

ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DEL AREA DE GANADERIA
IICA-CTEI, TURRIALBA

Tesis de Grado
de
Magister Scientiae

INOCENCIO MELCHOR BERLANGA ZAMUDIO



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Noviembre, 1972

ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DEL AREA DE GANADERIA

IICA-CTEI, TURRIALBA

Tesis

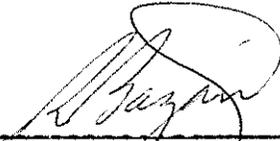
Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

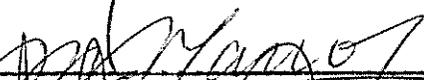
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



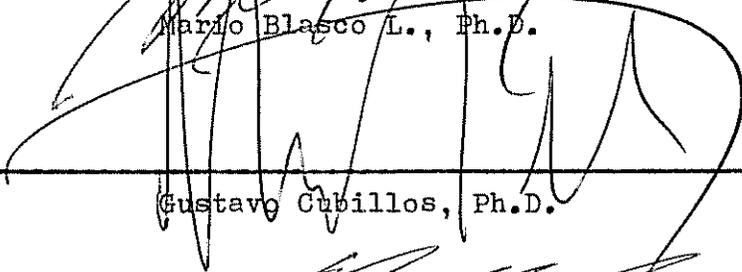
Rufo Bazan S., Ph.D.

Consejero



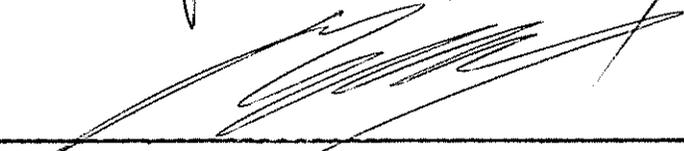
Mario Blasco L., Ph.D.

Comité



Gustavo Cubillos, Ph.D.

Comité



Adalberto Gorbitz, Ing. Agr.

Comité

Noviembre, 1972

A mi esposa e hija

A la memoria de mi madre

A mi padre y hermanos

AGRADECIMIENTOS

El autor hace presente su agradecimiento a las siguientes personas e Instituciones.

Dr. Rufo Bazán S. por la oportunidad que le dio para realizar el presente trabajo y su acertada colaboración.

Dr. Mario Blasco L. por su desinteresada ayuda y estímulo en la realización del trabajo.

Dr. Gustavo Cubillos por su cooperación y consejos en el campo de la Agrostología.

Ing. Agr. Adalberto Gorbitz por la orientación en la redacción y revisión del original.

A los Drs.: Kozen Igue y Michael Montoya exmiembros del comité.

Reconoce y agradece profundamente al Gobierno del Perú, Ministerio de Agricultura y la Zona Agraria IX, por concederle la licencia para seguir el entrenamiento.

En forma especial agradece a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Roma, por la oportunidad que le brindaron para ingresar a la Escuela para Graduados del IICA-CTEI y así lograr ampliar sus conocimientos en la Ciencia del Suelo.

Agradece al Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, al personal técnico por los conocimientos brindados; a sus compañeros y colegas por la amistad dispensada; a todas las personas que en una u otra forma han contribuido a la realización del presente trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en la provincia de Camaná-San José, Perú; el 20 de marzo de 1929. Realizó el estudio secundario en los siguientes colegios nacionales: Sebastián Barranta de Camaná e Independencia Americana de Arequipa. Ingresó en 1953 a la Escuela Nacional de Agricultura "La Molina", hoy Universidad Agraria, de donde egresó en 1957, graduándose de Ingeniero Agrónomo en julio de 1958.

A partir de esa fecha empezó a trabajar con el Servicio Cooperativo Interamericano de Productos Alimenticios (SCIPA) en el cargo de asistente en suelos en el Proyecto de Irrigación y Colonización San Lorenzo-Piura.

De 1960 a 1961 trabajó en la empresa privada y con la Asociación de Agricultores del valle de Pisco.

En 1962 se reincorporó al Proyecto de Irrigación y Colonización San Lorenzo-Piura, como responsable de cultivos diversos. En 1964 dentro del mismo Proyecto se le encargó la conducción de la granja demostrativa de Curumuy dedicada a la producción de leguminosas y forrajes.

En 1967 fue llamado a trabajar en el Proyecto de Desarrollo del Huallaga Central, Chiriyacu y Nieva con sede en la ciudad de Tarapoto-San Martín, como contraparte FAO en los Estudios de Reconocimiento de Suelos. En 1969 fue promovido a Jefe del Departamento de Recursos Naturales de la Zona Agraria IX.

En 1970 fue becado por la FAO-Roma para seguir un entrenamiento en los cursos de la ciencia del suelo en el IICA, Turrialba, Costa Rica.

Ingresó en octubre de 1970 a la Escuela para Graduados del IICA-CTEI, graduándose de Magister Scientiae en noviembre de 1972.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
2.1. Relación de los nutrimentos en el suelo y la planta	2
2.2. Influencia de la fertilidad del suelo sobre el va- lor nutritivo de la planta	4
2.3. Composición química de la planta con relación a su estado fisiológico	5
2.4. Variación de la composición química de acuerdo con la estación del año	7
2.5. Concentraciones de nutrimentos y niveles críticos.	8
2.6. Importancia de los mapas de fertilidad	10
3. MATERIALES Y METODOS	12
3.1. Localización	12
3.2. Procedimiento	13
3.2.1. Muestreo	13
3.3. Análisis de laboratorio: Suelos	14
3.3.1. Análisis físicos	14
3.3.1.1. Humedad de las muestras secadas al aire .	14
3.3.1.2. Densidad aparente	15
3.3.1.3. Densidad de sólidos	15
3.3.1.4. Porosidad total	15
3.3.1.5. Distribución del tamaño de partículas ...	16
3.3.1.6. Retención de humedad	16
3.3.1.7. Humedad volumétrica	16
3.3.1.8. Espacio aéreo	16
3.4. Análisis químicos de suelos	17
3.4.1. Reacción del suelo (pH)	17
3.4.2. Materia orgánica	17
3.4.3. Nitrógeno total	17
3.4.4. Fósforo disponible	17
3.4.5. Azufre extraíble	18
3.4.6. Capacidad de intercambio catiónico	18
3.4.7. Bases cambiables	18
3.4.8. Aluminio intercambiable	18
3.4.9. Elementos menores totales: Fe, Mn, Zn, Cu y Al	18

3.5.	Análisis químico de plantas	19
3.5.1.	Nitrógeno	19
3.5.2.	Fósforo	19
3.5.3.	Azufre	19
3.5.4.	Determinación de macro y micronutrientes totales	19
3.6.	Construcción del mapa de fertilidad	20
3.6.1.	Preparación de las escalas para la clasifi- cación y evaluación de los potreros	20
3.6.2.	Metodología	20
3.6.3.	Formación de las clases y escalas	21
3.6.4.	Interpretación	23
4.	RESULTADOS	25
4.1.	Análisis físicos	25
4.1.1.	Densidad aparente	25
4.1.2.	Densidad de partículas	25
4.1.3.	Porosidad total	25
4.1.4.	Espacio aéreo	27
4.1.5.	Retención de humedad	27
4.1.6.	Clase textural	27
4.2.	Análisis químicos del suelo	27
4.2.1.	Reacción del suelo	30
4.2.2.	Materia orgánica	30
4.2.3.	Nitrógeno total	31
4.2.4.	Fósforo disponible	31
4.2.5.	Azufre extraíble	32
4.2.6.	Capacidad de intercambio catiónico	32
4.2.7.	Bases cambiables	32
4.2.7.1.	Calcio	35
4.2.7.2.	Magnesio	35
4.2.7.3.	Potasio	35
4.2.7.4.	Aluminio intercambiable	36
4.2.7.5.	Saturación de bases	36
4.2.7.6.	Relaciones de bases	36
4.2.7.7.	Concentraciones totales de micronutrien- tos	37
4.2.7.7.1.	Hierro total	37
4.2.7.7.2.	Magnesio	38
4.2.7.7.3.	Zinc	38

	<u>Página</u>
4.2.7.7.4. Cobre	38
4.2.7.7.5. Aluminio	39
4.3. Análisis químico de las plantas	39
4.3.1. Rendimiento de materia seca en: raíces, tallos y terminales	43
4.3.2. Proteína cruda (N x 6,25)	43
4.3.3. Fósforo	46
4.3.4. Azufre	50
4.3.5. Calcio	51
4.3.6. Magnesio	51
4.3.7. Potasio	52
4.3.8. Micronutrientes	52
4.3.8.1. Hierro	52
4.3.8.2. Manganeso	53
4.3.8.3. Zinc	54
4.3.8.4. Cobre	54
4.3.8.5. Aluminio	55
4.3.8.6. Promedios de proteína y minerales en las distintas especies estudiadas	55
4.4. Agrupación de los potreros de acuerdo a su índice de fertilidad	58
5. DISCUSION	61
5.1. Propiedades físicas de los suelos	61
5.2. Propiedades químicas del suelo	62
5.3. Materia seca, proteína cruda y minerales en la planta	66
5.4. Mapa de fertilidad de los potreros	67
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
7. RESUMEN	71
7a. SUMMARY	74
8. LITERATURA CITADA	76
APENDICE	84

LISTA DE CUADROS

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Especies de gramíneas que se encuentran en el área estudiada	12
2	Valores correspondientes a cada grupo de características	21
3	Formación de clases, límites y escala para la evaluación de los potreros	22
4	Puntaje máximo a cada característica y su valor correspondiente	23
5	Características físicas de los suelos	26
6	Características químicas de los suelos (0-15 cm)	28
7	Características químicas de los suelos (15-30 cm)	29
8	Datos de análisis químico de plantas: Raíces ...	40
9	Datos de análisis químico de plantas: Tallos ...	41
10	Datos de análisis químico de plantas: Terminales	42
11	Datos promedios de: materia seca, proteína y minerales en plantas	56
12	Clasificación de los potreros de acuerdo a su índice de fertilidad	59
13	Relación de los potreros estudiados	85
14	Ubicación, extensión de los potreros y áreas de las especies de pastos	86
15	Rendimiento de materia seca, raíces	87
16	Rendimiento de materia seca, tallos	88
17	Rendimiento de materia seca, terminales	89
18	Escala para la evaluación de las características químicas de los suelos (0 - 15 cm)	90
19	Escala para la evaluación de las características de los suelos (15 - 30 cm)	91

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
20	Escala para la evaluación de los datos de análisis químico de las plantas: Raíces	92
21	Escala para la evaluación de los datos de análisis químico de plantas: Tallos	93
22	Escala para la evaluación de los datos de análisis químico de plantas: Terminales	94
23	Ejemplo de metodología empleada en la evaluación de las propiedades individuales y determinación del índice de fertilidad	95
24	Patrones de comparación para determinar la calidad de pastos	99

LISTA DE FIGURAS

Figura N ^o		<u>Página</u>
1	Contenidos de fósforo y azufre en suelos-zona radical	33
2	Contenido de calcio, magnesio y potasio en suelos-zona radical	34
3	Rendimiento de materia seca (kg/ha)	44
4	Contenidos de proteína cruda en raíces, tallos y terminales	45
5	Contenidos de fósforo, azufre, calcio, magnesio y potasio en raíces: (materia seca)	47
6	Contenidos de fósforo, azufre, calcio, magnesio y potasio en tallos (materia seca)	48
7	Contenidos de fósforo, azufre, calcio, magnesio y potasio en terminales (materia seca)	49

LISTA DE MAPAS

Mapa N ^o	
1	Mapa de Suelos del área de Ganadería
2	Mapa de Capacidad de Uso del área de Ganadería
3	Mapa de Fertilidad del área de Ganadería

1. INTRODUCCION

El análisis químico de suelos y de plantas es considerado como el medio adecuado para el diagnóstico de problemas de producción relacionadas con la fertilidad de los suelos. En el sentido más estricto de la palabra, el término análisis de suelo considera la determinación del estado nutritivo del suelo incluyendo la interpretación, evaluación y en algunos casos la recomendación de fertilizantes.

Por otro lado, el análisis de plantas es considerado como el estudio de la relación entre el contenido de nutrimentos de la planta y su crecimiento. A través de la investigación y de la experiencia se han establecido concentraciones patrón o de referencia de nutrimentos en partes específicas de la planta que a su vez indican el estado nutricional de dicha planta en un determinado momento. En determinados casos, dichas concentraciones en la planta se utilizan como guías para recomendaciones de prácticas de fertilización.

Fundamentalmente, el análisis de los tejidos vegetales se basa en el concepto de que la concentración de nutrimentos en la planta, en un determinado momento representa el valor integrado de todos los factores que han influido en dicha concentración al momento de obtener la muestra.

El presente trabajo considera la utilización en forma combinada del análisis químico de suelo y planta con los siguientes objetivos:

1. Efectuar el diagnóstico del estado de fertilidad de los suelos en estudio y el nivel de concentración de nutrimentos en los pastos correspondientes.
2. Preparar el mapa de fertilidad de los mismos suelos con base en los datos obtenidos en laboratorio.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Relación de los nutrimentos en el suelo y la planta

Según Alba (3) la producción y calidad de los pastos está determinada por los factores: edafogenéticos, estado fisiológico de la planta y climatológicos. La eficiencia de un suelo como factor de producción y calidad de forraje está dada por las propiedades físicas y químicas inherentes a él. Peterson (64) indica que las propiedades físicas del suelo influyen sobre la actividad de las raíces, y afectan el desarrollo de la raíz y la parte aérea de la planta. Jackson (42) indica que paralelas a las propiedades físicas del suelo, se encuentran las químicas que determinan la composición del suelo. Según Millar (55) la fertilidad del suelo en la mayoría de los casos depende de su composición química, pero en sí está dada por la disponibilidad de nutrimentos que la planta absorbe.

Hodgson (38) indica que los suelos dedicados a la producción de pastos y consumidos en forma de pastoreo se conservan mejor, que aquellos que son dedicados a la producción de pastos para el corte. Alba (3) en Costa Rica observó que los suelos ácidos y muy explotados por cultivos continuos dan origen a pastos pobres en calcio; las mismas especies de forraje cultivadas en suelos más fértiles contienen mayor cantidad de minerales.

Bear y Toth (10) observaron en Estados Unidos de Norte América que suelos de buena fertilidad son aquellos que tienen el 65 por ciento del complejo de cambio ocupado por el calcio, 10 por ciento por magnesio, 5 por ciento de potasio y el 20 por ciento ocupado por el hidrógeno.

Fassbender y colaboradores (27) hicieron estudios sobre el contenido de fósforo en varios países centroamericanos indicaron que el fósforo en el trópico es un factor limitante para la producción agrícola. French y Chaparro (33) investigaron los contenidos de fósforo disponible en suelos de varias regiones de Venezuela, y analizaron la materia seca de varios pastos encontraron que el fósforo era deficiente en la mayoría de las muestras.

Chicco (21) en Venezuela y Alba (4) en Costa Rica han observado que con mucha frecuencia se presenta deficiencia de fósforo en las regiones tropicales y subtropicales, donde la precipitación pluvial está irregularmente distribuida, produciendo pastos de bajo contenido de fósforo en épocas secas.

Chicco y colaboradores (22) observaron en Venezuela que es menos frecuente encontrar deficiencia de calcio en animales sometidos a pastoreo. Alba (3) cita que esta deficiencia es más frecuente en animales estabulados. Andrew y Robins (7) en Australia, estudiaron los efectos de la aplicación de potasio sobre el crecimiento de plantas y encontraron que aplicando dosis moderadas ocurrían efectos favorables, pero la aplicación de dosis elevadas producía efectos desfavorables sobre el complejo de cambio, bajando el contenido de otros nutrimentos en la planta. Iorwerth (41) cita que los contenidos de calcio y fósforo de los pastos están influidos por las condiciones del suelo y en general la digestibilidad de los forrajes es menor cuando la disponibilidad de los nutrimentos minerales es limitada, ó cuando estos provienen de suelos con mal drenaje y un pH bajo.

2.2. Influencia de la fertilidad del suelo sobre el valor nutritivo de la planta

Las plantas varían en su composición química de acuerdo con la variación en fertilidad del suelo. Velasco (81) en Costa Rica investigó el contenido de calcio, fósforo y proteína en cuatro regiones, y encontró que los contenidos variaban de acuerdo al lugar y fertilidad del suelo. Las gramíneas tropicales, con su característica de gran crecimiento, son afectadas por los niveles de fertilidad. Comparando los datos de Stewart (73) en Australia, Chicco (21) en Venezuela y de Alba y Semple (5) en Costa Rica en pasto pangola, se observa que los valores son diferentes.

La literatura sobre gramíneas indica que éstas presentan una mayor concentración de proteína y de minerales en la zona templada; pero Stewart (73) estudiando en Australia la producción de un año, encontró que la producción total es mayor en el trópico, debido a la mayor producción de materia verde por hectárea/día/año. Chicco y colaboradores (22) en Venezuela estudiaron el efecto de la fertilidad del suelo en el pasto pangola (Digitaria decumbens) y encontraron que hubo respuesta a la fertilización, en términos de mejor calidad y aumento en digestibilidad. Andrew y Robins (9) estudiaron el efecto del potasio en dos grupos de leguminosas de la zona templada y trópico, en Australia, encontrando respuestas favorables a la fertilización potásica. La respuesta fue más alta en las leguminosas de la zona templada, pero la producción de materia seca fue mayor en el trópico. Alten (6) observó en Estados Unidos de Norte América que el consumo de pasto está

relacionado con el contenido de proteína y minerales, e indicó que los pastos con mayor porcentaje de potasio fueron más consumidos.

Chaudhry y Lonerogan (19) estudiaron en Australia los efectos del nitrógeno, cobre y zinc, aplicados como fertilizantes y encontraron que hay un antagonismo entre estos micronutrientes; la presencia del zinc tiende a bajar el contenido de cobre en la materia seca en los terminales y en las raíces.

2.3. Composición química de la planta con relación a su estado fisiológico

Existen diferencias en los contenidos de proteína y minerales entre distintas especies cultivadas en las mismas condiciones, y aún más dentro de la misma planta. Andrew y Robins (8) investigaron en Australia el contenido de proteína y minerales en un grupo de gramíneas tropicales, y encontraron que los contenidos eran diferentes. Jones (45) en Ohio analizó las diez hojas de una planta de maíz y encontró que el contenido de proteína y minerales eran distintos, siendo mayores los contenidos en las hojas más jóvenes; esta variación también la encontró analizando hojas y tallos de soya.

La variación de la composición química de la planta está dada también por la edad y el tamaño. Según trabajos realizados por Muñoz (56), Alba y Semple (5) a mayor edad de la planta, el contenido de proteína y minerales disminuye notablemente. Cada especie de gramínea tiene una edad determinada en que el contenido de proteína y minerales es máximo. Según Milford y Minson (54) en la mayoría de las gramíneas

utilizadas en pastoreo en Queensland, su máximo contenido lo adquieren después de los 18 a 35 días y son muy pocas las especies que lo alcanzan a los 120 días. Observaron que mientras más corto es el tiempo para adquirir la máxima concentración, la pérdida de ésta es también más rápida, los mismos autores observaron que la mayoría de las gramíneas tropicales adquieren su estabilidad a partir de los 60 días, con un contenido que está por debajo del 3 por ciento de proteína. Muriillo (57) observó que el contenido de calcio y fósforo de los pastos Elefante (Pennisetum purpureum Schum.) y Guinea (Panicum maximum Jacq.), en Costa Rica bajan a medida que aumenta la edad de la planta. Rincón (66) estudió el crecimiento de pasto Elefante también en Costa Rica y observó que la mayor concentración se encontraba en las hojas y la menor en los tallos; la planta tendía a disminuir su porcentaje de nutrientes a medida que aumentaba la edad. El desarrollo de la planta está relacionada con la fertilización. Ellis (26) aplicando nitrógeno al suelo donde se cultivaban gramíneas que crecían en suelo deficiente en nitrógeno observó en Jamaica que la aplicación de nitrógeno aceleró la maduración de la planta y la respuesta se manifestó en mayores rendimientos de material sin afectar el contenido de proteína de la planta.

Fraps (31) efectuó pruebas con diferentes muestras de pastos en Texas y encontró que las diferentes especies mostraban valores decrecientes en fósforo a medida que aumenta la edad de las plantas, mientras el calcio se incrementaba con la edad de la planta. El contenido de nutrientes en los pastos baja a medida que se intensifican los

intervalos de cortes; Vicente-Chandler y colaboradores (82) en Puerto Rico observaron el comportamiento del pasto Guinea, encontraron que los porcentajes de calcio y fósforo disminuían al intensificar los intervalos de corte. Roger (67) trabajando con nueve especies de pastos en Chile observó que el máximo contenido de calcio en las plantas coincidía con el máximo de floración.

2.4. Variación de la composición química de acuerdo con la estación del año

La estación del año afecta a la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo y la composición química de las plantas. Blue y Tergas (13) en Costa Rica (Guanacaste) encontraron que la mayor disponibilidad de fósforo ocurría en la primavera. Todd (79) investigando las variaciones del contenido de proteína cruda y minerales en varias gramíneas en Kenia, encontró que a través de las estaciones del año hay fuertes variaciones en la composición de la planta y observó que durante la estación seca baja el contenido de fósforo y aumenta el de calcio, aumentando la relación Ca/P y disminuye el contenido de proteína, ocurriendo todo lo contrario en la época húmeda.

La temperatura afecta el crecimiento de las plantas, la digestibilidad de los pastos y el contenido de carbohidratos. Wilson y Haydock (85) en Australia estudiando los efectos de la temperatura sobre un grupo de gramíneas encontraron que una temperatura de 26°C aumenta el contenido de materia seca en las raíces y en los terminales, y que estos incrementos de materia seca son mayores en las gramíneas del trópico, aunque disminuye la digestibilidad.

Ludlow (51) estudió en Australia la producción de materia seca y digestibilidad de los pastos tropicales; encontró que éstos tienen las hojas erectas y reciben la luz solar con mayor grado de incidencia que los pastos de la zona templada, indicó que la posición de las hojas y el grado de incidencia de la luz influyen en el contenido de sílice y disminuye la digestibilidad de los pastos.

La máxima producción de materia verde de los pastos es de consideración. Muñoz (56) encontró en Costa Rica que el pasto Elefante tiene la mayor producción en los meses de junio, julio y setiembre, sobre todo para el valle de Turrialba.

2.5. Concentraciones de nutrimentos y niveles críticos

La calidad de los pastos está determinada por el contenido de proteína, minerales, consumo y digestibilidad de la materia seca. Estudios realizados por Milford (53) en Australia y Chicco y colaboradores (22) en Venezuela, sobre el contenido de proteína y minerales, encontraron que las gramíneas tropicales en la mayor parte del año tienen bajos porcentajes de proteína y que los animales en pastoreo sufren mayormente de deficiencia de fósforo aunque es muy raro que se presenten deficiencias de calcio.

Andrew y Robins (9) en Australia estudiando el contenido de fósforo en la materia seca de los terminales de varias gramíneas encontraron que el contenido oscila entre 0,20 a 0,25 por ciento, Velasco (81) en Costa Rica encontró promedios similares para cuatro regiones donde estudió el contenido de fósforo. El Consejo de Investigaciones de EE.UU. de N. A. (N.R.C.) (58) indican que los valores mínimos de

ingestión de fósforo y calcio son de 0,20 por ciento y que este nivel guarda un margen de seguridad hasta para animales jóvenes en pastoreo.

French y Chaparro (33) en Venezuela indican que la deficiencia de potasio en los pastos no ejerce un efecto serio sobre los animales en pastoreo; la deficiencia en el pasto está compensada por el volumen de pasto que el animal ingiere. Andrew y Robins (8) en Australia, investigando el contenido de potasio en leguminosas de la zona templada y del trópico, encontraron mayor concentración en las leguminosas de la zona templada, cuyo rango varía desde 1 hasta 1,20 por ciento y en las leguminosas tropicales el rango va desde 0,75 a 0,90 por ciento.

Tschumi y Satale citados por Demolon (23) indican que las plantas forrajeras dedicadas a la alimentación del ganado deben tener una relación en la materia seca en que la suma del contenido de calcio y magnesio debe ser mayor al contenido de fósforo, indican que el cumplimiento de esta relación evitará la deficiencia de calcio en los animales, además observaron que la deficiencia de estos contenidos es mayor en las leguminosas, considerando una diferencia de 30 a favor del contenido de calcio-magnesio como apta para los animales en crecimiento. Según Whyte y colaboradores (84) pastos con 3,45 por ciento de proteína cruda cumplen con las necesidades mínimas para el ganado en sostenimiento.

Martín y Walker (52) citan que estudios hechos en Oregon por Humphrey y Moore en cultivos de alfalfa para observar la relación nitrógeno/azufre, en 22 potreros mostraron que esta relación constituye una medida de la calidad de forraje y de necesidad de fertilizar el

suelo, que la relación N/S inferior a 11 indica que el suelo suministra azufre, pero relaciones mayores a 15 indican la necesidad de aplicar fertilizantes azufrados al suelo.

2.6. Importancia de los mapas de fertilidad

Buckman (18), Thompson (77) y Tisdale y Nelson (78) presentan mapas del contenido de fósforo de los suelos de Norte América e indican que en la costa plana del Atlántico y la costa del Golfo, los suelos son pobres en fósforo, mientras que los suelos de la costa del Pacífico tienen un contenido adecuado de fósforo.

