

Contaminación de suelos por polvos procedentes de
la calcinación de magnésitas. Robian (Lugo).
Parte I. Situación actual y estimación de
indemnizaciones.

Fco ALBERTO, J. MACHIN, J. A. CACHO



CONTAMINACION DE SUELOS POR POLVOS PROCEDENTES DE LA CALCINACION DE MAGNESITAS (Rubián, Lugo)

Parte I.- SITUACION ACTUAL Y ESTIMACION DE INDEMNIZACIONES

- I INTRODUCCION
- II DELIMITACION DEL AREA AFECTADA.- Observaciones de campo. Información climatológica.
- III SINTOMATOLOGIA DE LA TOXICIDAD EN PLANTAS.- Especies frutales. Especies forestales.
- IV CARACTERISTICAS DEL AGENTE CONTAMINANTE Y MATERIA PRIMA.- Composición mineralógica y química.
- V MUESTREO.- Densidad. Fraccionamiento en capas.
- VI METODOS ANALITICOS.- RESULTADOS.- pH. Conductividad eléctrica. Ca, Mg y K asimilables. Reserva total de calcio y magnesio. Cálculo de medias ponderadas. Tabla de resultados analíticos.
- VII PARAMETROS CONSIDERADOS EN EL TRAZADO DE ISONIVELES DE CONTAMINACIÓN.- Magnesio aportado. Calcio aportado. Valores de pH. Delimitación de iso niveles.
- VIII ESTIMACION DE INDEMNIZACIONES.- Condiciones exigidas. Índice de "previsión de margen neto": Potencial productivo. Coeficiente unitario de pérdidas. Tabla final de coeficientes.

I - INTRODUCCION

El hombre, en su búsqueda de una mayor calidad de vida provoca, a veces, con los procesos industriales ciertas situaciones de deterioro en el medio ambiente. Se contamina el aire, el agua, el espacio exterior, - lógicamente también se contamina el suelo parte muy importante del ecosistema en el que vive y del que saca alimentos, fibras, energía, etc.

El problema aquí planteado incide en este aspecto de contaminación - del suelo por elementos sólidos de una industria de calcinación de magnesita. El área afectada es lo suficientemente extensa como para exigir el estudio de las causas reales de los efectos negativos, la evaluación de los daños y su posible solución.

La calcinación de la magnesita o giobertita se produce en esta planta en hornos giratorios a 700-800° C. Los humos de combustión arrastran partículas parcial o totalmente calcinadas que se distribuyen por la zona en función del regimen del horno y de las condiciones de emisión y especialmente de las condiciones climáticas.

El proceso comenzó en 1.971 con la modernización y traslado de la factoría a su actual emplazamiento.

El polvo así liberado ha provocado daños a la vegetación natural, los pastos y los cultivos. El pastoreo de las zonas próximas a la fábrica y/o el consumo del pasto henificado produce a los animales fuertes diarreas que cesan con el cambio de alimentación. Estas diarreas ocasionan una disminución del índice de conversión, pérdida de peso, empeoramiento del estado general del ganado, disminución de la producción de leche, etc.

Puesto que el área es fundamentalmente ganadera se comprende pues que el problema tenga implicaciones sociales y económicas importantes. Las relaciones entre agricultores de la zona y la empresa habían alcanzado puntos de máxima gravedad, con interrupciones en las vías de suministro de material y manifestaciones públicas.

En esta situación, se vió que paralelamente al estudio de la causas de los daños y al desarrollo de métodos de recuperación, estaba la exigencia de un método objetivo de evaluación de daños causados, fundamentado en el suelo, ya que es quien condiciona la productividad del área (únicamente agrícola), y por otro el que recoge los polvos y traslada los efectos acumulativos a plantas y animales.

Esta evaluación que aquí nos planteamos debe servir de complemento a la que debe indemnizar los componentes sociológicos específicos de cada agricultor.

Dada la urgencia de este informe, y su caracter técnico, algunas conclusiones no quedan suficientemente aclaradas en el texto, estamos dispuestos a aclararlas verbalmente y desde luego quedarán aclaradas y justificadas en el informe final.

