

La reserva del K lábil de grandes grupos de suelos del valle del Ebro

por E. Villar, B. Eleizalde, L. Montañés

Estación Experimental de Aula Dei, ZARAGOZA

Recibido el 20-XII-77

ABSTRACT

VILLAR, E., ELEIZALDE, B. y MONTAÑÉS, L., 1978. — Labil potassium reserve in great soil groups belonging to Ebro Valley. *An. Aula Dei*, **14** (1-2): 206-229.

The labil potassium reserve of arable layer from some great soil groups is studied, through the procedure of HAGIN-FEIGENBAUM. The purpose of this work is to verify whether ammonium acetate extracts completely this reserve or by the contrary in these soils exist also a considerable contribution from the fixed potassium to the labil reserve.

The maximum amount of potassium released is calculated by two different equations, one of them is the conventional LANGMUIR equation and the other is new one proposed by SYERS *et al.*

The behaviour of these soils is quite different, it can say that in all soils included in serosem group show only one site from which provides all K exchangeable while in gypsum serosem Peralta serie points out that the renewal from the exchangeable form is similar to that exhibited from the fraction of fixed potassium soluble in acid. In the case of brown soils as well as brown earth, slightly higher values of K released than K extracted by ammonium acetate, are obtained, thus it can be interpreted that this ammonium acetate solution does not extract completely the reserve of K in these soils.

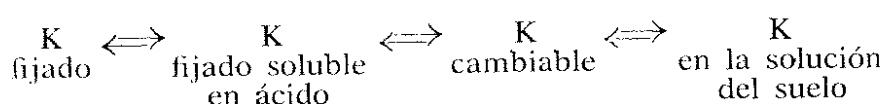
INTRODUCCION

Se sabe que el potasio es un macronutriente esencial para el crecimiento, desarrollo y adecuada producción de un cultivo.

El contenido de los suelos es muy variable, estando influenciado por su composición mineralógica, lo que unido al grado de meteorización de aquéllos, condiciona la renovación de la concentración de este nutriente en la solución del suelo a la presencia en el mismo de unas u otras formas de potasio.

Bajo condiciones de suelos débilmente meteorizados, puede creerse que el suministro de este nutriente provenga fundamentalmente de las formas vinculadas a la fracción arcilla. La cuantía de las mismas se ve influenciada por la naturaleza de los minerales de arcilla, por la presencia de otros cationes, principalmente Ca y Mg, así como por la fertilización y manejo que reciben los suelos.

Estas formas químicas de potasio están muy relacionadas entre sí, presentando una situación de equilibrio que puede resumirse en el siguiente esquema, propuesto por WIKLANDER (1958) y WOOD-DE TURK (1940):



Este mecanismo podrá desplazarse hacia la derecha, cuando la concentración de nutriente de la solución del suelo se vea afectada por la absorción de un cultivo. Entonces, dependiendo de las características de cada suelo, parte del potasio de cambio pasará a la solución del suelo, siendo esta forma, a su vez, sustituida por una fracción del fijado cuya movilidad, sin embargo, es más lenta.

Por supuesto, bajo condiciones de fertilización la situación tiende a ser inversa, existiendo entonces una clara competencia por el nutriente entre el suelo y el cultivo.

En un principio, para evaluar las exigencias de potasio de un suelo no se tenían en cuenta estos conceptos, y aquéllas se establecían en función del nivel a que se encontraba la forma cambiable (LUCENA CONDE, 1971; NASH, 1970, y NELSON, 1959). Así algunas veces se encontraba que no existía una respuesta positiva a los fertilizantes aplicados, porque la fertilidad natural de los suelos era muy alta (HERNANDO y DíEZ, 1975), por una fertilización excesiva en años anteriores (HAGIN y FEIGENBAUN, 1962) o porque, sencillamente, en un período relativamente largo de un cultivo, la contribución de la forma de potasio fijado, a la concen-

tración de este nutriente en la solución del suelo era tan destacada como la del cambiante (GISSINGER y JEFFRIES, 1957).

En nuestros suelos no se puede precisar si se da alguna de estas circunstancias, o en unos suelos son unas y en otros otras. La realidad es que en los grupos de suelos serosem, pardo calizo y tierra parda existen diferencias apreciables en relación a su contenido de K cambiante, fijado soluble en ácido y fijado (VILLAR, ELEIZALDE y MONTAÑES, 1978 b), ignorándose en qué medida se libera el potasio de la fase sólida a la solución del suelo, y si este valor es superior, igual o muy diferente al que se extrae por el método de acetato amónico.

Se piensa que la información que pueda obtenerse en este sentido es de gran utilidad por dos razones. Una, la de reflejar el grado de validez de la estimación que se hace a través de un método que se usa como base para la recomendación de fertilizantes, y la otra, es la de crear la base para futuros trabajos en el campo de este nutriente, que permitirían una apreciación más completa en la evaluación de la fertilidad de un suelo para el potasio.

Para alcanzar estos objetivos se utilizará el método de HAGIN-FEIGENBAUM (1962), que consiste en la extracción sucesiva del potasio de la fase sólida del suelo por medio de una solución 0,01 M de cloruro cálcico. Con ello, en un período de tiempo relativamente breve, puede quedar reflejado lo que acontece con la liberación del potasio en condiciones de campo.

Existe además la ventaja de que aplicando una ecuación como la propuesta por HAGIN y FEIGENBAUM (1962), se podrá determinar la cantidad máxima de potasio liberado y, en base a este valor, establecer la comparación con la de nutriente extraído en estos suelos por el acetato amónico.

MATERIAL Y METODOS

a) *Material edáfico*

Se han utilizado muestras de la capa arable de los siguientes grandes grupos de suelos: serosem yesoso (serie Peralta); serosem margoso (series Caspe y Haro, subtipos arcilloso y arenoso); suelo

pardo calizo (sobre terraza con costra caliza, y serie Fraga). Además se ha trabajado también con un suelo no calizo, como es la tierra parda, representada con bastante amplitud en el valle medio del Ebro (ALBAREDA *et al.*, 1960 y 1961).

Todos estos suelos han sido ampliamente descritos, tanto en lo que respecta a su morfología como a sus características fisicoquímicas (ELEIZALDE, 1976 y 1977).

b) *Metodología*

Se ha seguido el procedimiento de HAGIN-FEIGENBAUM tal como se describe en un trabajo anterior (VILLAR *et al.*, 1978 a).

La cantidad máxima de potasio liberado se ha calculado aplicando las siguientes ecuaciones:

1.^a Ecuación convencional de LANGMUIR:

$$\frac{\Sigma V}{\Sigma K} = \frac{1}{b} \Sigma V + \frac{1}{a b} \tag{A}$$

donde:

ΣV = volumen acumulativo usado en la extracción.

ΣK = cantidad acumulativa de potasio extraído, expresada en mg $K_2O/100$ g suelo.

a y b son constantes.

2.^a Ecuación convencional de LANGMUIR:

$$K \text{ liberado} = \frac{a^I b^I K}{1 + a^I V} + \frac{a^{II} b^{II} V}{1 + a^{II} V} \tag{B}$$

En esta ecuación se considera que la liberación del potasio puede proceder de dos lugares distintos (señalados por los símbolos, I y II; aquí (a) y (b) son las mismas constantes que en la ecuación (A): una representa la unión, y la otra la liberación máxima; V es el volumen de solución usado.