Kubota (48) durante quince años estudió en 42 estados de Norte América el contenido de cobalto, tanto en leguminosas como en gramíneas, los datos obtenidos de los análisis de las plantas los correlacionó con el estado de salud de los animales. Con estos mismos datos trazó límites de los contenidos de cobalto en el suelo y los relacionó con el material parental.

Beeson (11) y Tisdale y Nelson (78) presentan mapas de deficiencias de elementos menores y cultivos que son afectados. Parker (62) presenta un mapa de los contenidos de fósforo de los Estados Unidos e indica que la costa del Atlántico y la del Golfo los suelos tienen bajo contenido de fósforo, mientras que los suelos aluviales del valle del Mississippi sobre todo en la parte baja, el contenido de fósforo es suficiente, además encontró que los suelos de la zona norte de la costa del Pacífico los suelos tienen un contenido suficiente de fósforo. Alba (4) cita mapas en los que indica la deficiencia de fósforo en los países de la América Latina, además indica las deficiencias de los

elementos menores y el exceso de selenio, como así también las zonas de carencia de iodo.

Kubota et al (47) estudiaron en los Estados Unidos de Norte América el contenido de selenio en varios pastos dedicados a la alimentación del ganado, encontraron zonas con deficiencia de selenio. Estudios realizados en Alaska por los mismos autores encontraron que los pastos eran deficientes en este elemento, mientras que los estudios realizados en Hawaii mostraron que los pastos tenían un contenido suficiente de selenio.

Gardiner y Gorman (35) estudiaron los contenidos de los elementos menores en los suelos de la región occidental de Australia y encontraron que los suelos arenosos eran deficientes en cobre, cobalto y zinc, mientras que en los suelos arcillosos presentaban deficiencia de fósforo. En cuanto al contenido de selenio observaron que los suelos eran deficientes en este elemento y que la deficiencia estaba relacionada con el aumento de la precipitación.

Underwood (80) presenta un mapa en el que indica las regiones del mundo en donde se presentan deficiencias de iodo. Sánchez Durón (72) presentó tres mapas de fertilidad de los suelos mexicanos, indicó que el nitrógeno es deficiente en casi todo el país, el contenido de fósforo no es un elemento deficiente para los cultivos usuales, el contenido de potasio se encuentra en cantidades suficientes en los suelos agrícolas y que su aplicación además de ser justificada deberá ser limitada a cultivos como frutales y caña de azúcar.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

El presente estudio se efectuó en suelos del área de ganadería del IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica, comprendiendo aproximadamente 130 ha de un total de 423,90 ha. El área delimitada comprende 31 potreros cuya cubierta de pastos es principalmente de gramíneas.

Cuadro 1. Especie de gramíneas que se encuentran en el área estudiada.

Nombre vulgar de los pastos	Nombre científico (Whyte 84)
Alemán	<u>Echinochloa polistachya</u> , Hitch
Estrella africana	<u>Cynodon plectostachyus</u> , (K. Schum.) Pilger
Gordura	<u>Melinis minutiflora</u> , Beauv.
Guinea	<u>Panicum maximum</u> , Jacq.
Pangola	<u>Digitaria decumbens</u> , Stent
Setaria	<u>Setaria sphacelata</u> , Hubbard

Además de estos pastos cultivados, hay otras especies nativas que son considerados como pastos naturales.

Los suelos que se encuentran afectando el área en estudio pertenecen a las series Juray, Instituto Arcilloso fase normal; La Margot; Instituto Arcilloso fase pedregosa; Reventazón y Colorado, descritas por Aguirre (1), cuya extensión y distribución se encuentra en el mapa de suelos y de capacidad que se presenta en el Apéndice.

3.2. Procedimiento

3.2.1. Muestreo

Las muestras tanto de plantas como de suelos fueron tomadas en cada uno de los 31 potreros, y los puntos de muestreo fueron determinados por el método del muestreo simple al azar.

Un total de tres a cinco muestras fueron obtenidas en cada potrero de acuerdo con las características del terreno y la homogeneidad o heterogeneidad del suelo con respecto a series y fases determinadas por Aguirre (1).

En cada punto de muestreo se obtuvieron las muestras de plantas siguiendo el método del cuadrante (un metro cuadrado), para así poder estimar la producción de materia seca por área de terreno.

Las muestras de plantas consistieron de tres fracciones:

- a. Parte aérea superior, correspondiente a la que es consumida por el animal, esta fracción fue obtenida a mano simulando la acción de pastoreo por el ganado.
- b. Parte aérea inferior, correspondiente a la que no es consumida por el ganado, y
- c. Raíces.

Las fracciones (b) y (c) fueron tomadas juntas y en una área de 30 x 30 cm en cuadrado dentro del área de un metro cuadrado donde se obtuvo la fracción (a). La separación de las fracciones (b) y (c) se hizo en el cuarto de preparación de muestras del laboratorio de suelos.

La toma de muestras coincidió en todos los casos con el itinerario de pastoreo del ganado, es decir, que las muestras fueron tomadas

un día antes a que el ganado entrara a determinado potrero, ésto con el fin de conocer la calidad de material que va siendo ofrecido al ganado.

Las muestras de suelos para análisis de laboratorio se obtuvieron de dos profundidades: 0 - 15 cm correspondiente a la zona de mayor desarrollo radical del pasto y de 15 - 30 cm ó zona subradical. Ambas muestras fueron obtenidas en tantos puntos como muestras de plantas fueron obtenidas.

Por separado se obtuvieron muestras de suelo de volumen conocido para la determinación de densidad aparente.

Para los análisis de laboratorio se utilizaron muestras compuestas las que fueron obtenidas considerando la topografía del terreno, la homogeneidad del suelo (serie y fase) determinadas en el mapa básico de suelos preparado por Aguirre (1).

3.3. Análisis de Laboratorio:Suelos

Una vez preparada la muestra de campo, se procedió al análisis siguiendo métodos establecidos en el laboratorio de suelos.

3.3.1. Análisis físicos

3.3.1.1. Humedad de las muestras secadas al aire

El porcentaje de humedad se determinó por gravimetría de acuerdo con la técnica de Forsythe (30), a partir de 20 gr de suelo secado al aire, sometidos a secado en horno durante 24 horas, a 105°C. El objeto de la determinación gravimétrica fue de expresar todos los resultados de los análisis con base en masa de suelo seco al horno.

Los cálculos se hicieron de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$M_s = M/1 + (\%H/100)$$

donde:

M_s = Masa de sólidos ó masa del suelo secado al horno

M = Masa del suelo con humedad

$\%H$ = % de humedad gravimétrica del suelo

3.3.1.2. Densidad aparente

Esta determinación se hizo utilizando el cilindro metálico de volumen conocido para obtener la muestra de suelo no alterado; se empleó la técnica indicada por Forsythe (30).

3.3.1.3. Densidad de sólidos

Esta determinación se hizo por el método del picnómetro de aire siguiendo la técnica de Russell (68), utilizando el equipo Beckman, Modelo 930.

3.3.1.4. Porosidad total

Con los datos de la densidad aparente y densidad de partículas se calculó la porosidad total siguiendo la técnica citada por Forsythe (30) mediante la siguiente fórmula:

$$\%E = \text{Porosidad total} = ((D_s - D_a)/D_s) \times 100$$

donde:

E = Porosidad total

D_s = Densidad de partículas o densidad de sólidos

D_a = Densidad aparente.

3.3.1.5. Distribución del tamaño de partículas

La distribución del tamaño de partículas se determinó por el método de Bouyucos (14). Las fracciones de suelo fueron clasificadas de acuerdo con el Sistema Internacional de la Ciencia del Suelo y las clases texturales fueron definidas con el triángulo textural FAO (60).

3.3.1.6. Retención de humedad

Para esta determinación se siguió el método de Richards (65) modificado por Forsythe (30). Este método se fundamenta en la utilización de una olla de presión saturada a diferentes succiones.

3.3.1.7. Humedad volumétrica

La determinación de la humedad volumétrica se efectuó de acuerdo con la técnica indicada por Forsythe (30). El cálculo se hizo multiplicando la densidad aparente por el porcentaje de humedad gravimétrica; según la fórmula:

$$HV = Da \times HG$$

donde:

HV = Humedad volumétrica

Da = Densidad aparente

HG = Humedad gravimétrica

3.3.1.8. Espacio aéreo

El espacio aéreo se calculó de acuerdo con las técnicas indicadas por Forsythe (30). El cálculo se obtiene con los datos de porosidad total y la humedad volumétrica empleando la siguiente fórmula:

E_a = Porosidad total - Humedad volumétrica

donde:

E_a = Espacio aéreo.

3.4. Análisis químicos de suelos

3.4.1. Reacción (pH)

Para esta determinación se siguió la técnica descrita por Peech (63) y se determinó el pH en agua (relación suelo/agua, 1:1) y en solución de KCl 1N. (relación suelo/solución, 1:1). Las lecturas fueron hechas usando el potenciómetro de electrodo de vidrio Coleman, Modelo 39.

3.4.2. Materia orgánica

Esta determinación se hizo de acuerdo con la técnica descrita por Sáiz del Río y Bornemisza (71), basada en el método de Walkley y Black.

3.4.3. Nitrógeno total

La determinación del nitrógeno total se hizo por el método micro Kjeldahl de Bremmer (17).

3.4.4. Fósforo disponible

La determinación se hizo de acuerdo con el método de Bray y Kurtz 1 (16) modificado por Sáiz del Río y Bornemisza (71). Las lecturas se hicieron en el fotocolorímetro Coleman Junior II, Modelo 6/20, en la longitud de onda 650 m μ :

3.4.5. Azufre extraíble

Para esta determinación se empleó el método turbidimétrico de Chaudry y Cornfield (20). Las lecturas se hicieron en el fotocolorímetro Coleman Junior II, Modelo 6/20, en la longitud de onda 440 m μ .

3.4.6. Capacidad de intercambio catiónico

Esta determinación se hizo por el método de Bower et al (15), modificado por Díaz-Romeu y Balerdi (24).

3.4.7. Bases cambiables

Las bases cambiables Ca, Mg, K, se determinaron según el método de Bower et al (15) modificado por Díaz-Romeu y Balerdi (24). Las lecturas se efectuaron en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, Modelo 303.

3.4.8. Aluminio intercambiable

Esta determinación se hizo según el método indicado por Kamprath (46) y Lin-Coleman (50).

3.4.9. Elementos menores totales: Fe, Mn, Zn, Cu y Al

Las extracciones se hicieron de acuerdo con el método de Ulrich citado por Fassbender et al (27), utilizando una mezcla de ácido nítrico-clorhídrico (1:3), ácido sulfúrico y perclórico (4:1). Las lecturas se hicieron en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 303.

3.5. Análisis químicos de plantas

3.5.1. Nitrógeno

Para hacer esta determinación se empleó el método de MicroKjeldahl de Bremmer (17).

3.5.2. Fósforo

La extracción del fósforo se hizo por el método de Jackson (42) utilizando una mezcla de ácido nítrico y perclórico (5:1) y ácido sulfúrico. Las lecturas se efectuaron en el fotocolorímetro Coleman Junior II, Modelo 6/20 en la longitud de onda 650 mμ.

3.5.3. Azufre

La extracción se hizo mediante la oxidación húmeda según el método de Jackson (42). Para la determinación se empleó el método de Chaudry y Cornfield (20). Las lecturas se hicieron en el fotocolorímetro Coleman Junior II, Modelo 6/20 en la longitud de onda 440 mμ.

3.5.4. Determinación de macro y micronutrientes totales

La determinación de los macronutrientes se consideraron el calcio, magnesio, potasio, en los micronutrientes se consideraron el hierro, manganeso, zinc, cobre y aluminio. La extracción de estos elementos se hizo mediante la digestión húmeda según el método citado por Jackson (42), empleando la mezcla nítrico-perclórica (5:1) y ácido sulfúrico. Las lecturas se hicieron en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 303.

3.6. Construcción del mapa de fertilidad

Con los datos de laboratorio del suelo y planta se efectuó la evaluación de los potreros con la finalidad de construir el mapa de fertilidad de los suelos en estudio.

Para poder utilizar los datos de ambos análisis se construyeron escalas de valorización considerando las diferentes características analizadas del suelo y de la planta.

3.6.1. Preparación de las escalas para la clasificación y evaluación de los potreros

Para la evaluación de la fertilidad de los potreros del área de ganadería, se consideraron fundamentalmente las propiedades químicas del suelo y de la planta, al final de la misma se obtuvo una cifra evaluativa que constituyó el índice de fertilidad de dicho potrero.

3.6.2. Metodología

En los suelos se consideran dos grupos de características (zona radical y subradical) y en la planta tres grupos (raíces, tallos y terminales). Cada grupo posee propiedades individuales que corresponden a los elementos analizados y a cada grupo de características se le asigna un valor arbitrario. La suma de estos valores es igual a 100, equivalente a un índice de fertilidad igual a 100. En esta metodología se aplicó la técnica que utilizó Aguirre (1) complementada con la de Storie (74).

Cuadro 2. Valores correspondientes a cada grupo de características.

Suelo	Planta	Grupo de características	Valores asignados sobre 100 puntos
Suelo		Zona Radical	30
Suelo		Zona subradical	10
	Planta	Raíces	10
	Planta	Tallos	20
	Planta	Terminales	30
			100 %

3.6.3. Formación de las clases y escalas

Para formar las clases que van a servir de escala en la clasificación de los potreros, se consideraron los valores extremos (mínimo y máximo) encontrados en cada una de las propiedades individuales. Se tuvo en cuenta la fluctuación de los valores de cada propiedad individual, se descartó aquella característica que tenía el mismo valor en todo el área estudiada.

Teniendo los valores extremos se buscó la diferencia entre ambos, esta diferencia se dividió por el número de clases que se fijó para la clasificación de los potreros, en el presente estudio se consideraron 4 clases:

Valor mínimo encontrado en la propiedad individual: = A

Valor máximo encontrado en la propiedad individual: = B

Se busca la diferencia entre ambos valores:

$$B - A = C$$

La diferencia C se divide por el número de clases que para este caso son cuatro

$$C/4 = D$$

(D es el cociente de la división de la diferencia por el número de clases).

Las clases se forman utilizando los datos generalizados que se expresan arriba. Cada clase tiene dos límites: inferior y superior como se observa en el cuadro siguiente. Las escalas se formaron de acuerdo con la distribución de frecuencias según Ostle (61).

Cuadro 3. Formación de clases, límites y escala para la evaluación de los potreros.

Clase	Límite inferior	Límite superior	Puntaje asignado a cada clase
1	A	A + 1D	1
2	A + 1D + 1	A + 2D	2
3	A + 2D + 1	A + 3D	3
4	A + 3D + 1	A + 4D = B	4

El límite inferior de la primera clase es igual al valor mínimo encontrado en la propiedad individual; el límite superior de la primera clase es igual al límite inferior más una vez el cociente encontrado al dividir la diferencia entre cuatro.

Los límites inferiores a partir de la segunda clase, son iguales

a los límites superiores de las clases anteriores más uno. Los límites superiores son iguales al valor mínimo de la propiedad individual más una, dos, tres y cuatro veces el cociente, el límite superior de la última clase es igual al valor máximo de la propiedad individual.

Cada grupo de características tiene dos valores, uno que corresponde al puntaje máximo que puede llegar al grupo de características y el otro es el valor asignado a cada grupo, así en el siguiente cuadro se detalla.

Cuadro 4. Puntaje máximo asignado a cada característica y su valor correspondiente.

Suelo/ planta	Grupo de características	Puntaje máximo	Valor correspondiente sobre un índice de 100%
Suelo	Radical	51	30
Suelo	Subradical	51	10
Planta	Raíces	48	10
Planta	Tallos	48	20
Planta	Terminales	48	30

3.6.4. Interpretación

Con la escala del Cuadro 3 se compararon los datos obtenidos en el laboratorio; sumando los valores que la escala le asigna a cada propiedad individual. Esta suma se relaciona por medio de una regla de tres simple al puntaje máximo alcanzado del grupo de características, el resultado es una parte del valor asignado sobre un índice de 100.

Este mismo procedimiento se realiza para las otras características. El potrero se evalúa por la suma de los porcentajes de los cinco grupos de características. El puntaje más alto ocupará el primer lugar en la clasificación.

Las escalas que se utilizaron para la evaluación se presentan en los Cuadros 18, 19, 20, 21 y 22 del apéndice. En el Cuadro 23 se presenta un ejemplo de toda la metodología empleada para cada grupo de características.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis físicos

En el Cuadro 5 se presentan los datos referentes a las propiedades físicas de la zona radical y los porcentajes y las clases texturales de ambas zonas.

4.1.1. Densidad aparente

Los valores se encuentran por debajo del valor crítico (1,5 gr/cc) y fluctúan entre 0,77 a 1,18 gr/cc. Con mayor frecuencia se presentan valores por debajo de 1,00. El valor máximo que se encontró fue de 1,18 gr/cc correspondiente a la serie Instituto, lote 216; el valor mínimo fue 0,77 gr/cc correspondiente a la serie Reventazón, lote 209.

4.1.2. Densidad de partículas

Los valores se encuentran por debajo del promedio de 2,65 gr/cc. El valor más frecuente que se presentó fue de 2,61 gr/cc correspondiente a la serie Colorado, lote 411, y el valor mínimo fue de 2,41 gr/cc correspondiente a la serie Juray, lote 124.

4.1.3. Porosidad total

Los valores están por encima del 60 por ciento. El valor máximo que se encontró fue de 69,33 por ciento correspondiente a la serie Reventazón, lote 209 y el mínimo fue de 53,36 por ciento correspondiente a la serie Instituto, lote 216.

Cuadro 15. Características físicas de los suelos

Potes. No	Densidad de Partículas		Porosidad Total	Humedad		Espacio Poreoso	Retención de humedad		Distri. de Partículas		Clase textural		Distri. de Partículas		
	gr/cc	%		gr/cc	%		0,33 bars	15 bars	Arena	Limo	Arcilla	Arena	Limo	Arcilla	%
← Zona subradial: Profundidad 15-30 cm. →															
126	0,90	2,45	44,27	63,27	39,84	23,43	40,02	25,23	34	34	32	France arcilloso	27	30	Arcilloso
138	1,00	2,52	44,27	63,27	41,67	18,65	40,32	26,10	30	34	36	France arcilloso	29	28	43 Arcilloso
252	1,09	2,45	39,14	55,54	42,66	12,88	38,64	23,84	33	30	29	France	31	31	38 France arcilloso
255	0,96	2,50	43,34	62,10	39,84	23,43	40,00	25,38	26	37	37	France arcilloso	20	30	50 Arcilloso
124	1,01	2,41	36,77	58,10	37,13	20,97	38,75	25,70	32	34	34	France arcilloso	28	33	39 France arcilloso
153	0,90	2,54	63,10	64,57	56,74	7,78	37,56	22,39	21	49	30	France arcilloso			
145	0,97	2,46	43,21	60,57	41,91	18,66	37,45	27,37	26	34	40	France arcilloso	21	30	49 Arcilloso
101	0,99	2,48	35,95	60,09	35,99	24,50	36,21	25,00	40	30	30	France arcilloso	31	29	40 Arcilloso
102	0,99	2,41	22,22	58,93	21,99	36,94	34,30	25,58	41	29	30	France arcilloso	35	29	36 France arcilloso
103	1,00	2,49	36,80	59,84	36,80	23,04	32,99	25,33	34	31	35	France arcilloso	33	27	40 Arcilloso
104	0,82	2,49	59,23	66,12	48,56	17,56	32,28	25,57	47	30	23	France	34	32	34 France arcilloso
105	0,97	2,42	45,69	59,29	43,49	16,73	31,74	24,13	36	29	35	France arcilloso	30	40	30 France arcilloso
SERIE JURAY PASTO ESTRELLA															
150	1,07	2,58	50,30	58,53	39,84	23,43	40,02	25,23	33	37	30	France arcilloso	36	37	27 France
155	0,96	2,50	55,23	61,30	52,02	8,58	44,89	24,56	36	37	27	France arcilloso	40	36	24 France
SERIE JURAY PASTO ALEMÁN															
250	0,97	2,43	53,21	60,09	51,61	8,48	35,45	25,22	25	35	40	Arcilloso	32	30	38 France arcilloso
146	0,96	2,36	43,21	62,50	41,91	8,60	32,25	25,17	25	35	40	Arcilloso	26	31	43 Arcilloso
SERIE JURAY PASTO SEPARIÁ															
152	1,05	2,56	44,49	58,98	47,23	11,56	35,99	22,30	27	39	44	Arcilloso	21	35	44 Arcilloso
SERIE COLORADO PASTOS GUINZA-GORDURA															
413	0,92	2,50	43,83	63,20	40,32	20,01	43,60	25,28	30	28	42	Arcilloso	16	16	68 Arcilloso
411	0,87	2,61	52,53	66,67	45,70	20,97	39,38	24,71	18	30	52	Arcilloso	23	30	47 Arcilloso
414	0,83	2,49	55,46	66,67	46,03	20,64	41,58	27,58	13	24	63	Arcilloso	16	28	64 Arcilloso
412	0,83	2,51	51,04	66,94	45,36	28,58	52,72	30,12	14	25	61	Arcilloso	13	26	61 Arcilloso
421	0,90	2,56	51,29	64,85	46,16	18,69	40,56	27,34	14	26	60	Arcilloso	9	26	65 Arcilloso
423	0,90	2,60	52,82	69,39	47,53	17,86	40,70	29,31	8	27	65	Arcilloso	8	47	45 Arcilloso
SERIE REVENTAZON PASTO PANGOLA															
206	0,97	2,46	36,54	60,57	36,41	24,96	35,79	23,78	35	34	31	France arcilloso	31	32	37 Franco
208	0,97	2,44	47,42	60,26	43,08	17,18	35,52	21,25	45	29	26	France arenoso	46	27	27 Fr.Arc.Arenoso
SERIE REVENTAZON PASTO ESTRELLA															
209	0,77	2,51	55,78	69,23	42,95	29,38	42,16	22,69	49	39	12	France	50	37	13 France arenoso
SERIE INSTITUTO PASTO ESTRELLA															
218	0,93	2,55	46,95	63,53	45,66	19,87	38,93	23,34	34	34	32	France arcilloso	31	31	38 France arcilloso
SERIE INSTITUTO PASTO PANGOLA															
201	0,90	2,50	47,46	64,00	42,71	21,29	38,08	24,44	15	36	49	Arcilloso	17	34	49 Arcilloso
SERIE INSTITUTO FASE PEDREGOSA PASTO PANGOLA															
253	0,92	2,45	45,89	62,45	42,21	20,24	38,72	24,89	35	34	31	France arcilloso	30	28	42 Arcilloso
SERIE INSTITUTO PASTO ALEMÁN															
216	1,18	2,53	42,73	53,36	50,42	2,94	43,88	26,94	21	45	34	France arcilloso	23	38	39 France arcilloso
SERIE INSTITUTO LA MARGOT PASTOS NATURALES															
221	1,00	2,60	36,88	61,54	36,80	24,66	42,36	23,93	19	34	47	Arcilloso	19	37	44 Arcilloso

4.1.4. Espacio aéreo

Los valores son variables fluctuando entre 2,94 y 36,94 por ciento. El valor máximo que con mayor frecuencia se presentan está por encima del 20 por ciento y pertenece a la serie Juray, lote 102; el mínimo fue de 2,94 por ciento en la serie Instituto, lote 216.

4.1.5. Retención de humedad

Los valores encontrados para la retención de humedad a 0,33 bar están por encima del 35 por ciento, el valor máximo fue de 52,27 por ciento de humedad gravimétrica, correspondiente a la serie Colorado, lote 412; el mínimo fue de 31,74 por ciento, en la serie Juray, lote 105. Los valores encontrados para la retención de humedad a 15 bares, se encuentran por encima del 20 por ciento. El máximo valor que se encontró fue de 30,12 por ciento correspondiente a la serie Colorado, lote 412, y el mínimo fue de 21,25 por ciento en la serie Reventazón, lote 208.

4.1.6. Clase textural

En la zona radical la clase textural va desde franco hasta arcilloso, la clase que más se presenta es la franca arcillosa. En la zona subradical la clase textural va desde franco arcillosa, a arcillosa predominando esta última.

4.2. Análisis químicos del suelo

En los Cuadros 6 y 7 se presentan los datos de propiedades químicas del suelo correspondiente a la zona radical y subradical respectivamente.

