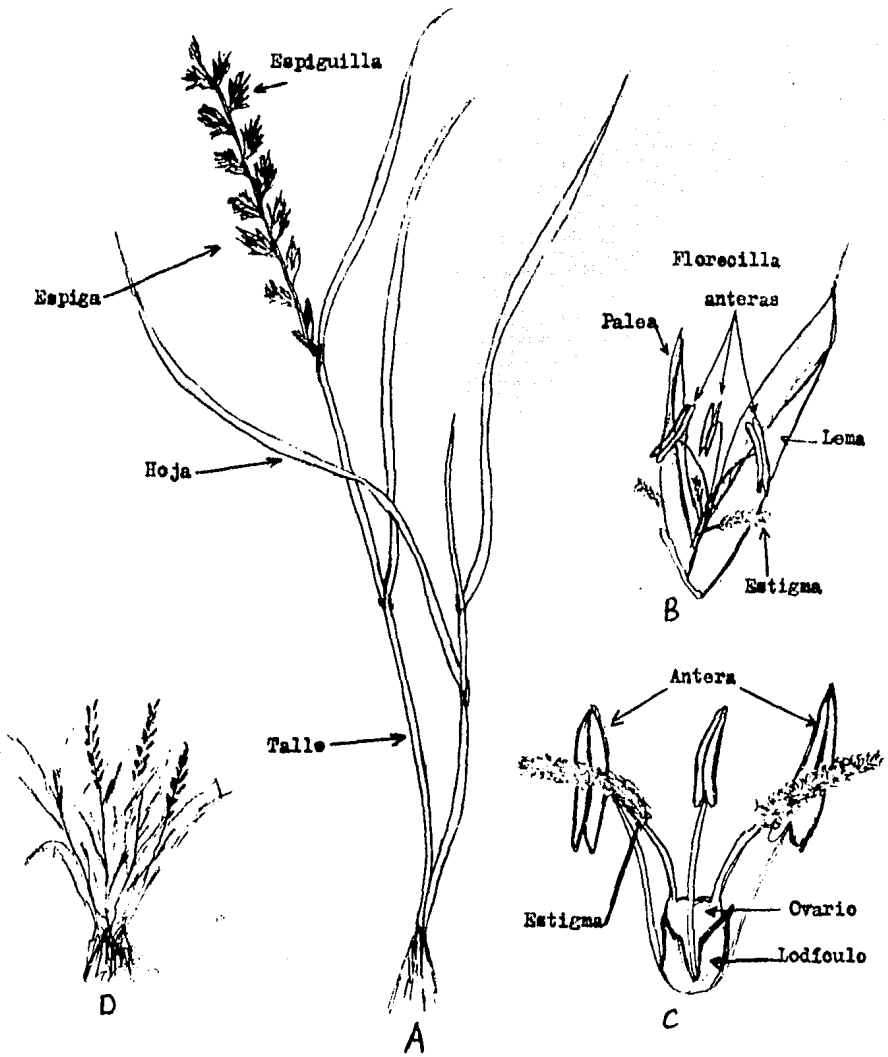


Fig. 2. Anatomía de *Lolium multiflorum* Lam. A) Talles vegetativo y floral mostrando las diferentes partes de la planta. B) Florecilla completa. C) Estructuras sexuales de la planta. D) Matorral mostrando numerosos racimos.

tanto de Lolium perenne como de Lolium multiflorum. Debido al hábito de fecundación cruzada libre (alogamia) de ambas especies, se forman numerosos tipos de un modo natural, de los cuales se han seleccionado muchos en diversos países, especialmente Gran Bretaña, Suecia, Dinamarca, Australia y Nueva Zelanda. La segregación fijada se ha debido fundamentalmente a la adaptación de tipos de aprovechamiento, condiciones de suelo o circunstancias climatológicas (Hughes, et. al., 1975).

Para la selección de la variedad se tendrá en cuenta la duración que se quiera en el terreno, la fecha de siembra y destino que se le dará al cultivo. Las plantas tetraploides son más jugosas, con menos tallos, mayor resistencia a enfermedades y mayor contenido en proteínas. Esto hace que sean más adecuadas para aprovecharlas en fresco por el animal.

Sin embargo, cuando se destina para la henuficación o ensilado, son preferibles las variedades diploides por ser de menor contenido de agua (Delgado, op. cit.). Entre las variedades más conocidas se encuentran las siguientes (Alanís, op. cit.):

Rye tetila tetraploide  
Rye anual tanna  
Rye westerwold tetraploide americano  
Rye subado tetraploide holandés  
Rye tetrablend 444  
Rye tetralite

#### g) Siembra

En los forrajes, el objetivo es obtener una cobertura homogénea y completa del suelo para así obtener los máximos rendimientos. Es necesario que la semilla se reparta homogéneamente y quede en contacto con el suelo a una profundidad no superior a unos dos centímetros.

La mejor siembra se obtiene utilizando sembradora de pratenses, que espere la -

semilla entre dos rodillos acanalados, quedando así bien distribuida, en contacto firme con el suelo y enterrada superficialmente debido a la labor de compactación de los dos rodillos.

Si no se dispone de este tipo de sembradora, puede utilizarse sembradora de coque ajustada para que no introduzca la semilla muy profundamente, o también puede emplearse una abonadora centrífuga que en éste último caso se aconseja hacer dos pasos cruzados para obtener distribución más homogénea.

La siembra puede realizarse con el suelo en tempero (o seco, cuando la tierra presenta alguna humedad y soltura), o en seco. Si hay riesgo de desaparición prematura del tempero, es más eficaz realizar la siembra en seco y regar a continuación (Delgado, 1983).

Los ballicos pueden sembrarse en otoño en las regiones de invierno moderado y a principios de primavera para regiones de invierno riguroso (Hughes, et. al., op. cit.)

Las fechas más aceptables para sembrar, es la primavera (marzo y abril) y al final del verano (agosto o septiembre) variando según las regiones. Si no se dispone de riego, la siembra deberá realizarse en época de mayor pluviosidad (Delgado, op. cit.)

#### h) Dosis de Siembra

Para una cobertura rápida del terreno, se precisan de 400 a 500 plántulas por metro cuadrado. Esta densidad se consigue con 25 kg de semilla por hectárea con variedades diploides, y con 35 kg/ha si son variedades tetraploides (Delgado, op. cit.)

En La Laguna, la densidad de siembra recomendada es de 25 a 35 kg de semilla/ha, la siembra puede hacerse en línea o al voleo, aunque se recomienda en surcos por haber mejor distribución de la semilla que redunde en menor competencia entre plantas (Alanís, op. cit.). Las semillas se cubren con aproximadamente un centímetro de suelo sembrándose al voleo (Hughes, et. al., op. cit.).

En términos generales se pueden utilizar de 30 a 45 kg /ha de semilla para siembra al voleo (Anónimo, 1978 y González, 1982), y de 25 a 40 kg/ha de semilla para siembra a chorrillo (Anónimo, 1980 y González y Benjamín, 1980). La germinación de la semilla es a los 7 días aproximadamente.

#### i) Preparación del Suelo

La preparación del suelo debe ser cuidadosa debido al tamaño de la semilla. El suelo deberá quedar desmenuzado y compactado, pero debido a su capacidad de germinación, puede tolerar suelos medianamente preparados con mayores dosis de siembra.

#### j) Riegos

Los altos rendimientos de este cultivo y la más eficiente utilización del abono se obtienen con niveles elevados de agua. Los riegos deberán ser frecuentes y abundantes. La frecuencia estará en función de la época del año, siendo dos a tres en meses calurosos y uno o ninguno en meses fríos (Delgado, op. cit.), dependiendo además del tipo de suelo. Para los riegos se recomienda nivelar el terreno. Se puede efectuar el riego por melgas o por regaderas con lámina de riego de 7 a 12 cm de acuerdo al tipo de suelo (Alanís, op. cit.). En la Comarca Lagunera se recomienda un riego después de cada corte, o sea, cada 24 días.

#### k) Fertilización

En suelos pobres en nitrógeno, son recomendables las mezclas de ballico y trébol anual de invierno; sin fertilizar con nitrógeno se produce tanto o más forraje que ballico sólo, abonado con 55 a 110 kg N/ha. Para producción de semilla se recomienda aplicar 50 a 100 kg N/ha. El ballico responde rápidamente a la aplicación de fertilizante nitrogenado (Hughes, et. al., op. cit.).

Los pastos forrajeros de ciclo corto, como el ballico anual, tienen los mejores índices de recuperación con aplicaciones de aproximadamente 200 kg N/ha; con aplicaciones por debajo de esta cantidad, gran parte del elemento no alcanza a tras-



locarse en la planta. La fertilización nitrogenada se efectúa en partes; la primera al establecer el cultivo y antes de la iniciación del crecimiento fisiológico de las plantas y las demás aplicaciones después de una lluvia, de cada corte o de cada pastoreo (SEP, 1982).

En las praderas irrigadas del Altiplano Zacatecano, ha dado buen resultado aplicar a la siembra 100 kg de N y 50 de  $P_2O_5$ . Independientemente de la dosis de presembradura, se aplican 50 kg de N después de cada pastoreo y antes de cada riego; estas aplicaciones se hacen con el fin de que la pradera tenga una rápida recuperación para iniciar un nuevo pastoreo, dando un total de 550 kg N/ha/año en nuevos cortes.

Reid (1972), aplicando niveles desde 0 a 397 kg N/ha/año en zacate ballico, la respuesta en la producción de materia seca (MS) fue casi lineal entre 0 y 336 kg/ha y decreció progresivamente, siendo la diferencia de producción no significativa a los 500 kg N/ha y la dosis más redituable fue entre los 448 y 504 kg N/ha/año.

En el caso de cosechas para henuficación, ensilaje o alimentación verde, se necesita una mayor fertilización que incluya también fósforo y potasio. En estos casos se aplica, además de nitrógeno, una cantidad de hasta 80 kg de fósforo y unos 40 kg de K/ha (SEP, 1982\*).

El fósforo, en el caso de los pastos, aumenta la producción en menor grado que el nitrógeno; se aplica una sola vez al inicio de la estación de crecimiento, en primavera, ya que estimula la formación y crecimiento temprano de las raíces favoreciendo un arranque vigoroso y rápido de la planta, además de que no existe el peligro de pérdidas inmediatas por lixiviación; el fosfato se transforma rápidamente en formas menos solubles al agua del suelo (SEP, 1982\*\*).

El efecto de la fertilización con potasio es similar a la del fósforo, pero menos marcada; la dosis a aplicar depende del tipo de suelo y del destino de la producción; los suelos arcillosos requieren menor cantidad que los arenosos. Normalmente se efectúa la aplicación de potasio junto con la de fósforo y una parte de nitrógeno temprano en primavera, en forma de un fertilizante compuesto (SEP, 1982\*\*).

## 1) Producción de Forraje

Las siembras realizadas al final de verano pueden ser aprovechadas de 4 a 6 veces en el período de otoño-primavera en secanos húmedos y de 14 a 20 ton/ha de MS en regadío. Cuando existe posibilidad de riego y temperaturas no altas, se pueden obtener en verano de 5 a 6 ton/ha de MS, repartidas en dos o tres aprovechamientos.

Debido al desarrollo de esta planta, no se aconseja asociarla con otras especies ya que por ser muy agresiva, no permite el crecimiento de otras plantas. Sólo se puede asociar con trébol violeta mixino cuando se desea mejorar la calidad del forraje, en este caso el trébol se sembrará de 3 a 5 kg/ha ya que por su buena adaptación, dosis más elevadas tienden a dominar la pradera ocasionando problemas de meteorismo. En secanos frescos, mezclada con esparceta, vezas o canteno, puede alargar el aprovechamiento de éstos últimos.

Para producción de heno y ensilaje, suele segarse después de la polinización o cuando la semilla está en fase lechosa. Debido a la abundancia de hoja y a lo finos que son sus tallos, produce heno de buena calidad. Para uso en pastoreo, el balluc es de rápido crecimiento en invierno y primavera; los pastoreos pueden hacerse a partir de los 45 a 90 días de sembrado; es conveniente aprovechar el pasto intensamente, esto mantiene la hierba suculenta, se utiliza un mayor porcentaje del forraje durante su corto período vegetativo y reduce la competencia en sentido vertical con tréboles sembrados en mezcla con esta gramínea tan vigorosa. Al principio de primavera crece rápidamente; es conveniente dividir el área en unidades, de tal modo que cualquier exceso de alimento se puede cosechar segando a 7.5 cm del suelo, para heno o ensilaje, en lugar que sea pisoteado y se pierda (Hughes, et. al., op. cit.).

## m) Valor Nutritivo

Esta planta es de elevada digestibilidad e ingestión voluntaria por el ganado. Antes de espigar, el valor nutritivo es alto, equilibrado, por lo que es recomendable para animales de alta producción. Su calidad desciende a partir del encañado (Delgado op. cit.).

Las concentraciones de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio y proteína en la planta, son variables según el investigador; para citar un ejemplo, se pueden encontrar en el siguiente porcentaje (Alanís, op. cit.):

$$N = 2.59$$

$$P = 0.30$$

$$K = 1.56$$

$$\text{Proteína} = N \times 6.35 = 16.2$$

#### n) Capacidad de Carga Animal

En la Comarca Lagunera, se probaron cargas animal de 13, 15 y 18 novillos/ha en praderas de ballico anual, llegando a pastorear hasta 145 días manteniendo la ganancias de peso diaria. Las ganancias de peso fueron de 1, 1.41 y 0.95 kg/ha, siendo la carga de 15 novillos/ha la que tuvo mayor ganancia en peso y la de 18 novillos la de mayor ganancia económica, concluyendo que una carga óptima económica es de 16 novillos/ha. Soporta mejores cargas animal que la avena.

La duración del ciclo de pastoreo puede llegar hasta 150 días. El pasto ballico se utiliza principalmente para producción de carne. El ballico es una fuente potencial de zacate en invierno por su alta producción y calidad forrajera, bajos costos y disponibilidad de alimento en una época crítica para la engorda de becerros al destete.

Puede sostener una carga animal de 52 cabras oriollas/ha, además de producir los mayores rendimientos de leche. Se puede mejorar la ganancia si se utilizan animales de mejor calidad (CIAT, 1976).

#### o) Enfermedades

La principal enfermedad de la hoja es la roya de la corona causada por Ruccinia coronata, que es una enfermedad que se manifiesta en verano y otoño, aparecen máculas amarillas en las hojas, reduce la cantidad y calidad del forraje tomando el color rojizo en lugar del verde y da a la planta poca apetibilidad. La ceguera de la semilla, causada por Phiala termentis, determina mala germinación (Núñez, et al. op. cit. y Delgado, op. cit.).

## V. MATERIALES Y METODOS

### 1. Características del Sitio de Muestreo

Determinación y estudio ambiental del lugar en el que se obtuvieron las muestras de suelo con las que se trabajó.

El lugar escogido fue Hagueroitos, Canalejas, Municipio de Jilotepec, Estado de México, debido a la cercanía con la escuela que fue el lugar donde se efectuaron los trabajos de experimentación y análisis de laboratorio y porque cuenta con pastizales inducidos que ahora se encuentran casi en estado natural; y tanto el pasto como el suelo, no han sufrido alteraciones significativas, pues no se les da manejo alguno.

Las características ambientales de Hagueroitos, según las cartas consultadas de la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENA) son las siguientes:

La temperatura anual es de 14°C, hay incidencia de heladas y en ocasiones nevadas; cuenta con una precipitación media anual de 67 mm, suficiente para mantener una siembra de temporal. Los tipos de rocas ígneas son basaltos y de rocas sedimentarias son areniscas; los suelos son aluviales y residuales, las unidades del suelo son mólico y vertisol pélico.

La profundidad del suelo es de 35 cm, su drenaje interno es bueno, se encuentran obstrucciones de piedra y/o roca que impiden las labores agrícolas. La pendiente es del 7% en forma irregular, no hay peligro de inundaciones. La erosión es hídrica leve sin formación de cárcavas y hay susceptibilidad a la erosión si se desmonta. La salinidad y sodicidad son normales.

La clasificación del suelo por su capacidad agrológica es la siguiente:

Es de 5a. clase en cuanto a obstrucciones

" " 4a. " " " " pendiente

" " 3a. " " " " profundidad del suelo

" " 2a. " " " " erosión

Según su capacidad, puede sostener vida silvestre, forestal, fruticultura limitada y moderada y agricultura limitada, moderada e intensiva, excepto muy intensiva.

El patrón de cultivos viables es el siguiente:

a) Al norte:

Cultivos.- Avena, calabacita, cebada, centeno, carezo, cilantro, col, coliflor, Chabacano, chayote, chicharo, espinaca, haba, maíz, manzano, membrillo, nopal, peral, parejil, rábano, tejocote y trigo.

Forrajes.- Avena, cebada, centeno, pastos (festuca, Harding, italiano, inglés y kikuyo), maíz, remolacha, tréboles y veza.

b) Al sur:

Forrajes: Pastos (italiano, inglés y kikuyo), tréboles y veza.

Uso agrícola.- Se tiene una agricultura de temporal permanente con cultivos anuales y perenes.

Uso pecuario.- Pastizal inducido.

Uso forestal.- No tiene

Cuerpos de agua.- Son permanentes como la presa Xhinojay al sureste y al sur las presas Santa Elena y Daxho. Todas estas presas se encuentran fuera de la jurisdicción del poblado.

Servicios de agua.- Manantiales y ríos; no se cuenta con medios de almacenamiento. La forma de distribución es mediante fuerza animal y por medios humanos.

## 2. Muestreo de Suelo y Preparación de las Muestras para su Análisis en el Laboratorio

Se escogió una pradera alejada de carreteras, cercas y cascas, procurando eliminar factores que pudieran alterar las propiedades originales del terreno (Soil Conservation Service, 1972).

En vista de que el terreno presentaba uniformidad en cuanto a topografía plana, color del suelo y cultivo (pastizal), no fue necesario hacer división del campo para la recolección de muestras (SEP, 1982). Para tener una muestra representativa, se tomaron 20 puntos escogidos al azar para extraer -utilizando una pala recta, pico y pala para excavar pozos- aproximadamente 5 kg de suelo por cada punto, haciendo un total de 100 kg de suelo (Jackson, 1964). Las muestras se tomaron a una profundidad de 0 a 20 cm ya que los pastos en general, son poco exigentes respecto a la cantidad de aire o poros en la tierra, por lo que el campo se ara a sólo unos 15 cm de profundidad (SEP, 1982\*) y debido a que se toman los primeros 20 cm para efectos de cálculos e interpretación de los análisis físico-químicos de suelos (Ankerman y Latge).

Las muestras se guardaron en costales de manta para su traslado a la FES-C, lugar donde se llevó a cabo el experimento. Dicho volumen de suelo (100 kg), se utilizó tanto para hacer el análisis de suelos en el laboratorio como para el montaje del diseño experimental en moetas.

En una de las salas del invernadero, se colocaron las muestras en una mesa y sobre papel manila; se desmenuzaron con un mazo de madera y se dejaron extendidas para su secado durante cinco días a temperatura ambiental (32°C durante el día). Posteriormente se mezclaron para obtener una muestra uniforme, separándose 2 kg de suelo que se tamizaron en malla con orificios de 2mm de diámetro, para efectuar los análisis --

del suelo (Soil Conservation Service, 1972).

### 3. Análisis Físico-Químico del Suelo

Los análisis de suelos son una guía del estado actual de disponibilidad de nutrientes en el suelo. Además de obtener información sobre sus características físicas y químicas con el fin de interpretar los niveles de nutrientes valorados como bajos, medios o altos para elaborar recomendaciones adecuadas (SEP, 1982), en el presente trabajo, estos análisis los utilizamos como información adicional para la interpretación de resultados.

