

BOLETIN



de
la **Compañía Administradora del Guano**

BOLETIN

De la Compañía
Administradora
DEL GUANO

DIRECTOR:

Ing° Jefe General del Departamento Técnico

COMITE DE REDACCION:

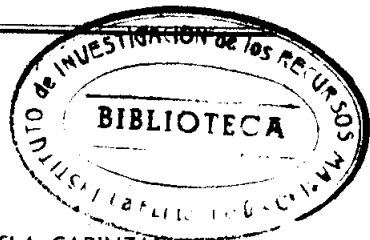
Personal de Ingenieros del Departamento Técnico

Volumen XXXII

Mayo 1956

Nº 5

SUMARIO



PORTADA: MUELLE RECIENTEMENTE CONSTRUIDO EN LA ISLA CABINZAS.
(Foto: J. Castañeda).

EDITORIAL: LA MORTANDAD DE AVES GUANERAS

LAS ENERGIAS QUE INTERVIENEN EN LA SUSTITUCION DEL CALCIO POR EL POTASIO EN LOS SUELOS,
por C. M. Wooddruff ✓

BALANCE GENERAL AL 31 DE ENERO DE 1956

FERTILIDAD, ANALISIS QUIMICO Y USO EFICAZ DE LOS FERTILIZANTES,
por Matthew Drosdott Ph. D.

Este BOLETIN se publica MENSUALMENTE.

Su objeto principal es DIFUNDIR Y VULGARIZAR LOS PRINCIPIOS QUE DEBEN REGIR EN EL MEJOR CONOCIMIENTO DEL SUELO así como el ABONAMIENTO REQUERIDO y todo lo que sea de interés para el agricultor del país.

Su distribución es GRATUITA entre todos los AGRICULTORES. — Teléfono 72510.
Zórate 455 — Casilla 2147, LIMA.

Las Energías que Intervienen en la Substitución del Calcio por el Potasio en los Suelos*

Por C. M. WOODRUFF

"Proc. Soil Sci. Amer." 19, Nº 2, 167 (1955)

El interés principal de la química del suelo radica en el hecho de que estudia la tierra como medio de nutrición para las plantas. En las primeras investigaciones se estudió la composición de la solución del suelo. Trabajos más recientes han versado sobre la composición catiónica y la capacidad del complejo de intercambio. El factor de la capacidad en la nutrición catiónica de las plantas merece ciertamente la importancia que se le atribuye en lo que concierne a la continuidad de la nutrición de la planta durante el período de crecimiento. El ritmo de la liberación de los cationes del complejo de intercambio del suelo en favor de las plantas constituye uno de los factores de la nutrición de las mismas y la translocación de los cationes está asociada al abastecimiento de la solución del suelo en aniones. Es indudable que la velocidad de translocación de los cationes entre el complejo de intercambio y las raíces de las plantas es adecuada cuando el suelo contiene una cantidad normal de nitratos, sulfatos, fosfatos y bicarbonatos. Sin embargo, la liberación de un catión metálico del complejo de intercambio catiónico requiere una reacción de intercambio catiónico. Ahora bien, las reacciones de intercambio son determinadas por modificaciones en la energía libre.

Las energías de intercambio determinan no solamente el que las reacciones se produzcan o no, sino también los equilibrios nutritivos de la gama de cationes que han de intercambiarse. El hidrógeno de las raíces vegetales es cambiado contra los cationes metálicos de la arcilla. La energía libre del intercambio del hidrógeno condiciona el flujo de los cationes del complejo de intercambio en las raíces. Por el contrario, el

equilibrio nutritivo de los cationes metálicos, que son liberados por el intercambio hidrogénico, depende, por su parte, de la energía de intercambio que interviene en la substitución de un catión metálico por otro. Las investigaciones de que trata el presente trabajo no han versado sino sobre el equilibrio nutritivo del potasio y del calcio, tal y como es reflejado por la energía libre de la reacción que provoca la substitución del calcio por el potasio.