Cuadro 6.- Características químicas de ion suero (0 - 15 cm)

PH	Materia Nitrógeno C/N		Fosforo Azufre P/S		Calcio Magnesio Potasio Aluminio		Relaciones				Microelementos totales										
	H ₂ O	KCl Orgánico Total	Disponibil. traible	C.I.C.	Disponible	traible	C.I.C.	Ca/Mg	Hg/E	Ca. M.	Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Aluminio						
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm						
126	5,50	4,70	8,61	0,61	10,00	11,08	53,56	3,44	0,78	0,06	19,07	1,72	4,41	12,00	39,758	1 055	278	132	92 340		
138	5,20	4,40	7,41	0,36	12,00	6,72	49,11	4,95	2,22	0,06	15,29	2,22	8,00	29,60	50 783	1 367	281	108	99 860		
252	5,35	4,50	6,60	0,37	10,50	8,65	48,04	3,90	1,72	0,12	15,52	2,27	6,40	20,80	44 550	1 237	261	197	107 250		
255	5,35	4,85	4,56	0,38	10,00	14,33	52,36	5,61	2,51	0,67	16,97	2,24	3,34	12,11	47 810	1 283	256	238	98 450		
124	5,30	4,50	7,67	0,45	7,64	5,53	56,18	5,99	3,04	0,88	17,91	1,97	3,45	10,26	43 618	1 929	351	351	108 170		
153	5,15	4,50	5,41	0,31	10,09	30,25	59,13	50,12	2,57	2,41	11,22	1,06	4,82	10,00	58 260	560	338	225	150 480		
145	5,45	4,70	7,51	0,48	9,86	16,25	71,33	47,25	4,92	3,11	1,60	0,50	20,46	5,01	49 446	1 486	422	175	89 883		
102	5,60	4,80	8,18	0,49	7,60	41,50	5,70	37,47	7,23	5,10	1,87	0,06	24,81	1,41	2,72	6,55	21 980	969	228	114	41 040
101	5,50	4,55	8,40	0,42	11,59	40,70	51,86	6,72	2,54	0,62	21,09	1,89	5,70	16,50	32 775	513	200	071	81 510		
103	5,50	4,40	8,50	0,51	9,66	32,40	29,40	58,75	3,51	3,59	1,95	0,07	14,58	3,84	23 447	1 130	396	7	37 290		
104	5,40	4,80	10,85	0,60	10,00	59,00	22,80	48,60	6,72	4,06	0,88	0,06	24,11	1,65	4,61	12,25	27 790	798	314	115	34 200
105	5,25	4,40	10,49	0,53	11,50	25,00	29,10	46,46	5,48	2,64	0,75	0,06	19,24	2,07	3,47	10,68	28 280	392	280	7	96 880
150	5,15	4,45	5,67	0,34	10,00	11,27	3,67	46,16	3,52	3,38	0,66	0,07	16,47	1,04	5,12	12,25	52 617	1 047	293	220	92 433
155	5,05	4,15	5,06	0,34	10,32	31,42	11,25	51,17	1,30	1,01	0,31	0,38	5,92	1,28	3,25	7,45	48 122	359	349	306	98 180
290	5,15	4,45	5,34	0,40	7,72	16,88	13,50	49,53	5,27	2,62	0,48	0,14	17,01	2,01	5,45	16,43	24 444	611	256	84	87 689
146	5,25	4,45	4,39	0,41	9,00	4,37	7	45,12	4,09	1,59	0,11	0,17	12,87	2,77	1,44	51,63	71 963	966	370	185	103 357
152	4,90	4,00	3,95	0,28	8,17	38,40	58,81	57,91	1,64	1,52	0,78	0,37	7,89	1,08	1,94	4,05	46 491	318	332	245	125 895
413	5,35	4,40	8,90	0,45	11,46	7,85	41,50	52,42	3,14	1,59	0,53	0,18	11,04	1,97	3,00	9,49	39 396	557	238	115	92 886
411	5,25	4,45	4,31	0,27	9,20	2,68	34,53	52,21	3,68	1,99	0,58	0,08	13,53	1,84	3,43	9,75	49 810	671	249	196	134 700
414	5,30	4,30	9,39	0,41	13,26	4,36	63,08	51,45	2,53	1,83	0,56	0,29	10,39	1,38	5,26	7,78	48 660	648	310	193	127 503
412	5,13	4,40	10,88	0,53	11,81	4,55	49,10	90,55	3,93	2,46	0,39	0,17	13,78	1,60	6,47	16,70	52 110	621	243	162	138 510
421	5,15	4,25	7,03	0,42	10,00	5,77	41,00	32,33	3,46	2,14	0,22	0,26	12,54	1,61	9,72	25,45	55 542	884	302	247	131 972
423	5,25	4,25	7,09	0,49	8,18	4,65	80,10	45,46	3,04	2,28	0,45	0,15	13,12	1,33	5,05	11,80	52 425	442	275	193	142 917
206	5,25	4,50	6,27	0,37	9,81	15,50	11,45	38,10	3,29	2,28	0,16	0,11	16,25	1,44	4,95	12,10	35 127	285	278	213	116 162
208	5,50	4,70	8,11	0,43	10,93	29,60	7,30	36,99	3,78	2,29	0,57	0,07	17,96	1,70	3,69	10,63	28 047	330	293	110	64 400
209	6,00	4,95	10,15	0,59	10,00	11,55	40,70	57,49	7,67	3,47	0,84	0,05	22,12	2,21	4,13	13,26	62 047	1 200	292	127	51 435
218	5,55	4,35	7,22	0,41	10,19	22,42	4,83	47,57	4,88	2,14	0,54	0,16	16,20	2,28	3,96	13,00	29 187	1 135	325	148	86 830
201	4,75	4,00	5,92	0,36	9,52	9,02	11,45	50,48	1,22	1,11	0,49	0,40	6,32	1,09	2,26	4,75	36 620	343	286	389	114 114
253	5,50	4,70	7,10	0,28	14,67	8,25	8,00	49,57	4,51	2,74	0,55	0,09	15,92	1,64	4,98	13,18	42 588	1 155	248	441	86 066
216	5,35	4,45	5,95	0,27	12,77	19,83	4,00	46,21	3,16	2,13	0,40	0,21	13,00	1,48	5,32	13,22	42 282	512	281	210	75 550
221	5,35	4,40	6,54	0,33	11,48	11,15	24,67	46,97	3,00	2,57	0,69	0,34	35,64	1,56	3,69	9,06	46 428	993	287	177	9 010

ESTANDAR PROVINCIAL DE COMPARACION PARA CATEGORIAS Y LIMITES ADECUADOS*
 Prefundacion 0 - 15 cm

Alto	Medio	Bajo	Adecua
7,5	6,5	5,0	6,5
0,25	0,20	0,05	0,20
11,5	10,0	8,12	10,0
120**	50	20	50
24,0	12,0	4,0	12,0
6,0	3,0	1,0	3,0
0,55	0,35	0,10	0,55
4,0	4,0	4,0	4,0
8,0	8,0	8,0	8,0
4,0	4,0	4,0	4,0
3,0	3,0	3,0	3,0
0,35	0,35	0,35	0,35

* Tomado de: BAUDY, F. The Terralban oxalic (ascosol) and its fertilizer requirements. Inter American Institute of Agricultural Science
 Turrialba, Costa Rica, 1952. 45 p.
 ** Valores para el fósforo por el estado de Truog-

Potrero No	pH		Materia Nitrógeno		Fósforo Azufre E		E.A.S.E.S. C a b b i n a b l e s		Relaciones		Microelementos totales										
	H ₂ O	KCl	Orgánica Total	C/N	Disponible trituble	C.I.C.	Caiceto	Magnesio	Aluminio	Interamb	S.H.	Cu/Hg	Mg/K	Ca + Mg/K	Hierro	Zinc	Cobre	Aluminio			
-----ppm-----																					
-----me/100 gr-----																					
-----%																					
126	5,60	4,80	3,27	0,22	8,63	5,08	0,11	50,06	4,46	2,19	0,50	0,15	15,10	2,03	4,38	13,30	49,000	1,587	257	166	98 502
138	5,55	4,70	2,63	0,19	8,00	4,65	T	50,63	4,60	2,00	0,13	0,03	15,23	2,30	15,37	50,76	48 000	1 124	286	260	10 280
252	5,30	4,45	3,13	0,18	10,00	4,55	T	47,43	3,62	1,44	0,12	0,12	11,32	2,51	3,00	28,11	40 802	598	243	271	105 705
255	5,55	4,75	3,43	0,21	12,40	4,16	T	46,35	4,63	2,12	0,48	0,06	15,13	2,18	4,41	14,06	61 410	1 103	257	213	105 781
124	5,45	4,65	6,46	0,30	9,84	4,90	T	43,73	5,82	2,71	0,86	0,08	21,68	2,14	3,15	9,91	60 900	1 914	334	364	123 250
153	5,45	4,25	3,00	0,20	8,70	20,75	66,25	50,27	2,29	1,46	0,69	0,25	9,02	1,56	2,09	54,34	28 588	244	278	T	74 046
145	5,55	4,80	4,32	0,30	8,33	6,00	5,80	43,09	4,41	2,38	0,99	0,70	18,22	1,85	2,41	68,55	44 421	1 474	252	116	107 308
101	5,70	4,80	8,16	0,49	9,65	41,50	5,65	53,41	5,45	3,27	0,15	0,06	17,37	1,66	21,80	58,13	42 940	678	198	126	119 215
102	5,75	4,60	4,30	0,26	9,61	10,70	16,33	45,34	5,45	2,30	1,40	0,06	22,51	1,65	2,35	64,25	24 732	109	245	109	81 750
103	5,40	4,50	4,07	0,20	8,13	7,20	29,70	44,45	4,27	2,36	0,91	0,09	17,16	1,80	2,59	7,28	32 775	1 425	257	114	68 970
104	5,55	4,60	2,92	0,21	8,09	10,20	22,40	46,06	5,59	2,77	0,83	0,04	20,06	2,01	5,53	10,07	19 040	448	280	112	40 320
105	5,50	4,50	4,64	0,25	10,80	5,50	22,40	43,92	5,87	2,77	0,80	0,08	19,46	2,08	5,46	10,80	29 400	280	280	T	62 720
150	5,35	4,45	3,09	0,25	7,20	8,40	7,27	45,42	2,70	2,31	0,58	0,09	12,51	1,16	4,00	8,63	49 322	491	264	200	107 153
155	5,10	4,25	5,92	0,32	10,71	17,92	19,44	49,39	1,49	1,10	0,33	0,19	6,87	1,35	5,33	7,84	38 900	381	245	190	90 510
250	5,40	4,35	2,04	0,17	6,94	9,93	18,56	49,07	4,41	2,91	0,31	0,12	16,10	1,75	8,70	22,32	26 834	428	260	33	98 104
146	5,35	4,50	4,68	0,30	9,03	2,80	T	41,38	3,16	1,35	0,10	0,11	11,40	2,34	13,50	65,10	44 762	1 257	327	229	97 797
152	5,10	4,10	2,90	0,18	9,33	14,35	81,00	53,35	1,20	1,31	0,68	0,34	7,00	0,80	2,22	3,98	55 950	560	375	250	151 360
413	5,30	4,45	6,08	0,26	12,57	1,66	51,45	52,16	1,65	1,72	0,37	0,31	7,32	0,90	4,64	9,10	42 234	395	262	116	123 598
411	5,60	4,70	6,50	0,41	9,19	4,90	33,10	59,65	5,39	3,15	0,60	0,05	14,34	1,72	5,25	14,23	40 134	797	285	214	100 888
414	5,05	4,30	5,99	0,28	12,30	4,00	60,90	48,25	2,10	1,34	0,25	0,30	8,60	1,56	5,36	13,76	52 082	323	331	207	155 165
412	5,15	4,25	5,43	0,28	11,25	1,85	74,25	43,71	0,98	0,67	0,18	0,17	4,60	1,46	3,72	9,16	59 562	412	230	165	182 050
421	5,20	4,15	4,01	0,24	9,70	5,80	44,20	43,71	1,92	0,99	0,85	0,37	9,08	1,99	1,16	3,42	52 881	451	290	165	136 990
423	4,95	4,15	5,22	0,29	14,58	6,17	79,25	42,82	1,13	0,50	0,21	0,33	5,08	2,26	2,38	4,32	56 031	749	303	166	143 092
206	5,90	4,55	3,79	0,20	11,00	21,47	42,37	35,71	2,86	1,86	0,44	0,14	15,03	1,53	4,22	10,72	25 541	881	215	139	85 490
208	4,65	4,50	5,18	0,32	9,30	19,60	7,33	37,64	3,79	2,23	0,46	0,09	16,58	1,62	4,84	13,08	29 456	440	248	183	54 798
209	6,05	4,90	7,29	0,45	9,37	4,70	38,40	51,65	5,40	2,48	0,67	0,04	14,37	2,17	3,70	11,76	62 160	2 727	221	138	47 865
218	5,35	4,10	6,67	0,23	16,78	13,50	5,47	46,30	4,33	1,90	0,26	0,22	14,46	2,27	7,30	23,96	29 377	619	256	137	129 340
201	5,15	4,20	4,44	0,25	10,40	6,90	29,00	51,62	2,12	2,11	0,39	0,47	9,82	1,00	5,41	10,84	59 740	295	324	206	100 595
253	5,45	4,50	6,20	0,18	10,27	4,48	T	48,76	4,02	2,00	0,54	0,09	13,64	1,32	5,55	13,00	43 370	829	249	247	93 895
216	5,35	4,80	4,26	0,26	9,50	16,00	7,31	50,12	2,55	1,72	0,18	0,35	9,64	1,48	9,55	23,72	55 556	512	276	363	121 339
221	5,10	4,30	3,78	0,45	6,70	12,25	29,80	49,05	4,70	2,35	0,31	0,14	17,48	1,87	0,22	23,67	33 860	2 923	271	149	12 420

LABORATORIO FERTILIZANTES Y PRODUCTOS QUÍMICOS S.A. - SUCURSAL - PROFUNDIDAD 15 - 30 cm.

Alto	Medio	Bajo	Adecuado
7,5	6,5	5,0	4,5
11,5	10,0	8,5	7,0
96*	37	15	37
1,5	1,0	0,5	0,5
10,0	10,0	10,0	10,0

*Fondo de: HUBY, F. The Fertilizer Institute and its fertilizer requirements. Inter American Institute of Agriculture Release. Fertilizer Institute, 1962, 46 p. **Valores para el Fósforo varían de 0,5 a 0,8.

4.2.1. Reacción del suelo

En el Cuadro 6 el pH en la zona radical es mayor de 5,00 llegando en un sólo potrero a un pH 6,00 correspondiente a la serie Reventazón, lote 209. Los valores de pH en la solución de KCl 1N son menores, en contrándose arriba de pH 4,00, llegando al máximo valor de pH 4,95. La diferencia entre ambas mediciones fluctúa entre 0,85 a 1,25.

En el Cuadro 7 que corresponde a la zona subradical, las mediciones de la reacción del suelo se siguió el mismo procedimiento de la zona radical. La mayoría de los valores en agua se encuentran arriba de pH 5,00, el máximo fue de pH 6,05 correspondiente a la serie Reventazón, lote 209. Los valores en KCl 1N alcanzaron valores arriba de pH 4,00, con un valor máximo de pH 4,90 en la serie Reventazón, lote 209. La diferencia entre ambas mediciones es de 0,55 a 1,55. La zona radical presenta valores de pH ligeramente bajos, siendo mayores en la zona subradical.

4.2.2. Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica es mayor en la zona radical, las mayores cantidades se encuentran en la serie Juray, Colorado y Reventazón. El valor más frecuente en los potreros es superior al 7 por ciento y el máximo valor que se obtuvo fue de 10,88 por ciento correspondiente a la serie Reventazón, lote 209.

En la zona subradical el porcentaje de materia orgánica es menor, los valores más altos se encuentran en las series Juray y Colorado, y el valor dominante se encuentra arriba del 4 por ciento. El mayor porcentaje es de 8,16 por ciento correspondiente a la serie Juray,

lote 101. El contenido de materia orgánica en ambas zonas tienen una diferencia de un 40 por ciento.

4.2.3. Nitrógeno total

Al igual que la materia orgánica el mayor porcentaje de nitrógeno total se encuentra en la zona radical. Las series Juray y Reventazón son las que tienen los mayores valores, el valor que con más frecuencia se presenta en el área es del 0,40 por ciento. El máximo valor que se encontró fue de 0,60 por ciento en la serie Juray, lote 104.

En la zona subradical los porcentajes son menores a los obtenidos en la zona radical; el valor que más domina en el área es del 0,25 por ciento. Las series Reventazón y Juray son las que tienen los mayores porcentajes. El valor máximo corresponde a la serie Juray, lote 101. La diferencia del contenido de nitrógeno entre ambas zonas es pequeña.

La relación C/N en la zona radical, muestra valores entre 7 y 14. En la zona subradical los valores son más bajos.

4.2.4. Fósforo disponible

El contenido de fósforo disponible es mayor en la zona radical. Las series Instituto y Juray son las que presentan los mayores valores. La concentración de mayor frecuencia es 15 ppm; el máximo es de 59 ppm, correspondiente a la serie Juray, lote 104.

En la zona subradical los valores son menores, la concentración que con mayor frecuencia se presenta es de 4 ppm. El máximo valor encontrado fue de 41 ppm correspondiente a la serie Juray, lote 101.

4.2.5. Azufre extraíble

La concentración de azufre extraíble en la zona subradical es mayor que en la zona radical. En esta zona los valores son muy variables y se encuentran desde trazas hasta 80 ppm. Las series Colorado y Juray son las que presentan las mayores cantidades, aunque en forma irregular. La mayor concentración se encuentra en la serie Colorado, lote 423.

En la zona subradical el contenido es mayor en relación a la zona radical, los valores fluctúan marcadamente y van desde trazas hasta 81 ppm correspondiente a la serie Juray, lote 152. En la Figura 1 se presentan gráficamente las concentraciones de fósforo y azufre en la zona radical de cada uno de los potreros del área estudiada.

4.2.6. Capacidad de Intercambio Catiónico

La Capacidad de Intercambio Catiónico es muy similar en ambas zonas, siendo ligeramente mayor en la zona radical. La capacidad tiende a bajar en la serie Colorado, lote 424 y en la serie Reventazón, lotes 206 y 208.

En la zona radical el máximo es de 58 me/100 gr correspondiente a la serie Juray, lote 103; en la zona subradical el valor máximo es de 55 me/100 gr correspondiente a la serie Colorado, lote 411.

4.2.7. Bases cambiables

En el Cuadro 6 se presentan las concentraciones correspondientes a la zona radical y en el Cuadro 7 a la zona subradical. En la Figura 2 se presentan gráficamente los valores correspondientes a las bases

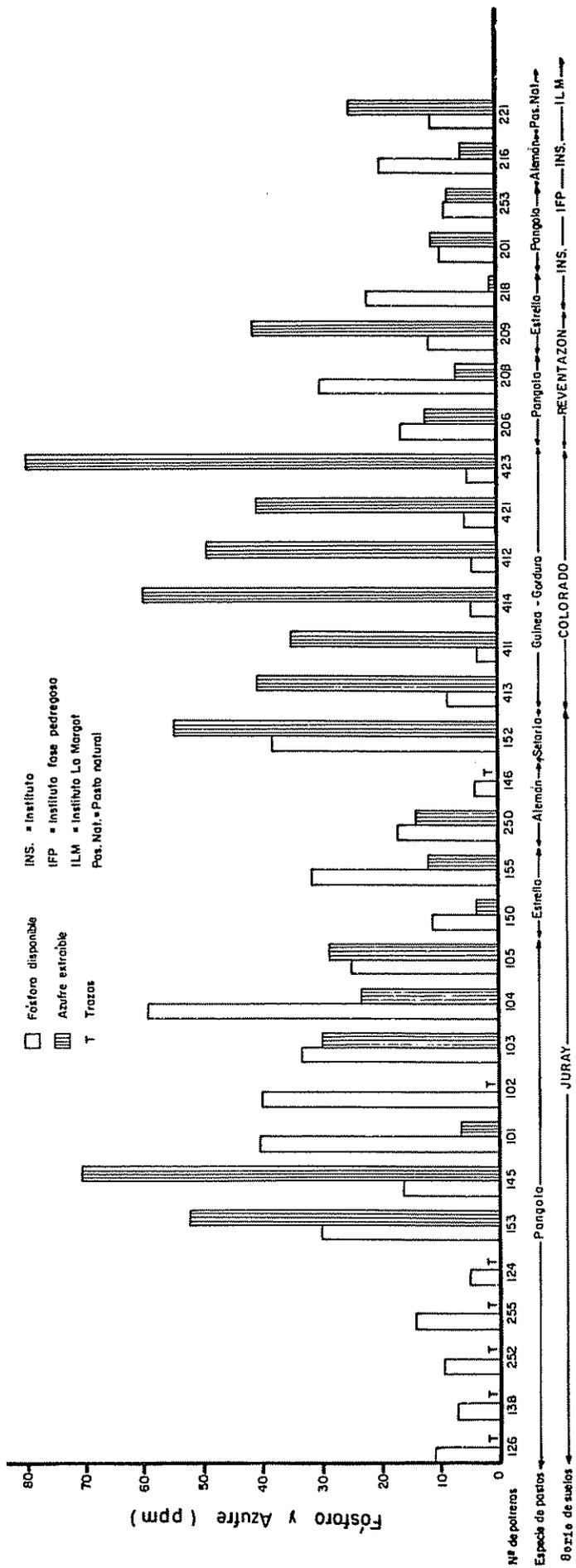


Figura 1. Contenidos de fósforo y azufre en suelos - zona radical -

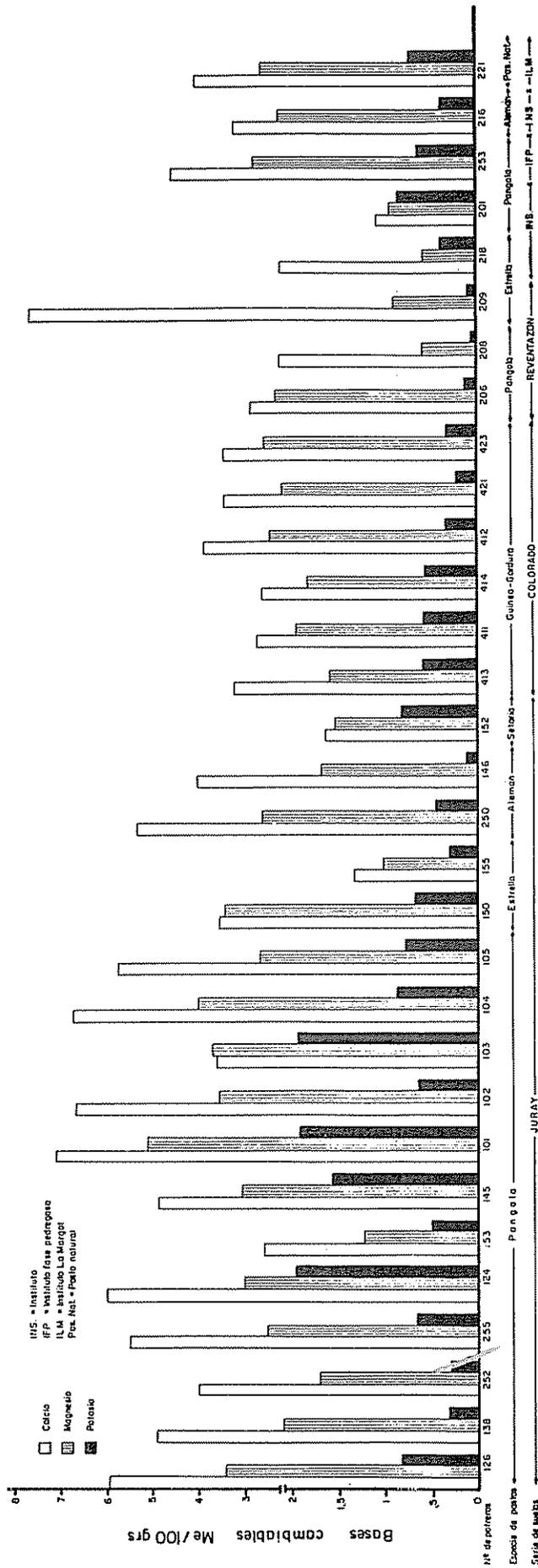


Figura 2 Contenido de calcio, magnesio y potasio intercambiable en suelos - zona radical -

cambiables: calcio, magnesio y potasio de la zona radical y de cada uno de los potreros del área estudiada.

4.2.7.1. Calcio

El contenido de calcio es variable, la concentración es mayor en la zona radical. Las series Juray y Reventazón tienen las mayores concentraciones. El valor que más frecuente se encuentra en el área es 3 me/100 gr. El máximo valor es de 7,67 me/100 gr correspondiente a la serie Reventazón, lote 209.

En la zona subradical los contenidos son menores, sus valores son irregulares y varían alrededor de 2 me/100 gr. Las mayores concentraciones se encuentran en las series Juray y Reventazón. El valor máximo obtenido fue de 5,87 me/100 gr correspondiente a la serie Juray, lote 105.

4.2.7.2. Magnesio

El contenido de magnesio es mayor en la zona radical, aunque inferior a la del calcio. La serie Juray presenta la más alta concentración seguida de las series Instituto y Reventazón.

En la zona radical el máximo valor encontrado fue de 5,10 ppm/100 gr correspondiente a la serie Juray, lote 101.

En la zona subradical el contenido es menor pero menos variable que en la zona radical. El valor máximo encontrado fue de 3,30 ppm/100 gr correspondiente a la serie Juray, lote 102.

4.2.7.3. Potasio

La concentración de potasio cambiable es mayor en la zona radical,

los valores más altos se encontraron en las series Juray y los más bajos en la serie Reventazón; la concentración que se presenta con más frecuencia es de 0,59 me/100 gr. En la zona radical el valor máximo es de 1,95 me/100 gr correspondiente a la serie Juray, lote 103.

En la zona subradical la concentración es menor en relación a la zona radical, el valor máximo encontrado es de 1,40 me/100 gr correspondiente a la serie Juray, lote 102.