A continuación se mencionan los métodos de determinación utilizados para la caracterización del suelo muestreado.

a) Reacción del suelo (pH).— La concentración de iones  $H^+$  activos en la solución del suelo origina la acidez real o actual conocida como pH del suelo. Los valores del pH se pueden utilizar para determinar la solubilidad, disponibilidad y movilidad de los elementos nutritivos para las plantas, para determinar el porcentaje de saturación de bases, para recomendaciones de manejo de suelos, etc. El pH se determinó con una solución de KCl 1.0 N en agua destilada, empleando una relación de 1:2.5 suelo/solución y leído en un pH-metro (De la Teja, 1983).

b) Textura.— La clasificación del suelo por su textura se basa en los porcentajes de arena, limo y arcilla en la fracción del suelo menor de 2 mm de diámetro de las partículas. La textura afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas. En general, los suelos se dividen en suelos de textura fina, media y gruesa. En este trabajo, su determinación fue por el método condensado de Bouyoucos o del hidrómetro, basándose en la diferente velocidad de asentamiento de las partículas del suelo.

c) Densidad Aparente ( $D_2$ ).— La densidad aparente o peso por volumen del suelo es la masa de una unidad de volumen de suelo incluyendo el material sólido y el espacio

poroso. La densidad aparente se expresa siempre en base al peso seco del suelo a 110°C. Se determinó mediante el método de probeta en laboratorio.

d) Densidad real ( $G_1$ ).— La densidad real o gravedad específica del suelo, es la densidad de la masa del suelo que incluye las partículas individuales de arena, limo, arcilla y materia orgánica sin tomar en cuenta el espacio poroso. La densidad real de las partículas del suelo es en promedio de 2.65 g/cm<sup>3</sup>. La densidad real de las partículas del suelo depende de su composición química; la presencia de minerales pesados aumenta la densidad real y la presencia de compuestos orgánicos baja los valores de la densidad real hasta 1.20 g/cm<sup>3</sup> o menos. La densidad real tiene poca aplicación agrícola; se emplea para calcular el contenido de espacio poroso del suelo. Se determinó mediante el método del picnómetro.

e) Porosidad del suelo.— Es una propiedad importante desde el punto de vista agrícola porque de ésta dependen varios factores como la cantidad de agua aprovechable que puede retener el suelo, el drenaje y la aireación del suelo, el movimiento de los elementos nutritivos y sales solubles, etc. Los suelos de textura fina tienen mayor cantidad de espacio poroso total que los suelos de textura gruesa; los suelos de textura fina tienen mayor cantidad de microporos y los de textura gruesa mayor cantidad de microporos. Los suelos ricos en materia orgánica tienen un porcentaje de espacio poroso total mayor que los suelos pobres en materia orgánica. La porosidad del suelo se determinó utilizando los valores de las densidades aparente y real con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de porosidad} = 100 \left( 1 - \frac{G_2}{G_1} \right)$$

f) Contenido de materia orgánica.— Las principales funciones de la materia orgánica (MO) en el suelo son las siguientes: i) Reduce el escurrimiento superficial y la erosión; ii) favorece las condiciones de aireación y permeabilidad mediante la formación de terrones; iii) aumenta la capacidad de retención de agua; iv) proporciona nutrientes necesarios para las plantas; v) actúa como buffer o amortiguador de los cambios rápidos en el pH; vi) el humus aumenta la capacidad de intercambio catiónico;



vii) actúa como termorreguladora; viii) reduce el impacto del agua de lluvia, etc. Se determinó por el método de Walkley-Balok, mediante la oxidación del carbono con dicromato de potasio en exceso. El dicromato que queda en exceso, sin reaccionar, se valoró con sulfato ferroso amoniacal para conocer indirectamente el contenido de MO.

g) Capacidad de Intercambio Catiónico Total.(CICT).- La capacidad que tienen los suelos para intercambiar cationes es muy variable dependiendo de su contenido de coloides minerales (arcillas) y orgánicos (proteínas). Por lo general, los valores más bajos se presentan en los suelos arenosos, los valores medios en los suelos francos o migajosos y los valores más altos en los suelos arcillosos y ricos en materia orgánica. El método que se empleó para la determinación del intercambio cationico, fue el de percolación con acetato de amonio para saturar los sitios de intercambio, lavar el exceso de amonio con alcohol, desplazar el amonio intercambiable y cuantificar el amonio desplazado por destilación en medio alcalino, recibiendo en ácido bórico y titulándolo con ácido sulfúrico 0.1 N.

h) Cationes intercambiables (Ca, Mg, Na y K fácilmente aprovechables).- Los cationes intercambiables se determinaron utilizando la solución de acetato de amonio -- empleada para el análisis de la CICT, cuantificando el calcio y magnesio con versenato (EDTA) 0.01N; el sodio y potasio por flamometría.

i) Nitrógeno fácilmente disponible.- Los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) no son retenidos por los coloides del suelo y se mueven con libertad, por lo que la determinación de N se hizo indirectamente por el contenido de nitratos mediante el método colorimétrico desarrollando el color con hruaina.

j) Fósforo fácilmente aprovechable.- El método de Bray I se ha utilizado como índice para la disponibilidad de fósforo en el suelo. Con la combinación de HCl y  $\text{NH}_4\text{F}$  se extrae el fósforo fácilmente soluble en ácido formando iones complejos con Fe y Al en soluciones ácidas y utilizando el color amarillo del molibdato de amonio cuya intensidad es proporcional al contenido de fósforo, leyendo el porcentaje de transmitancia (% T) en un fotocolorímetro.

k) Fijación de fósforo.- El método usado está diseñado para estimar la cantidad de fósforo que hay que aplicar al suelo para que haya suficiente para la planta. Se obtiene un valor "X" que es una medida aproximada de la cantidad de P que se requiere para producir un incremento en el P disponible para las plantas, lo cual se debe comprobar mediante ensayos en macetas.

#### 4. Establecimiento del Diseño Experimental

El diseño experimental se llevó a cabo con el fin de obtener tratamientos estadísticamente iguales que representaran los máximos rendimientos así como tratamientos con bajos rendimientos, para establecer con los primeros, el intervalo de valores de la proporción N:10P:K la que se consideró como el equilibrio nutritivo que representara las mejores condiciones de cultivo y compararlo con las proporciones correspondientes a los tratamientos con más bajos rendimientos, para determinar si estas proporciones diferían del equilibrio nutritivo, y así, apoyarse en dichos equilibrios para detectar deficiencias nutricionales de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, y corregirlas en cualquier edad de la planta.

Elección del diseño experimental.- Se escogió el diseño de bloques al azar con el objeto de mantener la variabilidad entre unidades experimentales dentro de un bloque y maximizar las diferencias entre bloques; así como tener mayor precisión para detectar las diferencias entre tratamientos. Al utilizar este diseño, los grados de libertad para el error experimental se ven reducidos por el número de grados de libertad para los bloques (Little y Jackson, 1983), por lo que el cuadrado medio del error es menor que en el diseño completamente al azar, y por tanto, la F observada de los tratamientos es mayor, por lo que se detecta con mayor precisión las diferencias entre tratamientos.

Ya que nuestro objetivo principal es la determinación del equilibrio nutritivo existente entre el nitrógeno, fósforo y potasio, en el diseño experimental se probaron combinaciones de estos elementos. Los niveles de cada elemento o factor, se determina-

ron con base en las dosis reportadas en las hojas 26 y 27 de este trabajo, a intervalos lo suficientemente amplios para detectar con mayor facilidad las diferencias entre tratamientos. Así, para el nitrógeno, se tienen los niveles de 100, 200 y 500 kg/ha/año; para el fósforo, 60 y 80 kg/ha/año y para el potasio, 20 y 40 kg/ha/año.

Formación de tratamientos y bloques.- Habiendo determinado los niveles de cada elemento o variable (nitrógeno, fósforo y potasio), se hicieron todas las combinaciones posibles entre los niveles de las tres variables para formar los tratamientos — además de incluir un testigo (sin fertilización alguna) y tres tratamientos con los niveles de nitrógeno exclusivamente, ya que el ballico tiene gran respuesta a la fertilización nitrogenada, quedando los tratamientos formados de la siguiente manera:

Variables	Niveles (kg/ha/año)
Nitrógeno (N)	100, 200 y 500
Fósforo (P)	60 y 80
Potasio (K)	20 y 40

Bloques = n repeticiones = 3\*

#### Tratamientos (combinaciones de las variables y sus niveles)

No. Trat.	N	P	K	No. Trat.	N	P	K
1	00	00	00	9	200	60	20
2	100	00	00	10	200	60	40
3	200	00	00	11	200	80	20
4	500	00	00	12	200	80	40
5	100	60	20	13	500	60	20
6	100	60	40	14	500	60	40
7	100	80	20	15	500	80	20
8	100	80	40	16	500	80	40

(\*) Debido al elevado número de tratamientos, se formaron tres repeticiones o bloques a fin de no hacer muy exhaustivo ni complejo el manejo, el análisis de varianza -- del diseño y el análisis químico de los tratamientos.

En total son 16 tratamientos que multiplicados por los tres bloques dan un total de 48 unidades experimentales. Las unidades experimentales (u.e.) son macetas que constan de bolsas de polietileno negro con capacidad para 2 kg de suelo y con una superficie de 140 cm<sup>2</sup> (10 cm de ancho por 14 cm de largo).

De acuerdo a la dosis de elementos que se aplicaron a cada tratamiento, en el cuadro siguiente se mencionan las cantidades aplicadas de fertilizante a las unidades experimentales (u.e.) de cada tratamiento (cada tratamiento consta de tres u.e. correspondientes a los tres bloques o repeticiones del diseño experimental).

Trat. No.	Dosis (kg/ha/año)			Cantidad de fertilizante aplicado (g/u.e.)		
	N	P	K	Sulfato de amonio	SPCS	Cloruro de potasio
1	00	00	00	00	00	00
2	100	00	00	0.68	00	00
3	200	00	00	1.36	00	00
4	500	00	00	3.40	00	00
5	100	60	20	0.68	0.47	0.053
6	100	60	40	0.68	0.47	0.106
7	100	80	20	0.68	0.63	0.053
8	100	80	40	0.68	0.63	0.106
9	200	60	20	1.36	0.47	0.053
10	200	60	40	1.36	0.47	0.106
11	200	80	20	1.36	0.63	0.053
12	200	80	40	1.36	0.63	0.106
13	500	60	20	3.40	0.47	0.053
14	500	60	40	3.40	0.47	0.106
15	500	80	20	3.40	0.63	0.053
16	500	80	40	3.40	0.63	0.106

Los cálculos realizados para obtener estas cantidades, se encuentran detallados en el Apéndice (Hojas 90, 91 y 92).

El siguiente diagrama muestra la disposición de los bloques y la distribución final de los tratamientos al asignarse aleatoriamente en los bloques.

13	1	15	14	3	10	16	7	12	11	2	6	9	8	5	4
----	---	----	----	---	----	----	---	----	----	---	---	---	---	---	---

BLOQUE I

1	14	4	8	12	10	7	3	5	9	6	16	15	2	11	13
---	----	---	---	----	----	---	---	---	---	---	----	----	---	----	----

BLOQUE II

15	16	2	7	13	14	12	6	8	9	5	10	11	4	1	3
----	----	---	---	----	----	----	---	---	---	---	----	----	---	---	---

BLOQUE III

Planta utilizada y densidad de siembra.- Además de la importancia del pasto balli-co mencionada en el capítulo correspondiente, también se considera recomendable para su uso en la experimentación de fertilizantes en macetas debido a su crecimiento rápido y vigoroso, ya que tiene gran capacidad de rebrote luego de cada corte. En cuanto a la densidad de siembra aplicada fue de 0.06 g/u.e. equivalentes a 40 kg/ha; los cálculos se detallan en el Apéndice (Hoja 92).

Se determinó llevar a cabo el experimento en invernadero por las ventajas que — presenta en el control de malezas, plagas y de la humedad de las u.e., además de que elimina la pérdida por lixiviación, de los fertilizantes aplicados y está menos ex— puesto el pasto a condiciones ambientales adversas, evitando así una posible pérdida de alguna u.e., y de errores en los análisis por lixiviación de los elementos aplica— dos.

Total de la cantidad de material utilizado en el montaje del experimento:

1. Sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ : 27.20 g
2. Superfosfato de calcio simple (SPCS): 6.6 g

3. Cloruro de potasio (KCl): 0.954 g
4. Bolsas negras de polietileno de dimensiones: ancho 10 cm, largo 14 cm y altura 25 cm, con capacidad para 2 kg de suelo: 48 bolsas
5. Semilla de pasto balluco común Lolium multiflorum Lam.: 2.7 g
6. Cantidad de suelo: 96 kg a razón de 2 kg por maceta o u.e.

La siembra se realizó el 9 de julio de 1984. A partir de esta fecha se esperó -- hasta la sexta semana para realizar el primer corte de pasto y proceder a la determinación de elementos nutritivos. Al momento de la siembra, se aplicó el fertilizante -- en el primer riego disuelto en el agua; del fertilizante nitrogenado, se aplicó el -- 20%, o sea, 0.136, 0.272 y 0.680 g/u.e. para las dosis de 100, 200 y 500 kg/ha/año -- respectivamente en las unidades experimentales correspondientes. Después de cada corte se aplicó el 10% de cada nivel, o sea, 0.068, 0.136 y 0.340 g de fertilizante para -- cada nivel mencionado, en las unidades experimentales correspondientes. Los fertili-- zantes fosfatado y potásico, se aplicaron totalmente al momento de la siembra.

Los tres cortes hechos, se realizaron a intervalos de 21 días en las siguientes fechas: 20 de agosto, 10 de septiembre y 10 de octubre de 1984. Los cortes se hicieron a una altura de 2 cm sobre la superficie del suelo.

Durante el tiempo que duró el cultivo, las macetas se mantuvieron con humedad -- constante. No se presentaron plagas ni síntomas de enfermedades; las malezas se controlaron eliminando continuamente las plántulas que aparecían en las macetas, no -- dejándolas que se desarrollaran por lo que no presentaron problemas para el creci -- miento del pasto.

#### 5. Determinación de la Concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Planta

Para la determinación de los elementos nutritivos nitrógeno, fósforo y potasio en la planta, se utilizaron las muestras que se obtuvieron durante los cortes para el -- análisis de rendimientos de los tratamientos.

Se tomaron las muestras de las tres repeticiones de cada tratamiento para formar una sola muestra de cada corte, de esta manera se tuvieron tres muestras de cada tratamiento, o sea, una por cada corte. Las muestras se secaron en una malla, posteriormente se molieron y se dividieron en tres partes cada una para realizar la determinación de los elementos mencionados, de la manera siguiente:

#### a) Nitrógeno

Se hizo la determinación de la concentración de nitrógeno en la planta por el método de Kjeldahl. El principio básico de este método es la conversión del nitrógeno, de las sustancias nitrogenadas, en amonio, hirviéndolas en ácido sulfúrico concentrado (digestión) en presencia de un catalizador para incrementar el punto de ebullición. El material orgánico se oxida a dióxido de carbono y agua; el ácido sulfúrico se convierte en dióxido de azufre y el nitrógeno se fija en forma de sulfato de amonio; éste se diluye con agua y se neutraliza con hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y recibe en una solución de ácido bórico que es titulado con un ácido estandarizado (ácido sulfúrico 0.086N) (De la Teja, 1983). En esta forma indirecta conocemos el contenido de nitrógeno utilizando la fórmula

$$\% \text{ de N total} = \frac{\text{ml de H}_2\text{SO}_4 \times \text{Norm. del H}_2\text{SO}_4 \times \text{meq de N}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

#### b) Fósforo

Esta determinación se basa en la reacción del fósforo presente en forma de fosfatos en la planta, con una solución de molibdato de amonio y vanadato de amonio, para formar un complejo de fosfomolibdovanadato de amonio de color amarillo (Morfin, 1977). La coloración del complejo se mide en un espectrofotómetro o colorímetro.

Para determinar la concentración de fósforo en la planta, se siguieron los siguientes pasos:

Se prepararon cinco soluciones de fósforo de concentración conocida (en ppm o  $\mu\text{g}$  de P), de las que se leyó su porcentaje de transmitancia (% T) en un fotocolorímetro. Se elaboró una curva estándar, graficando los logaritmos de los valores de concentración de fósforo ( $\log X$ ) contra el logaritmo de su porcentaje de transmitancia (Gráfs. de los cuadros 9, 11 y 13).

A continuación se formaron los complejos de fosfomolibdovanadato de amonio de las muestras del pasto, mencionados en el primer párrafo y se tomaron las lecturas del porcentaje de transmitancia en el fotocolorímetro; los logaritmos de estos valores (% T), se llevaron a la curva estándar descrita para conocer, por interpolación, el contenido de fósforo en ppm o  $\mu\text{g}$ , de dichas muestras (Cuadros 9, 11 y 13).

Para fines de análisis e interpretación de datos, se determinó el porcentaje de fósforo en materia seca mediante la fórmula condensada:

$$\% \text{ de P} = \frac{125 X \text{ g de P}}{\text{g de muestra} \times 10^4}$$

#### o) Potasio

La determinación de potasio se efectuó mediante el análisis de las cenizas de las muestras de ballico obtenidas en los tres cortes efectuados. Se hicieron soluciones de estas muestras con ácido clorhídrico 2 N, se filtraron y diluyeron. A partir de estas diluciones se hicieron las determinaciones de potasio mediante la lectura de su porcentaje de emisión de luz (% E) en un flamómetro.

Para determinar la concentración de K por medio del porcentaje de emisión de luz, previamente se elaboró una curva estándar de concentraciones de potasio de la siguiente manera:

Se prepararon seis soluciones de concentración conocida de potasio en ppm de K, de las que se leyó su porcentaje de emisión en el flamómetro. Se elaboró una curva es-



tándar graficando los logaritmos de los valores de concentración de potasio contra el logaritmo de su % de E (log x y log y respectivamente). Véase gráficas de los cuadros 20, 22 y 24 del Apéndice.

A continuación se formaron las diluciones de potasio ya mencionadas y se tomaron sus lecturas de % de E en el flamómetro, los logaritmos de estos valores se llevaron a la curva estándar descrita para conocer, por interpolación, el contenido de potasio en ppm de dichas muestras (Cuadros 15, 17 y 19).

Para fines de análisis e interpretación de datos, se determinó el porcentaje de potasio en materia seca mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de K} = \frac{\text{ppm de K en la curva}}{\text{g de muestra seca}}$$

#### 6. Determinación del Contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Planta

Para calcular el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio absorbido por las plantas, se tomaron como base las concentraciones obtenidas de estos elementos de la siguiente manera:

Como las concentraciones de los elementos indican el porcentaje en que estos se hayan en la materia seca, se tomó el rendimiento de cada tratamiento y se multiplicó por la concentración respectiva de cada uno de los nutrientes para obtener así, la cantidad en miligramos (mg) de los elementos por tratamiento y por corte, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{mg N/trat./corte} = \% \text{ N} \times \text{Rendimiento} \times 1000$$

$$\text{mg P/trat./corte} = \% \text{ P} \times \text{Rendimiento} \times 1000$$

$$\text{mg K/trat./corte} = \% \text{ K} \times \text{Rendimiento} \times 1000$$

estas fórmulas se aplicaron a cada tratamiento y para cada corte (Cuadros 3, 4 y 5).

## 7. Cálculo de la Proporción (Equilibrio Nutritivo) N:P:K

Para calcular el equilibrio nutritivo de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en la planta, los valores obtenidos como resultado del análisis químico, se tratan de la siguiente forma:

1. Los valores de cada elemento deberán estar expresados en porciento respecto al peso de la materia seca (concentración de cada elemento).
2. Multiplicar por diez los valores de % de fósforo para que queden expresados como 10P.

En este trabajo, en vista de que los análisis de fósforo dieron valores tales que al multiplicarlos por diez resultan mayores que los correspondientes de nitrógeno, y debido a que una de las condiciones para que se dé el equilibrio nutritivo debe cumplirse la expresión  $N > P > K$ , se optó por tomar los valores originales de las concentraciones de fósforo para calcular dicho equilibrio.

3. Sumar los porcentajes de  $N + P + K$ . Esta suma representará el 100%.
4. Calcular la proporción que guarda cada uno de los elementos: N, P y K con respecto a la suma total, para obtener la proporción en el equilibrio N:P:K.

En los cuadros 26, 27 y 28 se encuentran los cálculos del equilibrio nutritivo para cada tratamiento y corte.

## VI. RESULTADOS Y ANALISIS

### 1. Caracterización del Suelo

a) Reacción del suelo (pH).— La lectura del pH-metro dió un valor de 6.6, por lo que el suelo tiene las siguientes características:

Es un suelo de cultivo, neutro, que no presenta problemas de solubilidad y disponibilidad de elementos nutritivos siempre y cuando éstos existan en el suelo. Se puede desarrollar una amplia gama de cultivos con excepción de aquellos que requieran condiciones ácidas (Agrostis tenuis y Holcus lanatus o pasto lanudo) o alcalinas (Sporobolus airoides o zacate alcalino y Chloris gayana o rhodes) extremas. Las prácticas de manejo que se recomiendan tienen el propósito de conservar su pH. La disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, fierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno, en general es aceptable. Tiene cantidades importantes de  $H^+$  intercambiables.

b) Textura.— Su determinación dió valores de: 33.4% de arcillas, 33.4% de limos y 33.2% de arenas; por lo que el suelo analizado pertenece a los franco-arcillosos, que en condiciones secas presenta agregados (tarrones) duros difíciles de romper; en húmedo se puede formar una bola que cuando se seca es moderadamente dura; forma bien una ginta que soporta su propio peso e imprime bien las huellas dactilares. Mojado es moderadamente pegajoso, pero esto domina sobre la aspereza y la tersura. Es de textura media que por lo general no presenta problemas de manejo. Comprende texturas francas y migajosas.

c) Densidad aparente.— Se tuvo una densidad de  $1.003 \text{ g/cm}^3$  (la densidad promedio del suelo es de  $1.25 \text{ g/cm}^3$ ) correspondiendo a una textura fina. Tiene mayor cantidad de espacio poroso y esta menos compacto con mayor cantidad de materia orgánica, ya

que esta aumenta el espacio poroso y disminuye el peso del suelo.

d) Densidad real.- Se tuvo un valor de  $2.128 \text{ g/cm}^3$ , por lo que la baja densidad (la densidad promedio es de  $2.65 \text{ g/cm}^3$ ), indica la presencia de compuestos orgánicos (acumulación de plantas frescas, de vegetales parcial o completamente descompuestos, y de residuos animales). La densidad real tiene poca aplicación agrícola. Se emplea para calcular el contenido de espacio poroso del suelo.

e) Porosidad del suelo.- Con valor del 52.9% de porosidad del suelo, se considera de textura fina ya que tiene mayor cantidad de espacio poroso total. Tiene mayor cantidad de microporos que retienen el agua contra la fuerza de gravedad. Por su mayor porcentaje de espacio poroso, tiene gran cantidad de materia orgánica.

f) Contenido de materia orgánica.- El valor de 7.30% de materia orgánica (MO), le confiere al suelo analizado las siguientes características: El escurrimiento superficial y la erosión son reducidos; hay formación de terrones o agregados que favorecen las condiciones de aireación y permeabilidad. Tiene gran capacidad de retención de agua disponible para las plantas. El suelo proporciona los nutrientes necesarios para las plantas; tiene capacidad amortiguadora (buffer) para los cambios rápidos de pH y gran capacidad de intercambio catiónico e impide el lavado de nutrientes que se aplican en forma de fertilizantes. Hay reducción de pérdida de agua por evaporación; actúa como termorreguladora y los ácidos orgánicos que libera, ayudan a reducir la salinidad.

g) Capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T.).- La determinación de la C.I.C.T. dió un valor de 25 me/100g. Este valor corresponde a la C.I.C.T. de los suelos franco-arcillosos ricos en materia orgánica.

h) Calcio, magnesio, sodio y potasio fácilmente aprovechables.- El calcio y magnesio determinados por el método de titulación con EDTA, dieron valores de 3.25 y 2.76 me/100g respectivamente. El sodio y el potasio, determinados por flameometría dieron valores de 5 y 20 mg/100g respectivamente. El valor del potasio equivalente a

20 ppm de K, determina al suelo como rico en este elemento, lo cual hace que tenga -- respuesta poco probable a la adición de fertilizantes potásicos.

i) Nitrógeno fácilmente disponible.-- La cuantificación de nitrógeno fácilmente -- disponible dió el valor de 13.86 ppm de nitratos/100g. De acuerdo a éste valor, se -- clasifica como un suelo con un contenido medio de nitrógeno nítrico, por lo que tiene respuesta a la fertilización nitrogenada.

j) Fósforo fácilmente aprovechable.-- Mediante el Método de Bray I, se obtuvo una concentración de 3.85 ppm de fósforo, equivalente a 0.385 mg P/100g. Según la olasi-- ficación del suelo en cuanto a la cantidad de fósforo en ppm, las muestras analizadas tienen pobre contenido de este elemento (en suelos, los valores de cero a cinco partes por millón, se consideran pobres en fósforo y valores superiores a 28 ppm, como ricos en este elemento (Ojeda, 1975)).

k) Fijación de fósforo.-- El análisis de fijación de fósforo dió un valor "X" -- igual a 200 ppm; este valor al ser superior a 100 ppm, indica que el suelo analizado fija gran cantidad de fósforo (De la Teja, 1983).