3.^a Puede llamarse ecuación modificada de LANGMUIR (SYERS *et al.*, 1973).

$$K \text{ liberado} = b \frac{K \text{ liberado}}{a \cdot V} \tag{C}$$

y para el caso de que existan dos lugares:

$$K = b^I \frac{(K \text{ liberado})^I}{a^I \cdot V} + b^{II} \frac{(K \text{ liberado})^{II}}{a^{II} \cdot V}$$

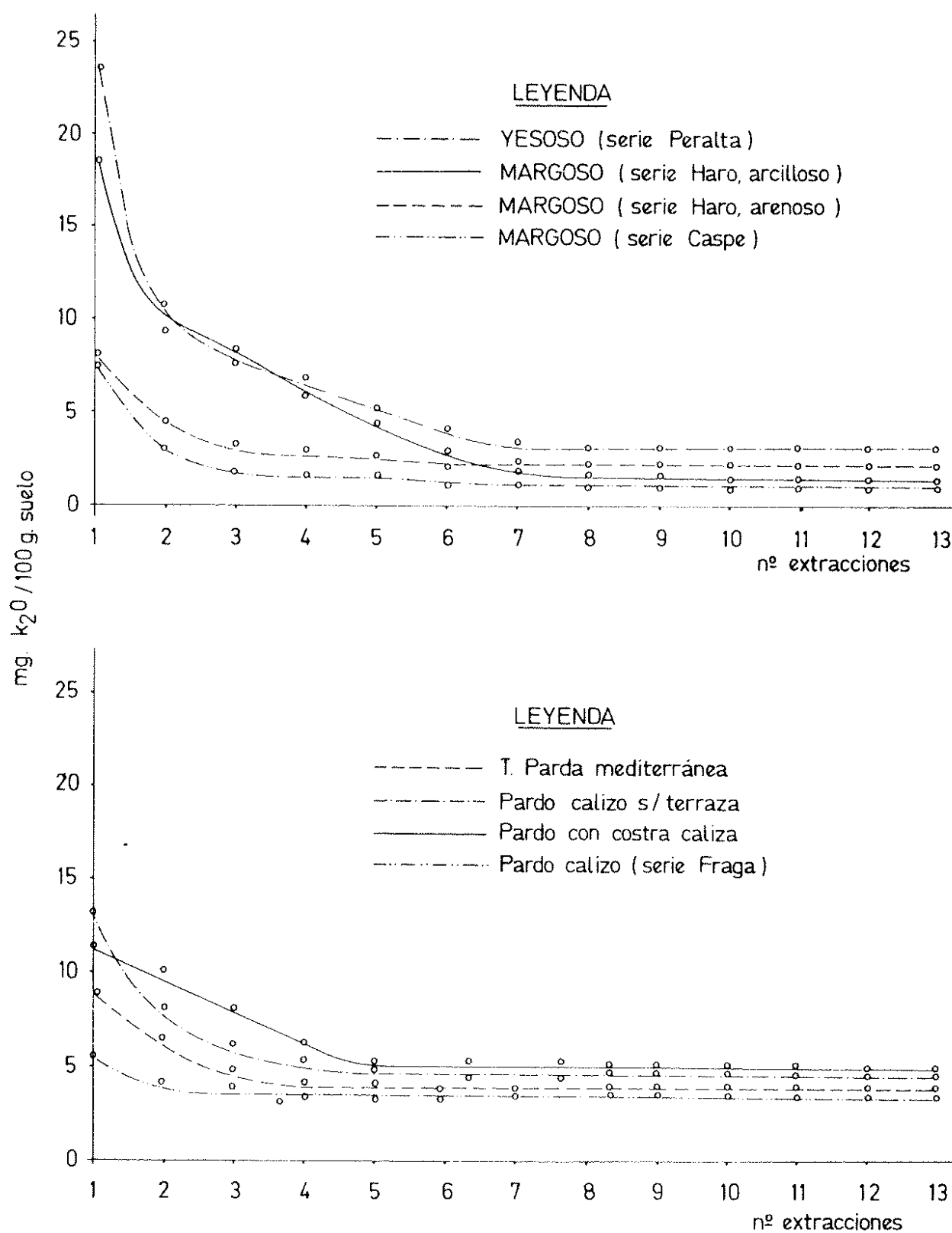


FIG. 1. Curvas de liberación de potasio en suelos del grupo serosem (parte superior-a) y pardo calizos-tierra parda (parte inferior-b).

correspondiendo los símbolos (I y II) a esos lugares para la liberación del nutriente y (b) a la cantidad máxima de potasio cedido a la solución suelo; (a) es constante y V es el volumen de solución.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. CURVAS DE LIBERACIÓN DE POTASIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

En la figura 1 (a y b) pueden verse las distintas curvas de liberación de potasio, correspondiendo la primera gráfica (a) al grupo serosem y la segunda (b) a los suelos pardo calizos y tierra parda.

La forma de estas curvas sugiere, de acuerdo con las ideas de GARMAN (1957) y de HAGIN y FEIGENBAUM (1962), que posiblemente han tomado parte en el proceso tres formas de potasio.

Así, la parte más pendiente correspondería al potasio en la solución del suelo y al fácilmente intercambiable, la zona de transición correspondería al fuertemente adsorbido, y la parte más próxima al eje de abscisas representaría la obtenida de una liberación de la fracción soluble del K fijado.

Dentro del grupo serosem, en el yesoso (serie Peralta) y en el margoso (serie Haro - tipo arcilloso), se pueden distinguir claramente estas tres zonas. En las dos primeras extracciones se obtienen la forma de fácil cesión; entre la segunda y quinta extracción se libera el potasio de movilidad media, y, finalmente, se obtiene un valor constante de potasio extractado que representa la fracción soluble del elemento fijado. Este comportamiento permite suponer que se trata de suelos con una adecuada reserva de potasio lábil, lo que hará posible un buen suministro de este nutriente a los cultivos.

Por el contrario, en los otros dos suelos, de textura más gruesa, (series Caspe y Haro - tipo arenoso) se refleja un pobre suministro de potasio, ya que a partir de la 3.^a extracción con cloruro cálcico 0,01 M se obtiene un valor constante (3 mg $K_2O/100$ g. de suelo). Ello supone, confundándose la liberación rápida con la media, un comportamiento similar al de uno de los suelos usados por HAGIN y FEIGENBAUM (1962) en sus estudios.

En la porción (b) de la figura 1, se incluyen las curvas de liberación de potasio para los suelos pardos calizos y para la tierra