4.2.7.4. Aluminio intercambiable

El aluminio intercambiable es muy bajo, inferior a un miliequivalente/100 gr. Los valores numéricos son mayores en la zona subradical.

4.2.7.5. Saturación de bases

La saturación de bases es mayor en la zona radical, el máximo valor fue de 24 por ciento, correspondiente a la serie Juray, lote 101. En la zona subradical los valores son aun más irregulares, el máximo valor que se encontró fue de 22,51 por ciento correspondiente a la serie Juray, lote 120.

En ambas zonas se observa que sus porcentajes parecen estar influenciados por el pH y la presencia del calcio en el complejo de cambio y la capacidad de intercambio catiónico.

4.2.7.6. Relaciones de bases

En la relación Ca/Mg en ambas zonas el valor dominante es uno. En la zona radical el máximo valor es de 2,77 correspondiente a la serie Juray, lote 146 y el mínimo fue de 0,97 correspondiente a la serie Juray, lote 103.

En la zona subradical el valor máximo fue de 2,34 en la serie Juray, lote 146, y el mínimo fue de 0,80, también en la serie Juray, lote 152.

La relación Mg/K en la zona radical muestra valores alrededor de 3 y en la zona subradical de 4. El mayor valor es igual a 8 y corresponde a la serie Juray, lote 138 y el menor fue de 1,44 y corresponde a la serie Juray, lote 146.

En la zona subradical el valor máximo es de 21,80 correspondiente a la serie Juray, lote 101 y el mínimo fue 0,22 correspondiente a la serie Instituto, lote 121.

La relación $\frac{Ca + Mg}{K}$ es muy variable en ambas zonas, encontrándose se los mayores valores en la zona subradical. En la zona radical el mayor valor fue de 51,63, en la serie Juray, lote 146, y el menor valor hallado fue de 3,84, serie Juray, lote 103.

En la zona subradical el máximo valor es de 68, en la serie Juray, lote 145, y el mínimo es de 3,98, correspondiente a la serie Juray, lote 152.

4.2.7.7. Concentraciones totales de micronutrientos

4.2.7.7.1. Hierro total

El contenido de hierro es mayor en la zona subradical. Las series Juray y Colorado son las que presentan los más altos valores. En la zona radical el valor que domina el área es de 45 000 ppm, el máximo valor fue de 71 963 ppm correspondiente a la serie Juray, lote 146.

En la zona subradical los valores son casi similares en el área y

en las series, el máximo valor fue de 62 160 ppm correspondiente a la serie Reventazón, lote 209.

4.2.7.7.2. Manganeso

El manganeso se encuentra en menor proporción que el hierro, el mayor contenido se encuentra en la zona radical, las series Juray e Instituto son las que presentan los mayores valores; el valor que con más frecuencia se presenta es de 1 100 ppm; el valor máximo encontrado es de 1 929 ppm correspondiente a la serie Juray, lote 124.

En la zona subradical, el contenido es menor en relación a la zona radical; las series Juray y Reventazón son las que presentan los valores más altos de la zona, el valor dominante es de 500 ppm; el máximo valor encontrado fue de 2 227 ppm, en la serie Reventazón, lote 209.

4.2.7.7.3. Zinc

El contenido de zinc es mayor en la zona radical, sus valores encontrados son casi similares en todos los potreros. Las series Juray y Colorado presentan los valores más altos. El máximo valor es de 422 ppm en la serie Juray, lote 145.

En la zona subradical son casi similares en todas las series, el máximo valor encontrado es de 376 ppm en la serie Instituto, lote 216.

4.2.7.7.4. Cobre

La concentración de cobre es menor en la zona radical, los mayores valores se encuentran en las series Juray e Instituto, pero dentro de la serie Juray se encuentran trazas en los lotes 105 y 103; el mayor valor detectado fue de 441 ppm en la serie Instituto, lote 253.

En la zona subradical se encuentran los valores más altos, especialmente en las series Juray e Instituto. El máximo valor encontrado fue de 464 ppm en la serie Juray, lote 124.

4.2.7.7.5. Aluminio

Este es el micronutriente que se encuentra en mayor cantidad en relación a los demás. Su contenido en ambas zonas es muy variable, las concentraciones más altas se encuentran en las series Juray y Colorado. El máximo valor encontrado fue de 15 por ciento en la serie Juray, lote 153.

En la zona subradical los contenidos varían, siendo mayores que en la zona radical, el máximo valor encontrado es de 18 por ciento en la serie Colorado, lote 412.

4.3. Análisis químico de las plantas

Las especies de pastos analizados fueron establecidos en diferentes épocas al momento del muestreo, todos los potreros tenían los mismos tratamientos y cuidados, siendo su período de rotación de 25 a 30 días*.

En los Cuadros 8, 9 y 10 se presentan los valores encontrados en los análisis químicos de las diferentes partes de la planta por potrero. Los análisis que se hicieron se describen a continuación.

* Fuentes, G. y Mora, R. IICA-CTEI. Comunicación personal.

Cuadro 8 .- Datos de análisis químico de plantas: Raíces

Potrero No	Materia		Proteína Nitrógeno		Fósforo	Azufre	Calcio	Magnesio	Potasio	Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Aluminio
	seca	Cruda	total											
	Kg/Ha			%								ppm		
<u>SERIE JURAY PASTO PANGOLA</u>														
126	5 583	2,31	0,37	0,24	0,34	0,14	0,26	0,79	7 600	470	211	32	16 100	
138	6 644	1,31	0,21	0,14	0,25	0,05	0,13	0,46	22 033	800	118	80	36 000	
252	9 983	1,88	0,30	0,14	0,13	0,02	0,11	0,50	18 500	580	115	130	35 000	
255	7 244	1,56	0,25	0,18	0,15	0,06	0,23	0,90	10 663	616	137	54	18 200	
124	11 144	1,56	0,25	0,15	0,13	0,18	0,15	0,69	9 850	620	144	48	26 700	
153	6 644	1,44	0,23	0,18	0,15	0,06	0,17	0,81	18 900	750	152	63	25 100	
145	10 811	2,13	0,34	0,14	0,23	0,13	0,23	1,11	6 200	525	195	45	14 500	
101	12 633	1,81	0,29	0,25	0,18	0,12	0,25	1,14	7,700	420	120	40	13 000	
102	8 822	1,81	0,29	0,25	0,18	0,14	0,26	1,19	6 600	460	175	40	16 000	
103	10 325	1,81	0,29	0,22	0,13	0,15	0,22	0,99	10 900	700	137	40	20 000	
104	15 800	1,81	0,29	0,25	0,21	0,11	0,19	0,97	5 800	340	138	35	10 500	
105	15 000	1,56	0,25	0,17	0,13	0,13	0,23	0,85	13 100	600	156	60	24 800	
<u>SERIE JURAY PASTO ESTRELLA</u>														
150	4 177	2,06	0,33	0,13	0,20	0,02	0,39	0,81	27 767	400	109	120	38 000	
155	3 811	1,94	0,31	0,13	0,12	0,01	0,12	0,53	12 600	285	125	107	40 150	
<u>SERIE JURAY PASTO ALEMAN</u>														
250	4 938	1,69	0,27	0,14	0,19	0,08	0,18	0,92	5 566	443	136	55	16 000	
146	8 033	1,13	0,18	0,14	0,12	0,02	0,17	0,58	23 300	825	138	110	25 300	
<u>SERIE JURAY PASTO SETARIA</u>														
152	6 638	1,44	0,23	0,18	0,13	0,02	0,13	0,57	21 100	470	175	75	40 000	
<u>SERIE COLORADO PASTOS GUINEA-GORDURA</u>														
413	9 016	1,94	0,31	0,10	0,60	0,06	0,18	0,77	13 613	300	144	71	32 200	
411	7 306	1 69	0,27	0,15	0,04	0,11	0,22	0,66	15 200	456	183	60	26 500	
414	6 244	1,81	0,29	0,15	0,15	0,08	0,21	0,74	14 233	370	184	59	20 400	
412	4 689	1,94	0,31	0,16	0,15	0,06	0,20	0,77	12 350	235	147	52	16 300	
421	4 445	2,25	0,36	0,12	0,13	0,08	0,26	0,70	12 300	280	141	45	19 100	
423	4 656	3,38	0,54	0,15	0,17	0,08	0,21	0,83	11 800	300	225	45	13 900	
<u>SERIE REVENTAZON PASTO PANGOLA</u>														
206	8 222	1,69	0,27	0,21	0,14	0,12	0,23	0,98	5 750	485	196	52	15 300	
208	9 155	1,94	0,31	0,19	0,17	0,11	0,19	0,74	6 500	347	119	50	9 100	
<u>SERIE REVENTAZON PASTO ESTRELLA</u>														
209	2 056	1,86	0,30	0,16	0,15	0,08	0,15	0,97	32 250	700	133	54	12 200	
<u>SERIE INSTITUTO PASTO ESTRELLA</u>														
218	4 983	1,69	0,27	0,20	0,39	0,03	0,13	0,89	13 133	293	144	60	23 700	
<u>SERIE INSTITUTO PASTO PANGOLA</u>														
201	9 388	1,75	0,28	0,21	0,14	0,06	0,17	0,74	14 450	515	127	65	20 800	
<u>SERIE INSTITUTO FASE PEDREGESO PASTO PANGOLA</u>														
253	1 610	1,56	0,25	0,14	0,13	0,20	0,17	0,83	8 150	535	133	70	15 000	
<u>SERIE INSTITUTO PASTO ALEMAN</u>														
216	4 383	1,31	0,21	0,15	0,18	0,06	0,18	0,77	18 033	330	107	93	30 200	
<u>SERIE INSTITUTO LA MARGOT PASTOS NATURALES</u>														
221	10 326	1,50	0,24	0,19	0,20	0,07	0,22	0,84	6 900	415	117	50	12 700	

Cuadro 9.- Datos de análisis químico de plantas: Tallos

Potrero No	Materia seca Kg/Ha	Proteína Nitrógeno		Fósforo	Azufre	Calcio	Magnesio	Potasio	Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Aluminio		
		Cruda	Total												
				%		ppm									
<u>SERIE JURAY PASTO PANGOLA</u>															
12f	4 355	2,94	0,47	0,25	0,18	0,16	0,30	2,17	4 230	413	169	17	0 800		
13f	3 400	1,69	0,27	0,17	0,17	0,08	0,16	0,86	3 400	513	115	32	4 100		
25a	8 611	1,94	0,31	0,45	0,17	0,06	0,14	0,77	8 150	640	117	22	10 350		
25f	7 722	2,00	0,32	0,25	0,12	0,13	0,23	0,23	5 566	646	135	18	6 400		
12h	5 600	2,00	0,32	0,18	0,12	0,48	0,15	0,94	2,200	493	168	11	2 500		
15b	4 144	2,75	0,44	0,25	0,23	0,08	0,25	1,20	6 850	720	147	23	3 000		
14c	7 827	2,44	0,39	0,24	0,23	0,75	0,23	1,11	1 900	475	163	16	2 900		
101	5 794	1,94	0,31	0,29	0,13	0,25	0,32	1,86	1 700	390	122	10	2 000		
102	6 383	2,00	0,32	0,29	0,10	0,20	0,28	1,70	1 700	380	130	16	2 000		
103	7 111	2,00	0,32	0,22	0,18	0,18	0,48	2,18	4,200	380	155	20	2 300		
104	6 767	2,00	0,32	0,28	0,10	0,24	0,32	2,25	1 100	270	144	14	1 300		
105	7 344	1,69	0,27	0,20	0,18	0,20	0,26	1,30	2 000	410	148	14	3 700		
<u>SERIE JURAY PASTO ESTRELLA</u>															
150	4 977	2,56	0,41	0,14	0,21	0,03	0,17	1,59	7 500	237	70	35	9 800		
15b	2 150	2,56	0,41	0,15	0,23	0,03	0,20	0,52	3 400	340	100	27	4 300		
<u>SERIE JURAY PASTO ALEMÁN</u>															
250	5 333	1,94	0,31	0,25	0,14	0,21	0,30	1,58	813	306	96	15	2 400		
146	5 122	1,25	0,20	0,24	0,10	0,12	0,26	1,14	2 250	395	93	29	4 000		
<u>SERIE JURAY PASTO SETARIA</u>															
152	4 666	1,50	0,24	0,26	0,43	0,06	0,30	2,14	1 975	380	102	11	2 600		
<u>SERIE COLORADO PASTOS GUINEA-GORDURA</u>															
413	6 472	2,25	0,36	0,22	0,18	0,16	0,34	2,01	8 800	230	128	14	14 500		
411	6 756	1,56	0,25	0,21	0,17	0,23	0,38	1,46	5 133	233	146	11	6 600		
414	5 594	1,75	0,28	0,33	0,24	0,16	0,44	1,39	4 100	266	192	13	5 000		
412	3 200	2,50	0,40	0,20	0,18	0,30	0,39	1,21	2 300	265	75	11	4 200		
421	2 000	2,31	0,37	0,24	0,15	0,23	0,41	1,93	3 600	230	105	21	12 500		
423	4 889	3,34	0,54	0,41	0,21	0,22	0,44	2,94	2 550	215	88	16	3 900		
<u>SERIE REVENTALÓN PASTO PANGOLA</u>															
206	5 122	1,75	0,28	0,25	0,19	0,16	0,24	1,43	1 745	475	119	22	4 500		
208	6 155	2,13	0,34	0,22	0,18	0,14	0,22	1,19	1 567	260	99	16	1 700		
<u>SERIE REVENTALÓN PASTO ESTRELLA</u>															
209	5 667	2,13	0,34	0,20	0,25	0,18	0,20	2,45	3 850	90	40	26	1 200		
<u>SERIE INSTITUTO PASTO ESTRELLA</u>															
218	6 133	1,69	0,27	0,26	0,14	0,05	0,14	1,50	1 400	173	221	12	2 100		
<u>SERIE INSTITUTO PASTO PANGOLA</u>															
201	5 988	1,69	0,27	0,26	0,12	0,05	0,26	1,18	2 600	575	122	12	3 033		
<u>SERIE INSTITUTO FASE PEDREGOSO PASTO PANGOLA</u>															
253	9 878	1,81	0,29	0,36	0,19	0,14	0,19	1,08	3 250	490	144	14	4 800		
<u>SERIE INSTITUTO PASTO ALEMÁN</u>															
216	6 277	2,19	0,35	0,20	0,20	0,06	0,27	1,23	4 100	463	86	21	4 800		
<u>SERIE INSTITUTO LA MARGOT PASTOS NATURALES</u>															
221	5 026	1,69	0,27	0,25	0,19	0,11	0,33	1,88	1 800	445	95	16	2 000		

Cuadro 10 .- Datos de análisis químico de plantas: Terminales

Potrero No	Materia		Proteína		Nitrógeno		Fosforo	Azufre	Calcio	Magnesio	Potasio	Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Aluminio
	Seca	Cruda	Total													
	Kg/Ha															
<u>SERIE JURAY PASTOS PANGOLA</u>																
126	800	4,63	0,74	0,33	0,15	0,30	0,38	2,76	700	223	85	19	400			
138	1 200	3,25	0,52	0,32	0,17	0,23	0,26	0,42	706	409	63	11	600			
252	807	3,94	0,63	0,29	0,11	0,24	0,27	2,12	1 600	565	64	16	2 050			
255	679	3,25	0,52	0,34	0,15	0,32	0,90	2,34	1 283	450	75	13	1 600			
124	1 340	3,00	0,48	0,30	0,16	0,49	0,27	2,02	2 000	460	72	17	1 166			
153	1 105	3,50	0,56	0,28	0,23	0,15	0,43	2,09	2 910	730	99	18	2 800			
145	1 253	4,25	0,68	0,27	0,35	0,28	0,41	2,38	1 060	485	87	14	1 700			
101	1 464	3,50	0,56	0,27	0,30	0,75	0,48	2,76	600	470	104	18	500			
102	1 320	3,75	0,60	0,33	0,35	0,60	0,48	2,95	600	360	95	26	700			
103	1 311	3,50	0,56	0,28	0,21	1,17	0,48	2,75	620	350	94	20	800			
104	1 589	3,50	0,56	0,35	0,25	1,20	0,43	3,14	1 450	340	104	20	800			
105	1 194	3,13	0,50	0,32	0,30	0,83	0,41	2,20	600	444	92	23	600			
<u>SERIE JURAY PASTO ESTRELLA</u>																
150	1 155	4,38	0,70	0,25	0,17	0,11	0,24	2,41	2 867	210	66	16	3 700			
155	994	4,63	0,74	0,27	0,23	0,12	0,31	2,34	925	525	59	19	1 300			
<u>SERIE JURAY PASTO ALEMAN</u>																
250	685	3,38	0,54	0,27	0,21	0,37	0,40	1,83	1 183	393	114	14	2 600			
146	1 118	3,31	0,53	0,35	0,30	0,33	0,48	2,23	1 190	510	99	15	1 600			
<u>SERIE JURAY PASTOS SETARIA</u>																
152	1 074	2,75	0,44	0,23	0,11	0,04	0,21	1,39	4 300	520	151	28	6 900			
<u>SERIE COLORADO PASTOS GUINEA-GORDURA</u>																
413	1 982	3,38	0,54	0,23	0,26	0,75	0,45	1,53	1 233	250	44	20	1 100			
411	1 646	3,00	0,48	0,28	0,21	1,18	0,48	1,76	1 373	210	99	25	1 100			
414	2 049	3,00	0,48	0,24	0,24	0,45	0,53	1,65	786	323	113	31	2 600			
412	1 586	3,38	0,54	0,25	0,25	0,55	0,77	2,13	500	260	84	26	600			
421	1 541	2,88	0,46	0,43	0,27	0,70	0,40	1,54	850	315	151	31	1 300			
423	1 880	3,94	0,63	0,27	0,25	0,31	0,46	2,77	1 270	195	70	29	1 900			
<u>SERIE REVENTAZON PASTO PANGOLA</u>																
206	1 168	3,31	0,53	0,31	0,41	0,32	0,34	1,79	875	485	67	14	1 100			
208	1 552	3,19	0,51	0,31	0,24	0,27	0,38	2,25	1 050	267	67	14	1 100			
<u>SERIE REVENTAZON PASTO ESTRELLA</u>																
209	1 939	3,19	0,67	0,32	0,27	0,21	0,28	2,80	400	60	91	24	400			
<u>SERIE INSTITUTO PASTO ESTRELLA</u>																
218	1 450	2,38	0,38	0,30	0,25	0,20	0,27	1,99	700	227	66	13	400			
<u>SERIE INSTITUTO PASTO PANGOLA</u>																
201	1 425	2,81	0,45	0,35	0,19	0,14	0,37	2,08	930	425	71	14	1 600			
<u>SERIE INSTITUTO FASE PEDREGOSO PASTO PANGOLA</u>																
253	1 040	3,38	0,54	0,33	0,15	0,29	0,31	2,50	725	380	86	14	4 300			
<u>SERIE INSTITUTO PASTO ALEMAN</u>																
216	875	4,00	0,64	0,34	0,36	0,22	0,43	2,22	1 740	610	70	15	2 500			
<u>SERIE INSTITUTO LA MARGOT PASTOS NAUTURALES</u>																
221	1 537	2,75	0,44	0,31	0,25	0,15	0,43	1,90	325	425	78	25	500			

4.3.1. Rendimiento de materia seca en: raíces, tallos y terminales

En los Cuadros 15, 16 y 17 del apéndice se presentan los rendimientos de materia seca de las diferentes partes de la planta y expresadas en Kg/ha. En la Figura 3 se presenta en forma gráfica el rendimiento de la materia seca de las distintas partes de la planta por potrero. Se observa que el contenido de materia seca en las raíces es mayor en relación a las otras partes de la planta.

En las raíces los contenidos son variables, se encontraron valores que fluctúan entre 1 610 y 15 800 Kg/ha, el mayor rendimiento fue de la especie Pangola, serie Juray, lote 104 y el mínimo corresponde a la especie Pangola, serie Instituto fase pedregosa, lote 253.

En los tallos se observa que los contenidos fluctúan entre 2 000 y 9 879 Kg/ha. El valor máximo está en la mezcla de las especies Guinea Gordura, serie Colorado, lote 421 y el máximo valor se encontró en la especie Pangola, serie Instituto, fase pedregosa, lote 253.

En los terminales los contenidos de materia seca son más uniformes, los valores encontrados van desde 679 hasta 2 049 Kg/ha, el menor valor corresponde a la especie Pangola, serie Juray, lote 255 y el máximo está en la serie Colorado, mezcla de las especies Guinea-Gordura, lote 414.

4.3.2. Proteína cruda (N x 6,25)

En los Cuadros 8, 9 y 10 se presentan los valores de nitrógeno y proteína en las diferentes partes de la planta y por potrero, además en la Figura 4 se presentan gráficamente los contenidos de proteína cruda encontrados en las raíces, tallos, terminales y por potrero.

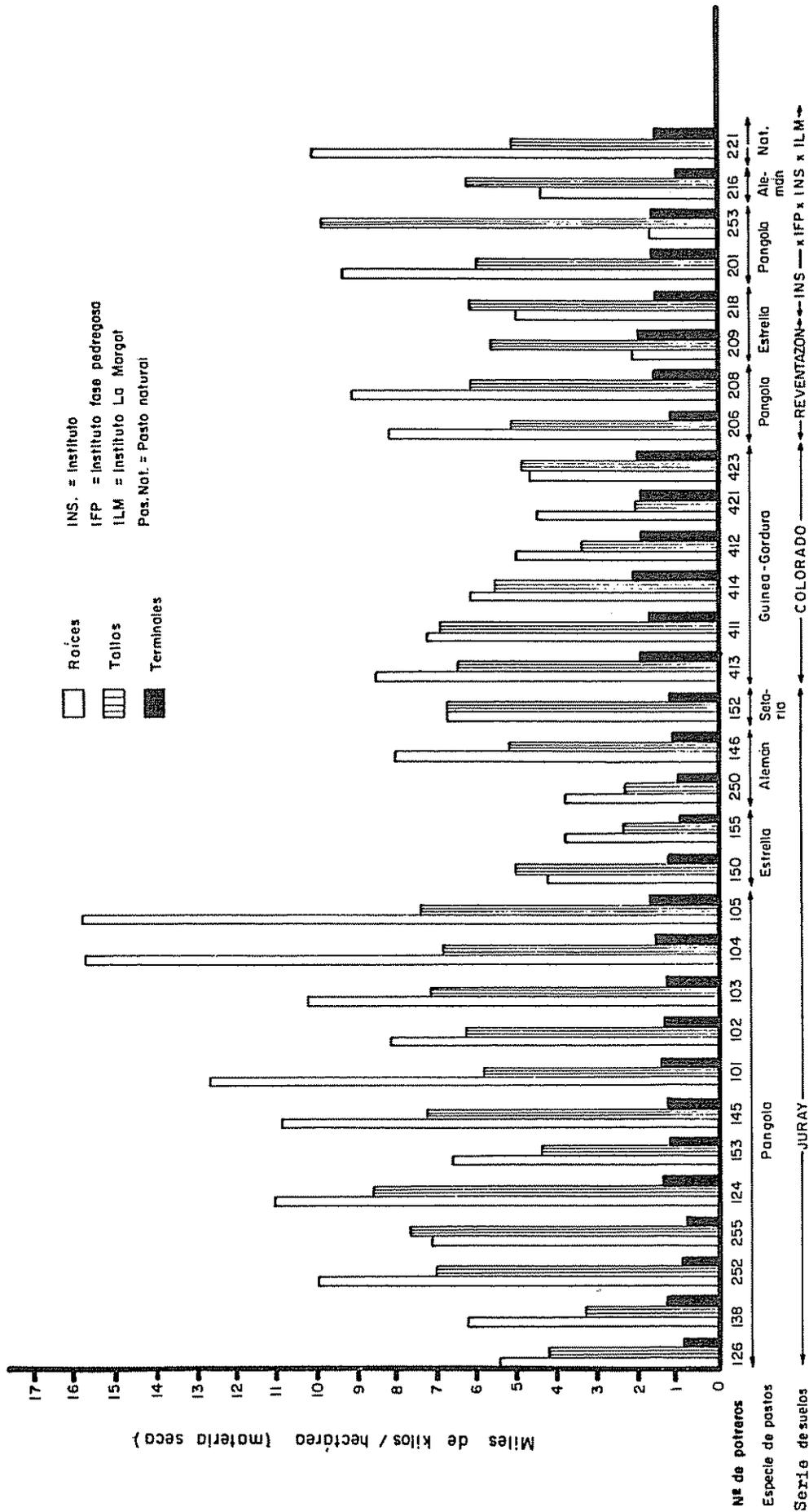


Figura 3 Rendimiento de materia seca Kg/Ha

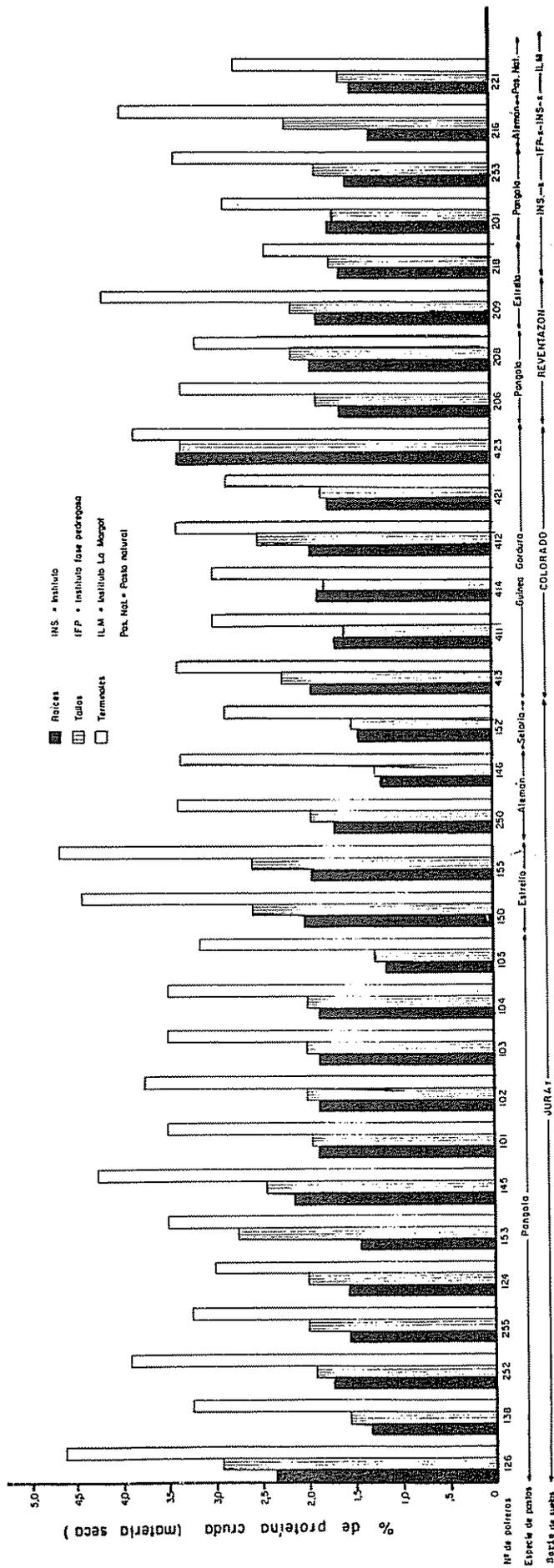


Figura 4. Contenido de proteína cruda en raíces, tallos y terminales (%).