## 2. Resultados y Análisis del Experimento

En el comportamiento de los tratamientos durante el ensayo experimental, se ob-- serva claramente la influencia que los nutrientes aplicados tienen sobre el rendimien-- to del pasto balliao anual. Hay una interacción evidente en la acción de los tres -- elementos nutritivos, ya que a medida que se aumentan las dosis de nutrientes, aumenta también el rendimiento. La gráfica no. 1 muestra que, además del tratamiento tes-- tigo, los tratamientos 2, 3 y 4 que sólo tuvieron la aplicación de los tres niveles -- de nitrógeno (100, 200 y 500 kg/ha, respectivamente), resultaron con menores rendi-- mientos en comparación con los tratamientos 5 al 16 que se les incluyó, además del -- nitrógeno, niveles de fósforo y potasio.

Con el fin de determinar la influencia de cada elemento nutritivo, así como las interacciones entre ellos, se hicieron análisis estadísticos tomando en cuenta, primeramente, la acción de cada factor aislado (nitrógeno, fósforo y potasio), posteriormente la acción de dos factores en conjunto: nitrógeno-fósforo (N<sub>x</sub>P), nitrógeno-potasio (N<sub>x</sub>K) y fósforo-potasio (P<sub>x</sub>K) y finalmente la interacción de los tres factores juntos nitrógeno-fósforo-potasio (N<sub>x</sub>P<sub>x</sub>K). Los resultados de dichos análisis y de la comparación de medias de tratamientos por el método de Duncan, se encuentran en el Cuadro no. 2, del que se deduce lo siguiente:

a) Nitrógeno.- Para los efectos causados por el nitrógeno, los tratamientos con mayor rendimiento son los que tuvieron una aplicación de 200 kg N/ha, complementados con dosis de P y K. Los tratamientos con 500 kg N/ha, si bien carecieron de significancia con los anteriores, resultaron con menor producción. Los tratamientos que les siguieron en rendimiento descendente, fueron los tratados con 100 kg N/ha complementados con P y K y el tratamiento al que se le aplicó solamente la mayor dosis de nitrógeno (500 kg/ha). Aquí se puede observar la interacción existente entre los tres elementos N, P y K, ya que con sólo 100 kg de N/ha más la dosis de fósforo y potasio, se obtuvo una producción semejante a la de las unidades experimentales fertilizadas solamente con nitrógeno, pero éste en mayor cantidad. Por último, los tratamientos con 0, 100 y 200 kg N/ha, fueron los más bajos, y aunque fueron semejantes en producción, la sola aplicación de mayor o menor cantidad de nitrógeno, marcó una pequeña diferencia en el rendimiento.

b) Fósforo.- En cuanto a los efectos causados por la aplicación de fósforo, se aprecia que la mayor dosis (80 kg/ha), tuvo los mejores rendimientos sin llegar a tener diferencia significativa con la dosis de 60 kg/ha. Estos tratamientos, con aplicación de fósforo, resultaron en diferencia significativa frente a los tratamientos sin aplicación de este elemento, es decir, el ballico tuvo respuesta a la fertilización fosfatada.

c) Potasio.- El potasio también influyó en el rendimiento frente a tratamientos sin adición de este elemento. Es de notar que los mejores rendimientos se dieron con la concentración más baja de potasio (20 kg/ha). Ortiz (1977), hace referencia que --

las cantidades de unos 20 kg/ha de  $KCl$  son benéficas y dosis en exceso de 30 a 40 kg/hectárea queman a las plantas; esto pudo marcar la diferencia en rendimiento frente a las aplicaciones de 40 kg K/ha.

d) Interacción nitrógeno-fósforo ( $N \times P$ ).-- La interacción  $N \times P$  confirma lo expuesto en los puntos a y b en el sentido de que las mejores dosis de fertilizantes fueron -- las de 200 kg N/ha y 80 kg P/ha, siendo la principal fuente de variación el nitrógeno puesto que independientemente del fósforo, los tratamientos con la dosis de nitrógeno señalada, son los que obtuvieron los mayores rendimientos.

e) Interacción nitrógeno-potasio ( $N \times K$ ).-- La interacción  $N \times K$  también confirma lo mencionado en el inciso (a), en el sentido de que los tratamientos con la menor dosis de potasio, son los que obtuvieron los mejores rendimientos.

f) Interacción fósforo-potasio ( $P \times K$ ).-- Con el análisis estadístico de la interacción  $P \times K$ , que reveló carencia significativa entre los niveles de estos factores, nos apoyamos para afirmar la relación necesaria que estos elementos tienen con el nitrógeno para manifestar aumentos en el rendimiento.

Lo anterior nos hace deducir que los mejores tratamientos en cuanto a dosis de fertilización, fueron a los que se aplicó 200 y 500 kg de N/ha; 80 kg de P/ha y 20 kg de K/ha. A éstas dosis corresponden los tratamientos 11 y 15 (200-80-20 y 500-80-20 -- respectivamente); esto concuerda con los resultados de rendimientos y comparación de medias de tratamientos del diseño experimental llevado a cabo (Cuadro No. 1 )

Por tanto, para los fines de nuestro trabajo respecto a obtener un tratamiento con los máximos rendimientos, se consideró al tratamiento 11 como el mejor, por las siguientes razones i) aunque el tratamiento 15 es el de mayor rendimiento, estadísticamente no guarda diferencia frente al tratamiento considerado; ii) en el tratamiento 11, con menor cantidad de nitrógeno aplicado, se obtuvo un rendimiento semejante al 15, lo que lo hace económicamente más aceptable y iii) junto con los tratamientos 9, 10 y 12 que tuvieron la misma dosis de nitrógeno, carecen de diferencia significativa entre --

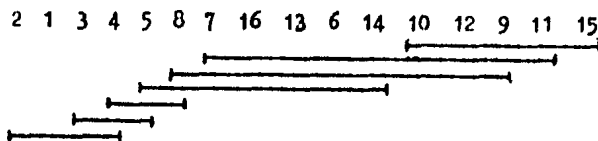
ellos en cuanto a rendimiento, por lo que se tomaron en cuenta para efectuar las comparaciones de los equilibrios nutritivos, mencionadas en el punto 4 del Capítulo V. Asimismo, los tratamientos 1, 2, 3, 4 que figuran en los cuadros referidos como los de más bajos rendimientos, se tomaron para establecer las posibles diferencias o desequilibrios de los nutrientes estudiados.

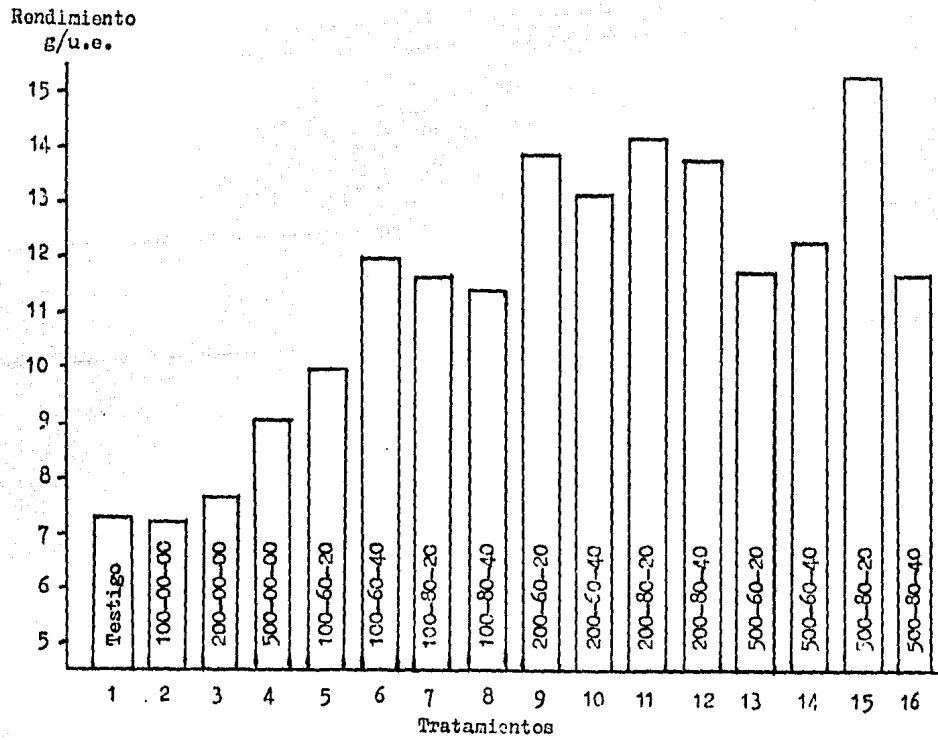


Cuadro 1. Análisis estadístico del rendimiento en MS ( $\pm$ u.e.) de los tratamientos durante tres cortes. En cada corte se presenta el rendimiento acumulado de los tres bloques de cada tratamiento.

Trat. No.	Dosis			Cortes			Tratamientos	
	N	P	K	1	2	3	Total ( $T_t$ )	Media ( $\bar{X}_t$ )
1	00	00	00	1.414	2.163	3.705	7.282	2.427
2	100	00	00	1.796	2.300	3.108	7.204	2.401
3	200	00	00	1.510	2.366	3.770	7.646	2.549
4	500	00	00	1.772	2.547	4.740	9.059	3.020
5	100	60	20	2.780	2.768	4.432	9.980	3.327
6	100	60	40	3.822	3.385	4.780	11.987	3.996
7	100	80	20	3.867	3.280	4.519	11.666	3.889
8	100	80	40	4.245	2.565	4.596	11.406	3.802
9	200	60	20	4.576	4.044	5.265	13.885	4.628
10	200	60	40	4.064	3.598	5.482	13.144	4.381
11	200	80	20	4.673	4.227	5.284	14.184	4.728
12	200	80	40	4.488	3.805	5.511	13.804	4.601
13	500	60	20	3.379	2.891	5.461	11.731	3.910
14	500	60	40	3.436	3.184	5.673	12.293	4.098
15	500	80	20	4.986	3.983	6.330	15.299	5.100
16	500	80	40	3.746	3.212	4.746	11.704	3.901
Total de cortes ( $T_c$ )				54.554	50.318	77.402	182.274 =	3.797 =
Significancia estadística				**	**	**		

Comparación de medias de tratamientos al nivel del 5%. Prueba de Duncan





Gráfica 1. Rendimiento acumulado en g/u.e., durante 3 cortes para cada tratamiento. Las fórmulas fertilizantes que se encuentran dentro de las barras corresponden a las dosis de nutrientes aplicadas a cada tratamiento.

NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	N x P	N x K	P x K
200+	80	20	200-80	200-20	La inter- acción en tre estos dos facto res, resul tó no sig nificativa
500+	60	40	200-60	500-20	
100+			500-80	200-40	
500	00	00	500-60	500-40	
200			100-80	100-40	
100			100-60	100-20	
00			500-00	500-00	
			200-00	200-00	
			100-00	100-00	

(+) tratamientos que además de las dosis de nitrógeno, también se les aplicó fósforo y potasio.

Las líneas que unen niveles de cada factor o interacción, indican igualdad estadística entre ellos.

Cuadro 2. Comparación de medias de tratamientos tomando en cuenta un sólo factor (nitrógeno, fósforo o potasio) y las interacciones entre ellos. Las medias están en orden desordenado de rendimientos.

### 3. Resultados y Correlación del Contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Planta.

Llamaremos contenido, a la cantidad, en miligramos (mg), del elemento presente en el rendimiento real de la planta en cada tratamiento.

#### a) Correlación del contenido de nitrógeno

Con los porcentajes de nitrógeno obtenido en la determinación de nutrientes de la planta, se calculó el total de nitrógeno en mg/tratamiento/corte y se correlacionó con el rendimiento relativo correspondiente. De los resultados obtenidos (Cuadro 3) se hacen las siguientes observaciones:

Los promedios de nitrógeno absorbidos para las dosis aplicadas, anotados en el cuadro siguiente siguen en general la misma tendencia que los rendimientos de MS, es decir, que los tratamientos con mayor absorción de N fueron aquellos con aplicaciones de 200 y 500 kg N/ha complementados con P y K; le siguieron en orden decreciente, los tratamientos con 100 kg N/ha más P y K y el tratamiento con 500 kg N/ha solamente, ambos con rendimientos muy similares; y finalmente, los tratamientos con 200 y 100 kg/ha únicamente y el testigo.

Dosis de N	Promedio de N tot. absorbido (mg/trat)
500 + P y K	512
200 + P y K	445
100 + P y K	386
500	345
100	274
200	266
00	252

Las correlaciones (r) altas y positivas que se muestran en el cuadro no. 3 y en las gráficas 2, 3 y 4, confirman la estrecha relación que hubo entre el rendimiento producido y la cantidad de nitrógeno absorbido, es decir, el rendimiento sí aumenta de acuerdo al nitrógeno absorbido por la planta.

Tomando en cuenta que el análisis de suelos reveló un contenido medio de nitrógeno fácilmente disponible, se estima que a la dosis de 500 kg N/ha para las condi-

ciones edáficas de este trabajo- se alcanzó el punto decreciente en la curva de rendimiento (gráf. 5), ya que los rendimientos de los tratamientos con dosis de 200 y 500 kg N/ha, son estadísticamente iguales y la curva empieza a declinar.

Aunque la mayoría de los investigadores que han trabajado en praderas indican que el nitrógeno es el elemento que más influye sobre el crecimiento, calidad y rendimiento del pasto, se observó que las fertilizaciones completas, es decir, con aplicaciones de N, P y K, resultaron en mayor respuesta del ballico anual, que la sola aplicación del nitrógeno, pues mientras las dosis de 100, 200 y 500 kg N/ha tuvieron aumentos de rendimiento del -1, 5 y 24 % (el número negativo indica que el rendimiento fue 1% menor que el testigo) con respecto al testigo (cuadro 1); fertilizaciones completas con las mismas dosis de nitrógeno, tuvieron aumentos del 55, 89 y 75% también con respecto al testigo. Asimismo, la cantidad de nitrógeno absorbido en los tratamientos primeramente mencionados, tuvieron incrementos del 9, 6 y 37% con respecto al testigo y los tratamientos con fertilización completa, también mencionados, tuvieron aumentos del 53, 76 y 103% en comparación al testigo.

#### b) Correlación del contenido de fósforo

Al igual que el nitrógeno, se calculó el contenido de fósforo en la planta y se correlacionó con el rendimiento relativo correspondiente. De los resultados obtenidos (Cuadro 4), se hacen las siguientes observaciones:

Los promedios de P absorbido para las dosis aplicadas, anotados en el cuadro siguiente, siguen en general, la misma tendencia que las observaciones hechas en el análisis de rendimientos de MS, es decir; Las plantas de los tratamientos con dosis de 80 kg P/ha tuvieron el mayor contenido de fósforo; las plantas de los tratamientos con 60 kg P/ha, aunque con menor contenido de este elemento, no fueron diferentes significativamente frente a los primeros en cuanto a fósforo absorbido, únicamente los tratamientos sin

Dosis de P	Promedio de P tot. absorbido (mg/trat)
00	58.75
60	99.50
80	108.67

aplicación de fósforo pero con fertilización nitrogenada, si fueron significativamente diferentes a los tratamientos con dosis de fósforo.

El total de fósforo absorbido en los tratamientos 2 y 3 fertilizados con 100-00-00, que fue de 57 y 56 mg de P respectivamente, no fueron diferentes al testigo (tratamiento 1) con un total de 51 mg de P. Tomando en cuenta que el análisis del suelo utilizado reveló ser deficiente en fósforo, se explica la similitud de fósforo en los tratamientos citados (1, 2 y 3), únicamente el tratamiento 4 con fertilización de 500-00-00, se comparó su contenido de P con el tratamiento al que se aplicó 100-60-20; esto da una idea de la interacción ventajosa que hay al aplicar fertilizaciones completas con dosis bajas de nitrógeno complementadas con fósforo.

Las altas correlaciones positivas que se muestran en el cuadro 4 y en las gráficas 6, 7 y 8, revelaron que el contenido de P estuvo relacionado con el rendimiento. También se deduce que independientemente de los niveles de fósforo aplicado a las unidades experimentales, al nivel de 200 kg N/ha (tratamientos 9 al 12), se obtuvieron los máximos rendimientos de MS y el máximo contenido de fósforo en la planta (Gráf. 6), siendo este con aumento del 94% en comparación a los tratamientos sin fósforo, mientras que los tratamientos de 100 y 500 kg de nitrógeno más fósforo y potasio tuvieron aumentos del 56 y 30% de fósforo con respecto también a los tratamientos sin fósforo. Como se puede ver, al nivel de 500 kg N/ha ya hay un decremento en el rendimiento de MS y en la absorción de fósforo (Gráf. 9).

#### o) Correlación del contenido de potasio

El contenido de potasio en la planta durante los tres cortes, tuvo una correlación positiva alta con respecto al rendimiento y su comportamiento fue similar al nitrógeno y fósforo, es decir, la absorción de potasio estuvo en relación directa con el rendimiento (Cuadro 5 y Gráfs. 10, 11 y 12). El contenido de potasio en las plantas que no tuvieron fertilización potásica, fueron muy similares entre sí; las unidades experimentales tratadas con dosis de 20 kg K/ha tuvieron ligeramente mayor contenido de potasio en las plantas que las dosis de 40 kg/ha, por lo que se aprecia que la me-

por dosis fue la primera. Teniendo en cuenta que el análisis químico del suelo reveló a éste como rico en potasio, se estima que el aumento en el contenido de potasio en la planta se debe principal al aumento del rendimiento causado por el nitrógeno y fósforo (Gráf.13), lo que hace que a mayores cantidades de potasio aplicado ya no haya respuesta de la planta a esta fertilización.

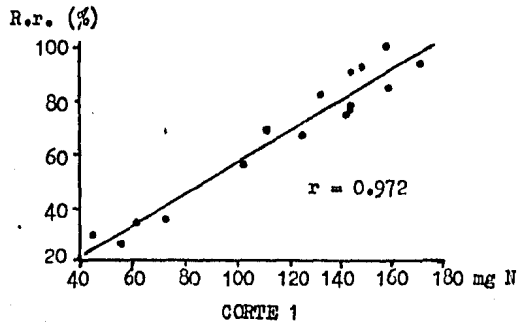
Trat. No.	CORTE 1				CORTE 2				CORTE 3			
	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.R. (%)	R.R. (g)	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.R. (%)	R.R. (g)	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.R. (%)	R.R. (g)
1	55	3.88	28.4	1.414	71	3.30	51.2	2.163	126	3.41	58.3	3.705
2	73	4.06	36.0	1.796	54	2.34	54.4	2.300	147	4.95	49.1	3.108
3	45	2.94	30.3	1.510	75	3.18	56.0	2.366	146	3.88	59.6	3.770
4	61	3.42	35.5	1.772	92	3.59	60.3	2.547	192	4.04	74.9	4.740
5	104	3.75	55.8	2.780	100	3.65	65.5	2.768	122	2.75	70.0	4.432
6	145	3.79	76.7	3.822	106	3.13	80.1	3.385	158	3.30	75.5	4.780
7	144	3.72	77.6	3.867	104	3.17	77.6	3.280	179	3.95	71.4	4.519
8	160	3.76	85.1	4.245	81	3.18	60.7	2.565	141	3.06	72.6	4.596
9	149	3.25	91.8	4.576	103	2.55	95.7	4.044	160	3.05	83.2	5.165
10	133	3.27	81.5	4.064	94	2.60	85.1	3.598	231	4.22	86.6	5.482
11	172	3.68	93.5	4.673	129	3.05	100.0	4.227	166	3.15	33.5	5.284
12	145	3.24	90.0	4.488	110	2.89	90.0	3.805	189	3.44	37.1	5.511
13	126	3.73	67.8	3.379	97	3.36	68.4	2.391	271	4.97	86.3	5.461
14	113	3.29	63.9	3.436	99	3.11	75.3	3.184	278	4.20	89.6	5.673
15	159	3.19	100.0	4.936	114	2.87	94.2	2.933	298	4.70	100.0	6.330
16	143	3.82	75.1	3.746	112	3.50	76.0	3.212	240	5.06	75.0	4.746
r	0.972	-0.189			0.844	-0.350			0.743	0.182		

Cuadro 3. Correlación (r) del contenido (Cont.) y concentración (Conc.) de nitrógeno con el rendimiento relativo (R.R.) correspondiente a cada tratamiento durante tres cortes.