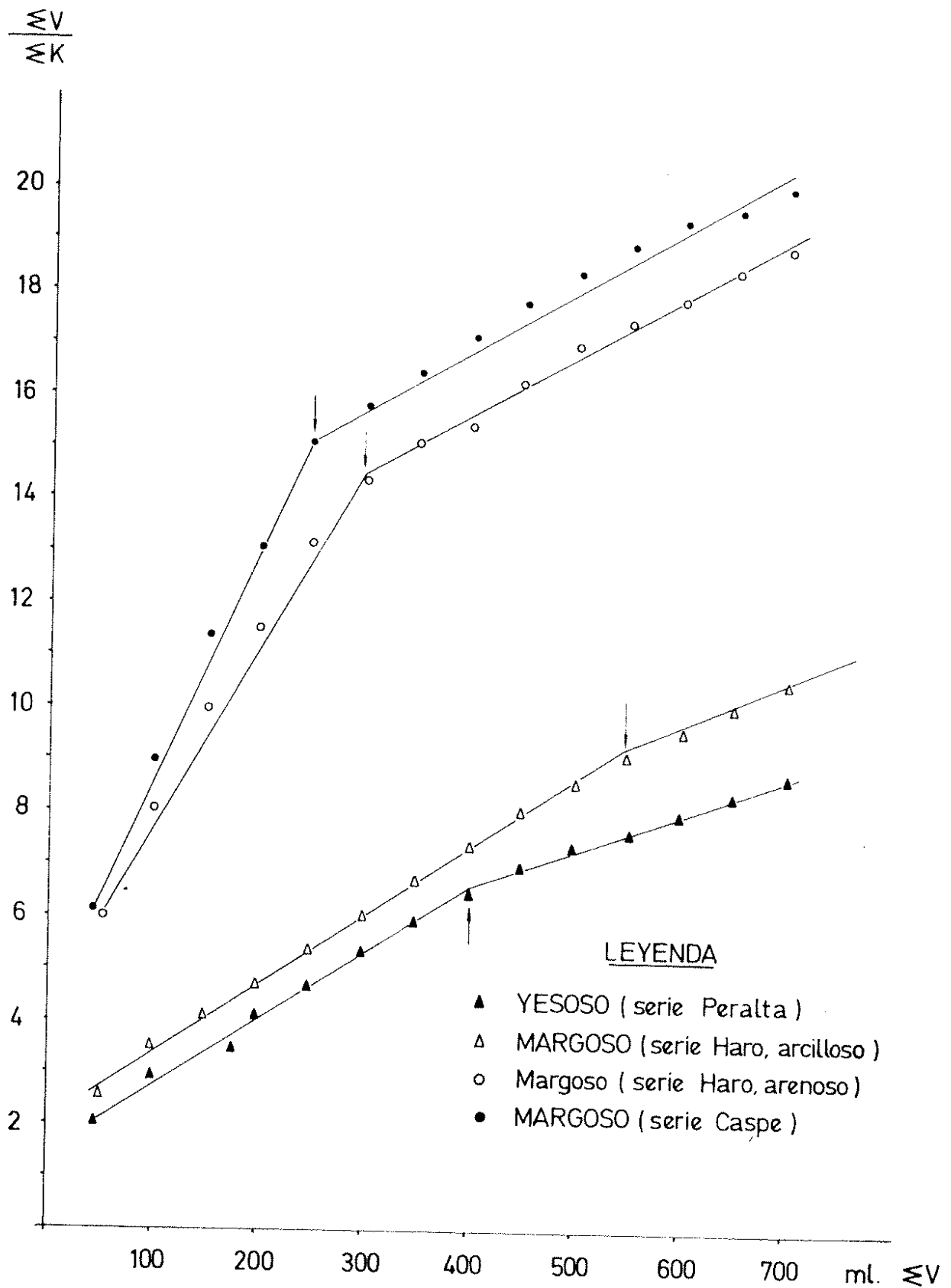


Fig. 2. Expresión lineal de los valores $\frac{\Sigma V}{\Sigma K}$ frente a ΣV para los suelos del grupo serosem.

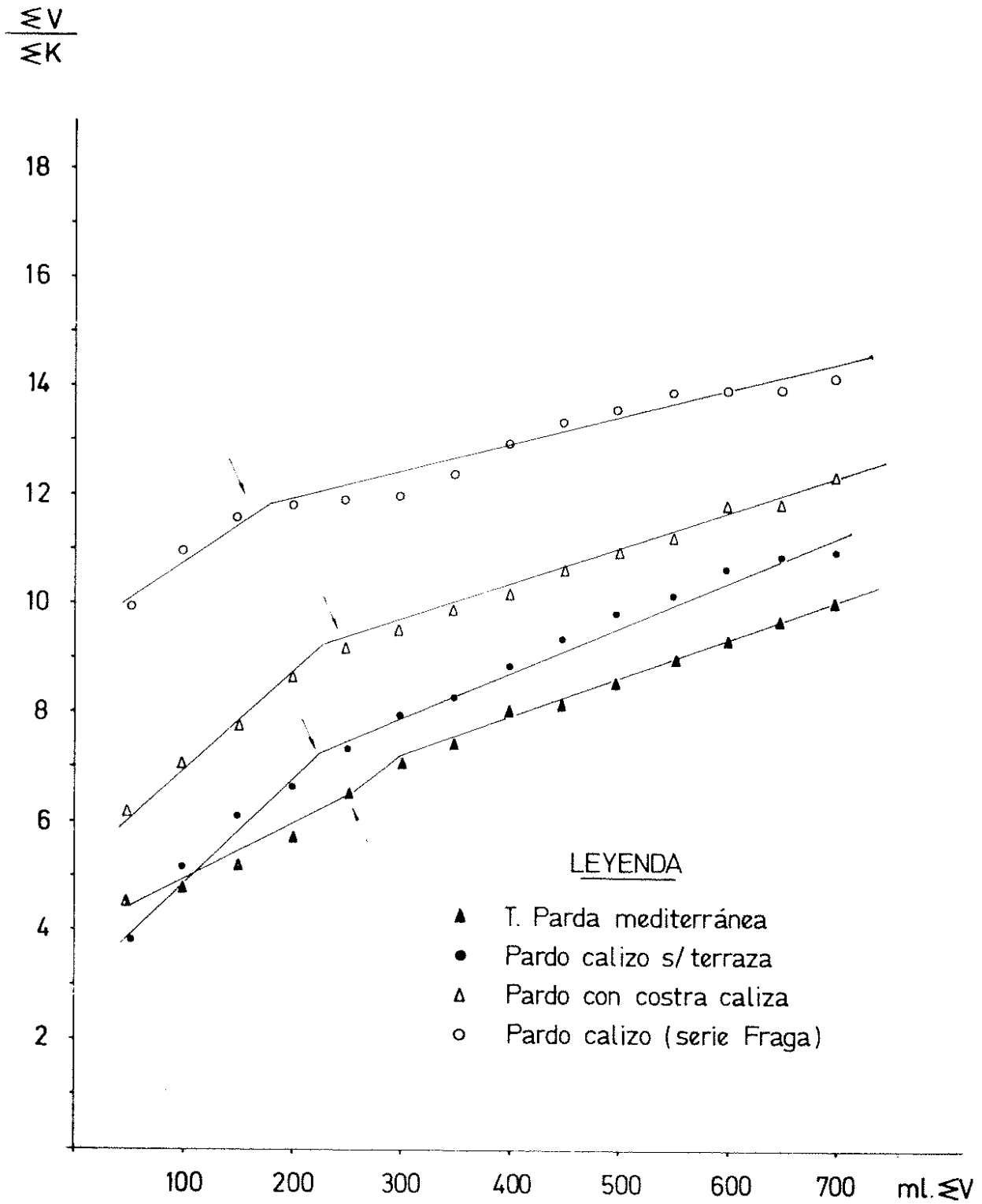


FIG. 3. Expresión lineal de los valores $\frac{\Sigma v}{\Sigma K}$ frente a ΣV para los suelos del grupo pardo calizos-tierra parda.

parda. En este caso, se observa una situación similar a la de los suelos de textura gruesa del grupo anterior, con la salvedad de la serie Fraga, que presenta poca diferencia entre el valor de potasio obtenido en la primera extracción y el de la última. Ahora bien, la cuantía del potasio liberado en el grupo pardo calizo es ligeramente superior a la de los suelos arenosos del grupo serosem.

2. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA LIBERACIÓN DEL K

a) Ecuación de HAGIN-FEIGENBAUM

HAGIN y FEIGENBAUM (1962) y FERNÁNDEZ CALDAS *et al.* (1975) sugieren que para la evaluación cuantitativa de las reservas de potasio lábil, se puede usar una isoterma de LANGMUIR, puesto que al estudiar gráficamente las cantidades acumulativas del potasio liberado en las sucesivas extracciones, frente al volumen de extracto, se obtienen curvas similares a la citada isoterma.

Esto justifica que HAGIN y FEIGENBAUM ajustasen estos datos a la ecuación que ellos mismos propusieron, y que figura en el capítulo de material y métodos (ecuación A).

Aquí señalaremos que la constante (b) representa la cantidad máxima de potasio que puede pasar a la solución del suelo y equivale a la inversa de la pendiente. El significado de esta constante se comprueba fácilmente si, por ejemplo, se transforma la ecuación en:

$$\Sigma K = \frac{b}{1 + \frac{1}{K \Sigma V}}$$

donde,

cuando ΣV tiende a infinito, $\frac{1}{K \Sigma V}$ vale cero y $\Sigma K = b$.

En la ecuación original de LANGMUIR, la inversa de la ordenada en el origen corresponde a la constante de unión del ion al medio adsorbente. En el caso del potasio, es difícil darle un significado real a este parámetro (HAGIN-FEIGENBAUM, 1962).

En las figuras 2 y 3, se traza la representación lineal de los valores $\frac{\Sigma V}{\Sigma K}$ en relación a ΣV , para los grupos de suelos serosem y pardo calizos-tierra parda, respectivamente.

Como puede verse, en todos los suelos las líneas de cesión de potasio se desvían a distintos volúmenes de solución extractora (Cl_2Ca , 0,01 M). Ello indica que por estar el primer tramo de las rectas íntimamente relacionado con el potasio de cambio, existen diferencias entre los distintos suelos en cuanto a la cantidad y facilidad con que puede liberarse dicho elemento.

Por ejemplo, aun dentro de un mismo grupo (fig. 2), puede observarse en la serie Haro que el subtipo arcilloso requiere doble volumen de solución de cloruro cálcico que el que necesita el subtipo arenoso para sustituir el potasio cambiante. En otras ocasiones puede suceder que a contenidos similares de arcilla (series de Haro-arcilloso y Peralta), de acuerdo con la forma en que se encuentre adsorbido el potasio, se requieren para su liberación cantidades diferentes de solución extractora.

En los suelos pardo calizos, según puede verse en la figura 3, existen también dos zonas para la liberación del potasio, que se determinan por los distintos volúmenes de solución de cloruro cálcico.

Así puede observarse que los suelos pardo calizos sobre terraza disponen de una cantidad mayor de potasio cambiante, por lo que requieren un consumo elevado de solución 0,01 M de cloruro cálcico. No sucede lo mismo en la serie Fraga, en la que, al ser un suelo salino, los lugares de adsorción están ocupados preferentemente por Ca y Na, de tal forma que el potasio cambiante se extrae con solamente 100 ml de solución 0,01 M de cloruro cálcico.

La tierra parda presenta un comportamiento intermedio entre la serie Fraga y los otros suelos pardo calizos.

Para conocer los valores de la liberación máxima de potasio correspondientes a estas zonas, se tendrá que usar una ecuación distinta a la de HAGIN-FEIGENBAUM por ser nuestras condiciones diferentes a las que trabajaron estos investigadores.

b) *Ecuación convencional de LANGMUIR*

El hecho de que se haya cortado la isoterma de LANGMUIR no obedece a datos erróneos, puesto que las extracciones y determinaciones de potasio se han realizado por triplicado. Esto indica que los suelos calizos del valle del Ebro tienen un comportamiento diferente a los de Israel, confirmando que la cesión del potasio de nuestros suelos se realiza a partir de los lugares de cambio

y de la forma más soluble de la fracción fijada de este elemento. Por tanto, se tiene que usar una ecuación que considere esas dos zonas de liberación.

En este sentido, sería lógico aplicar la ecuación de LANGMUIR, referida a liberación en varios lugares, que se incluyó en el capítulo de metodología como ecuación (B).

Si se usa esta ecuación, los valores (a) y (b) en el lugar I se podrán obtener mediante la relación de los valores $\Sigma V/\Sigma K$ frente a ΣV , teniendo en cuenta que (b) equivale a la inversa de la pendiente de la anterior ecuación de regresión.

Estos valores de liberación máxima de potasio (b) se incluyen en el cuadro 1.

CUADRO 1.—Ecuación de regresión, coeficiente de correlación para el lugar I y valor de la liberación de potasio.

Suelos	Ecuación regresión	Coefficiente correlación	Valor «b» mg. K ₂ O/100 g.	K cambiable
Serosem yesoso, serie Peralta	$Y = 1 + 0,02 x$	$r = 1,0$	50,0	53,5
Serosem margoso, serie Haro, arcilloso	$Y = 0,46 + 0,014 x$	$r = 0,99$	71,4	72,0
Serosem margoso serie Haro, arenoso	$Y = 3,64 + 0,04 x$	$r = 1,0$	25,0	29,0
Serosem margoso, serie Caspe	$Y = 4,53 + 0,0434 x$	$r = 0,9931$	23,04	12,0
Pardo calizo sobre terraza	$Y = 3,45 + 0,0155 x$	$r = 0,9843$	64,52	20,0
Pardo calizo, serie Fraga	NO SE PUDO CALCULAR			13,0
Pardo calizo sobre terraza, con costra	$Y = 2,8 + 0,0112 x$	$r = 0,99$	89,28	32,20
Tierra parda	NO SE PUDO CALCULAR			9,0

$$Y = \frac{\Sigma V}{\Sigma K} \quad ; \quad X = \Sigma V$$

Se ha incluido también en el cuadro 1 el valor de K cambiable, según datos obtenidos en un trabajo anterior (VILLAR *et al.*, 1978 b),

con el objeto de poder establecer una comparación entre ambos valores.

Ni en los suelos con problemas de salinidad ni en los suelos pardo calizos existe concordancia de resultados. En ambos casos la cantidad de potasio extractada por el método del acetato amónico supone, aproximadamente, la mitad de lo que refleja el valor (b).

Ha habido dificultades para el cálculo de la liberación máxima de potasio en dos suelos (tierra parda y serie Fraga), debido a la escasa pendiente de las representaciones lineales de estos suelos.

De todos los suelos estudiados, sólo en uno se ha podido reflejar de una forma correcta la cantidad de K liberada en el lugar II. Para ello se realizó previamente una corrección, descontando por un lado la cantidad máxima liberada (lugar I), de la del lugar II y por otro, el volumen de solución extractora utilizado en el lugar I del utilizado en el lugar II.

De esta manera, se estima que puede obtenerse el parámetro correspondiente a este lugar II, cuando se relacionan los valores corregidos $\frac{\Sigma V}{\Sigma K}$ frente a ΣV .

En el cuadro 2 se incluye el valor (b) obtenido para el serosem yesoso (serie Peralta).

CUADRO 2. — *Ecuación de regresión y coeficiente de correlación para cesión de potasio en el lugar II del serosem yesoso, serie Peralta.*

Suelo	Ecuación regresión	Coficiente correlación	Valor mg. K ₂ O/100g. suelo
Serossem yesoso, serie Peralta	Y = 0,35 + 0,03 x	r = 0,99	33,44

c) *Ecuación modificada de LANGMUIR*

Dado el inconveniente de no poder calcular correctamente, el parámetro (b) en dos suelos (serie Fraga y tierra parda) se ha procedido a usar otro tipo de ecuación, mediante la cual se puede obtener este parámetro directamente, calculándolo como la ordenada en el origen.