El contenido de proteína cruda en las raíces fluctúa entre 1,13 y 3,38 por ciento correspondiente a la serie Juray, lote 146, y serie Colorado, lote 423 respectivamente.

El porcentaje de proteína cruda en los tallos es variable, el valor que con mayor frecuencia se presenta es de dos por ciento. Los contenidos fluctúan entre 1,25 a 3,34 por ciento. El valor mínimo está en la serie Juray, lote 146, especie Estrella y el máximo se encontró en la serie Colorado, lote 423 y en la mezcla de las especies Guinea Gordura.

El contenido de proteína cruda en los terminales es casi uniforme en todas las especies que se encuentran en el área estudiada. Los valores fluctúan entre 2,38 y 4,63 por ciento. El contenido que con más frecuencia se presenta es de 3 por ciento. El contenido mínimo se encontró en la serie Instituto La Margot, especie Estrella, lote 218, y el máximo valor hallado corresponde a la serie Juray, lotes 126 y 155.

4.3.3. Fósforo

Los porcentajes de fósforo y de otros elementos como azufre, calcio, magnesio y potasio se presenta en los Cuadros 8, 9 y 10 y en las Figuras 5, 6 y 7.

El contenido de fósforo en las raíces es variable y fluctúan entre 0,10 y 0,25 por ciento. El valor máximo que con mayor frecuencia se presenta es superior a 0,14 por ciento.

El porcentaje mínimo corresponde a la serie Colorado, lote 413 y la mezcla de especies Guinea Gordura; el máximo está en la especie Pangola, lotes 101, 102 y 104.

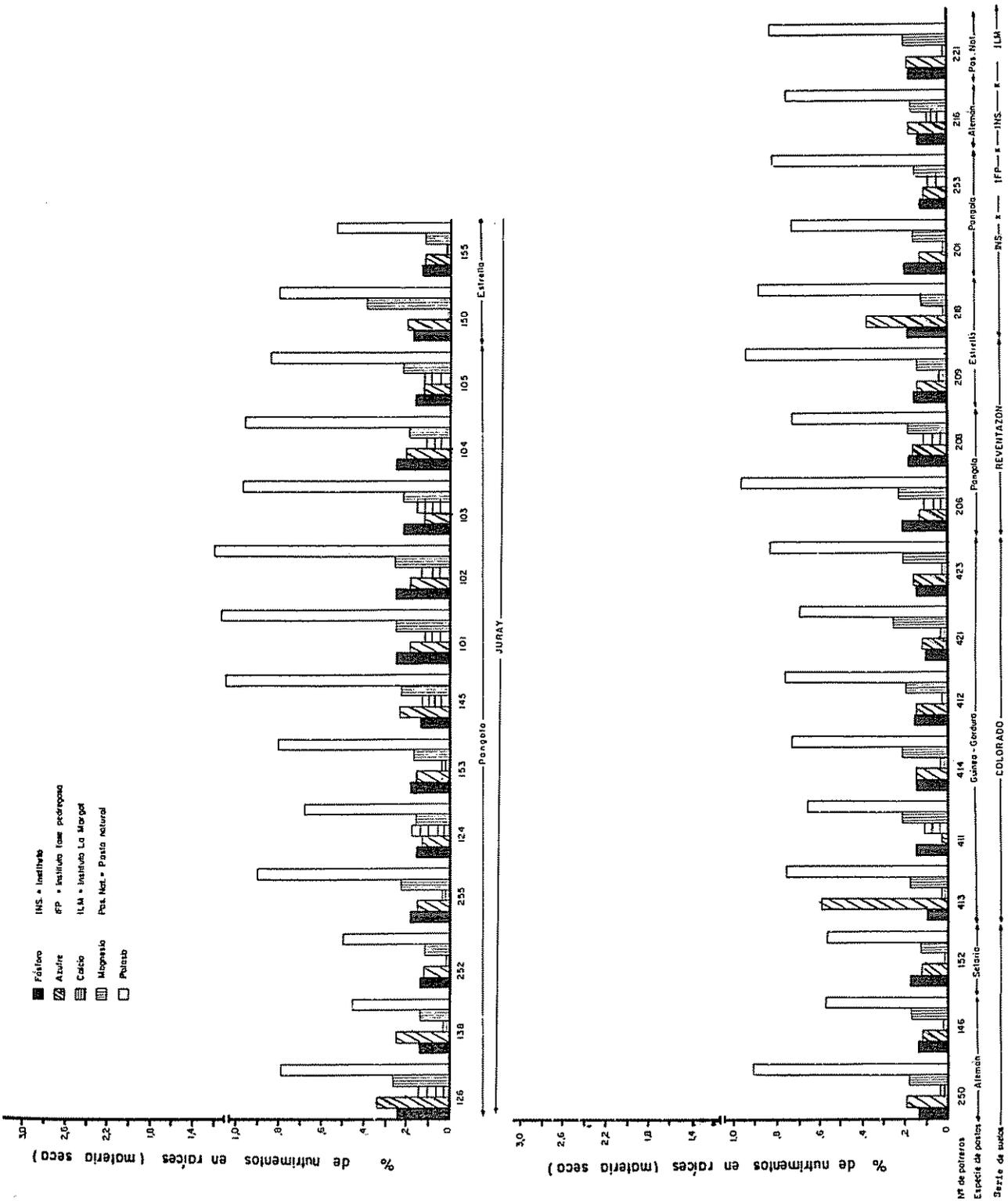


Figura 5. Contenidos de fósforo, azúfre, calcio, magnesio y potasio en raíces (materia seca)

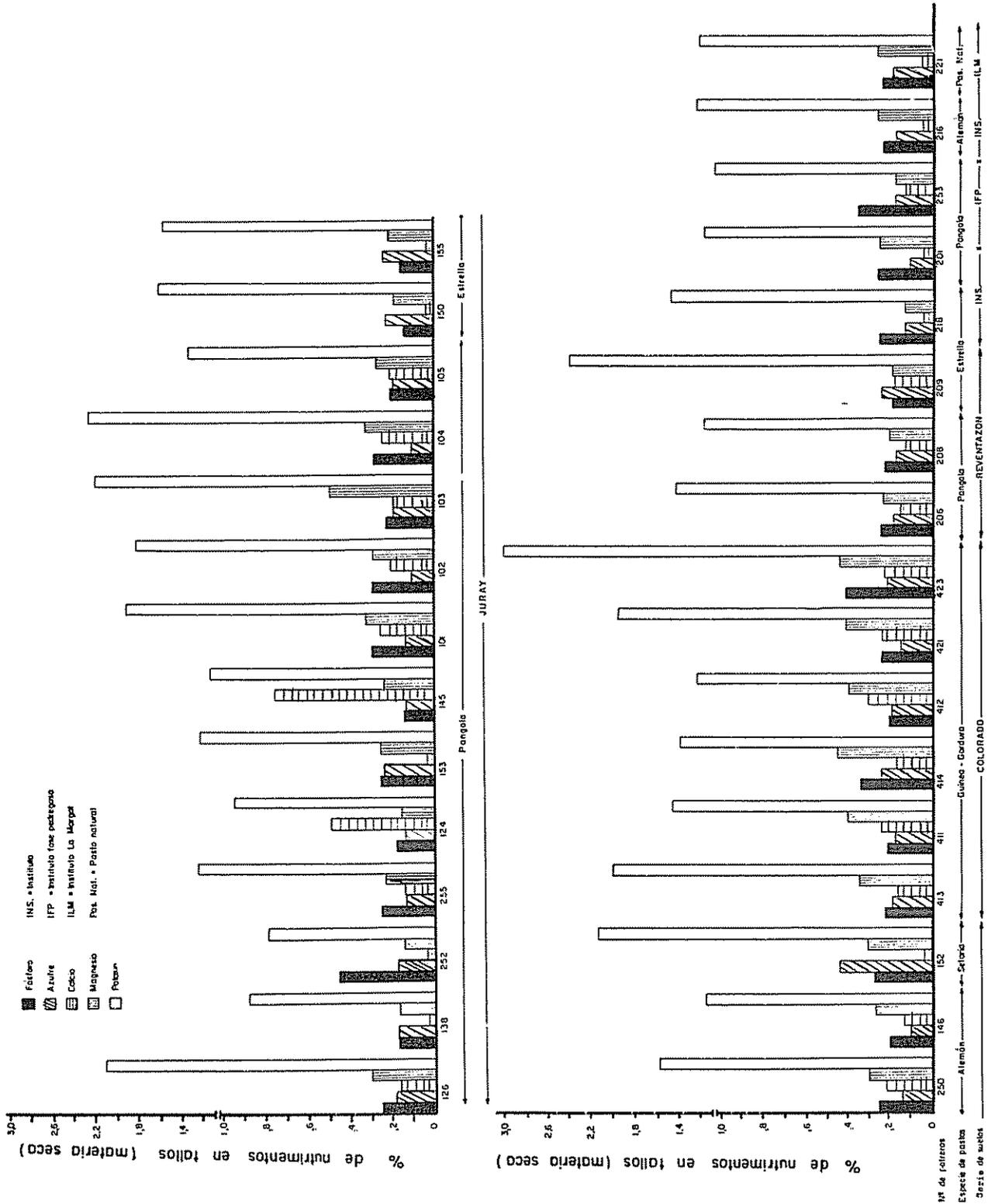


Figura 6 Contenidos de fósforo, azúfre, calcio, magnesio y potasio en tallos (materia seca)

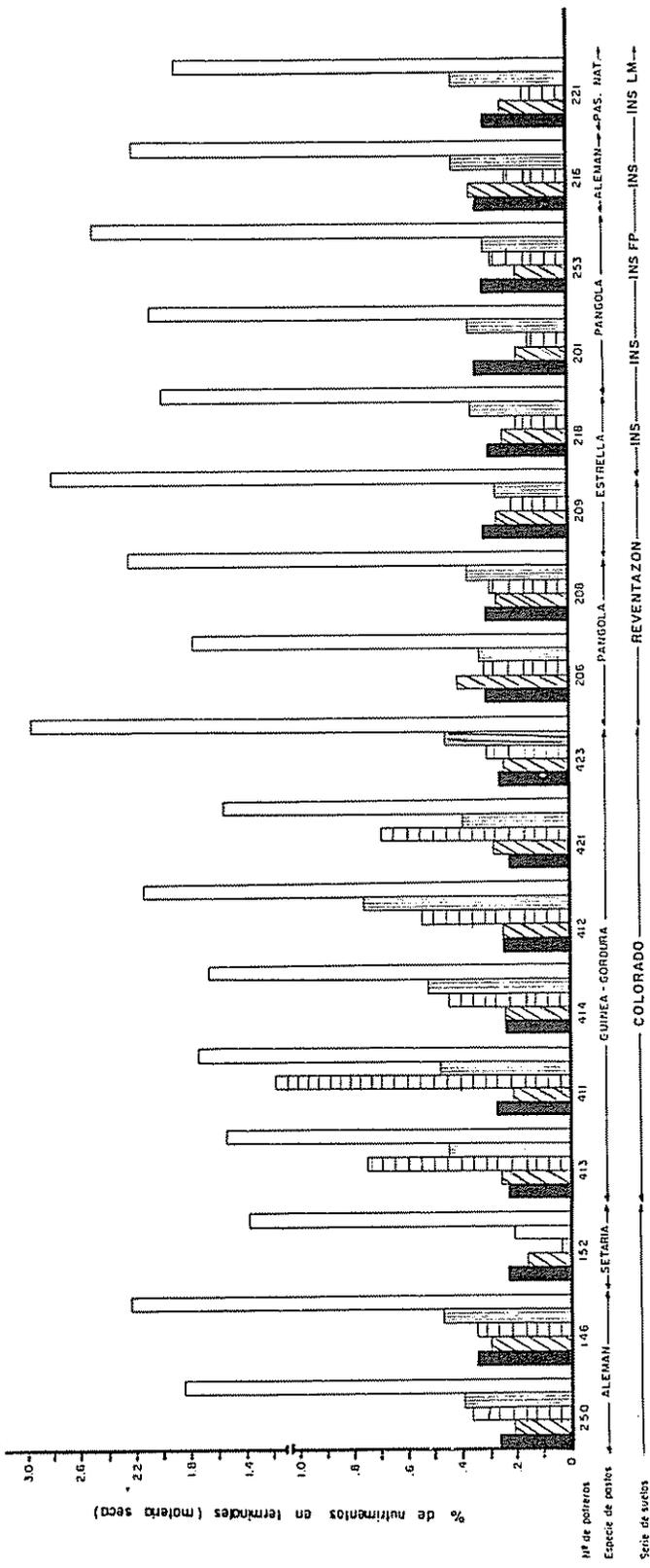
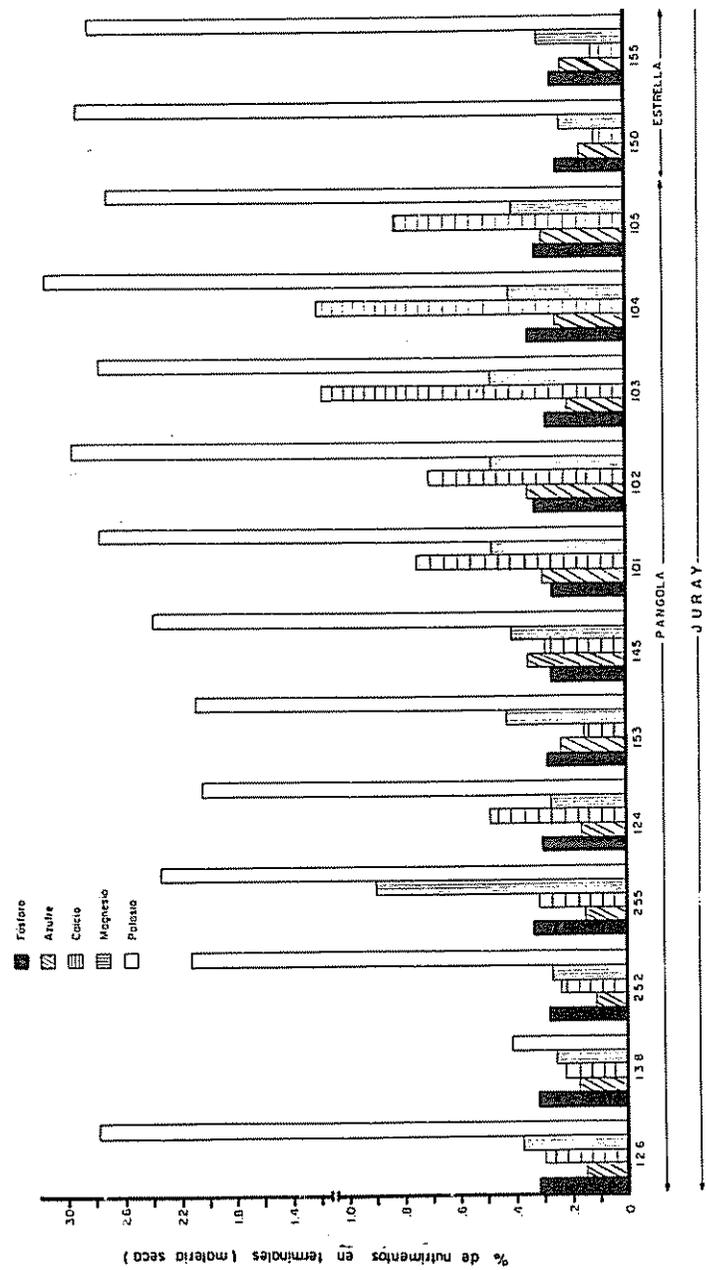


Figura 7. Contenidos de fósforo, azufre, calcio, magnesio y potasio en terrindos (materia seca)

Serie de suelos

El porcentaje de fósforo en los tallos es mayor que en las raíces y menor al de los terminales. En general los valores son mayores a 0,20 por ciento y fluctúan entre 0,14 y 0,45 por ciento. El mínimo se encuentra en la serie Juray, lote 150, especie Estrella y el máximo fue hallado en la especie Pangola, serie Juray, lote 252.

En los terminales se encuentra el mayor porcentaje de fósforo en relación a las otras partes de la planta. El valor más frecuente es de 0,30 por ciento y fluctúan entre 0,23 y 0,35 por ciento. El menor porcentaje se encuentra en la serie Colorado, lote 421 y en la mezcla de las especies Guinea Gordura, el máximo corresponde a la especie Pangola, serie Juray, lote 104.

4.3.4. Azufre

El contenido de azufre en las raíces es variable, los valores encontrados fluctúan entre 0,04 y 0,60 por ciento. El contenido que más frecuente se presenta es de 0,13 por ciento. El menor porcentaje se encuentra en la serie Colorado, lote 411, así mismo el máximo valor encontrado está en la misma serie y en el lote 413, mezcla de especies Guinea Gordura.

El contenido de azufre en los tallos es muy variable, y fluctúan entre 0,10 y 0,43 por ciento. El porcentaje que con más frecuencia se presenta es 0,17 por ciento. El menor porcentaje se encuentra en la serie Juray, lote 146, con p' a s t o Alemán y el máximo lo presenta la especie Setaria serie Juray, lote 152.

En los terminales se encuentra el mayor contenido de azufre en relación con las otras partes de la planta. En la mayoría de los

potreros el valor es superior a 0,20 por ciento, el cual fluctúa entre 0,11 y 0,41 por ciento. El pasto Pangola de la serie Reventazón, lote 206 presenta el mayor porcentaje de azufre.

4.3.5. Calcio

El menor porcentaje de calcio se encuentra en las raíces y los valores determinados fluctúan entre 0,10 y 0,18 por ciento, el valor más bajo corresponde a la especie Estrella, serie Juray, lote 155 y el máximo a la especie Pangola en la serie Juray, lote 126.

El contenido de calcio en los tallos es más bajo en relación al de los terminales. En general el contenido es variable y fluctúan entre 0,14 y 0,75 por ciento, correspondiendo al pasto Pangola, serie Reventazón, lote 208 y serie Juray, lote 145 respectivamente. Los terminales presentan el mayor contenido de calcio, siendo mayores a 1 por ciento, y fluctúan entre 0,04 y 1,20 por ciento. El menor porcentaje corresponde al pasto Setaria, serie Juray, lote 152, y el mayor al pasto Pangola, serie Juray, lote 104.

4.3.6. Magnesio

El contenido de magnesio en las raíces es menor que el de los tallos, y fluctúan entre 0,12 y 0,39 por ciento. La menor concentración corresponde a la especie Estrella, serie Juray, lote 155 y la mayor también a la especie Estrella, serie Juray, lote 150.

En los tallos el porcentaje de magnesio es menor al de los terminales. En la mayoría de los potreros los valores se encuentran arriba de 0,25 por ciento fluctuando entre 0,14 y 0,48 por ciento. El menor

corresponde a la especie Estrella, serie Instituto, lote 218 y el máximo a la especie Pangola, serie Juray, lote 103.

Los terminales presentan la mayor concentración de magnesio y los valores fluctúan entre 0,21 y 0,90 por ciento. La menor concentración se encuentra en la especie Setaria, serie Juray, lote 252 y la mayor a la especie Pangola, serie Juray, lote 255.

4.3.7. Potasio

El porcentaje de potasio en las raíces es menor en relación a las otras partes de la planta. En general son mayores al 0,70 por ciento y fluctúan entre 0,46 y 1,19 por ciento ambos corresponden a la especie Pangola, en los lotes 138 y 102, serie Juray.

El contenido de potasio en los tallos es menor al contenido de los terminales fluctuando entre 0,77 y 2,94 por ciento. La menor concentración se encuentra en la especie Pangola, serie Juray, lote 252 y el máximo valor presenta la mezcla de especies Guinea Gordura, serie Colorado, lote 423.

En los terminales se encuentra la mayor concentración de potasio la cual fluctúa entre 0,42 y 3,14 por ciento, ambos corresponden a la especie Pangola, serie Juray, en los lotes 138 y 104 respectivamente.

4.3.8. Micronutrientes

4.3.8.1. Hierro

La mayor concentración de hierro se encuentra en las raíces siendo mayor y fluctúan entre 5 566 y 32 250 ppm. La especie Alemán es la que presenta la menor concentración, en la serie Juray, lote 250 y la

mayor la presenta la especie Estrella, en la serie Reventazón, lote 209.

El contenido en los tallos es menor que en las raíces, su concentración se encuentra por encima de las 4 000 ppm, fluctuando entre 813 y 8 800 ppm. El menor valor se encuentra en la especie Alemán, serie Juray, lote 250 y la máxima concentración se detectó en la mezcla de especies Guinea-Gordura, serie Colorado, lote 413.

En los terminales se encuentra el menor contenido de hierro, la concentración que con mayor frecuencia se presenta es de 1 000 ppm, fluctuando entre 375 y 4 300 ppm. La menor concentración se encuentra en especies de pastos naturales, serie Instituto La Margot, lote 221 y la máxima se presenta en la mezcla de especies Guinea-Gordura, serie Colorado, lote 413.

4.3.8.2. Manganeso

La concentración de manganeso en las raíces es menor a la concentración del hierro en esta parte de la planta, los valores son mayores a 500 ppm y fluctúan entre 280 y 825 ppm correspondiendo a la mezcla de especies Guinea Gordura, serie Colorado, lote 421 y a la especie Alemán, serie Juray, lote 146 respectivamente.

Los tallos presentan concentraciones menores que en las raíces. Los mismos fluctúan entre 90 y 720 ppm y corresponden a la especie Estrella, serie Reventazón, lote 209 y Pangola, serie Juray, lote 153 respectivamente.

En los terminales las concentraciones son más bajas, y fluctúan entre 60 y 730 ppm. El menor contenido está en la especie Estrella,

serie Reventazón, lote 209, y la máxima corresponde a la especie Pangola, serie Juray, lote 153.

4.3.8.3. Zinc

Las concentraciones de zinc en las raíces son menores a las de manganeso en esta misma parte de la planta. La mayoría de los valores fluctúan entre 107 y 255 ppm. La menor corresponde a la especie Alemán, serie Instituto, lote 216, y la máxima a la mezcla Guinea Gordura, serie Colorado, lote 423.

En los tallos las concentraciones son ligeramente menores que en las raíces y fluctúan entre 40 y 221 ppm, correspondientes a la especie Estrella, serie Instituto, lotes 209 y 218 respectivamente.

Las menores concentraciones de toda la planta se encuentran en los terminales y los valores fluctúan entre 44 y 151 ppm. La mayor concentración se encuentra en la mezcla Guinea Gordura, serie Colorado, lote 413 y la máxima en la especie Setaria, serie Juray, lote 152.

4.3.8.4. Cobre

Este es el micronutriente que se encuentra en menor cantidad en las plantas. La concentración en las raíces es menor aún a la del zinc. Los valores fluctúan entre 32 y 130 ppm y corresponde a la especie Pangola, serie Juray, lotes 126 y 252 respectivamente.

En los tallos la concentración es mayor a la de los terminales. La mayoría de los valores se encuentra arriba de 15 ppm y fluctúan entre 10 y 35 ppm. La menor concentración se encuentra en la especie Pangola, serie Juray, lote 101 y la máxima corresponde a la especie Estrella, serie Juray, lote 150.