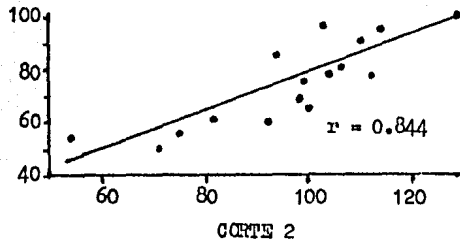
El contenido se refiere a la cantidad en miligramos de N presente en el rendimiento real (R.R.) de cada tratamiento; la concentración, al porcentaje que representa dicha cantidad de N en el rendimiento; y el rendimiento relativo, al porcentaje que guardan los rendimientos de los tratamientos en relación al mayor rendimiento.



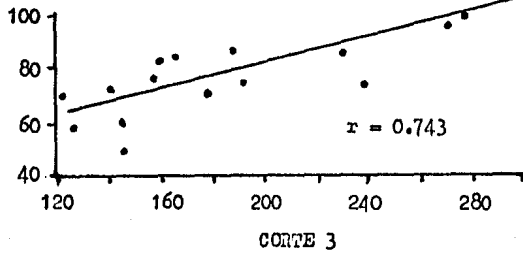
Gráf. 2



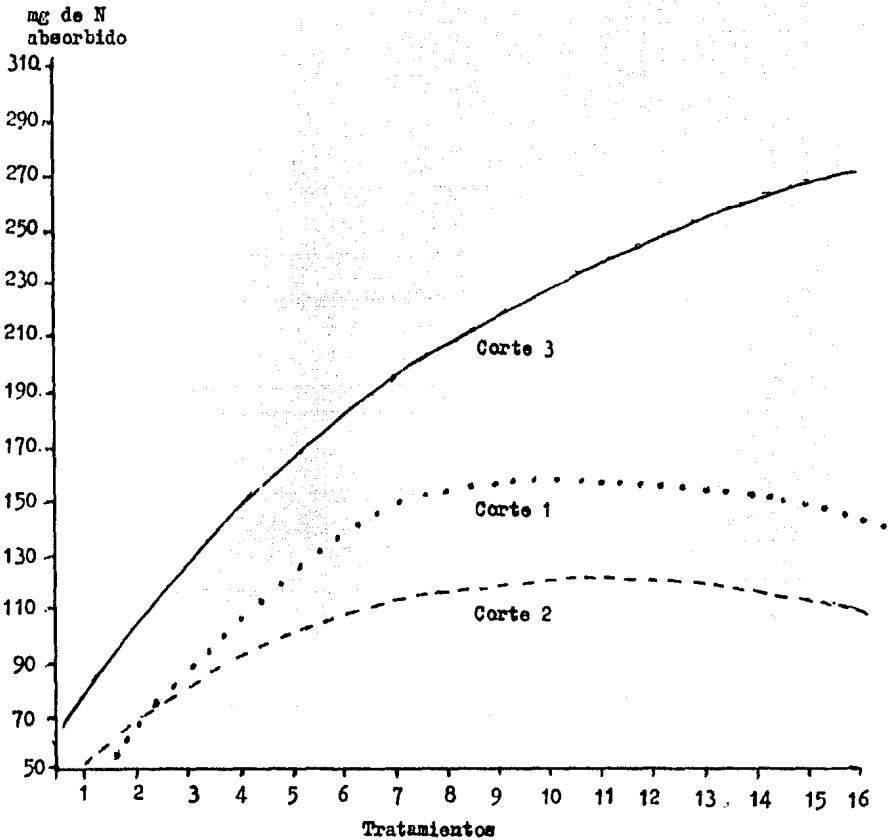
Gráf. 3



Gráf. 4



Correlación ( $r$ ) del contenido de nitrógeno (mg de N) con el rendimiento relativo (R.r.) de los tratamientos durante tres cortes.

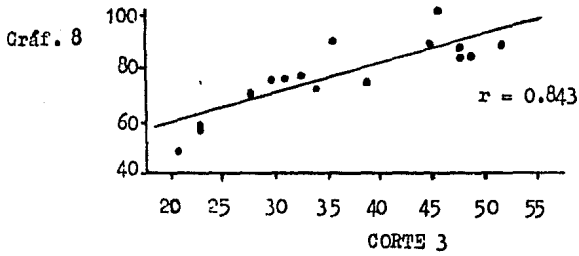
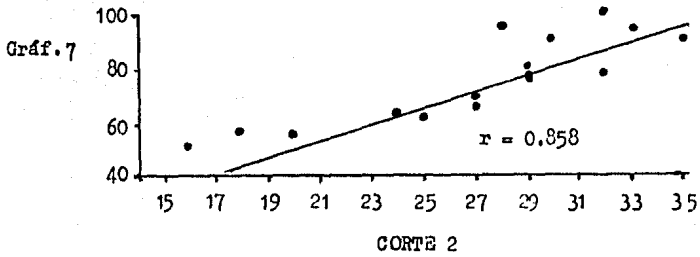
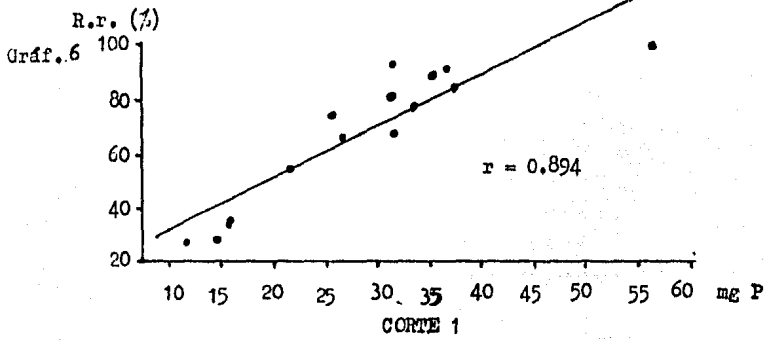


Gráfica 5. Cantidad de nitrógeno absorbido en relación con las dosis de fertilización representadas por los tratamientos. A medida que las dosis de fertilización se incrementan, la absorción de nitrógeno aumenta hasta un punto en que empieza a decrecer la curva no obstante de que se aumenta la fertilización.

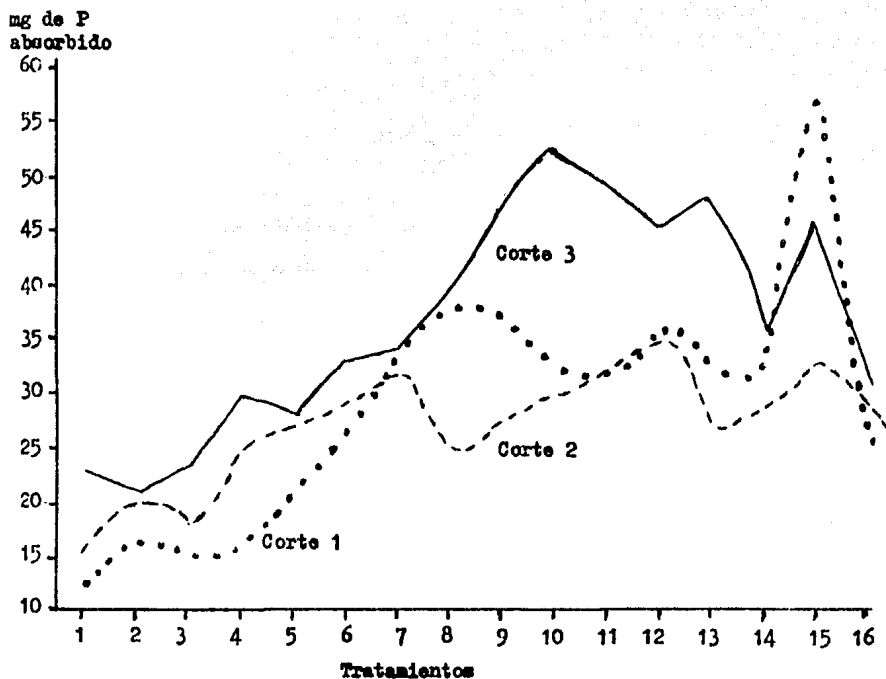
Trat. No.	CORTE 1				CORTE 2				CORTE 3			
	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.R. (%)	R.R. (g)	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.R. (%)	R.R. (g)	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.R. (%)	R.R. (g)
1	12	0.85	28.4	1.414	16	0.76	51.2	2.163	23	0.63	58.3	3.705
2	16	0.88	36.0	1.796	20	0.87	54.4	2.300	21	0.68	49.1	3.108
3	15	1.02	30.3	1.510	18	0.76	56.0	2.366	23	0.60	59.6	3.770
4	16	0.89	35.5	1.772	25	0.97	60.3	2.547	30	0.63	74.9	4.740
5	22	0.78	55.8	2.780	27	0.97	65.5	2.768	28	0.64	70.0	4.432
6	27	0.72	76.7	3.822	29	0.86	80.1	3.385	33	0.69	75.5	4.730
7	34	0.89	77.6	3.867	32	0.97	77.6	3.280	34	0.76	71.4	4.519
8	38	0.91	85.1	4.245	24	0.94	60.7	2.565	39	0.86	72.6	4.596
9	37	0.81	91.8	4.576	28	0.69	95.7	4.044	48	0.92	83.2	5.265
10	32	0.78	81.5	4.064	30	0.83	85.1	3.598	52	0.94	86.6	5.432
11	32	0.69	93.7	4.673	32	0.76	100.0	4.227	49	0.93	83.5	5.284
12	36	0.80	90.0	4.488	35	0.93	90.0	3.805	45	0.81	87.1	5.511
13	32	0.95	67.8	3.379	27	0.94	68.4	2.891	48	0.88	86.3	5.461
14	32	0.64	68.9	3.436	29	0.92	75.3	3.184	36	0.63	89.6	5.673
15	57	1.14	100.0	4.986	33	0.83	94.2	3.983	46	0.72	100.0	6.330
16	26	0.70	75.1	3.745	29	0.89	76.0	3.212	31	0.65	75.0	4.746
r	0.894	-0.141			0.858	-0.273			0.343	0.463		

Cuadro 4. Correlación (r) del contenido (Cont.) y concentración (Conc.) de fósforo con el rendimiento relativo (R.R.) correspondiente a cada tratamiento durante tres cortes.

El contenido se refiere a la cantidad en miligramos de P presente en el rendimiento real (R.R.) de cada tratamiento; la concentración, al porcentaje que representa dicha cantidad de P en el rendimiento; y el rendimiento relativo, al porcentaje que guardan los rendimientos de los tratamientos en relación al mayor rendimiento.



Correlación ( $r$ ) del contenido de fósforo (mg de P) con el rendimiento relativo (R.R.) de los tratamientos durante tres cortes.

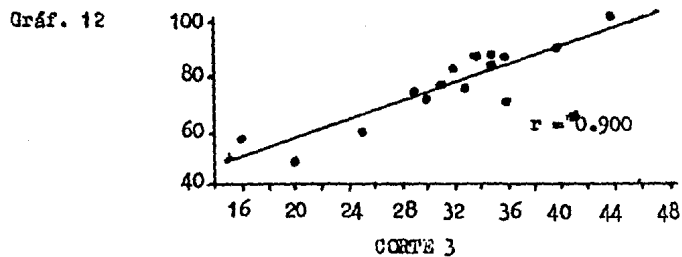
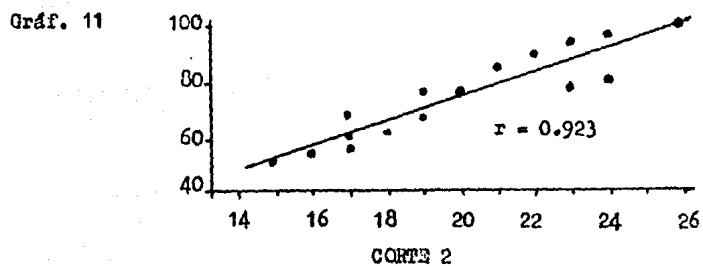
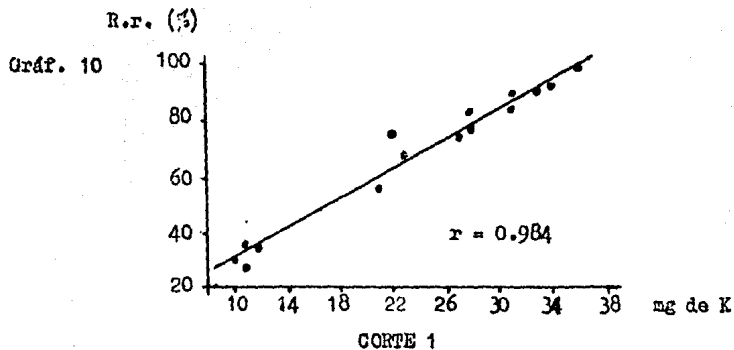


Gráfica 9. Cantidad de fósforo absorbido en relación con las dosis de fertilización representadas por los tratamientos. A medida que las dosis de fertilización se incrementan, la absorción de fósforo aumenta hasta un punto en que empieza a decrecer la curva no obstante de que se aumenta la fertilización.

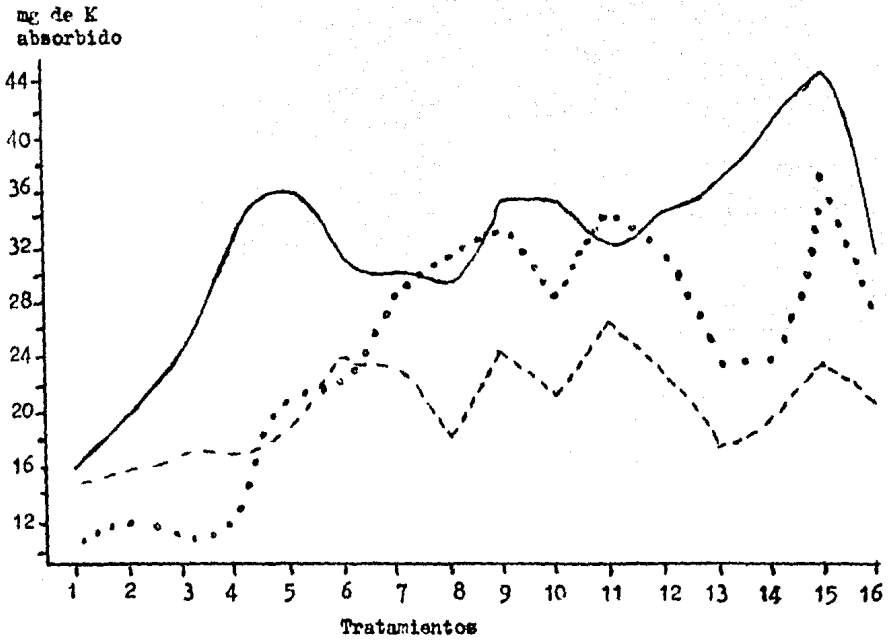
Trat. No.	CORTE 1				CORTE 2				CORTE 3			
	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.r. (%)	R.R. (g)	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.r. (%)	R.R. (g)	Cont. (mg)	Conc. (%)	R.r. (%)	R.R. (g)
1	11	0.76	28.4	1.414	15	0.70	51.2	2.163	16	0.44	58.3	3.705
2	12	0.68	36.0	1.796	16	0.68	54.4	2.380	20	0.65	49.1	3.108
3	10	0.66	30.3	1.510	17	0.71	56.0	2.366	25	0.67	59.6	3.770
4	11	0.65	35.5	1.772	17	0.69	60.3	2.547	33	0.69	74.9	4.740
5	21	0.74	55.8	2.780	19	0.62	65.5	2.768	36	0.71	76.0	4.432
6	22	0.59	76.7	3.822	24	0.71	80.1	3.385	31	0.65	75.5	4.780
7	28	0.71	77.6	3.867	23	0.71	97.6	3.290	30	0.66	71.4	4.519
8	31	0.72	85.1	4.245	18	0.67	60.7	2.565	29	0.64	72.6	4.596
9	33	0.72	91.8	4.576	24	0.60	95.7	4.044	35	0.66	83.2	5.265
10	28	0.70	81.5	4.064	21	0.59	85.1	3.598	35	0.64	86.6	5.482
11	34	0.72	93.7	4.673	26	0.61	100.0	4.227	32	0.60	83.5	5.284
12	31	0.70	90.0	4.488	22	0.58	90.0	3.805	34	0.63	87.1	5.511
13	23	0.67	67.8	3.379	17	0.58	68.4	2.591	36	0.66	86.3	5.461
14	23	0.66	68.9	3.436	19	0.59	75.3	3.124	40	0.70	89.6	5.673
15	36	0.72	100.0	4.986	23	0.59	94.2	3.933	44	0.69	100.0	6.330
16	27	0.73	75.1	3.746	20	0.61	76.0	3.212	31	0.65	75.0	4.746
r	0.984	0.148			0.923	-0.666			0.900	0.243		

Cuadro 5. Correlación (r) del contenido (Cont.) y concentración (Conc) de potasio con el rendimiento relativo (R.r) correspondiente a cada tratamiento durante tres cortes.

El contenido se refiere a la cantidad en miligramos de K presente en el rendimiento real - (R.R.) de cada tratamiento; la concentración, al porcentaje que representa dicha cantidad de K en el rendimiento; y el rendimiento relativo, al porcentaje que guardan los rendimientos de los tratamientos en relación al mayor rendimiento.



Correlación ( $r$ ) del contenido de potasio (mg de K) con el rendimiento relativo (R.r.) de los tratamientos durante tres cortes.



Gráfica 13. Cantidad de potasio absorbido en relación con la dosis de fertilización representada por los tratamientos.



**4. Resultados y Correlación de la Determinación de las Concentraciones de Nutrientes  
en la planta**

De acuerdo a la metodología para la determinación de las concentraciones de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en la planta, que se mencionan en las hojas 40 a la 43 de este trabajo, se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 5-A).

Trat. No.	Dosis			Nitrógeno Cortes			Fósforo Cortes			Potasio Cortes		
	N	P	K	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	00	00	00	3.879	3.303	3.414	0.851	0.759	0.627	0.755	0.699	0.443
2	100	00	00	4.058	2.338	4.653	0.879	0.870	0.681	0.680	0.675	0.654
3	200	00	00	2.954	3.179	3.885	1.018	0.763	0.599	0.665	0.710	0.666
4	500	00	00	3.282	3.594	4.044	0.888	0.966	0.631	0.650	0.687	0.689
5	100	60	20	3.746	3.648	2.754	0.778	0.966	0.643	0.743	0.683	0.809
6	100	60	40	3.793	3.132	3.297	0.718	0.864	0.686	0.588	0.707	0.653
7	100	80	20	3.720	3.172	3.954	0.886	0.974	0.760	0.714	0.707	0.656
8	100	80	40	3.758	3.177	3.059	0.906	0.944	0.858	0.725	0.683	0.635
9	200	60	20	3.252	2.552	3.047	0.813	0.690	0.916	0.719	0.599	0.664
10	200	60	40	3.274	2.602	4.217	0.784	0.828	0.942	0.696	0.586	0.644
11	200	80	20	3.685	3.047	3.149	0.686	0.758	0.927	0.719	0.608	0.599
12	200	80	40	3.235	2.886	3.438	0.799	0.926	0.814	0.700	0.581	0.626
13	500	60	20	3.734	3.360	4.969	0.946	0.938	0.876	0.669	0.576	0.659
14	500	60	40	3.290	3.113	4.902	0.641	0.920	0.632	0.662	0.591	0.697
15	500	80	20	3.191	2.868	4.702	1.140	0.831	0.725	0.713	0.583	0.694
16	500	80	40	3.815	3.499	5.057	0.700	0.890	0.654	0.731	0.612	0.647

Llamaremos concentración de un elemento, al porcentaje en que se encuentra éste en la materia seca de una muestra vegetal.

### a) Correlación de la concentración de nitrógeno

A diferencia del contenido de nitrógeno ( $\text{mg N/trat}$ ) en la planta, las concentraciones de este elemento ( $\% \text{N en MS}$ ), tuvieron un comportamiento diferente. Las correlaciones entre la concentración de nitrógeno y el rendimiento relativo o el rendimiento real, fueron bajas y negativas en los cortes 1 y 2, y positivas en el corte 3 (Cuadro 3); este bajo coeficiente de correlación indica que dichas tendencias negativas y positivas son debido al azar y no se deben a algún efecto causal, por lo que en una gráfica, los puntos pertenecientes a cada tratamiento, se encuentran dispersos — (Gráfs. 14, 15 y 16).

Las correlaciones bajas, dan un comportamiento no bien definido, ya que a concentraciones semejantes corresponden rendimientos diferentes y a concentraciones diferentes corresponden rendimientos semejantes; pues mientras los tratamientos 1 (testigo sin fertilizar) y 16 (con la máxima fertilización: 500-80-40) tuvieron concentraciones del 3.88 y 3.83% de nitrógeno con rendimientos del 28.4 y 75.1% de MS con respecto al rendimiento mayor, los tratamientos 9 (con fertilización de 200-60-20) y 11 (con fertilización de 200-80-20) tuvieron concentraciones de nitrógeno del 3.25 y 3.66% y rendimientos del 91.8 y 93.7% de MS también con respecto al rendimiento mayor.