ΣK
mg. k_2O /100g

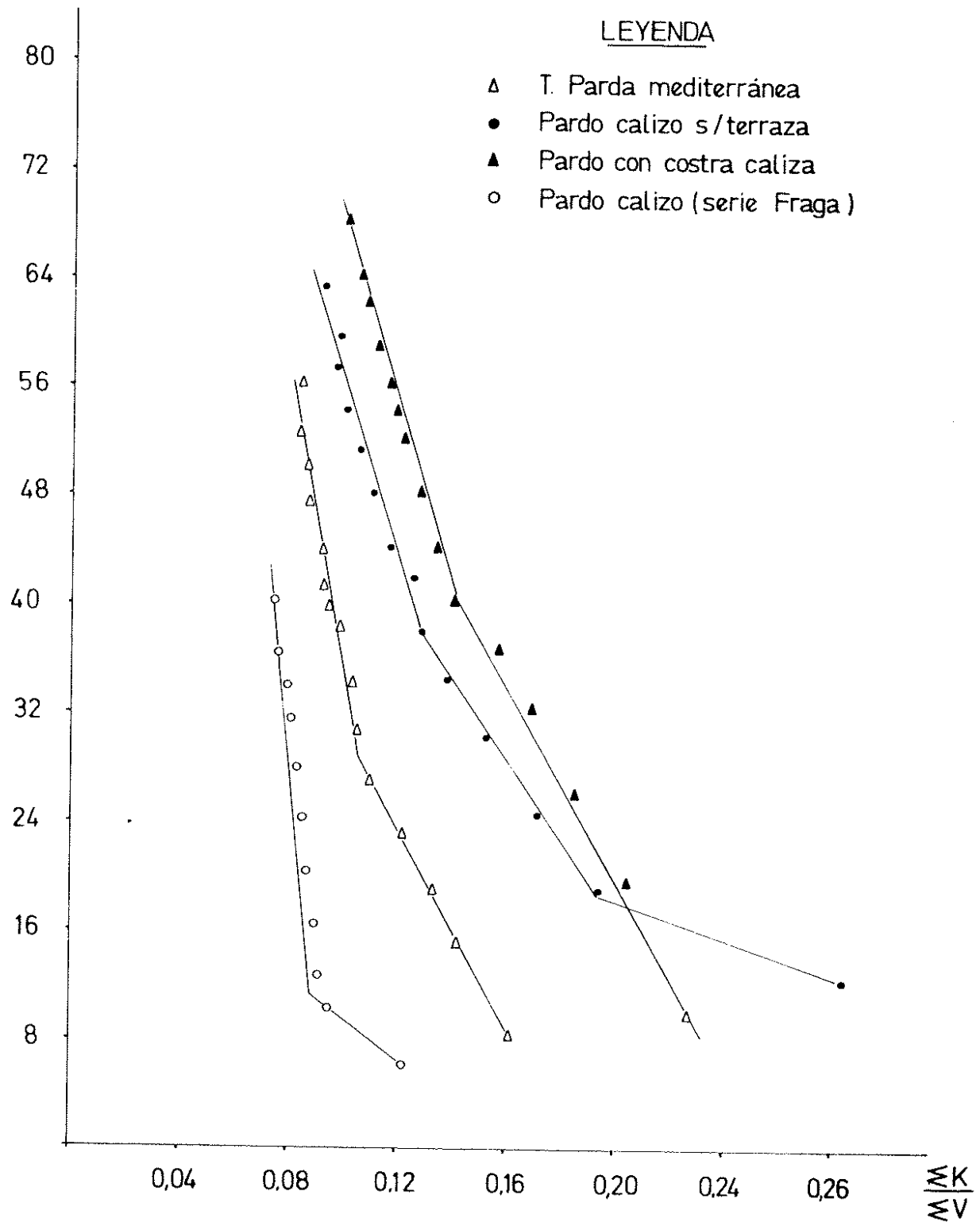


FIG. 4. Representación de la relación ΣK frente a $\frac{\Sigma K}{\Sigma V}$ en el grupo de suelos serosom.

ΣK
mg. k_2O /100g.

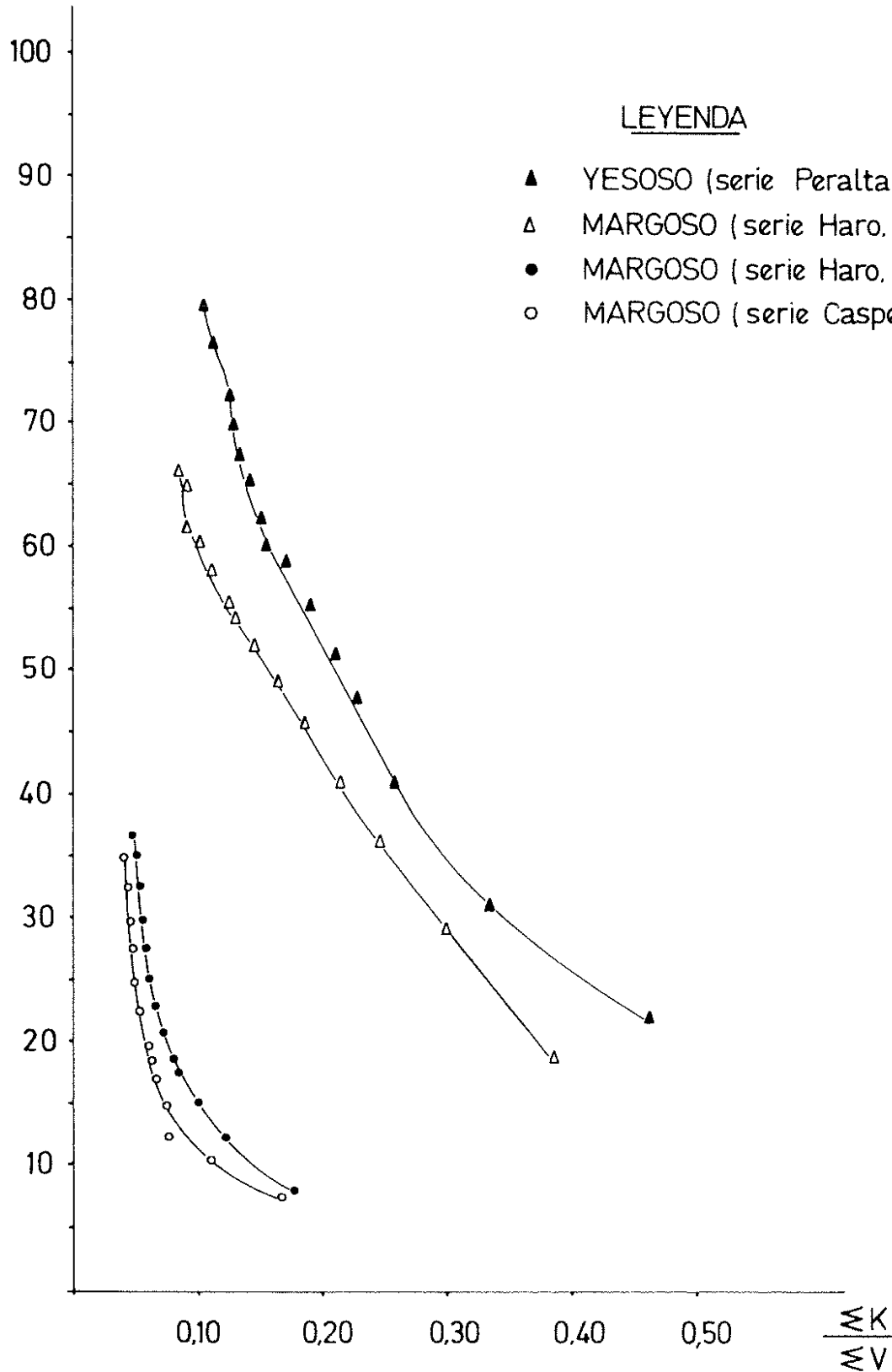


FIG. 5. Representación de la relación ΣK frente a $\frac{\Sigma K}{\Sigma V}$ en el grupo de suelos pardos calizos-tierra parda.