Las energías de intercambio para el intercambio de cationes

La energía de intercambio constituye el factor intensidad de la nutrición de las plantas. El factor de intensidad es expresado convencionalmente en energía de intercambio por equivalente catiónico químico. El intercambio catiónico necesita automáticamente la presencia de dos clases de cationes que se cambian entre dos sistemas de

* Las energías de intercambio utilizadas en el presente trabajo se refieren a consideraciones termodinámicas, que constituyen la base de los trabajos de investigación examinados. Este método de estudio del intercambio catiónico difiere de los procedimientos convencionales, pero, en último término, los resultados obtenidos concuerdan con los procedentes de los principios de Donnan. Este método permite dejar a un lado las incertidumbres en cuanto a los aniones solubles en los sistemas de arcilla y que, basándose en esos principios, deben ser tomados en consideración. El método descrito considera el intercambio de los cationes desde el punto de vista estrictamente termodinámico, lo que justifica el empleo de las energías, más bien que de las relaciones, para expresar los resultados. Así, pues, se reduce el problema del intercambio catiónico a un razonamiento más sencillo y de más fácil comprensión.

aniones. Para valuar la energética del intercambio catiónico de un suelo determinado, es convencional escoger una solución pura utilizada como sistema de referencia para el intercambio de los cationes. Los químicos consideran generalmente el "estado standard" como una solución hipotética en la cual la actividad de cada uno de los cationes que toman parte en las reacciones es monomolar. El "estado standard" suministra un punto de referencia adecuado para la evaluación de la energética del intercambio catiónico. Ese estado será considerado como punto de referencia cuando las concentraciones de los cationes utilizadas en la ecuación energética se expresan en moles/litro.

La valuación de las energías de intercambio puede llevarse a cabo por medio de un electrólito diluido, que ha sido equilibrado previamente con el suelo. La puesta en equilibrio establece el valor de la energía libre de intercambio al mismo nivel que la existente en el suelo. Es posible separar el electrólito del suelo y proceder al análisis según los métodos convencionales. Los resultados se utilizan para calcular la energía de intercambio por lo que se refiere al electrólito, basándose en el "estado standard" como punto de referencia.

En la práctica, se puede considerar que las actividades de los cationes metálicos en un electrólito muy diluido son iguales a las concentraciones. La energía de intercambio ΔF expresada en calorías por equivalente químico a 25°C, se puede calcular tomando por base la relación

$$\Delta F = 1364 \log \frac{aK}{aCa}$$

en la cual aK y aCa representan las actividades en moles/litro de potasio y de calcio, respectivamente, en el electrólito diluido (6). Basándose en una manera enteramente distinta de expresar las concentraciones, la reacción se referiría a un estado cualquiera diferente del "estado standard". Debido a la puesta en equilibrio, el cambio de la energía calculada partiendo de la mencionada ecuación es total para la transferencia de 1 equivalente químico de potasio que pasa del "estado standard" al suelo o cambio de la transferencia de 1 equivalente químico de calcio que pasa del suelo al "estado standard"; el proceso es reversible. Los valores negativos implican que la reacción entre el suelo y el "estado standard" se efectúa espontáneamente. Por el contrario, cuando los valores son positivos, la reacción se hace en sentido inverso.

Debido a las relaciones entre un suelo, un electrólito diluido y el "estado standard", un electrólito diluido puede ser considerado como un excelente instrumento para valuar la energética del intercambio catiónico en un suelo.

Utilizado un electrólito diluido como medio para valuar el intercambio catiónico, éste debe ser preferentemente diluido en un grado tal que las actividades de los cationes se aproximen a sus concentraciones y que el electrólito no penetre en medida apreciable en la atmósfera iónica de las partículas coloidales cargadas. Las concentraciones fortuitas de aniones en la solución del suelo desplazada o extraída bastan ordinariamente para la valuación de la energía de intercambio de un par cualquiera de cationes.