II - DELIMITACION DE LA ZONA AFECTADA

Para establecer el área en que debería centrarse el estudio se recurrió a indicadores ligados a la naturaleza de los polvos, a la sintomatología que presentan los niveles de toxicidad en especies que se han encontrado especialmente sensibles y a entrevistas con agricultores sobre la incidencia del polvo en sus campos y el efecto sobre el ganado.

Como soporte a estas observaciones se ha buscado la información climatológica disponible -excepcionalmente escasa- que nos ayudase a interpretar las direcciones dominantes de vientos en días secos y en días de lluvia, etc.

Las características especiales de la región nos han permitido identificar la presencia de polvos procedentes de la calcinación de la magnesiata (o de la vecina planta de cementos de Oural) a través del desprendimiento de carbónico con HCl. Unas cuantas pruebas sobre el tronco de los árboles o sobre la superficie del suelo nos indicaba la presencia o no de carbonatos que en estas condiciones solo son achacables a los productos de emisión de ambas fábricas.

Por otro lado el Rubus se ha mostrado como una planta especialmente sensible a la contaminación por el Mg. Los síntomas que manifiesta son los habituales en la vegetación, la aparición de zonas necróticas en los bordes de las hojas, con una intensidad variable, mayor cuanto mayor es el nivel de contaminación. Específicamente se localiza en las hojas más viejas, y dependiendo del nivel de contaminación avanza hacia las más jóvenes. Fotos 1

De los datos climatológicos que hemos podido localizar, las figuras 1 y 2 dan las frecuencias de vientos en estaciones próximas.

La figura 1 representa las direcciones de viento dominantes a lo largo de los años 1.969, 70, 71, 72 y 73 de Lugo capital.

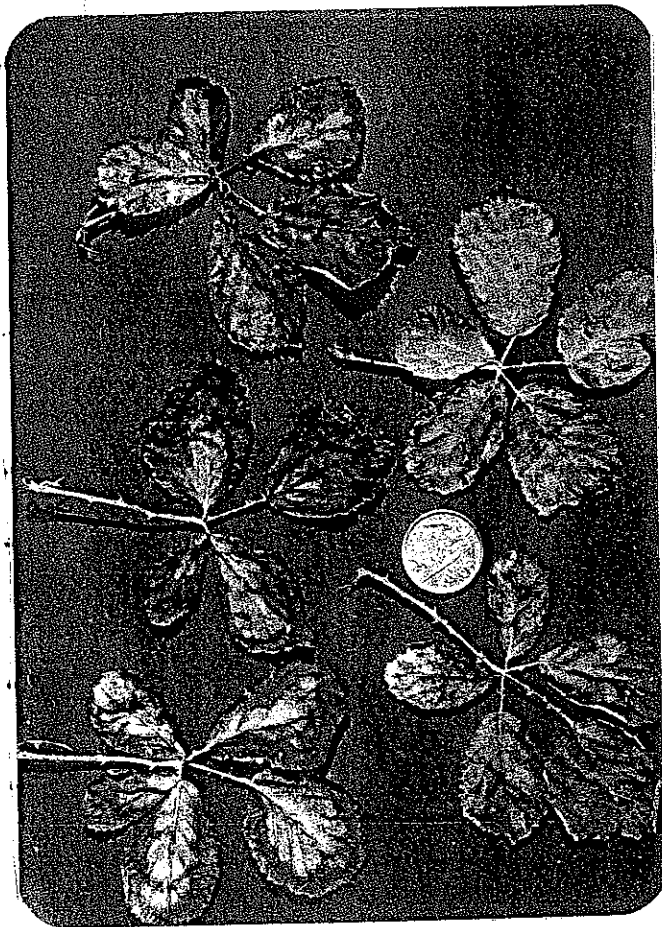


Foto 1.



Foto 2.