En el capítulo de metodología se incluye esta ecuación (C). Así, si ahora se relacionan los valores ΣK frente a $\frac{\Sigma K}{\Sigma V}$, se obtendrá una línea recta donde (b) equivaldrá a la ordenada en origen y el valor (a) a la inversa de la pendiente.

En las figuras 4 y 5 se hallan las representaciones de dicha relación para el grupo de suelos serosem y para los suelos pardo calizo y tierra parda, respectivamente.

Los valores obtenidos de estas ecuaciones, así como los coeficientes de correlación y parámetro (b) en el grupo serosem figuran en el cuadro 3.

Dentro de este grupo se observa que en la serie Haro, tanto subtipo arcilloso como arenoso, todo el potasio que se libera corresponde al intercambiable, ya que los valores del parámetro (b) y los de potasio extraído con acetato amónico son prácticamente iguales. En los otros dos suelos del grupo existen diferencias entre ambos valores. Estas son más señaladas en la serie Peralta, en la que, por tratarse de un suelo fuertemente fertilizado, existe una influencia bastante señalada de la fracción del K fijado soluble en ácido.

En futuros trabajos se intentará ver cómo influye esta fracción de potasio fijado en la absorción del nutriente por los cultivos. Es posible que estos estudios puedan llevarnos a considerar la necesidad de incluir un término de corrección que refleje esta fracción del K fijado, cuando se quiera determinar las exigencias de fertilizantes de un suelo.

En el cuadro 4 figuran los valores de liberación máxima de potasio en los suelos pardo calizos y tierra parda.

Puede observarse que existen diferencias muy notables entre los valores de potasio extraído con acetato amónico y el correspondiente al parámetro (b), siendo esta discrepancia más patente en suelos fertilizados que en los naturales. Esto viene a confirmar lo indicado para la serie Peralta, en el sentido de que serán precisos estudios más profundos, a fin de poder incluir un factor de corrección que considere la fracción de potasio fijado a la hora de establecer las necesidades de fertilización de los suelos cultivados.

En la tierra parda se observa que el potasio intercambiable obtenido es claramente inferior a la reserva total del K lábil, lo

CUADRO 3.—Ecuaciones de regresión, coeficiente de correlación y valor (b) para el grupo serosem.

Suelos	L u g a r I		L u g a r I I		K cambiante (1)
	Ecuación regresión *	r **	Ecuación regresión	r	
Serosem yesoso, serie Peralta	Y = 52,6 — 64,3 x	r = — 1	Y = 44,7 — 201,3 x	r = 1	54
Serosem margoso, serie Hero, arcilloso	Y = 74 — 150,4 x	r = 0,995	—	—	72
Serosem margoso, serie Caspe	Y = 17,22 — 57,32 x	r = — 1	—	—	12
Serosem margoso, serie Haro, arenoso	Y = 26,97 — 120,25 x	r = 0,99	—	—	29

* $Y = \Sigma K$ $X = \frac{\Sigma K}{\Sigma V}$

** Coeficiente de correlación altamente significativo al 1 %, señalando de esta manera que realmente existe esta relación entre ambas variables (1) mg. de K₂O/100 g. de suelo.

CUADRO 4.— Ecuación de regresión, coeficiente de correlación, valor de liberación máxima de potasio (b) para grupo de suelos pardo calizos y tierra parda.

Suelos	L u g a r I		L u g a r I I I		K cambiable (1)
	Ecuación de regresión *	r	Ecuación regresion	r	
Pardo calizo sobre terraza	$Y = 34,36 - 81,63 X$	0,9523	$Y = 40,4 - 297 X$	0,99	20,25
Pardo calizo sobre terraza, con costra	$Y = 90,8 - 355 X$	0,9958	—	—	32
Pardo calizo, serie Fraga	$Y = 18 - 100 X$	1,00	—	—	9
Tierra parda	$Y = 64,8 - 359 X$	0,996	—	—	13

(1) mg. de $K_2O/100$ g. de suelo.

$$Y = \Sigma K \quad X = \frac{\Sigma K}{\Sigma V}$$

cual indica que casi toda la fracción del potasio soluble en ácido se libera fácilmente en este suelo, cuyo contenido de arcilla es inferior al 20 % y se encuentra exento de carbonato cálcico.

3. RELACIÓN ENTRE RESERVA LÁBIL Y FACTOR INTENSIDAD

Según indican BARBIER (1962) y NAFADY (1975) el estado actual de fertilidad de un suelo con respecto a un nutriente dado está en estrecha dependencia con el valor de la relación Q/I (cantidad/intensidad). En nuestro caso ya se ha calculado Q, reserva de potasio lábil, por corresponder al parámetro (b) de las ecuaciones anteriormente aplicadas. Ahora se pretende evaluar el factor de intensidad (I) de los suelos considerados en este estudio. Para ello se aplican frecuentemente dos criterios.

Uno, mencionado por BOLT y BRUGGENWERT (1976), fue establecido por WOODCRUFF (1955) y corregido por BECKETT (1964).

El factor intensidad se calcula de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\Delta F = 1,364 \log \frac{K}{\sqrt{Ca + Mg}}$$

donde ΔF , es la energía libre de cambio de potasio expresada en calorías y K, Ca y Mg representan la concentración de esos iones en cada uno de los extractos obtenidos.

El segundo criterio es mantenido por LEROUX y SUMMER (1968), quienes consideran al factor intensidad como la relación:

$$\frac{a K}{A Ca + Mg}$$

o bien,

$$A \cdot R^x$$

siendo en el fondo un mismo criterio, aunque expresado de forma distinta, pues para su aplicación en el primer caso, los autores, al considerar soluciones diluidas, usan los valores de las concentraciones en vez de los de actividades iónicas, utilizados por LEROUX y SUMMER.