La menor concentración se detectó en los terminales y son inferiores a 15 ppm fluctuando entre 11 y 31 ppm. La menor concentración se encontró en la especie Pangola 138 y la máxima en la mezcla Guinea Gordura, serie Colorado, lote 421.

4.3.8.5. Aluminio

El contenido de aluminio en las raíces es muy variable, sus valores fluctúan entre 9 000 y 40 000 ppm. La mayoría de los valores se encuentran por encima de las 25 000 ppm. La menor concentración se detectó en la especie Pangola, serie Reventazón, lote 208 y la máxima en la especie Estrella, serie Juray, lote 155.

La concentración en los tallos es menor que en las raíces y mayor a la de los terminales. Los contenidos varían entre 1 700 y 14 566 ppm correspondientes a la especie Pangola, serie Reventazón, lote 208 y a la mezcla Guinea Gordura, serie Colorado, lote 413.

El contenido de aluminio en los terminales es muy variable, su valor promedio se encuentra por encima de las 1 000 ppm fluctuando entre 400 y 6 900 ppm. La menor concentración se encuentra en la especie Estrella, serie Instituto La Margot, lote 218 y la máxima en la especie Setaria, serie Juray, lote 152.

4.3.8.6. Promedios de proteína y minerales en las distintas especies estudiadas

En el Cuadro 11 se presentan valores de datos promedios de materia seca, proteína y minerales de las diferentes partes de la planta. Estos valores indican que los mayores promedios en materia seca siguen

Cuadro 11. Datos promedios de: materia seca, proteína y minerales en plantas.

Partes de la planta	Materia seca	Proteína cruda										
		Kg/ha	%	P	S	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Zn	Cu
Pangola: n = 16												
Raíces	9 309	54,40	0,19*	0,17	0,19	0,31*	0,91	10 793	548	148	56	19 756
Tallos	6 575*	38,40	0,26*	0,16	0,20	0,25	1,40	3 259	470	137*	17	4 649
Terminales	1 202	7,20	0,31	0,23	0,48	0,41	2,28	1 106	427	82	17	1 367
Estrella: n = 4												
Raíces	3 756	38,00	0,16	0,20*	0,20*	0,19	0,80	21 437*	419	127	85	28 512
Tallos	4 756	48,00	0,19	0,20	0,07	0,18	1,77	4 037	210	107	25	4 350
Terminales	1 384	14,00	0,62*	0,23	0,16	0,27	2,38*	1 223	255	70	18	1 450
Alemán: n = 3												
Raíces	5 769	47,15	0,16	0,16	0,14	0,18	0,75	15 633	532*	127	86*	23 833
Tallos	5 574	45,55	0,23	0,15	0,13	0,28	1,68	2 388	338	92	31*	3 733
Terminales	892	7,30	0,32	0,29*	0,30	0,44	2,09	1 371	504	94	14	2 233
Guinea-Gordura: n = 6												
Raíces	6 059	48,50	0,13	0,20*	0,08	0,21	1,10*	13 243	323	170	55	21 400
Tallos	4 818	38,60	0,26*	0,19	0,22*	0,40*	1,82	4 413*	240	122	14	7 794*
Terminales	1 614*	12,90	0,26	0,25	0,65*	0,51*	1,80	1 002	258	94	27	1 433
Setaria: n = 1												
Raíces	6 638	53,50	0,18	0,13	0,02	0,13	0,57	21 100	470	175*	75	40 000*
Tallos	4 666	38,00	0,26*	0,43*	0,06	0,30	2,14*	1 975	480*	102	11	2 600
Terminales	1 074	8,50	0,31	0,25	0,15	0,43	1,90	4 300*	520*	151*	28*	6 900*
Pastos Naturales: n = 1												
Raíces	10 326*	61,00	0,19*	0,20*	0,07	0,22	0,84	6 900	415	117	50	12 700
Tallos	5 026	30,00	0,25	0,19	0,11	0,33	1,88	1 800	445	95	16	2 000
Terminales	1 537	9,00	0,31	0,25	0,15	0,43	1,90	325	425	78	25	5 000

* Promedios máximos.

este orden: raíces, pastos naturales con 10 326 kg/ha; tallos, especie Pangola con 6 575 kg/ha y terminales mezcla Guinea Gordura con 1 614 kg/ha.

En lo que respecta a mayores promedios de proteína cruda el orden es el siguiente: raíces, mezcla Guinea Gordura con 2,19 por ciento; tallos especie Estrella con 2,80 por ciento y terminales la misma especie con 3,87 por ciento.

Los mayores promedios de fósforo se detectaron en raíces de pastos naturales y Pangola con 0,19 por ciento; tallos, especies Pangola y Setaria con 0,26 por ciento, terminales, especie Estrella con 0,62 por ciento.

Los mayores promedios en azufre corresponden a: raíces, especies Estrella, mezcla Guinea Gordura, y pastos naturales con 0,20 por ciento; tallos, especie Setaria con 0,43 por ciento; terminales, especie Alemán con 0,29 por ciento.

Los mayores promedios en calcio se presentaron en: raíces, especie Estrella con 0,20 por ciento; tallos y terminales mezcla de Guinea-Gordura con 0,22 y 0,65 por ciento respectivamente.

En el magnesio el orden es: raíces, especie Pangola con 0,31 por ciento, tallos y terminales en Guinea Gordura con 0,40 y 0,51 por ciento respectivamente.

Promedios mayores en potasio: raíces, mezcla Guinea Gordura con 1,10 por ciento; tallos, especie Setaria con 2,14 por ciento; terminales, especie Estrella con 2,38 por ciento.

En micronutrientos los promedios presentan la siguiente distribución: la especie Estrella presenta el promedio más alto en hierro con

21 437 ppm en las raíces; en los tallos con 4 413 ppm correspondiente a la especie Guinea Gordura y en los terminales, la especie Setaria con 4 300 ppm.

Promedios mayores de manganeso: raíces, especie Alemán con 532 ppm; tallos y terminales especie Setaria con 480 y 520 ppm respectivamente.

En cuanto a zinc los mayores promedios son: raíces, especie Setaria con 175 ppm; tallos, especie Pangola con 137 ppm y terminales, especie Setaria con 151 ppm.

El cobre presenta los mayores promedios: raíces y tallos especie Alemán, con 86 y 31 ppm; terminales, especie Setaria con 28 ppm.

Promedios mayores de aluminio: raíces, especie Setaria con 40 000 ppm; tallos, mezcla de especies Guinea Gordura con 7 794 ppm y terminales, especie Setaria con 6 900 ppm.

4.4. Agrupación de los potreros de acuerdo a su índice de fertilidad

Los potreros estudiados fueron clasificados en tres categorías. Los índices de fertilidad obtenidos muestran valores entre 43,89 y 66,02 como se observa en el Cuadro 12. Existen potreros cuyo índice presentan apenas una diferencia muy estrecha. Las categorías identificadas son las siguientes:

Primera categoría

En esta categoría se consideran a los potreros que tienen un índice de fertilidad comprendida entre 60 y 66 por ciento y comprende a los siguientes: 104, 103, 101, 209 y 102 con un área total de 9,40 ha.

Cuadro 12. Clasificación de potreros de acuerdo a su índice de fertilidad.

Orden	Potrero Nº	Índice de fertilidad	Area (ha)
1	104	66,0	1,00
2	103	63,4	1,00
3	101	63,4	1,00
4	209	60,6	5,40
5	102	60,5	1,00
6	145	56,5	2,50
7	124	56,5	2,00
8	126	55,5	1,50
9	105	55,4	1,00
10	153	55,4	3,10
11	221	54,6	2,60
12	255	52,8	4,00
13	423	52,7	8,00
14	216	52,6	7,50
15	150	52,2	2,20
16	414	52,0	9,50
17	252	51,2	2,60
18	253	50,8	1,90
19	411	50,8	12,00
20	421	49,9	11,10
21	152	49,8	2,30
22	413	49,7	12,80
23	146	49,6	1,70
24	218	48,8	3,00
25	250	48,7	2,80
26	138	48,2	2,80
27	208	47,7	4,40
28	412	47,6	11,10
29	155	47,2	3,60
30	206	45,0	2,80
31	201	43,9	1,60
Total			129,80

Segunda categoría

Los potreros considerados en esta categoría presentan un índice de fertilidad comprendido entre 50 y 59 por ciento, corresponde a esta categoría los siguientes potreros: 145, 124, 126, 105, 153, 221, 255, 423, 216, 150, 414, 252, 253 y 411 con un área total de 60,40 ha.

Tercera categoría

Los potreros de esta categoría tienen un índice de fertilidad comprendido entre 44 y 49 por ciento, y comprende a los siguientes: 421, 152, 413, 146, 218, 250, 138, 208, 412, 155, 206 y 201, con un área total de 60,20 ha.

5. DISCUSION

5.1. Propiedades físicas de los suelos

Los datos obtenidos en laboratorio dan evidencia de que la densidad aparente es inferior a los promedios señalados por Hardy (36) para diferentes grupos texturales, lo cual puede ser una consecuencia de la acumulación de materia orgánica, proveniente en gran parte del volumen de raíces de los pastizales, que favorece una mejor agregación del suelo lo cual se traduce en un menor peso por volumen ó densidad. Asimismo, la baja densidad aparente de estos suelos podría ser consecuencia de la migración de arcilla a capa más profundas del perfil, favorecida por la acción de la elevada pluviosidad característica del área de Turrialba.

Lo anterior ayuda, al menos en parte, a explicar la buena porosidad total encontrada. Sin embargo el espacio aéreo parece ser crítico indicando que en el manejo de los potreros del IICA-CTEI es necesario incluir prácticas de araduras más frecuentes, a la vez que construir drenajes adicionales a los ya existentes. Esto es particularmente aplicable sobre todo a los potreros que presentan problemas de drenaje interno como: 216, 250, 150, 155 y otros en áreas localizadas. Por lo tanto se puede decir que los potreros situados donde el espacio aéreo se encuentra por debajo de ocho por ciento tienen en principio condiciones desfavorables en la atmósfera del suelo indicando detrimentalmente en la producción.

Como la disponibilidad de agua para la planta es aquella presente

entre las succiones a 0,33 y 15 bares, aplicando la escala de Lehane y Steple (49) los suelos tienen en general una disponibilidad media (10 a 15 por ciento) y tienden a aumentar la retención de agua a medida que aumenta el contenido de arcilla. En efecto, la textura en la zona radical de los suelos que se encuentran en las partes planas varía desde franca hasta franco arcillosa. Las zonas subradicales de estas series presentan un mayor porcentaje de arcilla y sus clases texturales van desde franco arcilloso hasta arcilloso. La serie Colorado, que se diferencia de las otras por su posición fisiográfica, es arcilloso en ambas zonas.

5.2. Propiedades químicas del suelo

La reacción del suelo es fuertemente ácida a juzgar por los valores obtenidos y comparados con los patrones de Hardy (37) y los de Truog y Scheffer citados por Fassbender (27). La acidez de estos suelos se debe posiblemente a las siguientes causas: a) proceso avanzado de meteorización de los suelos, b) alta precipitación que produce la desbasificación del complejo coloidal, c) posible presencia de altas concentraciones de aluminio intercambiable, a pesar de que los valores encontrados son bajos debido a la solución extractora (KCl-1N), d) ácidos húmicos provenientes de la descomposición de la materia orgánica.

Considerando los patrones de Hardy (37) el contenido de materia orgánica es alto, como era de esperar, ya que, según Millar (55) y Russell (68) al pastorearse las praderas se depositan sobre los suelos

cantidades apreciables de hojas y tallos, además del producto proveniente de la descomposición de las raíces. Por otro lado Suárez (75) demostró que por la hidrólisis ácida de estos suelos tienen una proporción abundante de polímeros de naturaleza quinoídea, es decir, se presentan dificultades de biodegradabilidad, lo cual también favorece a la acumulación de materia orgánica en el suelo.

Una consecuencia del alto contenido de materia orgánica, es la elevada concentración de nitrógeno total. Precisamente la mayor concentración coincide con la zona radical donde el porcentaje de materia orgánica también es más elevada. Al respecto Suárez (75) encontró en las praderas del IICA-CTEI que la relación entre nitrógeno total y el nitrógeno procedente de la materia orgánica era 0,998, que representa el 97 por ciento del nitrógeno total. Debe notarse que una elevada cantidad de N-total no presupone la falta de respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

El porcentaje elevado de N-total es un índice de la posible deficiencia del N-inorgánico que constituye la parte más directamente asequible a las plantas.

La relación C/N es muy variable y fluctúa entre 6,7/1 y 16,8/1 aunque en muchos de los potreros queda comprendida dentro de los límites adecuados según el patrón de comparación de Hardy (37).

De acuerdo con la escala de Navas et al (59), el contenido de fósforo aprovechable extraído con el método de Bray-Kurtz 1 (12) es medio y en ocasiones es bajo, lo cual está de acuerdo con lo manifestado por Fassbender et al (29), en sentido de la fijación de este elemento

en suelos ácidos debido a su precipitación con el aluminio y el hierro.

La concentración de fósforo disponible resultó mayor en la zona radical probablemente debido a la mayor abundancia de materia orgánica. Así mismo, como en la zona radical existe mayor humedad que en la superficie, parte del fósforo precipitado con el hierro puede ser liberado al producirse una reducción de Fe^{+++} a Fe^{++} , lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Blasco y Bohorquez (8).

El contenido de azufre es muy variable. Resultados preliminares obtenidos por Blasco(*) indican que cuando emplean fosfatos de calcio para extraer S-asequible, 30 ppm o menos pueden considerarse como concentraciones bajas, 30 - 45 ppm se consideran como concentraciones medias y por encima de 45 - 50 ppm no hay respuesta a la aplicación de fertilizantes azufrados. Las deficiencias de azufre son atribuibles a la lixiviación de las formas de S- SO_4 y a su fijación por los sesquióxidos libres del suelo.

La capacidad de intercambio catiónico es bastante similar en ambas zonas estudiadas. El suelo fue tratado primeramente con acetato de amonio (pH 7) para determinar las bases cambiables y se utilizó el KCl (10% y a pH 2,5), para desplazar los iones de NH_4 retenidos por el suelo, en una alícuota del filtrado se determinó la capacidad de intercambio catiónico. Es probable que la CIC haya sido aumentada por el exceso de acetato de amonio que quedó retenido en los coloides del suelo, el que según Fuentes (31) puede ser retenido por aquellos suelos

(*) BLASCO L., M. Comunicación personal.

que, como los del IICA-CTEI, tengan en su composición materiales amorfos volcánicos.

Comparando los resultados obtenidos con los patrones de Hardy (37) se observa que el contenido de calcio es bajo en ambas zonas, el magnesio es medio y el potasio es alto. El contenido de calcio es bajo debido posiblemente a que es la base más soluble y tiende a perderse por lixiviación o drenaje.

El aluminio intercambiable es bajo, es muy posible que su baja concentración se deba al tipo de solución extractora, la cual no tiene la suficiente fuerza para liberar el aluminio que se encuentra ligado a la materia orgánica. Jiménez-Ocampo (44) en Colombia y Fuentes (31) en Costa Rica emplearon el KCl 1N como solución extractora y los resultados que se obtuvieron fueron menores a un miliequivalente. Según Fuentes (31) el método de la resina de intercambio produce resultados mayores que los obtenidos con la solución de KCl 1N.

Así mismo se observa que las relaciones $\frac{Ca}{Mg}$ es media; $\frac{Mg}{K}$ es adecuada a la relación $\frac{Ca + Mg}{K}$ es irregular en ambas zonas.

La saturación de bases es similar en ambas zonas; sus valores posiblemente están relacionados con el pH del suelo, su nivel de fertilidad, el contenido de calcio y otras bases del complejo de cambio y la capacidad de intercambio de cationes. Los valores en general pueden ser considerados moderados.

En los micronutrientes totales; el aluminio se encuentra en mayor concentración seguido del hierro y manganeso, la presencia de estos elementos en concentraciones altas es característica de los suelos

que han tenido una avanzada meteorización o influencia de materiales volcánicos.

Las concentraciones de zinc y cobre en el suelo tienden a ser mayor en la zona radical, posiblemente que tengan su origen en la descomposición de la materia orgánica y por la poca movilidad que presentan en el suelo.

5.3. Materia seca, proteína cruda y minerales en la planta

Las raíces presentan el mayor rendimiento de materia seca, posiblemente debido al mayor desarrollo que tienen las raíces de las gramíneas en el trópico por la elevada temperatura y precipitación (85), por el menor contenido de agua en relación con las otras partes de la planta y finalmente debido a que esta parte de la planta no es afectada por el ganado como lo es la parte aérea.

Los tallos y los terminales tienen un rendimiento menor de materia seca que las raíces, debido a que el contenido de agua es mayor y constantemente son afectadas o utilizadas para la alimentación del ganado.

Entre todas las especies de pastos estudiados, la especie Pangola presenta el mayor rendimiento de materia seca en las raíces y en los tallos, debido posiblemente a que esta especie tiene mucho tiempo de establecida (5) y la parte aérea posiblemente no ha recibido chapeaduras o podadas. La mezcla Guinea-Gordura es la que tiene el mayor rendimiento de materia seca en los terminales, esto es posiblemente a que estos pastos son chapeados o podados.

El mayor porcentaje de los macronutrientes se encuentra en los terminales debido a que esta parte de la planta que se encuentra en constante crecimiento los requiere en cantidades apreciables para el desarrollo (55).

Los pastos en el momento del muestreo mostraron un bajo contenido de proteína cruda pueda que sea debido a la estación del año ó al estado fisiológico de la planta (3). Los contenidos de fósforo, calcio, magnesio y potasio en las condiciones fisiológicas en que se analizaron los pastos posiblemente satisfacen las necesidades del ganado y de acuerdo con los patrones de Velasco (81), Alba (3) y la N.R.C. (58) los porcentajes de proteína cruda en los terminales pueden ser considerados como bajos e insuficientes para la necesidad del animal. Según los datos citados por Underwood (80) los pastos presentan un contenido adecuado de micronutrientes para cubrir las necesidades de las plantas y de los animales.

5.4. Mapa de fertilidad de los potreros

En la evaluación de los 31 potreros se obtuvo un índice de fertilidad que fluctúa entre 44 y 66 por ciento, lo cual indica que los suelos tienen una fertilidad natural media según los límites establecidos.

Los potreros de la primera categoría tienen suelos que se caracterizan por la disponibilidad de los elementos que se encuentran en cantidades suficientes como así lo demuestran las plantas en su desarrollo y crecimiento, mientras que en los potreros de segunda y tercera categoría los suelos pueden tener una buena concentración total de elementos, pero no se encuentran en la misma disponibilidad que en los suelos de la primera categoría (55).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten la presentación de las siguientes conclusiones y recomendaciones.

1. Observaciones de campo muestran que la napa freática fluctúa a través del año y pueden constituir un factor detrimental para la planta en alguna época del año. Se recomienda hacer un mapa del movimiento de la napa freática.
2. Los suelos tienen una retención media y el agua ocupa la mayor parte de la porosidad total por mucho tiempo, es recomendable a fin de que el espacio aéreo sea lo suficiente para la difusión de los gases.
3. Los suelos son fuertemente ácidos, el contenido de materia orgánica y N-total es alto, siendo mayores los valores de éstos en la zona radical.
4. Los contenidos de P-disponible y calcio intercambiable son bajos y los valores detectados son consistentemente mayores en la zona radical.
5. La concentración de magnesio es adecuada en la zona radical y tiende a disminuir en la zona subradical. La concentración de azufre es muy variable en la zona radical tendiendo a disminuir en ésta y sus valores son mayores en la zona subradical. El potasio es alto en ambas zonas.
6. Los elementos menores considerados en el estudio, en las cantidades detectadas posiblemente no afecten el desarrollo de la planta

ni a la salud de los animales. Se recomienda hacer estudios para determinar los valores extremos que afecten tanto a la planta como a los animales.

7. La producción de materia seca es mayor en las raíces que en las otras partes de la planta analizada y ocupa un 52 por ciento.
8. La materia seca en los tallos en la mayoría de los potreros ocupa el 40 por ciento; se recomienda estudiar las especies analizadas para observar cual de ellas es consumida en gran parte por el ganado.
9. Los terminales tienen el menor porcentaje de materia seca y alcanzan un ocho por ciento; sería recomendable estudiar la forma de elevar el porcentaje.
10. Los pastos tienen un bajo contenido de proteína cruda con un promedio de 3,45 por ciento en terminales, este porcentaje puede satisfacer las necesidades mínimas para los vacunos adultos en sostenimiento. Se recomienda la aplicación de fertilizantes nitrogenados para elevar el porcentaje de proteína cruda.
11. El contenido de minerales en los pastos posiblemente satisface las necesidades de los animales en pastoreo, aunque el mismo es susceptible de variación en el curso del año. Se recomienda hacer observaciones de las diferentes especies forrajeras a fin de conocer las variaciones a través del año.
12. Los suelos presentan un índice de fertilidad comprendido entre 44 y 66 por ciento de acuerdo con el método de evaluación en este

estudio. Es recomendable que se hagan observaciones de los suelos mediante análisis de rutina para observar variaciones en el contenido de nutrimentos en el curso del año.

13. Con base en la información de laboratorio se determinaron tres categorías de suelo de acuerdo con su fertilidad, por lo que se sugiere realizar experimentos de campo en suelos de cada categoría con énfasis en respuesta de fertilizantes dando prioridad a aquellos elementos que aparecen críticos para el pasto.
14. De acuerdo con los datos analíticos de plantas, a pesar de que los suelos en su mayoría aparecen como bajos en elementos como fósforo y calcio, su suministro bajo la forma de fertilizantes debe ser estudiada, ya que dichos elementos aparecen en la planta en concentraciones adecuadas.

7. RESUMEN

El presente estudio se efectuó en los suelos del área ganadera del IICA-CTEI con el objeto de efectuar el diagnóstico de la fertilidad de dichos suelos, determinar el nivel de concentración de nutrimentos en los pastos y preparar el mapa de fertilidad de los suelos con base en los datos obtenidos en laboratorio.

El área estudiada comprende aproximadamente 130 ha de un total de 423,90 ha que corresponde al Departamento de Ganadería Tropical. El área delimitada para el estudio se encuentra distribuida en 31 potreros cuya cubierta de pastos se compone de las siguientes especies de gramíneas: Alemán (Echinochloa polistachya Hitch), Estrella africana (Cynodon plectostachyus (K. Schum.) Pilger), Gordura (Melinis minutiflora Beauv.), Guinea (Panicum maximum Jacq.), Pangola (Digitaria decumbens Stent), Setaria (Setaria sphacelata (Schumach.), Stapf y Hubbard.) y especies naturales.

Los suelos de la zona radical (0 - 15) tienen una densidad aparente inferior al valor crítico 1,5 gr/cc, la densidad de partículas está por debajo del promedio 2,65 gr/cc, la porosidad total está por encima del 60 por ciento, el espacio aéreo es variable y fluctúa desde 2,94 hasta 36,94 por ciento.

Los suelos son retentivos y tienden a aumentar la retención de agua con el contenido de arcilla. La disponibilidad de agua es media (10-15%). La textura en la mayoría de los suelos de la zona radical es franco arcillosa y arcillosa en la zona subradical, sólo en las series Colorado en ambas zonas la textura es arcillosa.

La reacción del suelo es ácida a fuertemente ácida. Los contenidos de materia orgánica y nitrógeno total son altos, siendo este último en su mayoría orgánico. La relación C/N es adecuada. La concentración de P-disponible es baja en general, el S-extraíble es muy variable. Los mayores de estos contenidos se encuentran en la zona radical. El contenido de calcio es bajo en general, el magnesio es adecuado en la zona radical y tiende a bajar en la zona subradical, el potasio es alto en ambas zonas. Las relaciones $\frac{Ca}{Mg}$, $\frac{Mg}{K}$, $\frac{Ca + Mg}{K}$, no llegan a los valores normales.

En los micronutrientos totales el aluminio se encuentra en mayor concentración que el hierro y manganeso, las concentraciones de zinc y cobre se encuentran en cantidades menores a las anteriores.

Con base en la información antes indicada se puede deducir que los suelos tienen una fertilidad natural mediana aunque las relaciones entre bases intercambiables K, Ca, Mg muestran desbalance que pudiera afectar la nutrición de la planta, razón por la que se recomienda hacer un uso adecuado de fertilizantes.

En los pastos la mayor producción de materia seca se encuentra en las raíces y la menor en los terminales, en éstos el contenido de proteína cruda es baja (3,45 por ciento en promedio). Los contenidos de fósforo y calcio en la materia seca de los terminales se encuentran en porcentajes adecuados y pueden satisfacer las necesidades de la dieta animal, el contenido de magnesio es suficiente y el de potasio es alto. La mayor concentración de los macronutrientos se encuentran en los terminales.

Los micronutrientos estudiados se encuentran en los terminales en cantidades que posiblemente no afectan a la planta ni a la salud del vacuno. La mayor concentración de ellos se encuentra en las raíces.

Con base en los datos de análisis químico de suelo y planta, los suelos del área estudiada fueron clasificados en tres categorías de fertilidad: Primera categoría con una área de 9,40 ha (7,40%); Segunda categoría con una área de 60,40 ha (46,50%); Tercera categoría con una área de 60,20 ha (46,10%). Se preparó un mapa de fertilidad a escala 1:5 000 que muestra esta distribución de suelos.