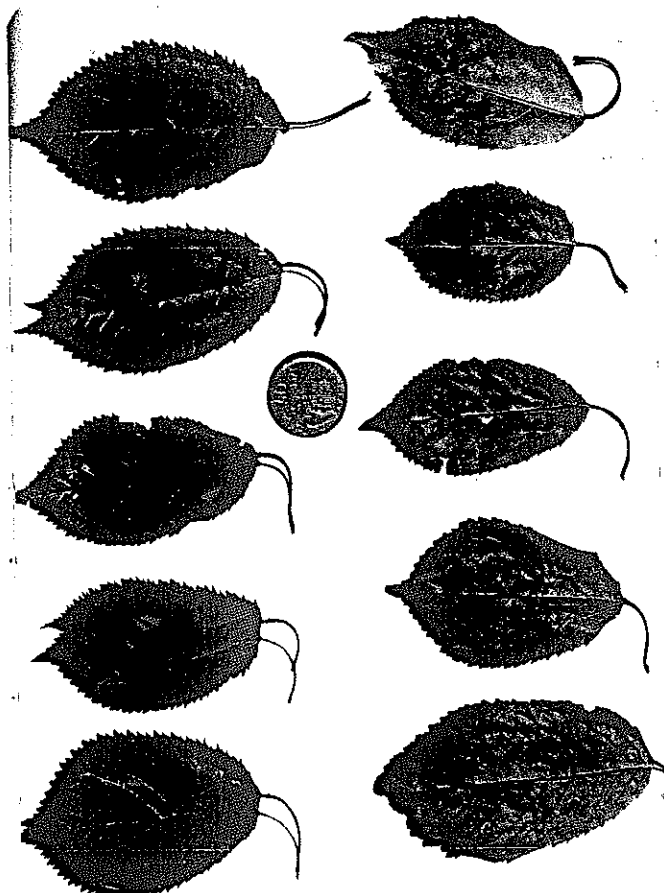


Foto 3.



Foto 4.