La composición catiónica de la solución del suelo

La termodinámica del equilibrio entre un suelo y la solución del suelo necesita que la energía de intercambio sea la misma para cada par de cationes en el complejo de intercambio y en la solución. Además, toda combinación de cationes en el complejo de intercambio se caracteriza por una energía constante de intercambio, independientemente de la mayor o menor humedad del suelo o de la presencia de cantidades fortuitas de aniones en la solución. Las diferencias de las concentraciones de aniones en la solución del suelo — diferencias producidas por cambios en el grado de humedad en el suelo o por adición o extracción de pequeñas cantidades de sales — van asociadas a diferencias de las concentraciones de los cationes en solución. Esto se explica por el hecho de que los aniones en solución deben ir acompañados por equivalentes químicos catiónicos. Sin embargo, la distribución de los cationes en la solución será siempre tal que refleje una energía constante de intercambio por lo que conlleva a una combinación específica de cationes en el complejo de intercambio.

Las diferencias de las concentraciones catiónicas y de las relaciones catiónicas en la solución del suelo no tienen fundamental importancia, mientras que la relación entre la concentración molar de un catión monovalente y la raíz cuadrada de la concentración molar del catión bivalente — relación que refleja la energía de intercambio — constituye un criterio importante que permite valuar la solución del suelo.

Los resultados obtenidos por Burd y Martín (3) han confirmado que la energía de intercambio

constituye una propiedad constante de un suelo en el que varían las concentraciones aniónicas de la solución del suelo. Esos autores estudiaron la composición de la solución del suelo desplazada de suelos con diferentes grados de humedad, y convirtieron los resultados obtenidos en cuanto al potasio y al calcio en relaciones potasio/calcio y en energías de intercambio (cuadro 1). Aumentando al doble el grado de humedad de los suelos, se reducen las concentraciones catiónicas a la mitad aproximadamente y se eleva en 1,4 veces, poco más o menos, la relación potasio/calcio. No obstante, esas modificaciones muestran que las energías de intercambio son prácticamente constantes. Además, los cuatro suelos estudiados por esos autores eran similares en lo que concierne a la energía de intercambio del potasio y del calcio.

Los intensos estudios sobre la solución del suelo efectuados por los primeros pedólogos fueron abandonados virtualmente en cuanto tocaron a los problemas concernientes a la química de los intercambios. La consecuencia ha sido que hoy se utiliza como base la composición catiónica del complejo de intercambio cuando se quiere establecer el equilibrio nutritivo. Sin embargo, las

correlaciones entre la nutrición de las plantas y los equilibrios catiónicos en el suelo hacen surgir la idea de que en diferentes tipos de suelos son necesarios equilibrios catiónicos diferentes. Así, se ve que la saturación centesimal no es guía infalible para llegar a un medio nutritivo equilibrado. Debido al hecho de que el equilibrio nutritivo entre un par específico de cationes en una planta es determinado de manera primaria por la energía de intercambio de los cationes en el suelo, es razonable suponer que el valor de la energía de intercambio, medido en la solución del suelo, tiene un alcance aplicable a todos los tipos de materiales de intercambio como criterio del equilibrio catiónico por lo que se refiere a la nutrición de las plantas. Existen numerosas correlaciones entre el crecimiento de las plantas y la composición catiónica del complejo de intercambio en diferentes tipos de suelos. Sin embargo, en lo que concierne a la energía de intercambio, no se han observado tales correlaciones. El objeto de las investigaciones examinadas en el presente trabajo consistió en establecer límites amplios o gamas para las energías de intercambio en relación con el equilibrio nutritivo del potasio y del calcio en los suelos.

CUADRO 1

Los cambios de la energía libre ΔF , que acompañan a la sustitución del calcio por el potasio en suelos con diferentes grados de humedad (calculados basándose en los datos suministrados por Burd y Martin*)

Nº del suelo	Humedad	RIQUEZA DE CATIONES EN LA SOLUCION DESPLAZADA			
		K	Ca	K/Ca	ΔF
	%	ppm	ppm	me/me	calorías
5	9,0	125	845	0,076	— 2260
	18,0	85	410	0,106	— 2270
6	7,3	250	1310	0,086	— 1980
	14,8	150	640	0,120	— 2070
9	7,5	130	985	0,068	— 2280
	14,3	85	475	0,092	— 2320
11	9,0	165	790	0,107	— 2070
	13,6	180	560	0,165	— 1920
	16,6	140	420	0,171	— 1980

* Los cálculos se efectuaron sobre la base de las concentraciones. Las correcciones en lo que concierne a los coeficientes de actividad provocan una leve modificación de los valores energéticos, pero las diferencias relativas entre los resultados obtenidos acerca de un mismo suelo son insignificantes.