De lo anterior se deduce que la planta absorbe porcentajes similares de nitrógeno en relación a su producción de MS, y la diferencia radica en el contenido real de nitrógeno en la planta, como en el rendimiento de MS obtenido.

La variación que sufrió la concentración de nitrógeno de cada tratamiento a través de los tres cortes, tiende a una correlación positiva con respecto al rendimiento es decir, a mayor rendimiento aumenta la concentración de nitrógeno; estas correlaciones son muy variables en los tratamientos con 100 y 200 kg N/ha y en los tratamientos con 500 kg N/ha la correlación fue más estrecha y constante a diferencia del contenido de nitrógeno con el rendimiento, que tuvo en todos los tratamientos coeficientes de correlación casi perfectos y positivos como se muestra en la siguiente relación:

Trat. No.	Dosis de N	r	r'
1	00	0.994	-0.621
2	100	0.834	0.372
3	200	0.996	0.991
4	500	1.000	1.000
5	100	0.986	0.995
6	100	0.881	0.086
7	100	0.998	0.966
8	100	0.923	0.199
9	200	0.915	0.638
10	200	0.999	0.983
11	200	0.737	0.058
12	200	0.999	0.964
13	500	1.000	0.999
14	500	1.000	1.000
15	500	0.979	0.962
16	500	0.993	0.988

r .- Coeficiente de correlación entre el contenido de nitrógeno y el rendimiento real.

r'.- Coeficiente de correlación entre la concentración de nitrógeno y el rendimiento real.

b) Correlación de la concentración de fósforo en la planta.

En forma general, se considera que en todas las plantas la concentración de fósforo oscila entre 0.1 y 1.3% en MS, en especial, el maíz con 0.27% y en trigo con 1.32% (Revueltas, 1953). Los resultados obtenidos en nuestros análisis se encuentran dentro de esos límites (Cuadro 5-A).

Al igual que el nitrógeno, el fósforo presentó bajas correlaciones dentro de ca-

da corte entre la concentración de fósforo y el rendimiento; y los coeficientes de correlación no revelan un verdadero efecto de la fertilización y del rendimiento en la concentración de fósforo en la planta, sino que son debidas al azar (Cuadro 4).

El comportamiento poco definido de las concentraciones de fósforo se puede ejemplificar en el primer corte con iguales concentraciones, como en los tratamientos 5 (500-60-20) y 10 (200-60-40) con 0.78% de fósforo y rendimientos de 55.8 y 31.5% de MS en relación al rendimiento mayor; o los tratamientos 4 (500-00-00) y 7 (100-80-20) que tienen una concentración de 0.89% de P pero rendimientos de 35.5 y 77.6% con respecto al rendimiento mayor; inclusive, altas concentraciones de fósforo se dieron en rendimientos muy diferentes como en los tratamientos 3 (200-00-00) y 15 (500-80-20) con 1.02 y 1.14% de P y rendimientos del 30.3 y 100% respectivamente.

Por lo anterior, se aprecia más la influencia de la fertilización en el rendimiento si se toma en cuenta el contenido de fósforo que la concentración en la planta ya que al graficar el contenido contra el rendimiento, los puntos en la gráfica se ajustan mejor a una recta (gráfs. 6, 7 y 8) que tomando en cuenta la concentración contra el rendimiento, en la cual los puntos aparecen más dispersos (gráfs. 17, 18 y 19).

La evolución de la concentración de fósforo, excepto en los tratamientos 9, 10 y 11, sigue una correlación negativa, es decir, aunque el contenido de fósforo sube con el rendimiento, en términos de porcentaje no aumenta en relación a la cantidad de MS producida, sino que dichas concentraciones van siendo menos significativas en comparación del comportamiento del contenido de fósforo, que en casi todos los tratamientos llega a ser alto el coeficiente de correlación y positivo, como se muestra en la relación siguiente:

Trat. No.	Dosis de P	r	r'
1	00	0.999	-0.996
2	00	0.893	-0.940
3	00	1.000	-0.962
4	00	0.908	-0.886
5	60	0.623	-0.823
6	60	0.799	-0.842
7	80	0.850	-0.994
8	80	0.995	-0.875
9	60	1.000	0.995
10	60	0.988	0.852
11	80	0.907	0.751
12	80	0.950	-0.760
13	60	0.999	-0.952
14	60	0.940	-0.602
15	80	0.469	-0.333
16	80	0.550	-0.878

r .- Coeficiente de correlación entre el contenido de fósforo y el rendimiento real.

r' .- Coeficiente de correlación entre la concentración de fósforo y el rendimiento real.

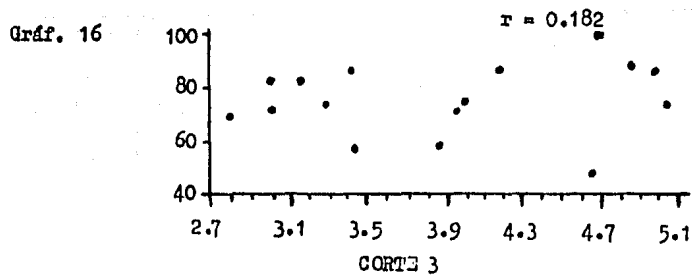
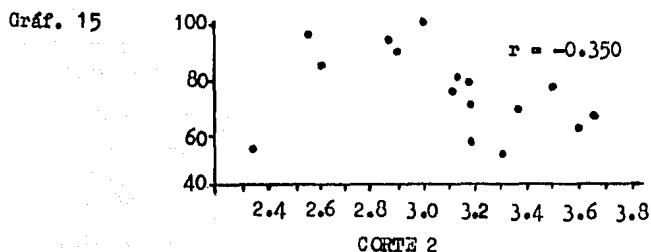
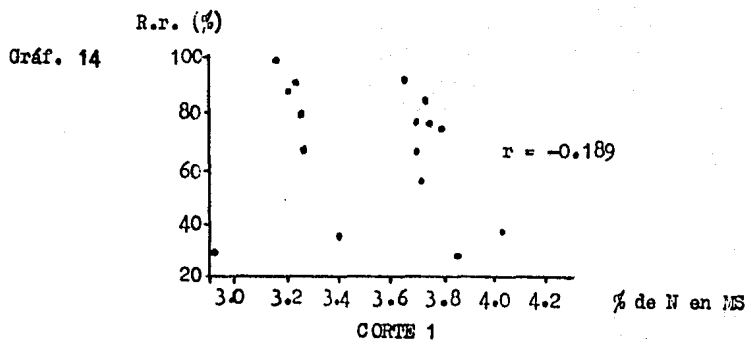
o) Correlación de la concentración de potasio en la planta

El potasio sigue un comportamiento similar al del nitrógeno y fósforo, es decir, sus bajos coeficientes de correlación dentro de cada corte, indican que tanto las —tendencias negativas como las positivas, son debidas al azar.

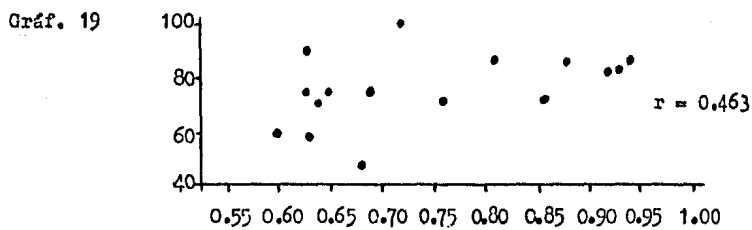
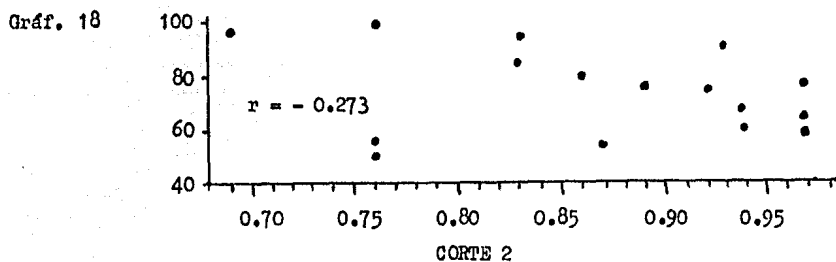
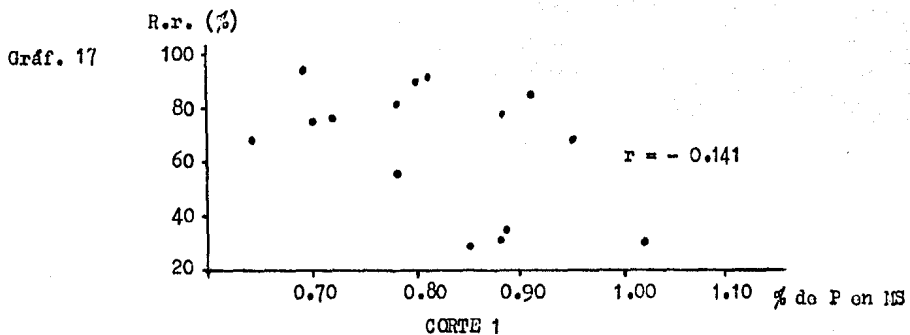
Las concentraciones de potasio parecen no estar relacionadas con el estado nutricional de las plantas y del rendimiento, ya que la planta absorbe porcentajes si—

milares de potasio en relación a su producción de materia seca y la diferencia radica principalmente entre el contenido de nutrientes y los rendimientos, estando ambos muy correlacionados (Cuadro 5). Las gráficas 20, 21 y 22 muestran la gran dispersión de los tratamientos al correlacionar la concentración de potasio con el rendimiento, sin seguir una tendencia definida.

La evolución de la concentración es difusa en comparación con las altas correlaciones del contenido de potasio con el rendimiento, siendo en general para la concentración, los coeficientes de correlación bajos, lo que implica escasa relación de la concentración de potasio con el estado nutricional de la planta.

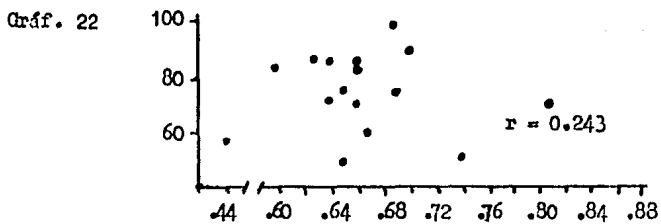
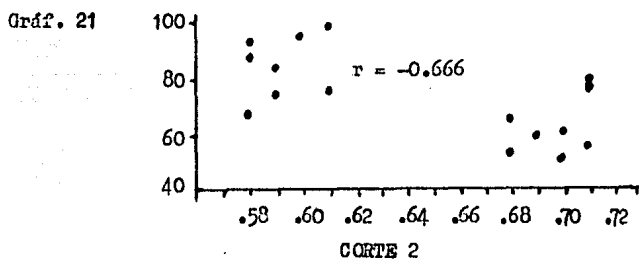
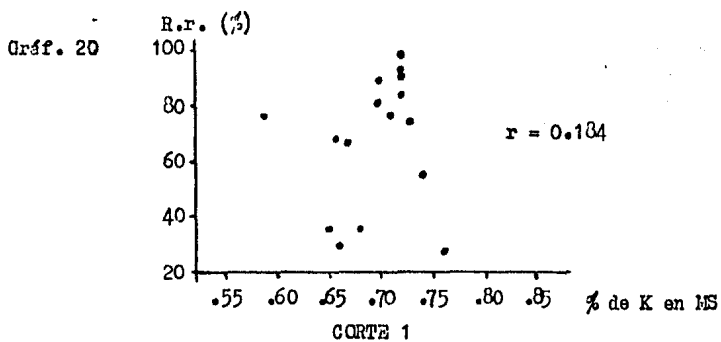


Correlación ( $r$ ) de la concentración de nitrógeno (% en MS) con el rendimiento relativo (R.R.) de los tratamientos durante tres cortes.



Correlación ( $r$ ) de la concentración de fósforo (% en MS) con el rendimiento relativo (R.r.) de los tratamientos durante tres cortes.





Correlación (r) de la concentración de potasio (% en MS) con el rendimiento relativo (R.R.) de los tratamientos durante tres cortes.

## 5. Resultados y Correlación de las Proporciones N:P:K en la Planta

Entre los objetivos de este trabajo, está el determinar si el uso del equilibrio nutritivo es confiable para detectar el estado nutricional del ballico anual. Apoyándonos en la premisa de que el equilibrio nutritivo es independiente de las condiciones ecológicas y de cultivo, y que representa la máxima cosecha en cantidad y calidad en el lugar considerado, en el diseño experimental llevado a cabo para tal caso, se determinó el tratamiento con el máximo rendimiento de ballico anual así como los que resultaron ser estadísticamente iguales a él y además los que resultaron con los más bajos rendimientos. De los análisis químicos para determinar las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio en la planta, se calcularon las proporciones N:P:K para todos los tratamientos durante los tres cortes realizados y cuyos resultados se encuentran en los cuadros 26, 27 y 28 del Apéndice, resumiéndose dichas proporciones en el cuadro 6 que se presenta y del que se infiere lo siguiente:

En ningún caso se dió la proporción 50:30:20 o proporciones semejantes a ésta que la literatura reporta para hortalizas y frutales. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

$$N\% = 60 - 80$$

$$P\% = 10 - 23$$

$$K\% = 10 - 19$$

Se tomaron los tratamientos 9, 10, 11 y 12 como los de mejores rendimientos. Dichos tratamientos se tomaron en cuenta para establecer el intervalo de valores de nitrógeno, fósforo y potasio en la proporción o equilibrio nutritivo N:P:K. En el primer corte se obtuvieron los valores  $N\% = 68-72$ ,  $P\% = 14-17$  y  $K\% = 14-15$ . Al comparar las proporciones de los tratamientos restantes con estos intervalos, se vió que las proporciones de los tratamientos 4, 5, 7 y 8 entraban en los intervalos citados no obstante que tuvieron rendimientos relativos del 55.8, 35.5, 77.6 y 85.1% respectivamente.

En el segundo corte, los intervalos de dichas proporciones fueron  $N\% = 65-69$ ,  $P\% = 17-21$  y  $K\% = 13-16$ . En estos intervalos prácticamente quedaron comprendidas las proporciones de todos los tratamientos, por lo que no se puede afirmar que haya habido un equilibrio característico de los mejores rendimientos. En el tercer corte, los intervalos para el equilibrio nutritivo fueron:  $N\% = 66-73$ ,  $P\% = 16-20$  y  $K\% = 11-14$  y al igual que en los cortes anteriores, el equilibrio nutritivo coincidió con las proporciones de algunos tratamientos con bajos rendimientos.

Las gráficas 23 a 31 muestran la escasa correlación existente entre las proporciones de los elementos nutritivos y los rendimientos y se puede afirmar que las proporciones encontradas no fueron características de los máximos rendimientos; e independientemente del rendimiento, las plantas absorben en términos de porcentaje, cantidades similares de nitrógeno, fósforo y potasio en proporción a la materia seca producida.

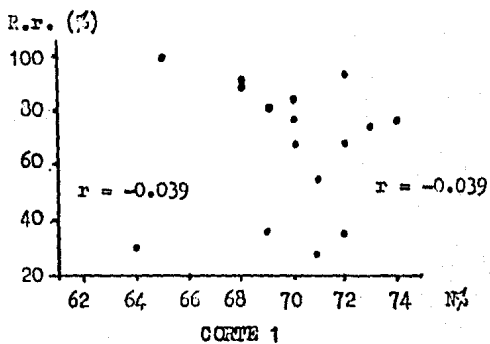
La condición  $N > P > K$ , en general se cumple, y aunque esta condición se extiende también para los tratamientos de bajos rendimientos, no implica que en ellos haya habido carencia de uno o más nutrientes, sino que en función del contenido del elemento principal que es el nitrógeno, la planta tuvo un desarrollo limitado dentro del cual tomó los demás nutrientes necesarios para sus requerimientos. El no haber aparecido síntomas externos de deficiencias de nitrógeno, fósforo y/o potasio en la planta, nos induce a hacer tales observaciones.

La evolución de las proporciones fue similar a la de las concentraciones como se observa en las gráficas 32 a 55 en las que se compararon la evolución de las concentraciones y de las proporciones tanto de los tratamientos con máximos rendimientos (9, 10, 11 y 12) como de los tratamientos con los más bajos rendimientos (1, 2, 3 y 4). Las rectas de regresión de los dos parámetros tienen pendientes similares por lo que su evolución fue similar en ambos casos.

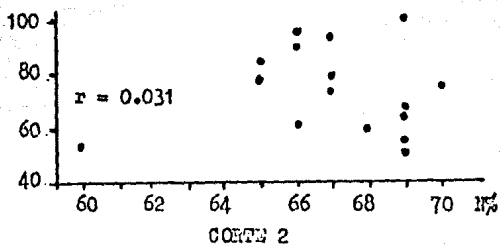
Trat. No.	CORTE 1				CORTE 2				CORTE 3			
	Proporción N:P:K			R.r. (%)	Proporción N:P:K			R.r. (%)	Proporción N:P:K			R.r. (%)
	N%	P%	K%		N%	P%	K%		N%	P%	K%	
1	71	15	14	28.4	69	16	15	51.2	76	14	10	58.3
2	72	16	12	36.0	60	22	18	54.4	78	11	11	49.1
3	64	22	14	30.3	69	16	15	56.0	75	12	12	59.6
4	69	18	13	35.5	68	19	13	60.3	75	12	13	74.9
5	71	15	14	55.8	69	18	13	65.5	66	15	19	70.0
6	74	14	12	76.7	67	18	15	80.1	71	15	14	75.5
7	70	17	13	77.6	65	20	15	97.6	74	14	12	71.4
8	70	17	13	85.1	66	20	14	60.7	67	19	14	72.6
9	68	17	15	91.8	66	18	16	95.7	66	20	14	83.2
10	69	16	15	81.5	65	20	15	85.1	73	16	11	86.6
11	72	14	14	93.7	69	17	14	100.0	67	20	13	83.5
12	68	17	15	90.0	66	21	13	90.0	70	17	13	87.1
13	70	18	12	67.8	69	19	12	68.4	77	13	10	86.3
14	72	14	14	68.9	67	20	13	75.3	79	10	11	89.6
15	63	23	14	100.0	67	19	14	94.2	77	12	11	100.0
16	73	13	14	75.1	70	18	12	76.0	80	10	10	75.0
r	-0.039	-0.039	0.223		0.031	0.067	-0.120		-0.087	0.190	-0.094	

Cuadro 6'. Correlación (r) de la proporción N:P:K con el rendimiento relativo (R.r.) correspondiente a cada tratamiento durante tres cortes.

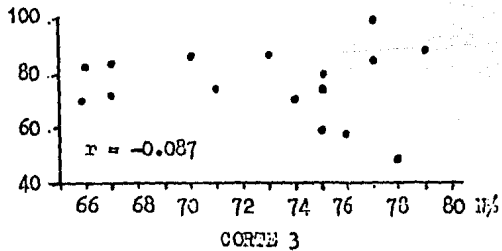
Gráf. 23



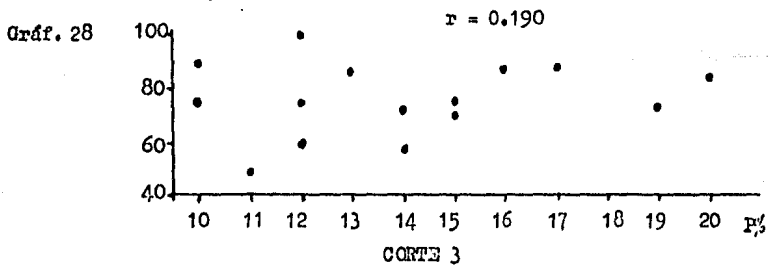
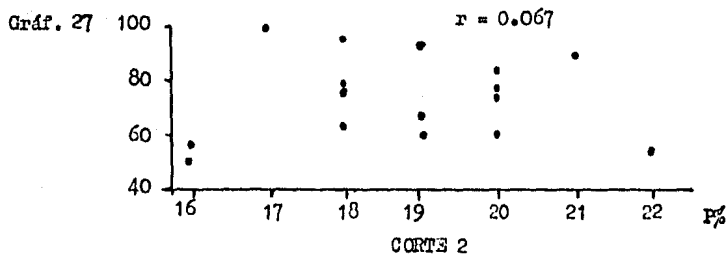
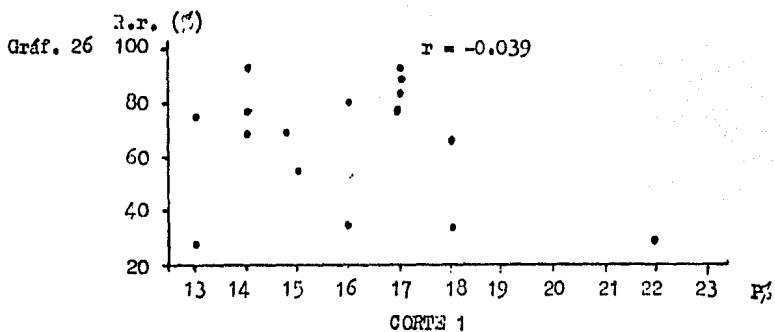
Gráf. 24



Gráf. 25

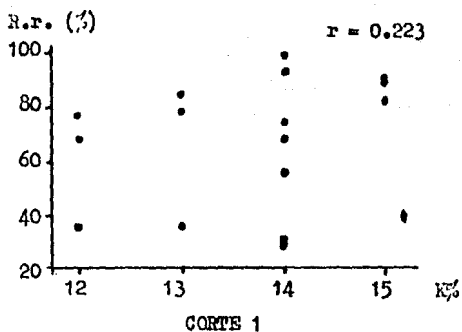


Correlación ( $r$ ) de la proporción de nitrógeno ( $N\%$ ) con el rendimiento relativo (R.R.) de los tratamientos durante tres cortes.