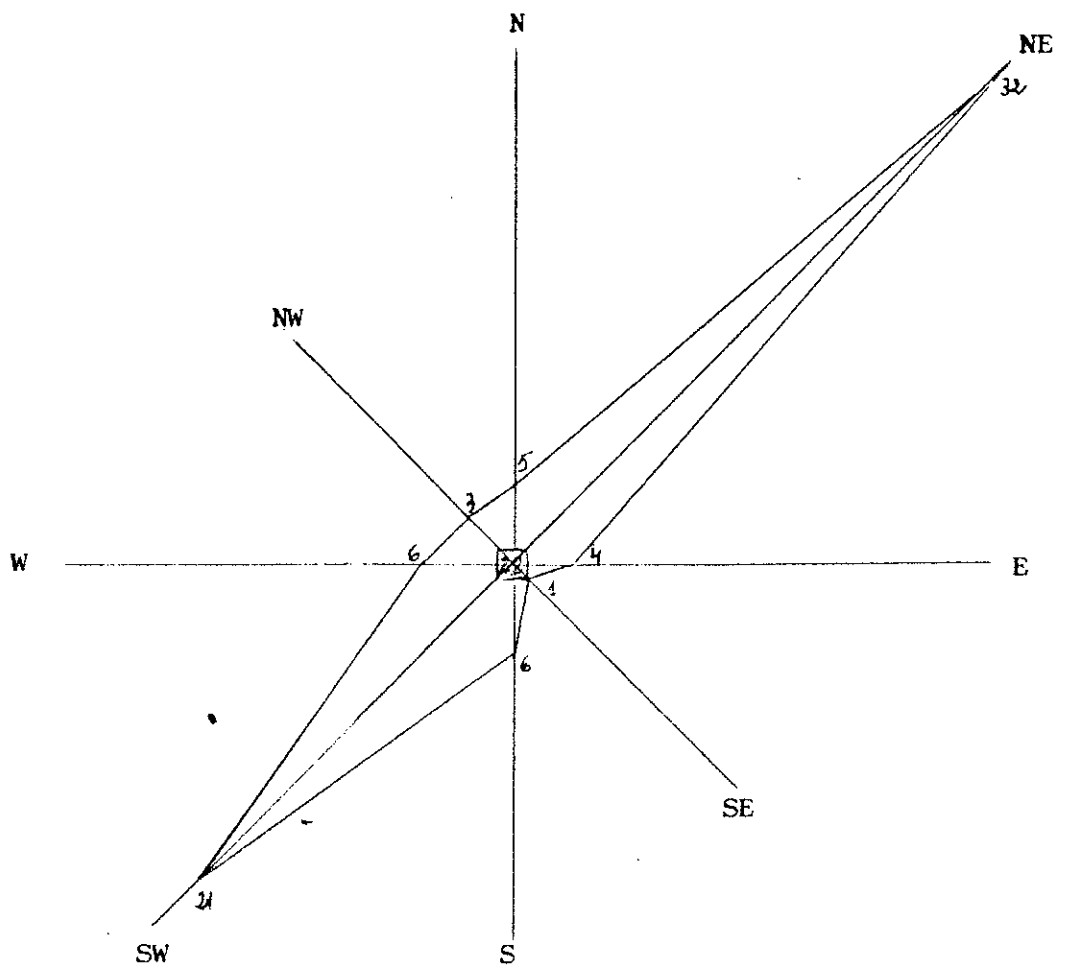


Fig. 1.- Frecuencia porcentual de direcciones de viento durante los años 1.969, 70, 71, 72 y 73 (Lugo capital)

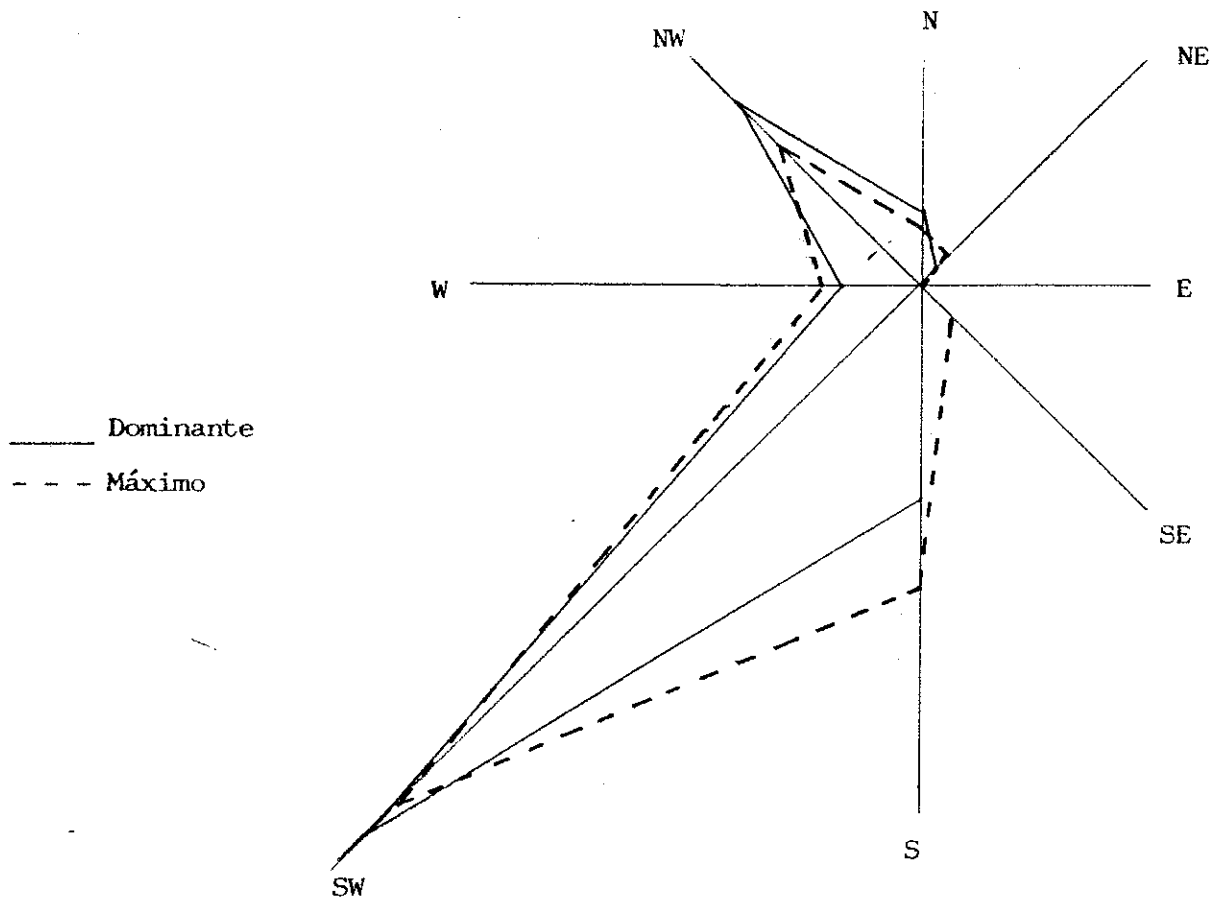


Fig. 2.- Frecuencia de direcciones de viento dominantes y en el máximo en días de lluvia en varias estaciones de la provincia. (meses: Sept., Oct., Nov. y Dic., 1.975-76)