7a. SUMMARY

The present study comprises soils of the animal industry area of the CTEI with the objectives of diagnosing the fertility of the soils, determining the level of concentration of mineral nutrients in the vegetation and preparing a soil fertility map based on laboratory data.

The area studied included approximately 130 ha of a total of 423.90 ha. The studied area is distributed in 31 pasture fields all covered with grasses of the following species: Aleman (Echinochloa polistachya Hitch), African Star (Cynodon plectostachys (K. Schum.) Pilger), Gordura (Melinis minutiflora Beauv), Guinea (Panicum maximum Jacq), Pangola (Digitaria decumbens Stent), Setaria (Setaria sphacelata (Schumach), Stapf y Hubbard.), and native species.

The soils of the root zone (0 - 15 cm) have a density less than the critical value of 1,5 gr/cc; particle density is below the average of 2.65 gr/cc; the total porosity is over 60 per cent; air space is variable and fluctuate between 2.94 and 36.94 per cent.

The soils are water retentive which increases with increase in clay content water availability is between 10 and 15 per cent, the texture in most of the soils in the root zone is clay loam and clay in the zone below the roots; only in the Colorado serie are both zones of a clay texture.

Soil reaction is strongly acidic, the organic matter content and total nitrogen are high, the later possibly mostly organic, the C/N ratio is adequate, available P is generally low, extractable S is variable. The major part of these elements is found in the root zone.

Calcium content is generally low, magnesium is adequate in the root zone, but is low in the zone below the root zone, potassium is high in both zones, $\frac{Ca}{Mg}$, $\frac{Mg}{K}$, $\frac{Ca + Mg}{K}$ ratios are below normal values.

Of the micronutrients aluminium is of higher concentration than iron and manganese, zinc and copper concentration are lower than the other mentioned.

On the bases of the information indicated it can be deduced that the soils have a natural medium fertility although ratios between exchangeable bases, K, Ca, and Mg show an imbalance which could affect plant nutrition therefore correct use of fertilizer is recommended.

In grasses the greatest production of dry material is found in the roots and less in the shoots, in these the protein content is low, 3.5 per cent on the average, the phosphate and calcium contents in dry material of the shoots is found to be adequate for the dietary needs of the animals, magnesium content is adequate while the potassium is high. The major concentration on the macronutrients is found in the shoots.

Plant shoots show a concentration of micronutrient that possibly would affect neither the plant nor the health of the cattle. The major concentration is found in the roots.

On the basis of the chemical analysis data of plants and soils, the soils of the area studied were grouped into the three categories of fertility, the first category comprises an area of 9.40 ha (7.40%), the second category comprises an area of 60.40 ha (46.50%) the third category comprises an area of 60.20 ha (46.10%).

A fertility map was prepared in a scale of 1:5 000 which shows this distribution of soils.

8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE ASTE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-CTEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.
2. ALBA, J. DE y DAVIS, G. K. Minerales en la nutrición animal en la América Latina. Turrialba 7(1-2):16-33. 1957.
3. _____. Alimentación del ganado en la América Latina. México, D. F., Prensa Médica Mexicana, 1958. 337 p.
4. _____. Carencia de minerales en el animal que vive del pastoreo. Turrialba 9(3):91-97. 1959.
5. _____ y SEMPLÉ, A. T. Investigaciones sobre forrajes en Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Publicación Miscelánea nº 33. 1965. 33 p.
6. ALTEN, F. Effect of potassium on yield quality of grassland. In International Grassland Congress. 6th, Pennsylvania, Proceedings. Pennsylvania, State College, 1952. v. 2, pp. 782-787.
7. ANDREW, C. S. y ROBINS, M. F. The effect of potassium temperate pasture legumes. I. Growth and critical percentages of potassium. Australian Journal of Agricultural Research 20(6):999-1007. 1966.
8. _____ y ROBINS, M. F. The effect of potassium on the growth chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. II. Potassium, calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus and chloride. Australian Journal of Agricultural Research 20(6):1009-1021. 1969.
9. _____ y ROBINS, M. F. The effect phosphorus on the growth, chemical composition and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. Australian Journal of Agricultural Research 22(5):693-706. 1971.
10. BEAR, F. E. y TOTH, S. J. Influence of the calcium on availability of other soil cations. Soil Science 65:1-128. 1948.
11. BEESON, K. The occurrence of mineral nutritional diseases of plant and animals in the United States. Soil Science 60(2): 9-13. 1945.
12. BLASCO, M. y BOHORQUEZ, N. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. Agrochimica 12(2):173-178. 1968.

13. BLUE, W. G. y TERGAS, L. E. Dry season deterioration of forages quality of the wet-dry tropic. Soil and Crop Science Society of Florida 29:224-238. 1970.
14. BOUYOUCOS, C. J. Recalibration of hydrometer methods for making mechanical analysis of soil. Agronomy Journal 43(9):434-438. 1951.
15. BOWER, C. A. et al. Exchangeable cation analysis of saline alkaline soil. Soil Science 73(4):251-261. 1952.
16. BRAY, R. H. y KURTZ, L. T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59(1): 39-45. 1945.
17. BREMMER, J. M. Total nitrogen. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1171-1175.
18. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. C. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. del inglés por R. S. Barceló. México, D. F., UTEHA, 1966. 590 p.
19. CHAUDHRY, F. M. y LONERAGAN, J. F. Effect on nitrogen, copper, and zinc, fertilizers on the copper and zinc nutrition on wheat plants. Australian Journal of Agricultural Research 6(2):865-869. 1970.
20. CHAUDRY, I. A. y CORNFIELD, A. H. The determination of total sulphur in soil and plant material. Analyst 91(1085):528-530. 1966.
21. CHICCO, C. F. Observaciones sobre deficiencias del calcio y fósforo en los animales de las regiones ganaderas del centro y este de Venezuela. Agronomía Tropical (Venezuela) 9(2): 41-62. 1959.
22. _____, RODRIGUEZ, S. y FUENMAYOR, C. E. Efecto de la fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento, consumo y digestibilidad del heno de pangola (Digitaria decumbens Stent). Agronomía Tropical (Venezuela) 21(3):215-227. 1971.
23. DEMOLON, A. Principios de agronomía 2, crecimiento de los vegetales cultivados. Trad. del francés por José Péres Malla. Barcelona, Omega, 1966. 587 p.
24. DIAZ-ROMEU, R. y BALERDI, F. Determinación de la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 3 p.

25. DIAZ-ROMEY, R., BALERDI, F. y FASSBENDER, H. W. Contenido de materia orgánica y nitrógeno en suelos de América Central. Turrialba 20(2):185-192. 1970.
26. ELLIS, T. O. y BURRUWES, W. D. Experiment on yield composition and response to fertilizers on Napiers grass and guinea grass in Jamaica. Jamaica. Department of Agriculture. Bulletin nº 43. 1950. 18 p.
27. FASSBENDER, H. W., MULLER, L. y BALERDI, F. Estudio del fósforo en los suelos de América Central. II. Formas y sus relaciones con las plantas. Turrialba 18(4):333-347. 1968.
28. _____. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. 206 p.
29. _____ y DIAZ, N. Contenidos de formas de fósforo de algunos suelos de la región amazónica del Estado de Maranhao, Brasil. Turrialba 20(3):372-374. 1970.
30. FORSYTHE, W. M. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 216 p.
31. FRAPS, G. S. y FUDGES, J. F. The chemical composition of forages grasses of the east Texas timber country. Texas Agricultural Experimental Station. Bulletin 582. 1940.
32. _____ y REYNOLDS, E. B. Effect of fertilization of Crowley-clay loam on the chemical composition of forages and carpet grass, Axonopus affines. Agronomy Journal 35(7):560-566. 1943.
33. FRENCH, M. y CHAPARRO, L. M. Contribución al estudio de la composición química de los pastos en Venezuela, durante la estación seca. Agronomía Tropical (Venezuela) 10(2):57-69. 1960.
34. FUENTES, R. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico de algunos suelos ácidos de origen volcánicos. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 112 p.
35. GARDINER, M. y GORMAN, R. C. Further observations on plant selenium in Western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 3(11):248-289. 1963.
36. HARDY, F. The Turrialba senile latosol and its fertilizers requirements. Turrialba, Costa Rica, I.A.I.A.S., 1962. 48 p.
37. _____. Edafología tropical. México, D. F., Herrero, 1970. 416 p.

38. HODGSON, H. E. y REED, O. E. Manual de lechería para la América tropical. Washington, D. C., Secretaría de Estado. s.f. 370 p.
39. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Plano de los terrenos del CTEI mostrando facilidades existentes y distribución de áreas. Turrialba, Costa Rica, 1970. Escala 1:5 000.
40. _____. Mapa de suelos y de capacidad de uso. Turrialba, Costa Rica, 1971. Escala 1:5 000. 2 h.
41. IORWERT, T. LL. Measurement of palatability. In International Grassland Congress, 6th, Pennsylvania, Proceedings. Pennsylvania State College, 1952. v. 2, pp. 1348-1353.
42. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos; una importante contribución al estudio de la química del suelo. Trad. por José Beltrán Martínez. Barcelona, Omega, 1964. 662 p.
43. _____. Chemical composition of soil. In Bear, F. E., ed. Chemistry of soil. 2 ed. New York, Reinhold, 1964. pp. 71-141.
44. JIMENEZ, J. y OCAMPO, M. El aluminio como factor de acidez en varios suelos del Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1970. 75 p.
45. JONES JUNIOR, J. B. Interpretation of plant analysis of several agronomic crops. In Soil Science Society of America, Soil testing analysis. II. Plant analysis. Madison, Wisconsin, 1967. pp. 49-58.
46. KAMPRATH, E. J. Soil acidity and response to liming. North Caroline State University. Technical Bulletin nº 4. 1967. 14 p.
47. KUBOTA, J. et al. Selenium in crops in the United States in relation to selenium-responsive diseases of animal. Journal of Agricultural and Food Chemistry 1593:448-453. 1967.
48. _____. Distribution of cobalt deficiency in grazing animal in relation to soil and forage plants. Soil Science 106(2): 122-130. 1968.
49. LEHANE, J. J. y STAPLE, W. J. Water retention and availability in soil related to draught resistance. Canadian Journal of Agriculture Science 33:265-273. 1953.

50. LIN, C. y COLEMAN, N. T. The measurement of exchangeable aluminium in soil and clays. Soil Science Society of America. Proceedings 24:444-446. 1960.
51. LUDLOW, M. M. Dry matter production, leaf angle, silica content and digestibility of tropical pasture grasses. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 35(3): 200-201. 1969.
52. MARTIN, W. E. y WALKER, T. W. Sulphur requirement and fertilization of pasture and forage crops. Soil Science 101(4): 248-257. 1966.
53. MILFORD, R. Criteria for expressing nutritional values of subtropical grasses. Australian Journal of Agricultural Research 89(2):257-263. 1937.
54. _____ y MINSON, D. J. The feeding values of tropical pasture. In Davies, W., ed. Tropical pasture. London, Faber, 1966. pp. 106-144.
55. MILLAR, C. E., TURK, L. M. y FOTH, H. D. Edafología; fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. del inglés por Nicolás Aguilera. México, D. F., Continental, 1962. 612 p.
56. MUÑOZ, H. Efectos del corte y la fertilización en el crecimiento estacional del zacate elefante (Pennisetum purpureum Schum.). Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1960. 76 p.
57. MURILLO, R. A. Contenido de calcio y fósforo de los pastos elefante y guinea en el valle de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1966. 47 p.
58. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of domestic animals. III. Nutrient Requirement of dairy cattle. Washington, D. C., 1958. 30 p. (Publication 464).
59. NAVAS, J. MANZANO, H. y McCLUNG, K. Algunos aspectos del análisis de suelos. III. Calibración de análisis. Agricultura Tropical (Colombia) 22(6):285-294. 1966.
60. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma, 1968. 60 p.
61. OSTLE, B. Estadística aplicada; técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarla. Trad. del inglés por Dagoberto de la Serna Valdivia. México, D. F., Limusa-Wiley, 1970. 629 p.

62. PARKER, F. W. Phosphorus status and requirements of soil in the United States. In Pierre, W. H. y Normal, A. G., eds. Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. New York, N. Y., Academic Press, 1953. pp. 401-426.
63. PEECH, M. Hidrogen-ion activity. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 913-926.
64. PETERSON, J. B. Relation of soil air poor factor in plant growth. Soil Science 70:175-185. 1950.
65. RICHARDS, L. A. Physical condition of water in soil. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 128-152.
66. RINCON, E. Estudios sobre el crecimiento del pasto elefante (Pennisetum purpureum Schum.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1966. 65 p.
67. ROGER, M. A. Valor nutritivo de nueve especies y dos mezclas forrajeras en relación a sus períodos de crecimiento. Agricultura Técnica (Chile) 12(1):11-23. 1952.
68. RUSSELL, M. B. A simplified air-pycnometer for field use. Soil Science Society of America. Proceedings 14:73-76. 1949.
69. RUSSELL, F. C., DUNCAN, D. L. y GREEN, H. Minerals in pasture; deficiencies and excesses in relation to animal health. 2 ed. Commonwealth Bureau of Animal Nutrition. Technical Communication n° 15. 1955. 150 p.
70. RUSSELL, J. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Trad. del inglés por Gaspar González. 4 ed. Madrid, Aguilar, 1968. 801 p.
71. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químicos de suelos; métodos de laboratorio para diagnósticos de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
72. SANCHEZ DURON, N. Fertilidad y productividad de suelos en México. In Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 1, México, D. F., 1963. México, D. F., Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, 1963. pp. 89-100.
73. STEWART, B. A. Nitrogen-sulphur relation in plant tissue, plant residues, and soil organic matter. In Jack, G. V., ed. Soil Chemistry and Fertility. Aberdeen, International Society of Soil Science, 1967. pp. 131-138.

74. STORIE, R. C. Manual de evaluación de suelos. Trad. del inglés por Alonso Blackaller Váldez. México, D. F., UTEHA, 1970. 225 p.
75. SUAREZ, J. G. Estudios de las fracciones y volatilización del nitrógeno en dos suelos de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, 1972. 81 p.
76. SWINDALE, L. Propiedades de suelos derivados de cenizas volcánicas. In Panel sobre Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, 1969. Trabajos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. pp. B.10.1-9.
77. THOMPSON, L. Soil and soil fertility. New York, McGraw-Hill, 1952. 339 p.
78. TISDALE, L. S. y NELSON, W. L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. del inglés por Jorge Balash y Carmen Piña. Barcelona, Monterrey y Simon, 1970. 760 p.
79. TODD, J. R. Investigation the chemical composition and nutritive value of certain forage plant at medium altitudes in the tropic. I. Seasonal variations in the chemical composition of the grasses Bothriochloa insculpta, Chloris gayana and Brachiaria distyoneura, under rotational grazing with a note the persistence of the grasses. Journal of Agricultural Science 47:29-33. 1956.
80. UNDERWOOD, E. J. The mineral nutrition of livestock. Rome, FAO, 1956. 237 p.
81. VELASCO, J. H. Determinación de fósforo, calcio y proteína de distintos pastos aprovechados por bovinos de algunas zonas de Costa Rica. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 54 p.
82. VICENTE-CHANDLER, J., SILVA, S. y FIGARELLA, J. Effect of nitrogen fertilization and frequency of cultivating and the yield composition of Pará grass in Puerto Rico. Journal of Agricultural University of Puerto Rico 43(4):240-248. 1958.
83. WHYTE, R. O. The grassland and fodder resource of India. New Delhi. Indian Council of Agricultural Research, 1957. 437 p.
84. _____, MOIR, T. R. y COOPER, J. P. Las gramíneas en la agricultura. FAO. Estudios Agropecuarios nº 42. 1959. 646 p.

85. WILSON, J. R. y HAYDOCK, K. P. The comparative response of tropical and temperate grasses to varying levels of nitrogen and phosphorus nutrition. Australian Journal of Agricultural Research 22(4):573-587. 1971.
86. _____ y FORD, W. Temperature influence on the digestibility and carbohydrate composition of two tropical grasses, Panicum maximum, variety trichoglume and Setaria sphacelata, and two cultivars of the temperate grass Lolium perenne. Australian Journal of Agricultural Research 22(4):563-571. 1971.

A P E N D I C E

Cuadro 13. Relación de potreros estudiados.

Orden	Potrero Nº	Area Ha	Especies de pastos	Fecha de esta- blecidos
1	126	1,50	Pangola	s/f
2	138	2,80	Pangola	s/f
3	150	2,20	Estrella africana	3/1971
4	155	3,60	Estrella africana	9/1971
5	252	2,60	Pangola	8/1970
6	253	1,90	Pangola	8/1970
7	255	4,00	Pangola	8/1970
8	216	7,50	Alemán	5/1969
9	124	2,00	Pangola	s/f
10	201	1,60	Pangola	s/f
11	152	2,30	Setaria	7/1969
12	153	3,10	Pangola	s/f
13	250	2,80	Alemán	4/1970
14	146	1,70	Alemán	s/f
15	145	2,50	Pangola	s/f
16	206	2,80	Pangola	s/f
17	208	4,40	Pangola	s/f
18	218	3,00	Estrella africana	9/1971
19	101	1,00	Pangola	s/f
20	102	1,00	Pangola	s/f
21	103	1,00	Pangola	s/f
22	104	1,00	Pangola	s/f
23	105	1,00	Pangola	s/f
24	413	12,80	Guinea Gordura	s/f
25	411	12,00	Guinea Gordura	s/f
26	414	9,50	Guinea Gordura	s/f
27	209	5,40	Estrella africana	11/1971
28	221	2,60	Pastos naturales	s/f
29	412	11,10	Guinea Gordura	s/f
30	421	11,10	Guinea Gordura	s/f
31	423	8,00	Guinea Gordura	s/f

Los potreros (s/f) sin fecha de establecidos se estima que por lo menos tienen ocho años.

Cuadro 14. Ubicación, extensión de los potreros y áreas de las especies de pastos.

Suelo Serie	Pasto Especie	Potrero Nº	Area (ha)	Parcial	Total
Juray	Pangola	126	1,50		
		138	2,80		
		252	2,60		
		255	4,00		
		124	2,00		
		153	3,10		
		145	2,50		
		101	1,00		
		102	1,00		
		103	1,00		
		104	1,00		
		105	1,00	23,50	
Reventazón	Pangola	206	2,80		
		208	4,40	7,20	
Instituto fase pedregosa	Pangola	253	1,90	1,90	
Instituto*	Pangola	201	1,60	1,60	34,20
Juray	Estrella	150	2,20	5,80	
		155	3,60		
Reventazón	Estrella	218	3,00	3,00	
La Margot	Estrella	209	5,40	5,40	14,20
Instituto*					
Instituto Juray	Alemán	216	7,50	7,50	
	Alemán	250	2,80		
		146	1,70	4,50	12,00
Colorado	Guinea-Gordura	411	12,00	12,00	
		412	11,10		
		413	12,80		
		414	9,50		
		421	11,10		
		423	8,00	52,50	64,50
Juray	Setaria	152	2,30	2,30	2,30
Instituto La Margot	Pastos naturales	221	2,60	2,60	2,60
T o t a l		31	129,80	129,80	129,80 Ha

* Fase normal.

Cuadro 15. Rendimiento en materia seca, raíces.

Orden Nº	Potrero Nº	Rendimiento Kg/Ha	Especie pastos	Suelo Serie
1	104	15 800	Pangola	Juray
2	105	15 000	Pangola	Juray
3	101	12 633	Pangola	Juray
4	124	11 144	Pangola	Juray
5	145	10 811	Pangola	Juray
6	103	10 355	Pangola	Juray
7	221	10 326	Pastos naturales	Instituto-La Margot
8	252	9 983	Pangola	Juray
9	201	9 388	Pangola	Instituto-La Margot
10	208	9 155	Pangola	Reventazón
11	413	9 016	Guinea gordura	Colorado
12	102	8 882	Pangola	Juray
13	206	8 822	Pangola	Reventazón
14	146	8 033	Alemán	Juray
15	411	7 306	Guinea gordura	Colorado
16	255	7 244	Pangola	Juray
17	153	6 644	Pangola	Juray
18	152	6 639	Setaria	Juray
19	138	6 444	Pangola	Juray
20	414	6 244	Guinea gordura	Colorado
21	126	5 583	Pangola	Juray
22	218	4 983	Estrella	Instituto-La Margot
23	250	4 938	Alemán	Juray
24	412	4 689	Guinea	Colorado
25	423	4 656	Guinea gordura	Colorado
26	421	4 445	Guinea gordura	Colorado
27	216	4 383	Alemán	Instituto*
28	150	4 177	Estrella	Juray
29	155	3 811	Estrella	Juray
30	209	2 056	Estrella	Reventazón
31	253	1 610	Pangola	Ins. fase pedregosa

Promedio del área: 7 600 Kg/Ha.

* Fase normal.

Cuadro 16. Rendimiento en materia seca, tallos.

Orden Nº	Potrero Nº	Rendimiento Kg/Ha	Especie pastos	Suelo Serie
1	253	9 879	Pangola	Inst.fase pedregosa
2	252	8 611	Pangola	Juray
3	124	8 600	Pangola	Juray
4	145	7 827	Pangola	Juray
5	255	7 722	Pangola	Juray
6	105	7 344	Pangola	Juray
7	103	7 111	Pangola	Juray
8	104	6 767	Pangola	Juray
9	411	6 756	Guinea Gordura	Colorado
10	413	6 472	Guinea Gordura	Colorado
11	102	6 383	Pangola	Juray
12	216	6 277	Pangola	Instituto*
13	208	6 155	Pangola	Reventazón
14	218	6 133	Estrella	Instituto-La Margot
15	201	5 998	Pangola	Instituto
16	101	5 794	Pangola	Juray
17	209	5 667	Pangola	Reventazón
18	414	5 594	Guinea-Gordura	Colorado
19	250	5 333	Alemán	Juray
20	206	5 122	Pangola	Reventazón
21	146	5 122	Alemán	Juray
22	221	5 026	Pastos naturales	Instituto-La Margot
23	150	4 977	Estrella	Juray
24	423	4 889	Guinea-Gordura	Colorado
25	152	4 666	Setaria	Juray
26	126	4 355	Pangola	Juray
27	153	4 144	Pangola	Juray
28	138	3 400	Pangola	Juray
29	412	3 206	Guinea-Gordura	Colorado
30	155	2 250	Estrella	Juray
31	421	2 000	Guinea-Gordura	Colorado

Promedio del área: 5 800 Kg/Ha.

* Fase normal.

Cuadro 17. Rendimiento en materia seca, terminales.

Orden Nº	Potrero Nº	Rendimiento Kg/Ha	Especie pastos	Suelo Serie
1	414	2 049	Guinea gordura	Colorado
2	413	1 982	Guinea gordura	Colorado
3	209	1 939	Estrella	Reventazón
4	423	1 880	Guinea gordura	Colorado
5	411	1 646	Guinea gordura	Colorado
6	104	1 589	Pangola	Juray
7	412	1 586	Guinea gordura	Colorado
8	208	1 552	Pangola	Reventazón
9	421	1 541	Guinea gordura	Colorado
10	221	1 537	Pastos naturales	Instituto-La Margot
11	101	1 464	Pangola	Juray
12	218	1 450	Estrella	Instituto-La Margot
13	201	1 425	Pangola	Instituto*
14	124	1 340	Pangola	Juray
15	102	1 320	Pangola	Juray
16	103	1 311	Pangola	Juray
17	145	1 253	Pangola	Juray
18	138	1 200	Pangola	Juray
19	105	1 194	Pangola	Juray
20	206	1 168	Pangola	Reventazón
21	150	1 155	Estrella	Juray
22	146	1 118	Alemán	Juray
23	153	1 105	Pangola	Juray
24	152	1 074	Setaria	Juray
25	253	1 040	Pangola	Inst.fase pedregosa
26	155	994	Estrella	Juray
27	216	875	Alemán	Instituto*
28	252	807	Pangola	Juray
29	126	800	Pangola	Juray
30	250	685	Alemán	Juray
31	255	679	Pangola	Juray

Promedio del área: 1 312 Kg/Ha.