La nutrición de las plantas en relación con las energías que intervienen en la sustitución del calcio por el potasio

La planta es, en último término, lo que debe constituir el criterio para formar juicio sobre un medio como substrato adecuado para el crecimiento vegetal. La manera más fácil de determinar las relaciones entre la nutrición de la planta y las energías de intercambio es utilizar suelos acerca de los cuales se dispone de numerosos datos experimentales. El factor de la intensidad en el intercambio de cationes expresada por la energía de intercambio constituye una medida fundamental y cuando los suelos cuyas correlaciones se conocen son valuados basándose en las energías de intercambio, los resultados deberían suministrar los datos necesarios para valuar el estado nutritivo de cualquier tipo de medio de intercambio en lo que concierne al equilibrio potasio/calcio. Los "Putnam soils" del Misuri han sido estudiados intensivamente durante numerosos años. El profundo conocimiento de esos suelos se apoya en resultados obtenidos por medio de ensayos en pleno campo, de ensayos en potes, de la electrólisis de las arcillas y del análisis de los suelos. Los resultados han mostrado, en resumen, que el aprovisionamiento potásico de los cultivos habituales es suficiente en tierras abonadas con cal cuando la riqueza del suelo en K es de 200 a 300 lb/acre, lo que corresponde a una saturación del complejo de intercambio de 1,7 % al 2,6 %, medida por **Broy** (2). Por el contrario, una riqueza de 100 lb/acre o menos de K intercambiable da lugar a síntomas de deficiencia en todos los cultivos. Durante temporadas de cultivo con pluviosidad normal, el maíz sufre una deficiencia potásica en los "Putnam soils" cuando la riqueza en potasio se eleva de 120 a 140 lb/acre de K, mientras que esos síntomas no se manifiestan en las temporadas secas.

En sus interpretaciones de los resultados relativos a los mencionados suelos, **Graham** (4) sugiere que los suelos de tipo montmorillonítico funcionan de manera bastante satisfactoria cuando la distribución catiónica en el complejo de intercambio es del 2 % de potasio, del 10 % de magnesio y del 65 % al 85 % de calcio. Basándose en los datos ya enunciados, se estudiaron las relaciones entre la energía de intercambio para la sustitución del calcio por el potasio y la riqueza de potasio en el suelo. Con ese fin, se

utilizaron arcilla electrodiálizada y muestras de suelos procedentes de las parcelas de ensayo (Putnam clay and soils).

Las energías de intercambio en lo concerniente a la arcilla electrodiálizada (Putnam clay)

Una arcilla electrodiálizada fué tratada con diferentes cantidades de potasio intercambiable y de calcio. Luego, se efectuó la puesta en equilibrio con una solución de 0,00035 molar de cloruro que contenía proporciones de potasio y de calcio iguales a las existentes en la arcilla (6). El sistema que contenía el 2 % de potasio y el 80 % de calcio desarrolló una energía de intercambio de —3007 calorías, estableciendo así un valor de unas —3000 calorías, lo que es típico para un suelo en el cual era satisfactorio el equilibrio entre el potasio y el calcio.

Una variación del 1 % de la saturación potásica de la arcilla dió lugar a una modificación de la energía de intercambio de 300 calorías, mientras que una variación del 1 % de la saturación cálcica de la arcilla se manifestó en una modificación de 5,5 calorías de la energía de intercambio. El aumento de las cantidades de potasio condujo a una disminución del valor numérico de la energía de intercambio, mientras que el aumento de las cantidades de calcio provocó el fenómeno inverso. El efecto relativamente limitado de diferentes grados de saturación cálcica sobre la energía de intercambio muestra que la saturación potásica de la arcilla es lo que constituye el factor predominante en la liberación del potasio por el suelo. En el estudio de los suelos que va a ser examinado a continuación, sólo ha sido considerado como una variable el contenido de potasio en el suelo (todos los suelos estudiados fueron abonados con cal).