La figura 2 da la representación gráfica de las direcciones de viento dominante: y en el máximo de los días de lluvia, durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de los años 1.975 y 1.976 para las siguientes estaciones de la Provincia de Lugo:

Fonsagrada; Mondoñedo; Cospeito; Guitiriz; Colegio Fingoy; Nadela; Sarria; Neira de Jusá; Guntin-Ladairo; Piedrafita; Veiga-Puebla B.; Monforte; Panton-Ferreira.

La observación de los agricultores de la zona confirma ambas tendencias aquí señaladas: unos vientos asociados a lluvias provenientes del SW y otros más secos de procedencia NE.

Estos hechos afectarán claramente a la distribución de los polvos de la fábrica.

De acuerdo con todas estas observaciones se delimitó el área a estudiar en forma de rectángulo con el eje mayor de dirección N-S (figura 3) quedando la fábrica descentrada sobre la superficie. El área total viene a ser unos 550 has. Los datos analíticos posteriores confirmaron el acierto de la delimitación general.

III - SINTOMATOLOGIA DE TOXICIDAD

Al ser uno de los llamados "elementos mayores" la asimilación del Magnesio puede alcanzar niveles de los considerados como "luxury consumption", que normalmente no se da en los microelementos.

Para muchas de nuestras situaciones los niveles sin sintomatología de la "luxury consumption" han sido rebasados ampliamente y aparecen síntomas externos.

Los posibles mecanismos por los cuales un elemento puede ser tóxico se pueden agrupar en:

- a) Por efecto tóxico directo sobre el protoplasma celular
- b) Por efecto sobre la asimilación de los otros elementos.

El primer mecanismo es más frecuente para el caso de microelementos, mientras que el segundo mecanismo -más adecuado a nuestro caso- se asocia fundamentalmente a los macroelementos. (Son numerosas las citas bibliográficas en las que excesos de N o P pueden dar lugar a deficiencias en K y exceso de K puede dar síntomas de deficiencia de Mg o Ca o también exceso de calcio en encalados abundantes).

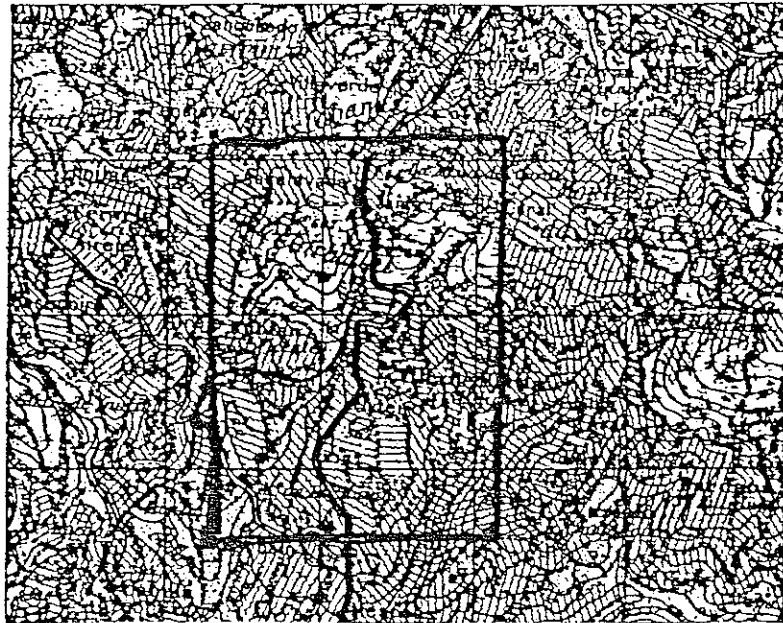


Fig. 3.- Situación de la zona de estudio en el mapa topográfico 1: 50.000
Hoja nº 124

A nivel de deficiencia -mucho mejor estudiada- el Mg se moviliza de las hojas viejas hacia las jóvenes por lo que todos los síntomas de Mg aparecen primero sobre las viejas, y progresa sistemáticamente hacia las más jóvenes.