* Fase normal

Cuadro 18. Escala para la evaluación de las características químicas de los suelos: (0 - 15 cm).
 Puntaje máximo 51
 % asignado 30

Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor
Materia orgánica %								
Nitrógeno total %								
3,95	5,68	1	0,27	0,35	1	2,68	17,76	1
3,69	7,42	2	0,36	0,44	2	17,77	31,85	2
7,43	9,16	3	0,45	0,53	3	31,86	54,94	3
9,17	10,88	4	0,54	0,60	4	45,95	59,00	4
Azufre asimilable ppm								
C.I.C. me/100 gr								
0,00	20,02	1	32,33	38,93	1	1,22	2,83	1
20,03	40,04	2	38,94	45,53	2	2,84	4,44	2
40,05	60,06	3	45,54	52,13	3	4,45	6,05	3
60,07	80,10	4	52,14	58,76	4	6,06	7,57	4
Magnesio cambiabile me/100 gr								
Potasio cambiabile me/100 gr								
1,01	2,03	1	0,11	0,57	1	6,32	10,94	1
2,04	3,05	2	0,58	1,04	2	10,95	17,26	2
3,06	4,07	3	1,05	1,51	3	10,27	23,58	3
4,08	5,10	4	1,52	1,95	4	23,59	24,81	4
Al intercambiabile me/100 gr								
Hierro total ppm								
0,05	0,18	1	23	447	4	285	595	1
0,19	0,32	2	35	576	3	694	1 101	2
0,33	0,46	3	47	706	2	1 102	1 509	3
0,47	0,50	4	59	835	1	1 510	1 929	4
Manganeso total ppm								
Zinc total ppm								
200	256	1	000	110	1	9 010	44 377	4
257	313	2	111	221	2	44 378	79 745	3
314	370	3	222	332	3	79 746	115 113	2
371	422	4	333	441	4	115 114	150 480	1
Aluminio total ppm								

Cuadro 19. Escala para la evaluación de las características químicas de los suelos: (15 - 30 cm).
 Puntaje máximo 51
 % asignado 10

Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor
Materia orgánica %								
2,04	3,57	1	0,17	0,25	1	2,80	12,47	1
3,58	5,11	2	0,26	0,34	2	12,48	22,15	2
5,12	6,65	3	0,35	0,43	3	22,16	31,83	3
6,66	8,16	4	0,44	0,49	4	31,84	41,50	4
Nitrogeno total %								
Fósforo disponible ppm								
Azufre extraíble me/100 gr								
00	20	1	37,71	40,69	1	0,98	2,20	1
21	41	2	40,70	45,68	2	2,21	3,43	2
42	62	3	45,69	50,67	3	3,44	4,66	3
63	81	4	50,68	55,65	4	4,67	5,87	4
C.I.C. me/100 gr								
Calcio cambiabile me/100 gr								
Magnesio cambiabile me/100 gr								
0,50	1,20	1	0,10	0,42	1	4,60	9,10	1
1,21	1,91	2	0,43	0,75	2	9,11	13,61	2
1,92	2,63	3	0,76	1,08	3	13,62	18,22	3
2,63	3,30	4	1,09	1,40	4	18,23	22,51	4
Potasio cambiabile me/100 gr								
Saturación de Bases %								
Al intercambiabile me/100 gr								
0,03	0,20	4	19 040	29 820	4	280	940	1
0,21	0,37	3	29 821	40 601	3	941	1 601	2
0,38	0,54	4	40 602	51 282	2	1 602	2 262	3
0,55	0,70	1	51 283	62 160	1	2 263	2 923	4
Hierro total ppm								
Manganeso total ppm								
Zinc total ppm								
198	242	1	0	116	1	10 280	53 222	4
243	287	2	117	233	2	53 223	96 164	3
288	332	3	234	350	3	96 165	139 106	2
333	376	4	351	464	4	139 107	182 050	1
Cobre total ppm								
Aluminio total ppm								

Cuadro 20. Escala para la evaluación de los datos de análisis químico de plantas: Raíces.
 Puntaje máximo 48
 % asignado 10

Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor
Proteína cruda %								
0,18	0,27	1	1,13	1,69	1	0,10	0,13	1
0,28	0,36	2	1,70	2,25	2	0,14	0,17	2
0,37	0,45	3	2,26	2,81	3	0,18	0,21	3
0,46	0,54	4	2,82	3,38	4	0,22	0,25	4
Fósforo %								
Calcio %								
0,04	0,18	1	0,01	0,05	1	0,12	0,19	1
0,19	0,32	2	0,06	0,10	2	0,20	0,26	2
0,33	0,46	3	0,11	0,14	3	0,27	0,35	3
0,47	0,60	4	0,15	0,18	4	0,36	0,39	4
Magnesio %								
Hierro ppm								
0,46	0,64	1	5 566	12 237	1	280	416	1
0,65	0,82	2	12 238	18 908	2	417	553	2
0,83	1,00	3	18 909	25 579	3	554	690	3
1,01	1,19	4	25 580	32 250	4	691	825	4
Manganeso ppm								
Zinc ppm								
107	136	1	32	56	1	9 100	16 862	1
137	165	2	57	80	2	16 862	24 624	2
166	194	3	81	104	3	24 625	32 286	3
195	225	4	105	130	4	32 287	40 150	4
Aluminio ppm								
Cobre ppm								

Cuadro 21. Escala para la evaluación de los datos de análisis químico de plantas: Tallos.
 Puntaje máximo 48
 % asignado 20

Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor
Nitrógeno %								
0,20	0,29	1	1,25	1,77	1	0,14	0,22	1
0,30	0,39	2	1,78	2,29	2	0,23	0,31	2
0,40	0,49	3	2,30	2,81	3	0,32	0,40	3
0,50	0,54	4	2,82	3,34	4	0,41	0,45	4
Proteína cruda %								
Azufre %								
0,10	0,18	1	0,03	0,21	1	0,14	0,22	1
0,19	0,27	2	0,22	0,40	2	0,23	0,31	2
0,28	0,36	3	0,41	0,59	3	0,32	0,40	3
0,37	0,43	4	0,60	0,75	4	0,41	0,48	4
Calcio %								
Magnesio %								
Potasio %								
0,77	1,31	1	813	2 809	1	90	247	1
1,32	1,86	2	2 810	4 806	2	248	405	2
1,87	2,41	3	4 807	6 803	3	406	563	3
2,42	2,94	4	6 804	8 800	4	564	720	4
Hierro ppm								
Manganeso ppm								
Zinc ppm								
40	85	1	10	16	1	1 700	4 916	4
86	131	2	17	23	2	4 917	8 132	3
132	177	3	24	30	3	8 133	11 348	2
178	221	4	31	35	4	11 348	14 566	1
Cobre ppm								
Aluminio ppm								

Cuadro 22. Escala para la evaluación de los datos de análisis químico de plantas: Terminales.
 Puntaje máximo 48
 % asignado 30

Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor	Límite inferior	Límite superior	Valor
Nitrógeno %								
0,38	0,47	1	2,38	2,94	1	0,23	0,26	1
0,48	0,57	2	2,95	3,50	2	0,27	0,39	2
0,58	0,67	3	3,51	4,06	3	0,31	0,32	3
0,68	0,74	4	4,07	4,63	4	0,33	0,35	4
Proteína cruda %								
Azufre %								
0,11	0,18	1	0,04	0,33	1	0,27	0,42	1
0,19	0,25	2	0,34	0,63	2	0,43	0,58	2
0,26	0,32	3	0,64	0,93	3	0,59	0,74	3
0,33	0,41	4	0,94	1,20	4	0,75	0,90	4
Calcio %								
Magnesio %								
Potasio %								
0,42	1,10	1	325	1 318	1	60	227	1
1,11	1,79	2	1 319	2 312	2	228	395	2
1,80	2,40	3	2 313	3 306	3	396	563	3
2,49	3,14	4	3 307	4 300	4	564	730	4
Hierro ppm								
Manganeso ppm								
Zinc ppm								
44	70	1	11	16	1	400	2 025	4
71	97	2	17	22	2	22 026	3 561	3
98	124	3	23	28	3	3 562	5 277	2
125	151	4	29	31	4	5 278	6 900	1
Cobre ppm								
Aluminio ppm								

Cuadro 23. Ejemplo de metodología empleada en la evaluación de las propiedades individuales y determinación del índice de fertilidad.

A. Grupos de características consideradas en el estudio

Suelo		a. Físicas de la zona radical
		b. Químicas de la zona radical
		c. Químicas de la zona subradical
Planta		d. Químicas de las raíces
		e. Químicas de los tallos
		f. Químicas de los terminales

B. Para la evaluación se consideraron los siguientes grupos de características y se les asignó un porcentaje conveniente:

<u>Grupo de características</u>	<u>% asignado</u>
Zona radical	30
Zona subradical	10
Raíces	10
Tallos	20
Terminales	30
<hr/>	
Total	100

C. Cada grupo de características está constituido por propiedades individuales. En la zona radical y subradical se consideraron 16 propiedades individuales, en las raíces, tallos y terminales se consideraron 12 en cada una. Para la evaluación no se consideró el pH por ser una propiedad que es similar y de poca variación en toda el área.

D. Propiedades individuales consideradas para la evaluación en la zona radical.

Lote	MO	N-t	P	S	CIC	Ca	Mg	K	Al-in	SB	Fe	Mn	Cu	Zn	Al-t	Puntaje máximo
	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	1	4	4	4	1 =	51

1

2 -A

3 3 3 2 1 3 2 2 2 1 3 1 3 3 2 1 = 31
 (valores obtenidos por medio de la escala)

.

.

.

20

21 +B

.

31

E. Porcentaje y puntaje máximo para cada grupo de características

Grupo de características	<u>% asignado</u>	<u>Puntaje máximo</u>
Zona radical	30	31
Zona subradical	10	31
Raíces	10	48
Tallos	20	48
Terminales	30	48
Total	<u>100</u>	

F. Formación de la escala para evaluación de las propiedades individuales.

Para la formación de la escala se utilizaron los valores extremos (valores menor y mayor obtenidos mediante el análisis de las propiedades individuales).

Por ejemplo:

Valor menor o mínimo encontrado en la propiedad individual = A

Valor mayor o máximo encontrado en la propiedad individual = B

Se establece la diferencia entre ambos:

$$B - A = C$$

La diferencia se divide entre el número de clases que se desea considerar (para este caso se consideraron 4 clases)

$$C/4 = D$$

En la escala se considera: Clase, límite: inferior, superior y valor; por ejemplo:

Clase	Límite inferior	Límite superior	Valor
1	A	A + D	1
2	A + D + 1	A + 2D	2
3	A + 2D + 1	A + 3D	3
4	A + 3D + 1	A + 4D = B	4

=====

Con esta escala generalizada se efectuó la evaluación de la propiedad individual de la zona radical y del lote 3 (según D). En este lote se obtuvo un puntaje máximo de 31 puntos que para referirlo al porcentaje se efectúa una regla de tres simple.

Por ejemplo:

30 % es a 51 puntaje máximo

X 31

Donde

$$X = \frac{30 \times 31}{50} = 19,50$$

lo que significa que el lote 3 en la evaluación de la propiedad individual tiene 31 puntos como máximo y un índice igual a 19,50% correspondiente a la zona radical.

Este mismo procedimiento se realiza para las otras características. Así suponiendo que en la evaluación se han obtenido los siguientes índices:

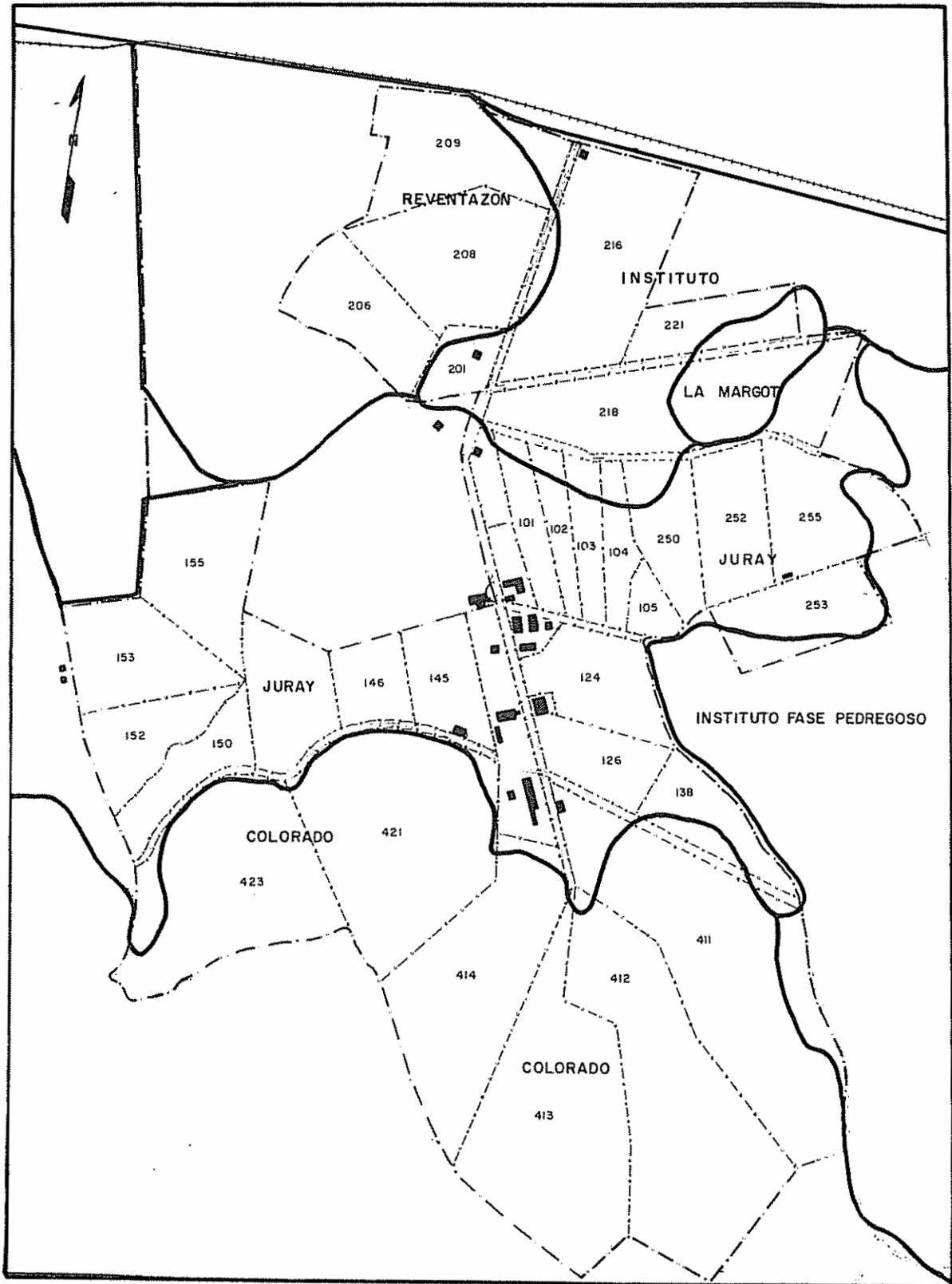
	<u>Indice %</u>
1 Zona radical	19,50
2 Zona subradical	5,00
3 Raíces	5,00
4 Tallos	10,00
5 Terminales	20,00
	<hr/>
	59,50

Significa que el lote 3 tiene un índice de fertilidad igual a 59,50%. Para cada potrero se sigue el mismo procedimiento, una vez realizada la evaluación y obtenido los índices, se ordena en forma creciente y se les clasifica de acuerdo con límites establecidos.

Cuadro 24. Patrones de comparación para determinar calidad de pastos.

Nutrientes	Concentración adecuada	Referencia
Proteína cruda	9,32 %	Velasco (81) IICA-CTEI 1961
Fósforo	0,20 %	Velasco (81) IICA-CTEI 1961
Calcio	0,31 %	Velasco (81) IICA-CTEI 1961
Magnesio	0,24 %	Underwood (80) FAO 1966
Potasio	2,40 %	Underwood (80) FAO 1966
Hierro	264 ppm	Underwood (80) FAO 1966
Manganeso	29 ppm	Underwood (80) FAO 1966
Cobre	8 ppm	Underwood (80) FAO 1966
Zinc	30 ppm	Underwood (80) FAO 1966

Los datos de Velasco (81) son promedios de los pastos Pangola, Guinea y Gordura obtenidos en el valle de Turrialba. Los datos tomados de Underwood (80) son promedios de ocho especies de gramíneas, aunque no identificadas.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
CENTRO TROPICAL DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION

MAPA DE SUELOS DEL AREA DE GANADERIA
TURRIALBA - COSTA RICA

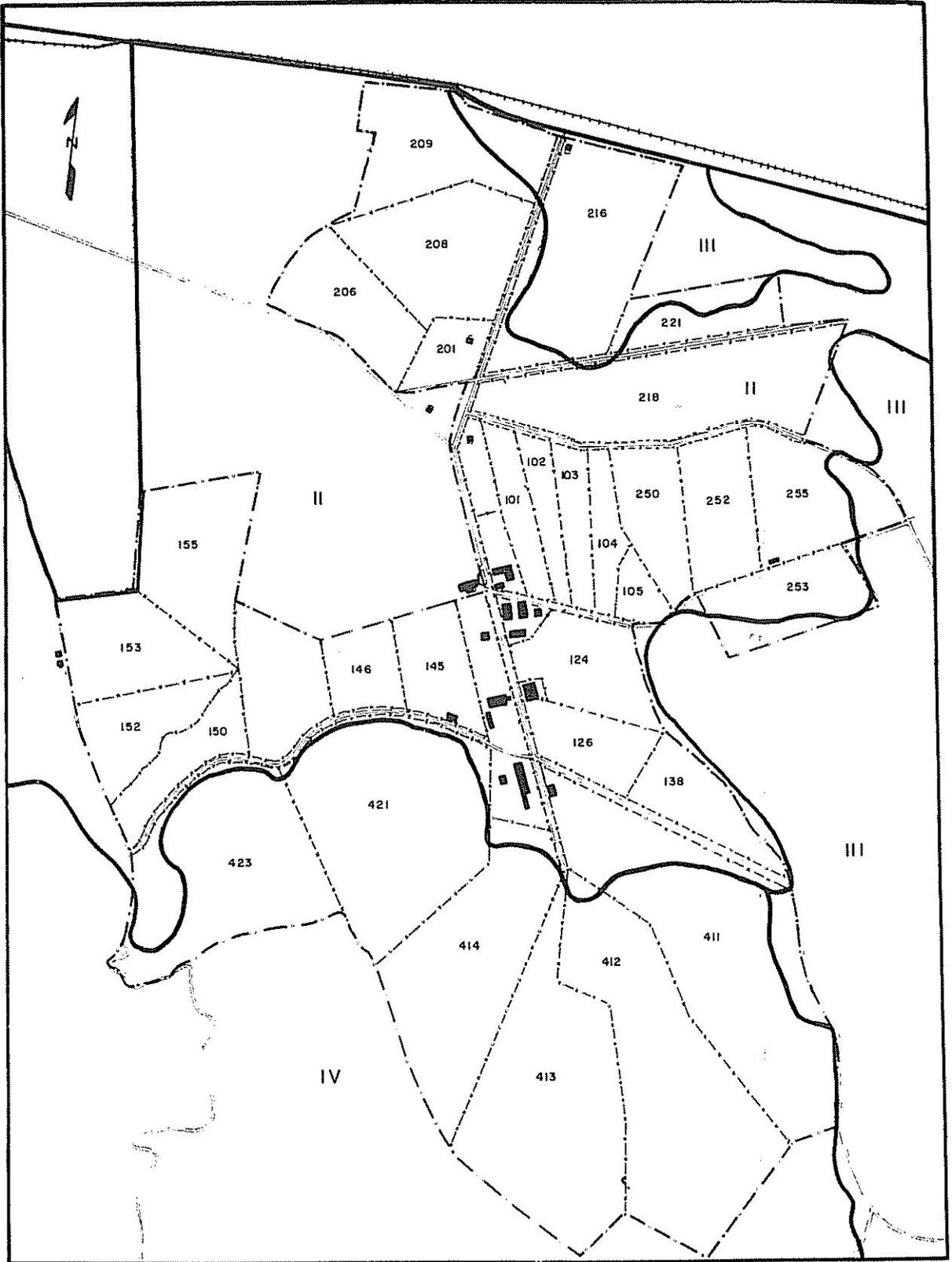
LEYENDA

+++++	Línea de ferrocarril
====	Carretera asfaltada
=====	Camino interior lostrado
- - - - -	Límite de parcela
— · — · —	Límite de draca
■	Construcciones

SERIE DE SUELOS

	Ha	%
Juray	40.50	31.45
Instituto	12.00	9.30
Reventazón	12.50	9.50
Colorado	61.00	46.80
La Margot	2.40	1.90
Fase I		
Inst. pedregoso	1.40	1.05
Total	130.00	100.00

Fuente : V Aguirre A.	Recopilado : I. Berlanga Z	Aprobado: Dr Rulo Bazán S.
Fecha : 3 / 1971		
Dibujo E Ortiz;C	Revisado : I Berlanga Z	Escala 1:5000
Fecha 8 / 1972		Mopa N° 1



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
CENTRO TROPICAL DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION

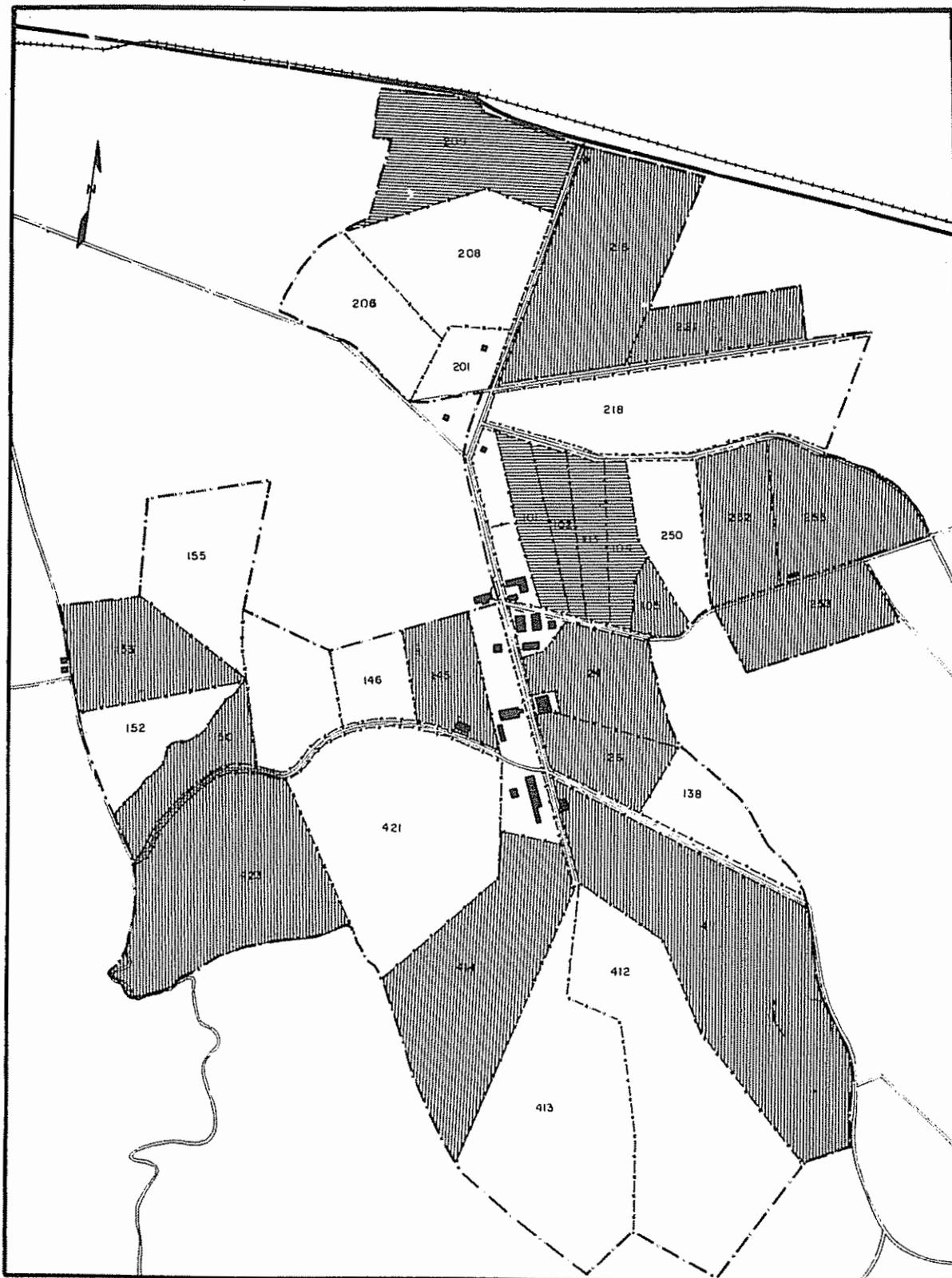
MAPA DE CAPACIDAD DE USO DEL AREA DE GANADERIA
TURRIALBA - COSTA RICA

LEYENDA

- Línea de ferrocarril
- ==== Corralera asfaltada
- ===== Camino interior lastrado
- - - - - Lindero de potrero
- Límite de área
- Construcciones

CLASE DE SUELOS	Ha	%
Clase II	58 00	44 50
Clase III	7 50	5 50
Clase IV	64 50	50 00
T o t a l	130 00	100 00

Fuente : V Aguirre A. Fecha : 3 / 1971	Recopilado : I Berlanga Z	Aprobado : Dr Rufa Bazán S
Dibujo : E. Ortiz C. Fecha : 6 / 1972	Revisado : I Berlanga Z	Escala 1:5000 Mapa N° 2



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
CENTRO TROPICAL DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION

MAPA DE FERTILIDAD DEL AREA DE GANADERIA
TURRIALBA - COSTA RICA

- LEYENDA**
- Línea de ferrocarril
 - ==== Carretera asfaltada
 - ===== Camino interior lastrado
 - - - - - Límite de potrero
 - Límite de área
 - Construcciones

C L A V E

CATEGORIA	ha	%
Primera	9 40	7 24
Segunda	60 40	46 46
Tercera	60 20	46 30
	130 00	100 00

Autor: I Berlanga Z	Revisado: I Berlanga Z	Aprobado: Dr. Rulo Bazán S.
Dibujo: E Ortiz C.	Fecha: 7/1972	Escala 1:5000 Mapa N° 3