Las energías de intercambio en lo que concierne a suelos que contienen diferentes cantidades de potasio intercambiable (Putnam soils)

Se retiraron muestras de suelos de las parcelas cuyo comportamiento anterior en lo relativo a su estado potásico era bien conocido. Esas muestras fueron secadas al aire y analizadas según los procedimientos habituales (4). Otras muestras procedentes de los mismos suelos fueron colocadas en "buchners" en cantidades suficientes para llenar los frascos y se procedió a la saturación de los suelos por medio de agua destilada. Una

hora después se sometieron los frascos a aspiración durante 15 minutos. En las soluciones de suelos equilibradas que habían sido extraídas, se determinó seguidamente la concentración de potasio y de calcio. La energía de intercambio se calculó basándose en la ecuación:

$$4 F = 1364 \log \frac{aK}{aCa}$$

Todas las muestras para las cuales el análisis del suelo había revelado una riqueza en potasio inferior a 100 lb/acre, provenían de parcelas en las que los cultivos habían presentado síntomas de deficiencia potásica persistente durante varios años. Las energías de intercambio en esos suelos se situaban entre —3660 calorías y —4080 calorías por equivalente químico. Una riqueza en K de 120 lb/acre correspondería a una energía de intercambio de —3500 calorías (a ese nivel, las plantas mostraban siempre síntomas de deficiencia potásica). Cuando la riqueza en K se elevó a 200 lb/acre, la energía de intercambio era de —3000 calorías. El nivel energético de —3000 calorías corresponde al obtenido con la arcilla electrodiálizada (Putnam clay) que contenía el 2% de potasio y el 80% de calcio en el complejo de intercambio. El valor analítico de 200 lb/acre puede ser considerado como favorable para la mayoría de las plantas cultivadas.

Las correlaciones entre el crecimiento de las plantas y el nivel potásico en el suelo, tales y como han sido determinadas por **Broy** (2), hacen pensar que no se han obtenido rendimientos máximos hasta que la riqueza del suelo en K llega al valor de 300 lb/acre. Ese nivel correspondía a una energía de intercambio de unas —2600 calorías en el "Putnam soil".

Las concentraciones de potasio entre 300 y 600 lb/acre se obtuvieron mediante fuertes aplicaciones de abonos potásicos. A ese nivel se encontraron energías de intercambio situadas entre —2600 y 2250 calorías. Las aportaciones excesivas de potasio al suelo provocaron una "luxury consumption" de K por las plantas. Se encontraron energías de intercambio de —2000 calorías cuando el complejo de intercambio del suelo contenía cantidades excesivas de potasio o bien cantidades insuficientes de calcio. Si se admite que, en lo concerniente al equilibrio nutritivo catiónico en una planta, la energía de intercambio desempeña un papel más determinan-

te que las cantidades absolutas de cationes presentes en la solución, es comprensible que cantidades excesivas de potasio puedan provocar deficiencias cálcicas en las plantas. En los "Putnam soils", no ha podido observarse deficiencia cálcica en el maíz cuando la energía de intercambio para la sustitución del calcio por el potasio era —2250 calorías. Así, debe llegarse a la conclusión de que la aparición de deficiencias cálcicas necesita energías de intercambio de —2000 calorías por lo menos.

Datos complementarios acerca de las deficiencias potásicas en suelos en los cuales las energías de intercambio son superiores a —3500 calorías

Las parcelas de Broadbalk Field en Rothamsted (Inglaterra) están bien provisionadas de calcio, pero son deficientes en potasio. **Voelcker** (5) ha estudiado la composición del agua de drenaje de esas parcelas. Los datos obtenidos han sido convertidos en energías de intercambio, dando los resultados siguientes:

suelo no abonado	—4180 calorías
suelo que ha recibido abonos minerales	—3730 calorías
suelo que ha recibido abonos orgánicos	—3610 calorías

Las energías de intercambio revelaron en todos los casos valores que, basándose en los datos ya enunciados acerca de los suelos de limo fino de Putnam, deben ser consideradas como favorables a la producción de deficiencias potásicas. La aplicación de abonos orgánicos y minerales suministró ciertamente potasio en cantidad suficiente a los cultivos, pero el aprovisionamiento potásico del complejo de intercambio del suelo fué demasiado pequeño para asegurar una nutrición adecuada a las plantas fuera de los abonos corrientes.