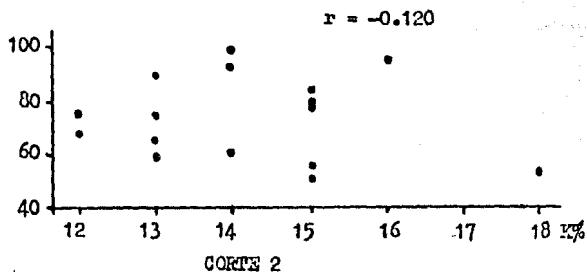


Correlación ( $r$ ) de la proporción de fósforo ( $P\%$ ) con el rendimiento relativo (R.r.) de los tratamientos durante tres cortes.

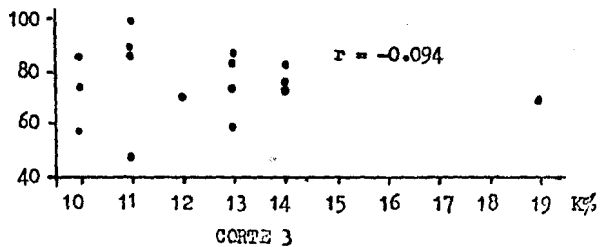
Gráf. 29



Gráf. 30

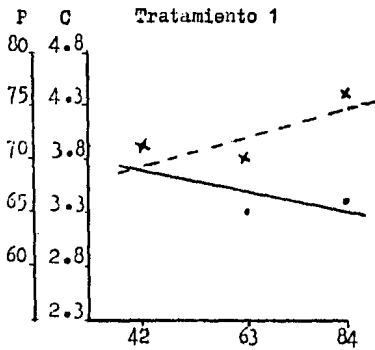


Gráf. 31



Correlación ( $r$ ) de la proporción de potasio (K%) con el rendimiento relativo (R.R.) de los tratamientos durante tres cortes.

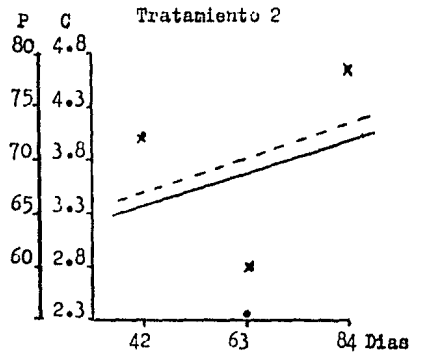
Gráf. 32



(C)  $r = -0.763$ ;  $y = 4.24 - 0.011x$

(P)  $r = +0.778$ ;  $y = 64.83 + 0.119x$

Gráf. 33

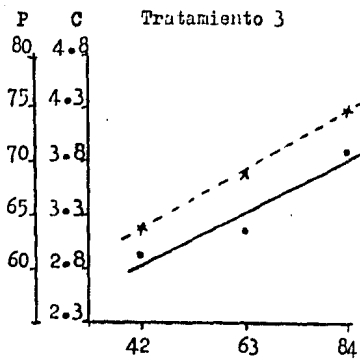


(C)  $r = +0.246$ ;  $y = 2.80 + 0.014x$

(P)  $r = +0.327$ ;  $y = 61.00 + 0.143x$

Concentración (C) • ———  
Porcentaje (P) × - - - -

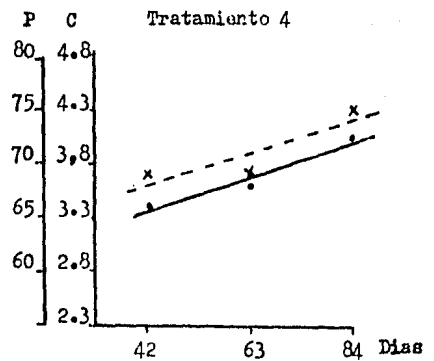
Gráf. 34



(C)  $r = +0.962$ ;  $y = 1.92 + 0.022x$

(P)  $r = +0.999$ ;  $y = 52.83 + 0.262x$

Gráf. 35



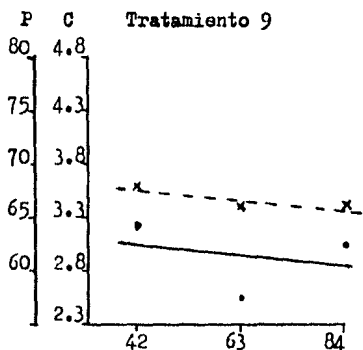
(C)  $r = +0.968$ ;  $y = 2.75 + 0.015x$

(P)  $r = +0.866$ ;  $y = 62.00 + 0.143x$

Gráf. 28-31.-Concentración (C) de nitrógeno, % de MS y porcentaje (P) del mismo elemento con base en la proporción N:P:K=100. Correlación y regresión en relación con el tiempo de toma de muestra

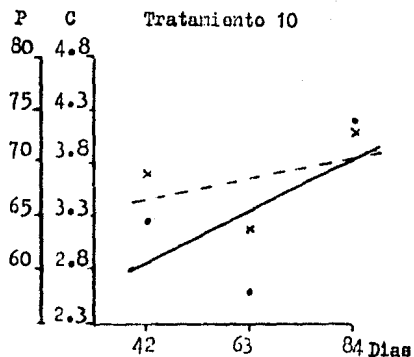


Gráf. 36



(C)  $r=-0.277$ ;  $y=3.25-0.005x$   
 (P)  $r=-0.866$ ;  $y=69.67-0.048x$

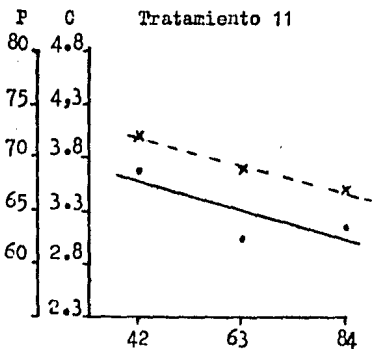
Gráf. 37



(C)  $r=+0.584$ ;  $y=1.94+0.023x$   
 (P)  $r=+0.444$ ;  $y=62.67+0.095x$

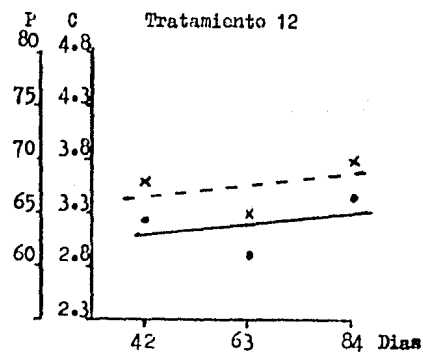
Concentración (C) • —  
 Porcentaje (P) x - - -

Gráf. 38



(C)  $r=-0.783$ ;  $y=4.09-0.013x$   
 (P)  $r=-0.993$ ;  $y=76.83-0.119x$

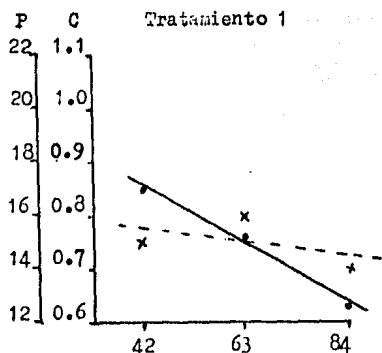
Gráf. 39



(C)  $r=+0.359$ ;  $y=2.89+0.005x$   
 (P)  $r=+0.397$ ;  $y=64.67+0.048x$

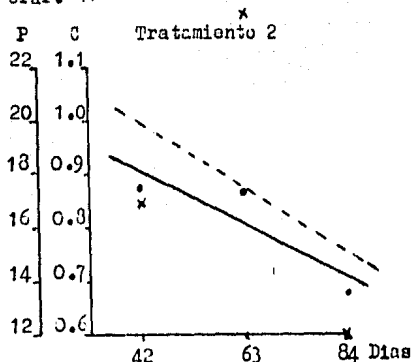
Grafs. 32-35.-Concentración (C) de nitrógeno, % de MS y porcentaje (P) del mismo elemento con base en la proporción N:P:K=100. Correlación y regresión en relación con el tiempo de toma de muestra

Gráf. 40



(C)  $r = -0.994$ ;  $y = 1.08 - 5.233x$   
 (P)  $r = -0.500$ ;  $y = 16.50 - 0.024x$

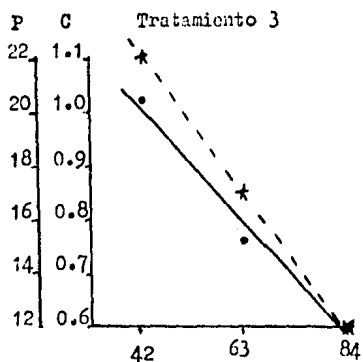
Gráf. 41



(C)  $r = -0.887$ ;  $y = 1.11 - 4.762x$   
 (P)  $r = -0.415$ ;  $y = 24.17 - 0.119x$

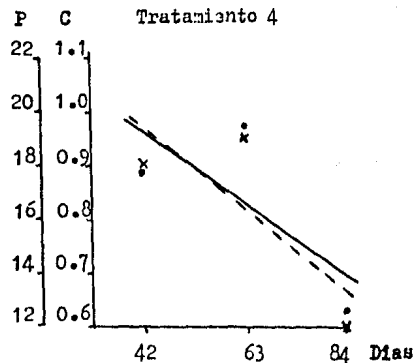
Concentración (C) • —  
 Porcentaje (P) x - - -

Gráf. 42



(C)  $r = -0.991$ ;  $y = 1.42 - 0.010x$   
 (P)  $r = -1.000$ ;  $y = 32.00 - 0.236x$

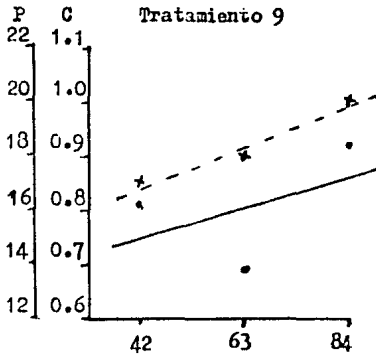
Gráf. 43



(C)  $r = -0.731$ ;  $y = 1.22 - 6.19x$   
 (P)  $r = -0.792$ ;  $y = 25.33 - 0.143x$

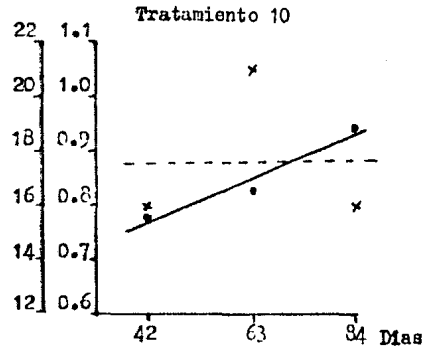
Gráfs. 36-39.-Concentración (C) de fósforo, % de MS y porcentaje (P) del mismo elemento con base en la proporción N:P:K=100. Correlación y regresión en relación con el tiempo de toma de muestra

Gráf. 44



(C)  $r=+0.478$ ;  $y=0.642+0.003x$   
 (P)  $r=+0.982$ ;  $y=13.83+0.071x$

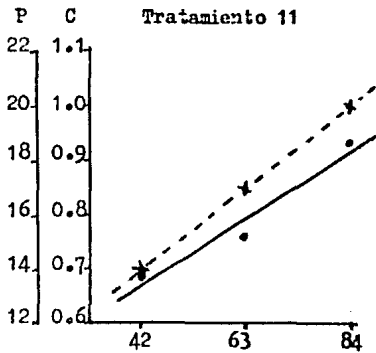
Gráf. 45



(C)  $r=+0.977$ ;  $y=0.61+0.004x$   
 (P)  $r=0.000$ ;  $y=17.67$

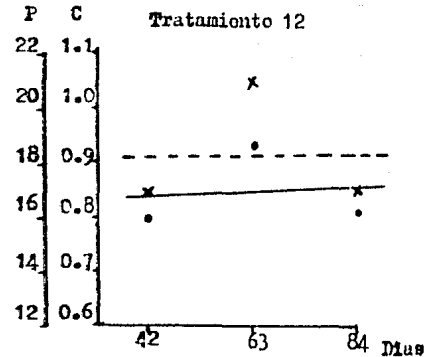
Concentración (C) ● —  
 Porcentaje (P) × - - -

Gráf. 46



(C)  $r=+0.972$ ;  $y=0.43+0.006x$   
 (P)  $r=+1.000$ ;  $y=8+0.143x$

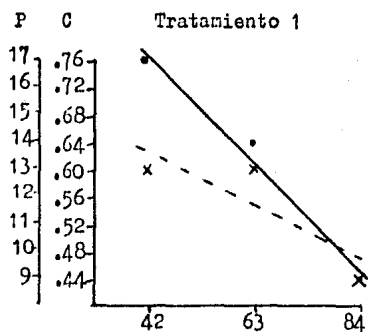
Gráf. 47



(C)  $r=+0.069$ ;  $y=0.83+0.0002x$   
 (P)  $r=0$   $y=18.33$

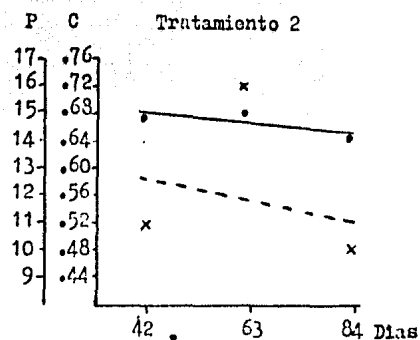
Gráf. 40-43.-Concentración (C) de fósforo, % de MS y porcentaje (P) del mismo elemento con base en la proporción N:P:K=100. Correlación y regresión en relación con el tiempo de toma de muestra

Gráf. 48



(C)  $r = -0.990$ ;  $y = 1.09 - 0.008x$   
(P)  $r = -0.866$ ;  $y = 18.67 - 0.095x$

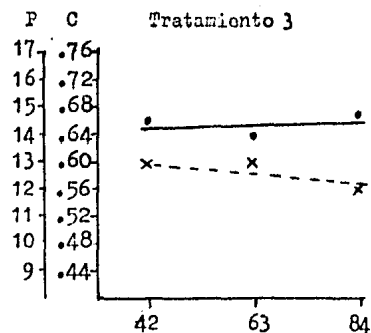
Gráf. 49



(C)  $r = -0.866$ ;  $y = 0.715 - 0.0007x$   
(P)  $r = -0.156$ ;  $y = 14.83 - 0.024x$

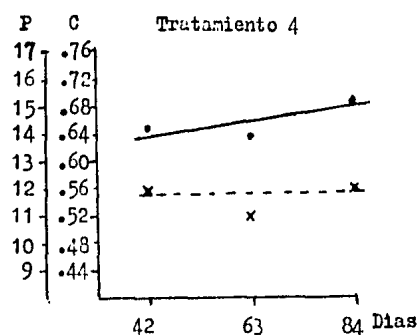
Concentración (C) • ———  
Porcentaje (P) × - - - -

Gráf. 50



(C)  $r = +0.327$ ;  $y = 0.64 + 0.002x$   
(P)  $r = -0.866$ ;  $y = 15.17 - 0.024x$

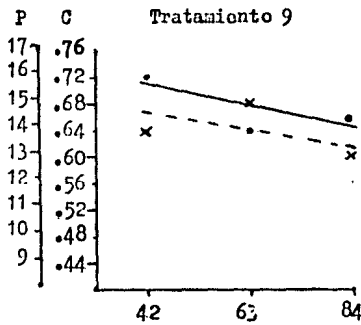
Gráf. 51



(C)  $r = +0.756$ ;  $y = 0.60 + 0.001x$   
(P)  $r = 0$   $y = 12.67$

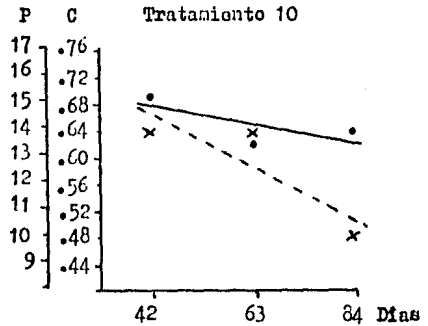
Gráfs. 44-47. -Concentración (C) de potasio, % de MS y porcentaje (P) del mismo elemento con base en la proporción N:P:K=100. Correlación y regresión en relación con el tiempo de toma de muestra

Gráf. 52



(C)  $r=-0.721$ ;  $y=0.76-0.001x$   
 (P)  $r=-0.500$ ;  $y=16.5-0.024x$

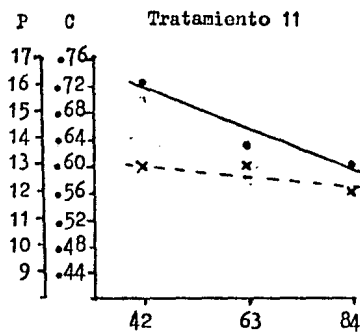
Gráf. 53



(C)  $r=-0.721$ ;  $y=0.74-0.001x$   
 (P)  $r=-0.866$ ;  $y=19.67-0.095x$

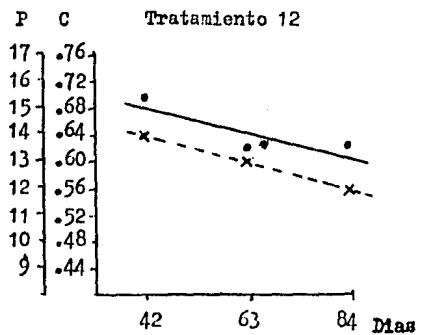
Concentración (C)    •    ———  
 Porcentaje (P)     x    - - - -

Gráf. 54



(C)  $r=-0.921$ ;  $y=0.83-0.003x$   
 (P)  $r=-0.866$ ;  $y=15.17-0.024x$

Gráf. 55



(C)  $r=-0.803$ ;  $y=0.755-0.002x$   
 (P)  $r=-1.000$ ;  $y=17.00-0.048x$

Gráfs. 48-51.-Concentración (C) de potasio, % de MS y porcentaje (P) del mismo elemento con base en la proporción 1:1:K=100. Correlación y regresión en relación con el tiempo de toma de muestra

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo al análisis anterior, se concluye lo siguiente:

1. En ningún caso se dió la proporción 50:30:20 o proporciones semejantes a ésta que la literatura reporta para hortalizas y frutales. Los valores obtenidos fueron:  $N\%$  = 60-80,  $P\%$  = 10-23 y  $K\%$  = 10-19. Para este experimento se pueden tomar como los valores límite del equilibrio nutritivo dichos resultados.
2. Los valores de las proporciones o equilibrios nutritivos, son independientes del rendimiento, ya que representan relaciones de concentración de nutrientes que la planta absorbe en proporción a la cantidad de MS producida.
3. La proporción N:P:K, en cierta forma permanece estable en el tiempo con un amplio margen de valores, pero es general para diferentes condiciones de nutrición en donde no se manifestaron deficiencias de los elementos nutritivos estudiados.
4. La condición  $N > P > K$ , se cumplió aún para aquellos tratamientos en los que hubo bajos rendimientos, no implicando que éstos se debieran a deficiencias de nutrientes al no aparecer síntomas externos de la carencia de ellos.
5. Bajo las condiciones de este trabajo, la proporción N:P:K no se puede utilizar como indicador de buenos rendimientos ni del estado nutricional del pasto ballico anual Lolium multiflorum Lam. hasta que se compararon los resultados bajo condiciones de deficiencias nutricionales, aunque en cierta forma y en nuestro caso, sólo refleja que no hay deficiencias nutricionales ya que además de la fertilización aplicada, el análisis del suelo mostró que éste tenía buenas condiciones físico-químicas como para desarrollar bien un cultivo.

6. De todos los tratamientos probados, se recomienda la fórmula fertilizante 200-80-20 que resultó ser la mejor, específicamente para las condiciones del suelo en el que se trabajó a nivel de invernadero.

Se sugiere continuar esta investigación ampliando el experimento a un ciclo completo de cultivo y en condiciones artificiales tanto de carencia de nutrientes como de dosis óptimas de fertilización en pasto ballico y otras especies monocotiledóneas. Asimismo, se sugiere experimentar la citada fórmula fertilizante a nivel de campo y en suelos semejantes al utilizado, a fin de poder comprobar la eficiencia de esa fertilización y estar en condiciones de dar recomendaciones.

### VIII. A P E N D I C E

1. Cálculos para la conversión de los niveles de las variables a las cantidades requeridas en gramos de nitrógeno, fósforo y potasio por unidad experimental para aplicar los fertilizantes a las macetas.

a) Cálculo para los niveles de nitrógeno

Para una dosis de 100 kg/ha/año:

$$\text{g de N/m}^2 = \frac{100 \text{ kg de N}}{10\ 000 \text{ m}^2} \times 100 = 10 \text{ g de N/m}^2 = 10 \text{ g de N/10000 cm}^2$$

$$\text{g de N/u.c.} = \frac{10 \text{ g de N}}{10\ 000 \text{ cm}^2} \times 140 \text{ cm}^2 = 0.14 \text{ g}$$

Como fuente de nitrógeno se utilizó sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (S.A.), que contiene 20.5% de este elemento, es decir 20.5 g N/100g de S.A.; por tanto la cantidad de fertilizante a utilizar es de:

$$\text{g de S.A.} = \frac{0.14 \text{ g de N} \times 100 \text{ g de S.A.}}{20.5 \text{ g de N}} = 0.68 \text{ g}$$

Por tanto, se utilizaron 0.68, 1.36 y 3.40 g de S.A. por unidad experimental -- para los niveles de 100, 200 y 500 kg/ha/año respectivamente.

b) Cálculo para los niveles de fósforo.