En nuestro caso, se ha considerado el primer criterio y, de acuerdo con él, se ha calculado, para cada extracción en cada uno de estos suelos, el valor del factor de intensidad. Puede verse en

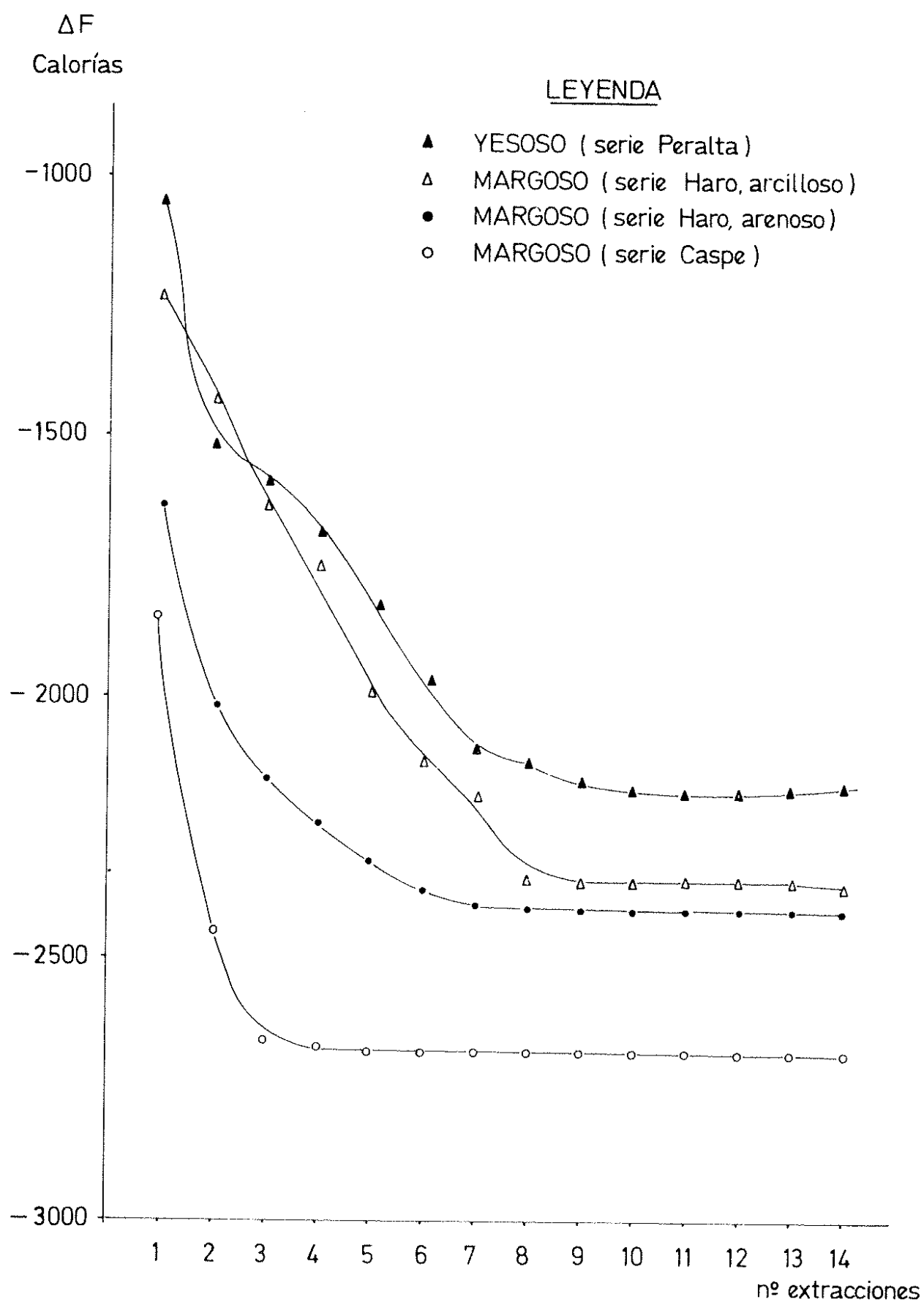


FIG. 6. Relación entre factor intensidad y número de extracciones en el grupo de suelos serosem.

ΔF
Calorías

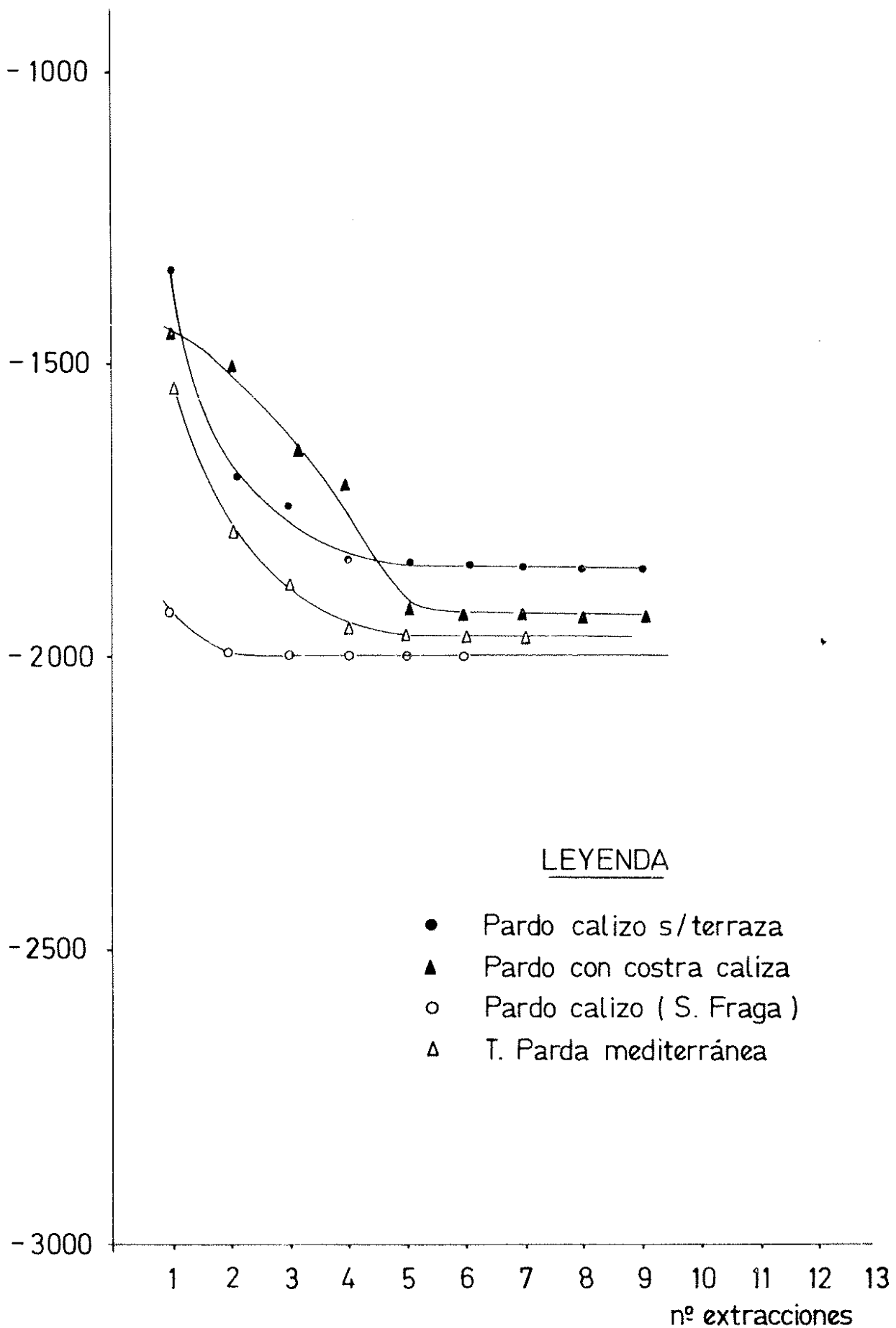


FIG. 7. Relación entre factor intensidad y número de extracciones en el grupo de suelos pardo calizos-tierra parda

las figuras 6 y 7 la representación gráfica de la relación de este factor con el número de extracciones para el grupo de suelos serosem y pardo calizos-tierra parda, respectivamente.