Broy (1) indica la composición catiónica de cierto número de suelos y las concentraciones de los cationes en los electrólitos diluidos puestos en equilibrio con los suelos. Esos resultados pueden ser expresados en lb/acre, sobre la base de la saturación centesimal en potasio del complejo de intercambio y de las energías de intercambio. Los resultados se indican someramente en el cuadro N° 2.

CUADRO 2

Energía de intercambio que interviene en la sustitución del calcio por el potasio en los suelos para los cuales ha indicado Bray los datos experimentales

Nº	Capacidad de intercambio me/100 g	Saturación en bases %	K lb/acre	K %	Energía de intercambio en calorías
S 6754	11,3	100	125	1,4	— 3540
S 6758	37,9	79	203	0,7	— 3640
S 6760	26,0	100	133	0,7	— 3680
S 6761	24,3	86	125	0,7	— 3760
S 6762	9,9	80	94	1,2	— 3510
S 6763	10,0	24	39	0,5	— 3340
S 6767	19,9	74	156	1,0	— 3590
S 6769	16,1	41	125	1,0	— 2990

Todas las muestras examinadas por Bray acusaron escasa riqueza en potasio en comparación con el valor considerado como adecuado, o sea 200 a 300 lb/acre. Sólo la muestra Nº S 6758, que contenía 203 lb/acre, constituyó una excepción. Considerando que el valor del 2 % de la capacidad de intercambio es favorable a la nutrición de las plantas, todas las muestras presentaron contenidos demasiado pequeños de potasio. De igual modo, todos los suelos, excepción hecha de las muestras S 6763 y S 6769, contenían pequeñas cantidades de K si se adopta por base la energía de intercambio de —3500 calorías considerada como excesiva; sin embargo, las dos muestras citadas como excepción no tenían sino un pequeño contenido de calcio, hecho que se reflejaba en el débil grado de saturación del suelo en bases totales. Considerando su estado actual, es de suponer que esos dos suelos liberen el potasio y el calcio de manera equilibrada y favorable para el desarrollo de las plantas. Por el contrario, si se aplica un abono de cal, las energías de intercambio que resultarían podrían determinar condiciones de deficiencia potásica.

Interpretando los resultados indicados por Veelcker y Bray sobre la base de las energías de intercambio, se obtienen datos complementarios que confirman los mencionados antes para asegurar la nutrición adecuada de las plantas, una energía de intercambio de —3500 calorías debe ser asociada a un aprovisionamiento potásico "inadecuado" con respecto a la puesta en equilibrio de ese elemento con el calcio.

Dentro de los límites que se acaban de indicar, puede decirse que las energías de intercam-

bio figuran entre las propiedades fundamentales de un suelo por lo que respecta a la nutrición catiónica de las plantas, además, para asegurar a las plantas una nutrición equilibrada, las energías de intercambio que intervienen en la sustitución del calcio por el potasio deberían situarse dentro de los límites de una gama de —2500 a —3000 calorías. Las energías de intercambio superiores a —3500 calorías iban acompañadas de condiciones de deficiencia potásica en los cultivos. En presencia de un valor de —2000 calorías o menos, hoy que contar con deficiencias cálcicas creadas por cantidades excesivas de potasio. Sin embargo, en los resultados obtenidos no se encuentran datos experimentales referentes a ese extremo de la gama energética.