Para una dosis de 60 kg/ha/año



$$g \text{ de P/m}^2 = \frac{60 \text{ kg de P}}{10\,000 \text{ m}^2} \times 1000 = 6 \text{ g de P/m}^2 = 6 \text{ g de P/10\,000 cm}^2$$

$$g \text{ de P/u.e.} = \frac{6 \text{ g de P}}{10\,000 \text{ cm}^2} \times 140 \text{ cm}^2 = 0.084 \text{ g}$$

Como fuente de fósforo se utilizó superfosfato de calcio simple (SPCS), con 18% de  $P_2O_5$ , es decir, 18 g de  $P_2O_5$  en 100 g de SPCS; por tanto, la cantidad de fertilizante a utilizar es de:

$$g \text{ de SPCS} = \frac{0.084 \text{ g de } P_2O_5 \times 100 \text{ g de SPCS}}{18 \text{ g de P}} = 0.47 \text{ g}$$

Por tanto, se utilizaron 0.47 y 0.63 g de superfosfato de calcio simple por unidad experimental para los niveles de 60 y 80 kg/ha/año respectivamente.

c) Cálculo para los niveles de potasio.

Para una dosis de 20 kg/ha/año:

$$g \text{ de K/m}^2 = \frac{20 \text{ kg de K}}{10\,000 \text{ m}^2} \times 1000 = 2 \text{ g de K/m}^2 = 2 \text{ g de K/10000 cm}^2$$

$$g \text{ de K/u.e.} = \frac{2 \text{ g de K}}{10\,000 \text{ m}^2} \times 140 \text{ cm}^2 = 0.028 \text{ g}$$

Como fuente de potasio se utilizó cloruro de potasio (KCl) con 52.4% de potasio, es decir, 52.4 g K en 100 g de KCl; por tanto, la cantidad de fertilizante utilizado fue:

$$g \text{ de KCl} = \frac{0.028 \text{ g de K} \times g \text{ de KCl}}{52.4 \text{ g de K}} = 0.053 \text{ g}$$

Por tanto, se utilizaron 0.053 y 0.106 g de KCl por u.o. para los niveles de 20 y 40 kg/ha/año respectivamente.

d) Cálculo de la cantidad de semilla para sembrar en cada u.o. equivalente a una densidad de 40 kg de semilla por hectárea.

$$\begin{aligned} \text{g de semilla/m}^2 &= \frac{40\,000 \text{ g de semilla}}{10\,000 \text{ m}^2} = 4 \text{ g de semilla/m}^2 \\ &= 4 \text{ g de semilla/10\,000 cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{g de semilla/u.o.} = \frac{4 \text{ g de semilla}}{10\,000 \text{ cm}^2} \times 140 \text{ cm}^2 = 0.06 \text{ g}$$

## 2. Análisis Estadístico y Prueba de Medias de Tratamientos de Duncan

En los cuadros 7, 8, 9 y 10, se presenta el análisis estadístico y comparación de medias de rendimientos de los 16 tratamientos que fueron sometidos a prueba durante tres cortes.



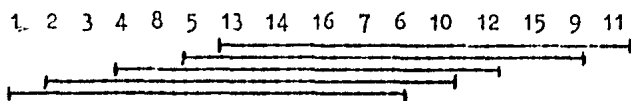
Cuadro 8. Corte No. 2. Análisis estadístico de materia seca (%S)

Trat.	Dosis			B l o q u e s			Tratamientos		
	No.	N	F	K	I	II	III	Total ( $T_t$ )	Media ( $\bar{X}_t$ )
1	00	00	00	0.702	0.778	0.683	2.163	0.721	
2	100	00	00	0.735	0.704	0.861	2.300	0.767	
3	200	00	00	0.754	0.713	0.899	2.366	0.789	
4	500	00	00	0.855	1.332	0.360	2.547	0.849	
5	100	60	20	0.889	1.062	0.817	2.768	0.923	
6	100	60	40	1.265	1.178	0.942	3.385	1.128	
7	100	80	20	1.140	0.967	1.173	3.280	1.093	
8	100	80	40	0.262	1.344	0.959	2.565	0.855	
9	200	60	20	1.262	1.414	1.368	4.044	1.348	
10	200	60	40	1.066	1.334	1.198	3.598	1.199	
11	200	80	20	1.743	1.104	1.380	4.227	1.409	
12	200	80	40	1.275	1.376	1.153	3.805	1.268	
13	500	60	20	0.950	1.084	0.957	2.991	0.964	
14	500	60	40	1.205	0.922	1.057	3.184	1.061	
15	500	80	20	1.240	1.201	1.542	3.983	1.328	
16	500	80	40	1.229	1.031	0.952	3.212	1.071	
Total de bloques ( $T_b$ )				16.473	17.544	16.301	50.318 = $\Sigma X$		
Media de bloques ( $\bar{X}_b$ )				1.030	1.096	1.019	Media Gral. = 1.048		

## Análisis de varianza

Fuente de variación	gl	SC	QM	F observado	F requerido	
					5%	1%
Total	47	3.977				
Bloques	2	0.057	0.028	0.518 NS	3.32	5.39
Tratamientos	15	2.196	0.146	2.714 **	2.01	2.70
Error	30	1.164	0.054			

## Comparación de medias de tratamientos. Prueba de Duncan



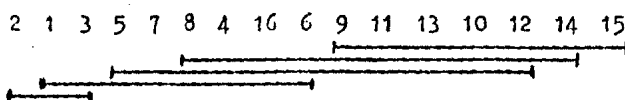
Cuadro 9. Corte No. 3 Análisis estadístico de materia seca (MS)

Trat. No.	Dosis			B l o q u e s			Tratamientos	
	N	P	K	I	II	III	Total ( $T_t$ )	Media ( $\bar{X}_t$ )
1	00	00	00	0.902	1.799	1.904	3.705	1.235
2	100	00	00	0.902	0.984	1.222	3.108	1.036
3	200	00	00	1.116	1.327	1.327	3.770	1.257
4	500	00	00	1.472	1.943	1.325	4.740	1.580
5	100	60	20	1.277	1.707	1.448	4.432	1.477
6	100	60	40	1.446	1.608	1.726	4.780	1.593
7	100	80	20	1.533	1.527	1.459	4.519	1.506
8	100	80	40	1.416	1.681	1.499	4.596	1.532
9	200	60	20	1.635	1.875	1.755	5.265	1.755
10	200	60	40	1.460	2.178	1.844	5.482	1.827
11	200	80	20	1.568	1.830	1.886	5.284	1.761
12	200	80	40	1.821	1.926	1.764	5.511	1.837
13	500	60	20	1.729	2.114	1.618	5.461	1.820
14	500	60	40	1.914	1.733	2.026	5.673	1.891
15	500	80	20	2.040	2.153	2.137	6.330	2.110
16	500	80	40	1.116	1.891	1.739	4.746	1.582
Total de bloques ( $T_b$ )				23.347	28.276	25.779	77.402 = $\Sigma X$	
Media de bloques ( $\bar{X}_b$ )				1.459	1.767	1.611	Media $\bar{X}_t$ = 1.613	

Análisis de varianza

Fuente de variación	gl	SC	CM	F observado	F requerido	
					5%	1%
Total	47	5.273				
Bloques	2	0.759	0.380	10.556 **	3.32	5.39
Tratamientos	15	3.441	0.229	6.361 **	2.01	2.70
Error	30	1.073	0.036			

Comparación de medias de tratamientos. Prueba de Duncan



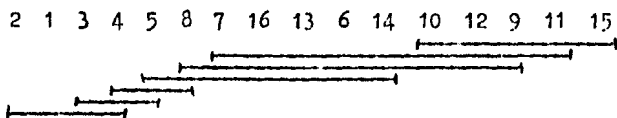
Cuadro 10 Análisis estadístico del total de ME de los tres cortes.  
El valor de cada u.e., es la suma de sus tres cortes.

Trat. No.	Dosis			B l o q u e s			Tratamientos	
	N	P	K	I	II	III	Total (Tt)	Media (Xt)
1	00	00	00	2.062	3.005	2.215	7.282	2.427
2	100	00	00	2.248	2.256	2.700	7.204	2.401
3	200	00	00	2.339	2.562	2.745	7.646	2.549
4	500	00	00	2.655	4.294	2.110	9.059	3.019
5	100	60	20	3.329	3.662	2.989	9.980	3.327
6	100	60	40	3.919	4.170	3.898	11.987	3.996
7	100	80	20	3.972	3.606	4.088	11.666	3.889
8	100	80	40	3.059	4.675	3.672	11.406	3.802
9	200	60	20	4.464	4.631	4.790	13.885	4.628
10	200	60	40	3.845	4.755	4.544	13.144	4.381
11	200	80	20	4.344	4.278	5.062	14.184	4.728
12	200	80	40	4.711	4.832	4.261	13.804	4.601
13	500	60	20	3.613	4.461	3.657	11.731	3.910
14	500	60	40	4.414	3.621	4.258	12.293	4.098
15	500	80	20	4.885	4.051	5.563	15.299	5.100
16	500	80	40	3.692	4.273	3.739	11.704	3.901
Total de bloques (T <sub>b</sub> )				58.051	63.932	60.291	182.274 = ΣX	
Media de bloques (X <sub>b</sub> )				3.628	3.996	3.768	Media Gral. = 3.797	

Análisis de varianza

Fuente de variación	gl	SC	CM	F observado	F requerido	
					5%	1%
Total	47	39.237				
Bloques	2	1.101	0.5505	2.62 NS	3.32	5.39
Tratamientos	15	31.838	2.1225	10.11 **	2.01	2.70
Error	30	6.298	0.2100			

Comparación de medias de tratamientos. Prueba de Duncan



3. Cálculos para la Determinación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Planta.

Trat. No.	ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gastados en la titulación	$\frac{\text{ml H}_2\text{SO}_4 \times N \times 0.014}{\text{g de muestra}} \times 100$	% de N
1	12.2 - 0.4 = 11.8	(11.8 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.3663	3.879
2	14.7 - 0.4 = 14.3	(14.3 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4243	4.058
3	10.6 - 0.4 = 10.2	(10.2 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4157	2.954
4	12.0 - 0.4 = 11.6	(11.6 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4255	3.282
5	13.5 - 0.4 = 13.1	(13.1 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4210	3.746
6	13.6 - 0.4 = 13.2	(13.2 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4190	3.793
7	13.4 - 0.4 = 13.0	(13.0 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4207	3.720
8	13.6 - 0.4 = 13.2	(13.2 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4229	3.758
9	11.7 - 0.4 = 11.3	(11.3 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4183	3.252
10	11.9 - 0.4 = 11.5	(11.5 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4229	3.274
11	13.2 - 0.4 = 12.8	(12.8 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4182	3.685
12	11.7 - 0.4 = 11.3	(11.3 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4206	3.235
13	13.5 - 0.4 = 13.1	(13.1 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4224	3.734
14	11.8 - 0.4 = 11.4	(11.4 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4172	3.290
15	11.5 - 0.4 = 11.1	(11.1 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4138	3.191
16	13.7 - 0.4 = 13.3	(13.3 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4197	3.815

Quadro 11. Cálculo para la determinación del porcentaje de nitrógeno en las muestras de pasto ballico correspondiente al corte 1.

Trat. No.	ml de $H_2SO_4$ gastados en la titulación	$\frac{ml \text{ de } H_2SO_4 \times N \times 0.014}{g \text{ de muestra}} \times 100$	% de N
1	12.9 - 1.1 = 11.8	$11.8 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4301$	3.303
2	9.4 - 1.1 = 8.3	$8.3 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4274$	2.338
3	12.5 - 1.1 = 11.4	$11.4 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4317$	3.179
4	13.9 - 1.1 = 12.8	$12.8 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4293$	3.594
5	13.9 - 1.1 = 12.8	$12.8 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4224$	3.648
6	12.3 - 1.1 = 11.2	$11.2 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4305$	3.132
7	12.3 - 1.1 = 11.2	$11.2 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4251$	3.172
8	12.4 - 1.1 = 11.3	$11.3 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4232$	3.177
9	11.1 - 1.1 = 10.0	$10.0 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4717$	2.552
10	11.3 - 1.1 = 10.2	$10.2 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4719$	2.602
11	13.1 - 1.1 = 12.0	$12.0 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4741$	3.047
12	12.5 - 1.1 = 11.4	$11.4 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4756$	2.886
13	14.2 - 1.1 = 13.1	$13.1 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4694$	3.360
14	13.2 - 1.1 = 12.1	$12.1 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4680$	3.113
15	12.4 - 1.1 = 11.3	$11.3 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4743$	2.868
16	14.8 - 1.1 = 13.7	$13.7 \times 0.086 \times 0.014 \times 100) / 0.4714$	3.499

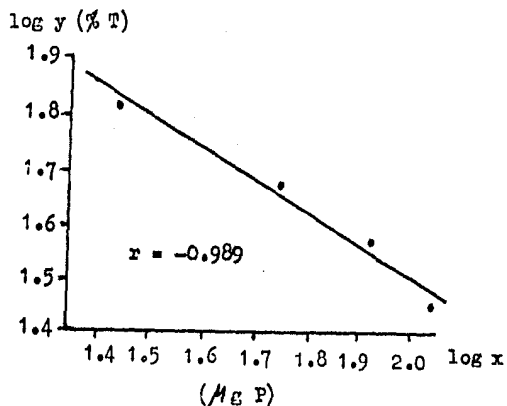
Cuadro 12. Cálculo para la determinación del porcentaje de nitrógeno en las muestras de pasto ballico correspondiente al corte 2.



Trat. No.	ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gastados en la titulación	ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x N x 0.014 g de muestra x 100	% de N
1	14.6 - 1.0 = 13.6	(13.6 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4796	3.414
2	19.3 - 1.0 = 18.3	(18.3 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4735	4.653
3	16.3 - 1.0 = 15.3	(15.3 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4742	3.885
4	17.0 - 1.0 = 16.0	(16.0 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4763	4.044
5	11.8 - 1.0 = 10.8	(10.8 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4722	2.754
6	14.0 - 1.0 = 13.0	(13.0 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4747	3.297
7	16.5 - 1.0 = 15.5	(15.5 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4720	3.954
8	12.9 - 1.0 = 11.9	(11.9 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4684	3.059
9	12.8 - 1.0 = 11.8	(11.8 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4663	3.047
10	17.5 - 1.0 = 16.5	(16.5 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4711	4.217
11	13.2 - 1.0 = 12.2	(12.2 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4665	3.149
12	14.3 - 1.0 = 13.3	(13.3 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4658	3.438
13	20.4 - 1.0 = 19.4	(19.4 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4701	4.969
14	20.0 - 1.0 = 19.0	(19.0 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4667	4.902
15	19.3 - 1.0 = 18.3	(18.3 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4686	4.702
16	20.7 - 1.0 = 19.7	(19.7 x 0.086 x 0.014 x 100) / 0.4690	5.057

Cuadro 13. Cálculo para la determinación del porcentaje de nitrógeno en las muestras de pasto ballico correspondiente al corte 3

Determinación de fósforo. Corte 1



Valores de x (µg P) obtenidos por interpolación del log y de cada tratamiento.

Trat. No.	x µg P	y % T
1	24.94	68.5
2	29.83	61.5
3	33.84	57.0
4	30.24	61.0
5	26.20	66.5
6	24.06	70.0
7	29.83	61.5
8	30.66	60.5
9	27.21	65.0
10	26.53	66.0
11	22.96	72.0
12	26.87	65.5
13	31.96	59.0
14	21.41	75.1
15	38.19	53.0
16	23.50	71.0

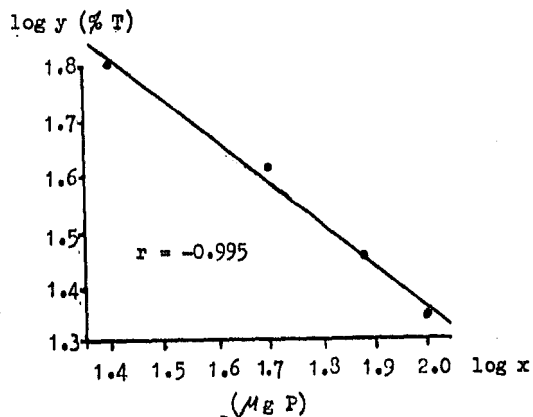
Curva estándar			
Valores reales		logaritmos	
x (µg P)	y (% T)	log x (µg P)	log y (% T)
0	100.00		
25	66.33	1.40	1.82
50	47.00	1.70	1.67
75	37.00	1.88	1.57
100	28.00	2.00	1.45

Cuadro 14. Recta logarítmica e interpolación de los valores del % de transmitancia (T) para obtener las concentraciones de fósforo en las muestras de ballico.

Trat. No.	Mg de P en la curva	Peso de la muestra (g)	$\frac{125 \times \text{Mg P}}{\text{g muestra} \times 10^4}$	% de P
1	24.94	0.3663	(125 x 25.94) / (3663)	0.851
2	29.83	0.4243	(125 x 29.83) / (4243)	0.879
3	33.84	0.4157	(125 x 33.84) / (4157)	1.018
4	30.24	0.4255	(125 x 30.24) / (4255)	0.888
5	26.20	0.4210	(125 x 26.20) / (4210)	0.778
6	24.06	0.4190	(125 x 24.06) / (4190)	0.718
7	29.83	0.4207	(125 x 29.83) / (4207)	0.886
8	30.66	0.4229	(125 x 30.66) / (4229)	0.906
9	27.21	0.4183	(125 x 27.21) / (4183)	0.813
10	26.53	0.4229	(125 x 26.53) / (4229)	0.784
11	22.96	0.4182	(125 x 22.96) / (4182)	0.686
12	26.87	0.4206	(125 x 26.87) / (4206)	0.799
13	31.96	0.4224	(125 x 31.96) / (4224)	0.946
14	21.41	0.4172	(125 x 21.41) / (4172)	0.641
15	38.19	0.4188	(125 x 38.19) / (4188)	1.140
16	23.50	0.4197	(125 x 23.50) / (4197)	0.700

Cuadro 15. Cálculo para la determinación del porcentaje de fósforo en las muestras de pasto ballico a partir de los valores obtenidos en la curva estándar correspondiente al corte 1.

Determinación de fósforo. Corte 2



Valores de x (µg P) obtenidos por interpolación del log y de cada tratamiento.

Trat. No.	x µg P	y % T
1	26.13	62.9
2	29.74	57.0
3	26.35	62.5
4	33.14	52.5
5	32.65	53.1
6	29.74	57.0
7	33.14	52.5
8	32.33	53.5
9	26.02	63.1
10	31.25	54.9
11	28.74	58.5
12	35.24	50.1
13	35.24	50.1
14	34.5	51.0
15	31.55	54.5
16	33.56	52.0

Curva estándar

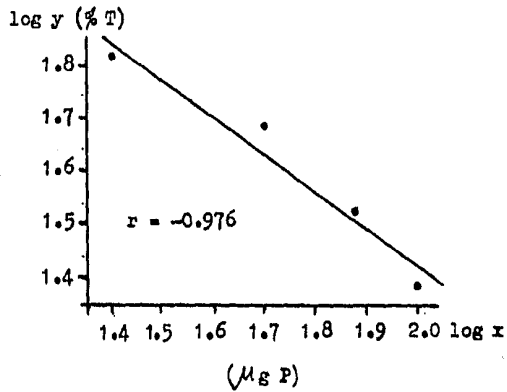
Valores reales		logaritmos	
x (µg P)	y (% T)	log x (µg P)	log y (% T)
0	100		
25	63.0	1.40	1.80
50	41.0	1.70	1.61
75	28.1	1.88	1.45
100	22.0	2.00	1.34

Cuadro 16. Recta logarítmica e interpolación de los valores del % de Transmiancia (T) para obtener las concentraciones de fósforo en las muestras de ballico.

Trat. No.	MG de P en la curva	Peso de la muestra (g)	$\frac{125 \times \text{MG P}}{\text{g muestra} \times 10^4}$	% de P
1	26.13	0.4301	$(125 \times 26.13) / (4301)$	0.759
2	29.74	0.4274	$(125 \times 29.74) / (4274)$	0.370
3	26.35	0.4317	$(125 \times 26.35) / (4317)$	0.763
4	33.14	0.4288	$(125 \times 33.14) / (4288)$	0.966
5	32.65	0.4224	$(125 \times 32.65) / (4224)$	0.966
6	29.74	0.4305	$(125 \times 29.74) / (4305)$	0.864
7	33.14	0.4251	$(125 \times 33.14) / (4251)$	0.974
8	32.33	0.4282	$(125 \times 32.33) / (4282)$	0.944
9	26.02	0.4717	$(125 \times 26.02) / (4717)$	0.690
10	31.25	0.4719	$(125 \times 31.25) / (4719)$	0.828
11	28.74	0.4741	$(125 \times 28.74) / (4741)$	0.758
12	35.24	0.4756	$(125 \times 35.24) / (4756)$	0.926
13	35.24	0.4694	$(125 \times 35.24) / (4694)$	0.933
14	34.43	0.4680	$(125 \times 34.43) / (4680)$	0.920
15	31.55	0.4743	$(125 \times 31.55) / (4743)$	0.831
16	33.56	0.4714	$(125 \times 33.56) / (4714)$	0.890

Cuadro 17. Cálculo para la determinación del porcentaje de fósforo en las muestras de pasto ballico a partir de los valores obtenidos en la curva estándar correspondiente al corte 2.

Determinación de fósforo. Corte 3



Valores de x (µg P) obtenidos por interpolación del log y de cada tratamiento.