En el grupo serosem alcanzan más rápidamente un valor constante de energía libre (ΔF) los suelos de textura gruesa que los de granulometría más fina. Esto indica que en aquéllos la disminución de la concentración del potasio en la solución del suelo (factor intensidad) es superior a la de los suelos de textura fina. Como ejemplo se puede ver en la figura 6 el comportamiento de la serie Haro (tipos arcilloso y arenoso); mientras que en este último para -2.300 calorías de ΔF ya se logró el equilibrio, en el subtipo arcilloso y a ese nivel, la concentración de K en la solución del suelo todavía continúa su lento descenso.

A contenidos de arcilla similares no se observa esta diferencia de comportamiento (ver en la figura 6, series de Peralta y Haro, subtipo arcilloso). La serie Caspe es la que tiene una concentración más pobre de este nutriente, que además decae rápidamente en las tres primeras extracciones hasta alcanzar un valor constante de -2.610 calorías.

En el grupo pardo calizo (fig. 7) el suelo salino (serie Fraga) se comporta de manera similar a la serie Caspe.

En los otros suelos del grupo pardo calizo se ve la influencia del contenido de arcilla, por lo que se obtiene un valor ligeramente más alto que el del suelo anterior.

La tierra parda ofrece, en este sentido, un comportamiento intermedio al que dan la serie de Fraga y los otros suelos del grupo.

CONCLUSIONES

De este trabajo pueden derivarse las siguientes conclusiones:

1. Para un contenido similar de arcilla, CO_2Ca y K intercambiable, existen diferencias en la forma de la curva de liberación del potasio que presentan los suelos del grupo serosem y los del pardo calizo.
2. No debe usarse la ecuación convencional de LANGMUIR para hallar la desorción máxima de K, ya que ello puede con-

- ducir a errores en suelos que presenten su línea de isoterma con escasa pendiente.
3. Cuando se pretenda diagnosticar las necesidades de fertilizante potásico en suelos en los que la liberación de potasio es lo suficientemente rápida como para contribuir al suministro de este nutriente, la fracción de K fijado, soluble en ácido, debe ser tenida en cuenta, al tiempo que debe estudiarse la manera de incluir un factor de corrección referido a la misma.
 4. En general, en el grupo de suelos serosem el método de extracción con acetato amónico evalúa bien la reserva de potasio a disposición de la planta.
 5. Existe cierta relación directa entre la reserva de potasio y el factor intensidad en los suelos utilizados en el presente estudio.

RESUMEN

Se estudia en el presente trabajo la reserva lábil de potasio en capa arable de varios grandes grupos de suelos del valle del Ebro (serosem, suelos pardos calizos y tierras pardas) a través del método de HAGIN-FEIGENBAUM. La finalidad del estudio es comprobar si el método del acetato amónico extrae esta reserva o, por el contrario, en estos suelos existe también una participación de la forma de potasio fijado en el suministro de nutriente.

La determinación de la cantidad máxima del potasio liberado se realiza por medio de dos ecuaciones distintas, una la convencional de LANGMUIR, y otra modificada por SYERS *et al.*

Se encuentra que, en general, en todos los serosenes, excepto en el yesoso, existe sólo un lugar para la liberación del potasio, que proviene casi exclusivamente del cambiante. Mientras, en la serie Peralta (serosem yesoso), contribuyen al potasio liberado, de forma similar, tanto el cambiante como el fijado.

En el caso de los suelos pardo calizos y de la tierra parda, se obtienen valores de liberación de potasio muy superiores al cambiante, lo que indica que el método del acetato amónico no extrae

en estos suelos todo el potasio que pueden poner a disposición de la planta.

Por último, se estudia también la relación reserva lábil de potasio-factor intensidad.

REFERENCIAS

- ALBAREDA, J. M., MONTURIOL, F., GUERRA, A., MATEOS, J. P., VICENTE, J. G. y ALONSO, J. J.
1960 Study of the soils of the Ebro Valley. I. Provinces of Logroño and Navarra. Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal. Madrid.
- ALBAREDA, J. M., GUERRA, A., MONTURIOL, F., MATEOS, J. P., VICENTE, J. G. y ALONSO, J. J.
1961 Ibid. II. Provinces of Huesca and Zaragoza. Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal. Madrid.
- BARBIER, G.
1962 La dynamique du potassium dans le sol. Symposium International of the Potash Institute.
- BICKETT, P. M. T.
1964 Studies on soil potassium. *N. Z. J. Soil Sci.*, **15**: 11-22.
- BOLT, G. H., BRUGGENWERT
1976 Soil Chemistry. A. Basic Elements. Elsevier Scientific Pub. Co. Amsterdam.
- ELEIZALDE, B.
1976 Contribución al conocimiento del fósforo en algunos suelos de la provincia de Zaragoza (España). *An. Aula Dei*, **13** (3/4): 451-80.
- ELEIZALDE, B.
1977 Distribución del fósforo total, orgánico e inorgánico en las fracciones granulométricas de los horizontes de cuatro grupos de suelos. *I. T. E. A.*, **26**: 2-14.
- FERNÁNDEZ CALDAS, C., BORGES PÉREZ, A., FERNÁNDEZ MORENO, J.
1975 Relaciones Q/I de potasio en los andosoles de la isla de Tenerife. *Anal. Edaf. Agrob.*, **34** (11-12): 1020-30.
- GARMAN, W. L.
1957 Potassium release from several soils from Ohio and New York. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **21**: 52-78.
- GISSINGER, J., JEFFRIES, C.
1957 Influence of continuous cropping on the fixation and release of potassium in three Pennsylvania soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **21** (4): 409-12.
- HAGIN, J., FEIGENBAUM, S.
1962 Estimation of available potassium reserves in soils. Symposium of the International Potash Institute.
- HERNANDO, V., Díez, J. A.
1975 Efecto de la aplicación de fertilizantes sobre las relaciones Q/I. *Anal. Edaf. Agrob.*, **34** (1/8): 583-93.
- LEROUX, J., SUMMER, M. E.
1968 Labile potassium in soils I: Factors affecting the quantity-intensity (Q/I) parameters. *Soil Sci.*, **106** (1): 35-41.

LUCENA CONDE, F., CRISANTO HERRERO, T.:

- 1971 Estudio de varios métodos de determinación de potasio en suelos. *Anal. Edaf. Agrob.*, **30** (1/2): 137-49.

NAFADY, M. H.

- 1975 The quantity and the intensity factors as a measure of potassium supplying power in Egyptian soils. *Anal. Edaf. Agrob.*, **34**: 429-36.

NASH, V. E.

- 1970 Potassium release characteristics of some soils of the Mississippi coastal plain as revealed by various extracting agents *Soil Sci.*, **111** (5): 313-317.

NELSON, L. E.

- 1959 A comparison of several methods for evaluating the potassium status of some Mississippi soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **23** (4): 513-16.

SYERS, J. K., BROWMAN, M. G., SMILLIE, G. W., COREY, R. B.

- 1973 Phosphate sorption by soils evaluated by the LANGMUIR adsorption equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **37** (3): 358-63.

VILLAR, E., ELEIZALDE, B. y MONTAÑÉS, L.

- 1978 a Formas de potasio en los suelos y su determinación analítica. *I.T.E.A.*, **31**: 2-6.
1978 b Distribución de las formas químicas de potasio a lo largo del perfil en algunos grandes grupos de suelos del valle del Ebro. *I.T.E.A.*, **32**: 3-8.

WIKLANDER, L.

- 1958 Forms of potassium in the soil. *Potash. Symposium. Roma.*, 109-121.

WOOD, L. K. y DE TURK, E. E.

- 1940 The absorption of potassium in soils in non replaceable forms. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **5**: 152-62

WOODCRUFF, C. M.

- 1955 The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **19**: 167-71.