La concepción de las energías de intercambio utilizadas para caracterizar la reacción de intercambio de los suelos suministra —al contrario que el factor de la capacidad— un medio para valorar el factor de la intensidad en las relaciones catiónicas del suelo. Cuando los métodos corrientes de análisis del suelo, basados en la capacidad de intercambio y la saturación centesimal catiónica de la capacidad de intercambio son puestas en correlación con los resultados obtenidos en ensayos de pleno campo, pueden ser utilizados para determinar los equilibrios catiónicos adecuados para los tipos de suelos para los cuales se han establecido las correlaciones. No obstante, las energías de intercambio, cuando se las pone en correlación con la nutrición catiónica de las plantas que tiene lugar por mediación del complejo de intercambio del suelo, representan valores fundamentales aplicables a todos los suelos en los cuales el intercambio catiónico constituye la

fase dominante de la nutrición catiónica de las plantas. Estos datos tienen un alcance mucho mayor que los relativos a la capacidad de intercambio.

Las investigaciones expuestas en el presente trabajo fijan los amplios límites concernientes a las relaciones potasio/calcio para suelos en los cuales el calcio constituye el catión bivalente dominante y el potasio el catión metálico monovalente predominante en el complejo de intercambio. Hay que reconocer que también desempeñan un papel importante en el equilibrio catiónico total en la planta, efectos iónicos complementarios procedentes de otros cationes monovalentes, particularmente del sodio y probablemente del amonio. Además, cuando en el complejo de intercambio del suelo se hallan presentes cationes monovalentes distintos del potasio en cantidades a-

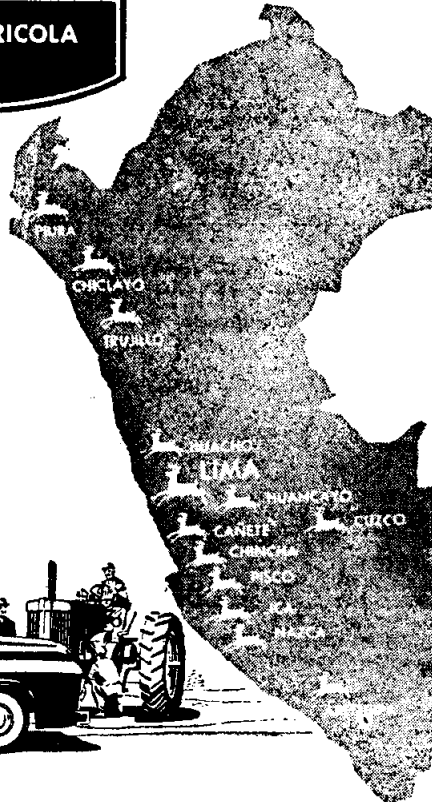
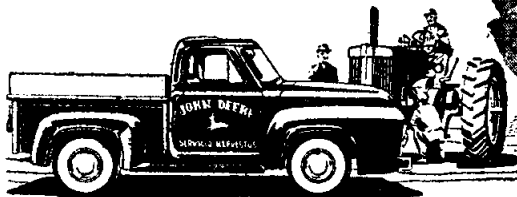
preciables debe tomarse igualmente en consideración su contribución a la energética del intercambio catiónico. La fijación de los límites y de las gamas relativas a los efectos de los iones complementarios, constituiría un trabajo de investigación extremadamente útil para el porvenir.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Bray, R. H.: J. Amer. Chem. Soc. 64, 954 (1942).
- (2) American Potash Institute: Correlations of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirement. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington 1948.
- (3) Burd, J. W., y Martin, J. C.: J. Agric. Sci. 13, 265 (1923)
- (4) Graham, E. R.: Missouri Agric. Expt. Sta. Cir. 345, 1 (1950).
- (5) Voelcker, A.: Trans. Chem. Soc. 24, 276 (1871).
- (6) Woodruff, C. M.: Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 19, 36 (1955).



**Servicio
y repuestos
asegurados
en todo
el país!**



PERU 608

MILNE & Co. S. A.

Representantes John Deere en todo el Perú

Lampa 608 - Tel. 71400

Piura - Chiclayo - Trujillo - Huacho - Cañete - Chincha - Pisco - Ica - Nazca - Arequipa - Cuzco - Huancayo