Trat. No.	x µg P	y % T
1	24.06	73.0
2	25.79	69.5
3	22.72	76.0
4	24.06	73.0
5	24.29	72.5
6	26.06	69.0
7	28.68	64.5
8	32.16	59.5
9	34.13	57.0
10	35.49	55.5
11	34.61	56.5
12	30.33	62.0
13	32.94	58.5
14	23.60	74.0
15	27.17	67.0
16	24.53	72.0

Curva estándar

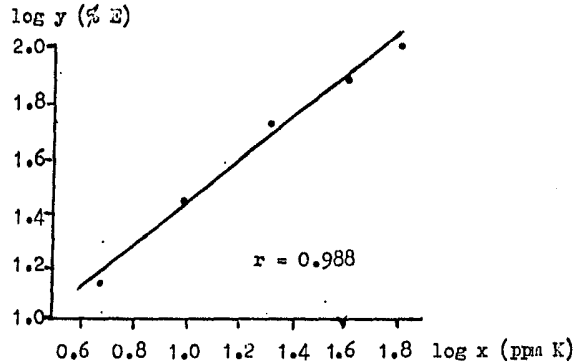
Valores reales		logaritmos	
x (µg P)	y (% T)	log x (µg P)	log y (% T)
0	100.00		
25	65.5	1.40	1.82
50	49.0	1.70	1.69
75	34.0	1.88	1.53
100	24.5	2.00	1.39

Cuadro 18. Recta logarítmica e interpolación de los valores del % de transmitancia (T) para obtener las concentraciones de fósforo en las muestras de ballico.

Trat. No.	g de P en la curva	Peso de la muestra (g)	$125 \times \% P$	$\% \text{ de P}$
			$\frac{\quad}{g \text{ muestra} \times 10^4}$	
1	24.06	0.4796	$(125 \times 24.06) / (4796)$	0.627
2	25.79	0.4735	$(125 \times 25.79) / (4735)$	0.681
3	22.72	0.4742	$(125 \times 22.72) / (4742)$	0.599
4	24.06	0.4763	$(125 \times 24.06) / (4763)$	0.631
5	24.29	0.4722	$(125 \times 24.29) / (4722)$	0.643
6	26.06	0.4747	$(125 \times 26.06) / (4747)$	0.686
7	28.68	0.4720	$(125 \times 28.68) / (4720)$	0.760
8	32.16	0.4684	$(125 \times 32.16) / (4684)$	0.858
9	34.18	0.4663	$(125 \times 34.18) / (4663)$	0.916
10	35.49	0.4711	$(125 \times 35.49) / (4711)$	0.942
11	34.61	0.4665	$(125 \times 34.61) / (4665)$	0.927
12	30.33	0.4658	$(125 \times 30.33) / (4658)$	0.814
13	32.94	0.4701	$(125 \times 32.94) / (4701)$	0.876
14	23.60	0.4667	$(125 \times 23.60) / (4667)$	0.632
15	27.17	0.4686	$(125 \times 27.17) / (4686)$	0.725
16	24.53	0.4690	$(125 \times 24.53) / (4690)$	0.654

Quadro 19. Cálculo para la determinación del porcentaje de fósforo en las muestras de pasto ballico a partir de los valores obtenidos en la curva estándar correspondiente al corte 3.

Determinación de potasio. Corto 1



Curva estándar			
Valores reales		logaritmos	
x (ppm K)	y (% E)	log x (ppm K)	log y (% E)
0	0		
5	14	0.699	1.146
10	31	1.000	1.491
20	53	1.301	1.724
40	78	1.602	1.892
60	100	1.773	2.000

Valores de x (ppm K) obtenidos por interpolación del log y de cada tratamiento.

Trat. No.	x ppm K	y % E
1	27.64	60
2	28.85	62
3	27.64	60
4	27.64	60
5	31.29	66
6	27.64	60
7	30.06	64
8	30.67	65
9	30.06	64
10	29.45	63
11	30.06	64
12	29.45	63
13	28.24	61
14	27.64	60
15	30.06	64
16	30.67	65

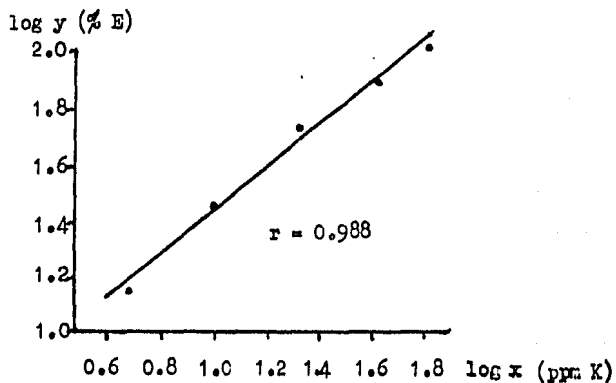
Cuadro 20. Recta logarítmica o interpolación de los valores del % de Emisión de luz (% E) para obtener la concentración de potasio en las muestras de ballico.



Trat. No.	ppm de K en la curva	Peso de la muestra (g)	ppm en la curva g muestra x 100	% K
1	27.64	0.3663	27.64 / (0.3663 x 100)	0.755
2	28.85	0.4243	28.85 / (0.4243 x 100)	0.680
3	27.64	0.4157	27.64 / (0.4157 x 100)	0.665
4	27.64	0.4255	27.64 / (0.4255 x 100)	0.650
5	31.29	0.4210	31.29 / (0.4210 x 100)	0.743
6	27.64	0.4190	27.64 / (0.4190 x 100)	0.588
7	30.06	0.4207	30.06 / (0.4207 x 100)	0.714
8	30.67	0.4229	30.67 / (0.4229 x 100)	0.725
9	30.06	0.4183	30.06 / (0.4183 x 100)	0.719
10	29.45	0.4229	29.45 / (0.4229 x 100)	0.696
11	30.06	0.4182	30.06 / (0.4182 x 100)	0.719
12	29.45	0.4206	29.45 / (0.4206 x 100)	0.700
13	28.24	0.4224	28.24 / (0.4224 x 100)	0.669
14	27.64	0.4172	27.64 / (0.4172 x 100)	0.662
15	30.06	0.4188	30.06 / (0.4188 x 100)	0.718
16	30.67	0.4197	30.67 / (0.4197 x 100)	0.731

Cuadro 21. Cálculo para la determinación del porcentaje de potasio en las muestras de pasto ballico a partir de los valores obtenidos en la curva estándar correspondiente al corte 1

Determinación de potasio. Corte 2



Valores de x (ppm K) obtenidos por interpolación del log y de cada tratamiento.

Trat. No.	x ppm K	y % E
1	30.06	64
2	28.85	62
3	30.67	65
4	29.45	63
5	28.85	62
6	30.06	64
7	30.06	64
8	29.45	63
9	28.24	61
10	27.64	60
11	28.85	62
12	27.64	60
13	27.04	59
14	27.64	60
15	27.64	60
16	28.85	62

Curva estándar

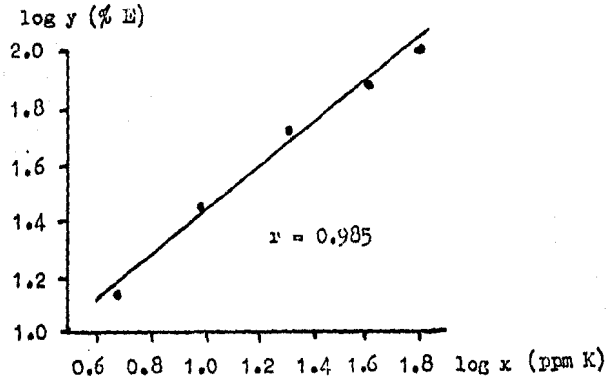
Valores reales		logaritmos	
x (ppm K)	y (% E)	log x (ppm K)	log y (% E)
0	0		
5	14	0.699	1.146
10	31	1.000	1.491
20	53	1.301	1.724
40	78	1.602	1.892
60	100	1.778	2.000

Cuadro 22. Recta logarítmica e interpolación de los valores del % de Emisión de luz (% E) para obtener la concentración de potasio en las muestras de ballico.

Trat. No.	ppm de K en la curva	Peso de la muestra (g)	ppm en la curva		% K
			Σ muestra x 100		
1	30.06	0.4301	30.06 / (0.4301 x 100)		0.699
2	28.85	0.4274	28.85 / (0.4274 x 100)		0.675
3	30.67	0.4317	30.67 / (0.4317 x 100)		0.710
4	29.45	0.4288	29.45 / (0.4288 x 100)		0.687
5	28.85	0.4224	28.85 / (0.4224 x 100)		0.683
6	30.06	0.4305	30.06 / (0.4305 x 100)		0.707
7	30.06	0.4251	30.06 / (0.4251 x 100)		0.707
8	29.45	0.4282	29.45 / (0.4282 x 100)		0.688
9	28.24	0.4717	28.24 / (0.4717 x 100)		0.599
10	27.64	0.4719	27.64 / (0.4719 x 100)		0.586
11	28.85	0.4741	28.85 / (0.4741 x 100)		0.608
12	27.64	0.4756	27.64 / (0.4756 x 100)		0.581
13	27.04	0.4694	27.04 / (0.4694 x 100)		0.576
14	27.64	0.4680	27.64 / (0.4680 x 100)		0.591
15	27.64	0.4743	27.64 / (0.4743 x 100)		0.583
16	28.85	0.4714	28.85 / (0.4714 x 100)		0.612

Cuadro 23. Cálculo para la determinación del porcentaje de potasio en las muestras de pasto ballico a partir de los valores obtenidos en la curva estándar correspondiente al corte 2.

Determinación de potasio. Corte 3



Valores de x (ppm K) obtenidos por interpolación del log y de cada tratamiento.

Trat. No.	x ppm K	y % E
1	21.26	49.5
2	30.98	66
3	31.59	67
4	32.83	69
5	38.22	77.5
6	30.98	66
7	30.98	66
8	29.75	64
9	30.98	66
10	30.36	65
11	27.94	61
12	29.15	63
13	30.98	66
14	32.52	68.5
15	32.52	68.5
16	30.36	65

Valores reales		logaritmos	
x (ppm K)	y (% E)	log x (ppm K)	log y (% E)
0	0		
5	14	0.699	1.146
10	32	1.000	1.505
20	54	1.301	1.732
40	78	1.602	1.842
60	100	1.778	2.000

Cuadro 24. Recta logarítmica o interpolación de los valores del % de Emisión de luz (% E) para obtener la concentración de potasio en las muestras de ballico.

Trat. No.	ppm de K en la curva	Peso de la muestra (g)	ppm en la curva g muestra x 100	% K
1	21.26	0.4796	21.26 / (0.4796 x 100)	0.443
2	30.98	0.4735	30.98 / (0.4735 x 100)	0.654
3	31.59	0.4742	31.59 / (0.4742 x 100)	0.656
4	32.83	0.4763	32.83 / (0.4763 x 100)	0.689
5	38.22	0.4722	38.22 / (0.4722 x 100)	0.809
6	30.98	0.4747	30.98 / (0.4747 x 100)	0.653
7	30.98	0.4720	30.98 / (0.4720 x 100)	0.656
8	29.75	0.4684	29.75 / (0.4684 x 100)	0.635
9	30.98	0.4663	30.98 / (0.4663 x 100)	0.664
10	30.36	0.4711	30.36 / (0.4711 x 100)	0.644
11	27.94	0.4665	27.94 / (0.4665 x 100)	0.599
12	29.15	0.4658	29.15 / (0.4658 x 100)	0.626
13	30.98	0.4701	30.98 / (0.4701 x 100)	0.659
14	32.52	0.4667	32.52 / (0.4667 x 100)	0.697
15	32.52	0.4686	32.52 / (0.4686 x 100)	0.694
16	30.36	0.4690	30.36 / (0.4690 x 100)	0.647

Cuadro 25. Cálculo para la determinación del porcentaje de potasio en las muestras de pasto ballico a partir de los valores obtenidos en la curva estándar correspondiente al corte 3.

4. Cálculo de las Proporciones N:P:K de cada Tratamiento durante tres cortes.

Trat. No.	Dosis			Concentración %MS			Total	Equilibrios			Rendimientos (g/u.e.)
	N	P	K	N	P	K		N%	P%	K%	
1	00	00	00	3.88	0.85	0.76	5.49	71	15	14	1.414
2	100	00	00	4.06	0.88	0.68	5.62	72	16	12	1.796
3	200	00	00	2.95	1.02	0.66	4.63	64	22	14	1.510
4	500	00	00	3.28	0.89	0.65	4.82	68	18	14	1.772
5	100	60	20	3.75	0.78	0.74	5.27	71	15	14	2.780
6	100	60	40	3.79	0.72	0.59	5.10	74	14	12	3.822
7	100	80	20	3.72	0.89	0.71	5.32	70	17	13	3.867
8	100	80	40	3.76	0.91	0.72	5.39	70	17	13	4.245
9	200	60	20	3.25	0.81	0.72	4.78	68	17	15	4.576
10	200	60	40	3.27	0.78	0.70	4.75	69	16	15	4.064
11	200	80	20	3.68	0.69	0.72	5.09	72	14	14	4.673
12	200	80	40	3.24	0.80	0.70	4.74	68	17	15	4.488
13	500	60	20	3.73	0.95	0.67	5.35	70	18	12	3.379
14	500	60	40	3.29	0.64	0.66	4.59	72	14	14	3.436
15	500	80	20	3.19	1.14	0.72	5.05	63	23	14	4.986
16	500	80	40	3.82	0.70*	0.73	5.25	73	13	14	3.746

Cuadro 26. Cálculo del equilibrio nutritivo N:P:K, de los tratamientos durante el corte 1.

Trat. No.	Dosis			Concentración MS			Total	Equilibrio			Rendimientos (g/u.o.)
	N	P	K	N	P	K		N%	P%	K%	
1	00	00	00	3.30	0.76	0.70	4.76	69	16	15	2.163
2	100	00	00	2.34	0.87	0.68	3.89	60	22	18	2.300
3	200	00	00	3.18	0.76	0.71	4.65	69	16	15	2.366
4	500	00	00	3.59	0.97	0.69	5.25	68	19	13	2.547
5	100	60	20	3.65	0.97	0.68	5.30	69	18	13	2.768
6	100	60	40	3.13	0.86	0.71	4.70	67	18	15	3.385
7	100	80	20	3.17	0.97	0.71	4.85	65	20	15	3.280
8	100	50	40	3.18	0.94	0.69	4.81	66	20	14	2.565
9	200	60	20	2.55	0.69	0.60	3.84	66	18	16	4.044
10	200	60	40	2.60	0.83	0.59	4.02	65	20	15	3.598
11	200	30	20	3.05	0.76	0.61	4.42	69	17	14	4.227
12	200	80	40	2.89	0.93	0.58	4.40	66	21	13	3.805
13	500	60	20	3.36	0.94	0.58	4.88	69	19	12	2.891
14	500	60	40	3.11	0.92	0.59	4.62	67	20	13	3.184
15	500	80	20	2.87	0.83	0.58	4.28	67	19	14	3.983
16	500	80	40	3.50	0.89	0.61	5.00	70	18	12	3.212

Cuadro 27. Cálculo del equilibrio nutritivo N:P:K, de los tratamientos durante el corte 2.

Trat, No.	Dosis			Concentración %MS			Total	N%	P%	K%	Rendimientos (g/u.e.)
	N	P	K	N	P	K					
1	00	00	00	3.41	0.63	0.44	4.48	76	14	10	3.705
2	100	00	00	4.65	0.63	0.65	5.98	78	11	11	3.108
3	200	00	00	3.88	0.60	0.67	5.15	75	12	13	3.770
4	500	00	00	4.04	0.63	0.69	5.36	75	12	13	4.740
5	100	60	20	2.75	0.64	0.81	4.20	66	15	19	4.432
6	100	60	40	3.30	0.69	0.65	4.64	71	15	14	4.780
7	100	80	20	3.95	0.76	0.66	5.37	74	14	12	4.519
8	100	80	40	3.06	0.86	0.64	4.56	67	19	14	4.596
9	200	60	20	3.05	0.92	0.66	4.63	66	20	14	5.265
10	200	60	40	4.22	0.94	0.64	5.80	73	16	11	5.482
11	200	80	20	3.15	0.93	0.60	4.68	67	20	13	5.284
12	200	80	40	3.44	0.81	0.63	4.88	70	17	13	5.511
13	500	60	20	4.97	0.88	0.66	6.51	77	13	10	5.461
14	500	60	40	4.90	0.63	0.70	6.23	79	10	11	5.673
15	500	80	20	4.70	0.72	0.69	6.11	77	12	11	6.330
16	500	80	40	5.06	0.65	0.65	6.35	80	10	10	4.746

Cuadro 28. Cálculo del equilibrio nutritivo N:P:K, de los tratamientos durante el corte 3.



## IX. BIBLIOGRAFIA

1. Alanís Ruiz, A. 1981. Ensayo Comparativo de la Producción de Forraje Verde, Materia Seca, Proteína Cruda y Total de Nutrientes Digestibles en 16 Variedades de Pastos Ryegrass (Lolium perenne, Lolium multiflorum y Lolium perenne X Lolium multiflorum) en el CNEIEZ. Tesis. Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAH. México. pp 6-43
2. Ankerman D. Large, Ph.D. Soil and Plants Analysis  
A. & L. Agricultural Laboratories. Tennessee, U.S.A.  
pp. 5-12
3. Barreira, E.A. 1978. Fundamentos de Edafología para la Agricultura.  
Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Arg.  
pp. 31-44, 115-119
4. Calderón, A. 1977. Fruticultura General.  
Ed. E.C.A. México, pp: 431-432
5. CEPAL. 1974. La Industria de la Carne de Ganado Bovino en México.  
Ed. F.C.E. México, pp: 31-32, 131.
6. CIAME-INIA, 1976. Praderas Cultivadas de Invierno con Ballico Anual (Lolium multiflorum) Informe de Investigación Agrícola.  
Comarca Lagunera. SAG. México. pp: 1-38
7. Culbertson, R.E. y Carvajalino, J.L. 1945. Plantas Forrajeras y su Utilización en Colombia. Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero, Bogotá. pp: 81-84

8. De la Teja, A.C.O. 1983. Guía para los Análisis de Suelos y su Interpretación Agronómica. Depto. de Ciencias Agrícolas.  
FESC-UNAM. Obra no editada.
9. De la Teja, A.C.O. 1983. Guía para Diagnosticar Deficiencias Nutricionales en Plantas de Cultivo. Depto. de Ciencias Agrícolas.  
FESC-UNAM. Obra no editada.
10. Delgado, E.I. 1983. El Raigras Westerwolds y el Raigras Italiano.  
Folleto 8401. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación,  
Madrid, Esp. CRIDA O3 INIA, Zaragoza, Esp. Hojas divulgadoras  
9/83. pp: 3-15
11. DITENAL. Cartas de Tepeji del Río: Climatológica, Uso potencial del Suelo,  
Uso del Suelo. Clasificación E-14 a E-18.
12. Devlin, H.R. 1980. Fisiología Vegetal.  
Ed. Omega, S.A. Barcelona, Esp.
13. Esteban, E. 1975. El Equilibrio Fisiológico como Índice para el Diagnóstico de Deficiencias Nutritivas. I. Árboles Frutales.  
An. Edaf. Agrob. 34:623-632
14. Esteban, E. y Aguilar, A. 1976. Análisis Foliar en Cultivos Hortícolas I. Patata. Vol. I. 4th. International Colloquium on the Control of Plant Nutrition. Gent. pp. 219-227
15. Hughes, H., Heath, M. y Metcalf, D. 1975. Forrajes.  
Ed. CECSA, México. 343-347
16. Instituto Colombiano Agropecuario. 1968. Pastos y Forrajes.  
Asistencia Técnica. Manual No. 10 pp. 95-99

17. Jackson, M.L. 1964. Análisis Químico de Suelos.  
Ed. Omega. Barcelona, Esp. 2da. ed. pp. 30-53
18. Jaime, S. Aguilar, A. y Esteban, E. 1978. Estudio Práctico sobre la Nutrición del Aguacate por Análisis Foliar.  
An. Edaf. Agrob. 9 : 863-869
19. Mazuelos, et. al. 1975 Evolución de los Equilibrios Fisiológicos y sus Relaciones con el Metabolismo de Macro y Micronutrientes en Cultivos de Olivar. An. Edaf. Agrob. 5: 1089-1097
20. Little, T. Jackson, H.M. 1963. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Ed. Trillas, México. pp: 59-65
21. Morfin, L. 1977. Manual de Bromatología.  
Depto. de Medicina Veterinaria y Zootecnia.  
FESC-UNAM P. 143
22. Ojeda, O.D. 1975. Manual para la Interpretación de Análisis de Suelos.  
(s.l., s.e.) p. 80
23. Reid, L. y Jung, G. 1975. Efectos de Elementos Diferentes al Nitrógeno sobre el Valor Nutritivo del Forraje.  
Traducción de Martínez, P.A. p. 13-33
24. Revuelta González, L. 1953. Bromatología, Zootecnia y Alimentación Animal. Ed. Salvat Editores, S.A. Barcelona-Madrid, pp: 94-98
25. SEP. 1982. Cultivos Forrajeros. Manuales para Educación Agropecuaria.  
Ed. Trillas, 1a. ed. México, pp. 39-50

26. SEP. 1982\* Pastizales Naturales. Manuales para Educación Agropecuaria.  
Ed. Trillas, México. pp: 41-44
27. SEP. 1982\*\* Suelos y Fertilización. Manuales para Educación Agropecuaria  
Ed. Trillas, México. pp: 27-29, 52-65
28. Soil Conservation Service. 1972. Investigación de Suelo. Métodos de Laboratorio y Procedimientos para Recoger Muestras.  
Ed. Trillas, México. pp: 15-17
29. Ortiz, V.B. 1977. Fertilidad de Suelos.  
Chapingo, México. pp. 45-306