El K en la planta presenta también una gran movilidad y su reutilización por las hojas jóvenes coincide con el hecho de que cuando es moderadamente deficiente los efectos se aprecian fundamentalmente sobre las partes viejas y de aquí progresa en función de la intensidad de la deficiencia hacia las partes jóvenes. Cuando la deficiencia es aguda todos los puntos de crecimiento quedan afectados y se produce un colapso general de la planta.

El estudio de los problemas específicos que plantean los altos niveles de Mg en suelos, y sobre las hojas de las plantas, requeriría un estudio especial que cae fuera de los objetivos actuales. No obstante, la observación de campo realizada puede aportar indicios sobre el comportamiento de las distintas especies.

Las conclusiones iniciales obtenidas coinciden con las señaladas para zonas de suelos derivados de serpentinas; los pinos mantienen un desarrollo y vigor casi normales excepto en situaciones extremas, mientras que otros árboles de hoja ancha como robles, sauces, castaños, etc. presentan síntomas evidentes de toxicidad. Especialmente sensibles resultan los frutales: nogal, ciruelo, peral y manzano por este orden.

Entre los arbustos el Ulex resulta más resistente que el Sarotamnus que en las proximidades de la fábrica llega a morir.

Las asociaciones de los pastos evolucionan hacia comunidades con una reducción sensible en el número de especies presentes y con predominio de gramíneas frente a las de hoja ancha -incluyendo Trifolium.

ESPECIES FRUTALES

Cerezo.- Prácticamente todas las hojas afectadas, especialmente en los bordes pero en situaciones extremas los fenómenos necróticos se extienden a toda la superficie foliar. (Fotos 3 y 4)

Ciruelo.-El árbol alcanza un nivel de defoliación notable, aunque mantiene algún fruto.

Las hojas presentan frecuentes necrosis y arrollamiento de los bordes hacia el haz o envés.

Higuera.- Síntomas generales de necrosis de borde de la hoja que avanza hacia el centro del limbo. (Fotos 5 y 6).

Manzano.- La intensidad y amplitud de las zonas necróticas es grande, quedando prácticamente todas las hojas afectadas sin distinción entre viejas y jóvenes.

Los colores "bronceados" de los espacios intervenales ocupan prácticamente en todas las hojas la totalidad de la superficie; estas zonas se concretan en otras más oscuras con bordes netos que llegan a afectar al color verde del envés.

Los ápices de las hojas aparecen muy frecuentemente necrosados y rotos con lo que las hojas adquieren un aspecto más redondeado, pero esta sintomatología varía entre distintos árboles. (Fotos 7, 8, 9, 10 y 11).

Melocotonero.- A pesar de la proximidad de las otras especies frutales lo que supone idéntico nivel de contaminación, los síntomas que aparecen sobre las hojas son escasos y no se puede hablar de sintomatología específica que se repita en diversas ramas.

No se aprecia defoliación ni diferencias sensibles de comportamiento entre hojas viejas y jóvenes.

Por el aspecto de la superficie de las hojas, muy lisa y sin pelos, y con poco resalte de los nervios el polvo que retienen se desprende fácilmente. (Foto 12).

Membrillero.- Muchas hojas con ligeros síntomas de clorosis.

Las hojas con síntomas típicos de esta toxicidad: zonas necrosadas con pérdida parcial del limbo en el borde o en el centro. En este caso las hojas más jóvenes parecen más afectadas.

Aparecen formaciones en roseta en los ápices de las ramas. (Fotos 13 y 14).

Nogal.- Síntomas generales de necrosis de borde y puntas, pero se extienden también a toda la hoja. Parecen más atacadas las viejas. De entre los folíolos los más afectados parecen ser los de la punta. (Fotos 15, 16 y 17).

Peral.- Bordes de las hojas necrosados o también arrugados y vueltos hacia el haz o envés indistintamente. Al perderse el pico de la hoja, por necrosis, adquieren un aspecto más redondeado.

No se aprecian diferencias entre las hojas viejas y las jóvenes. (Fotos 18 y 19).

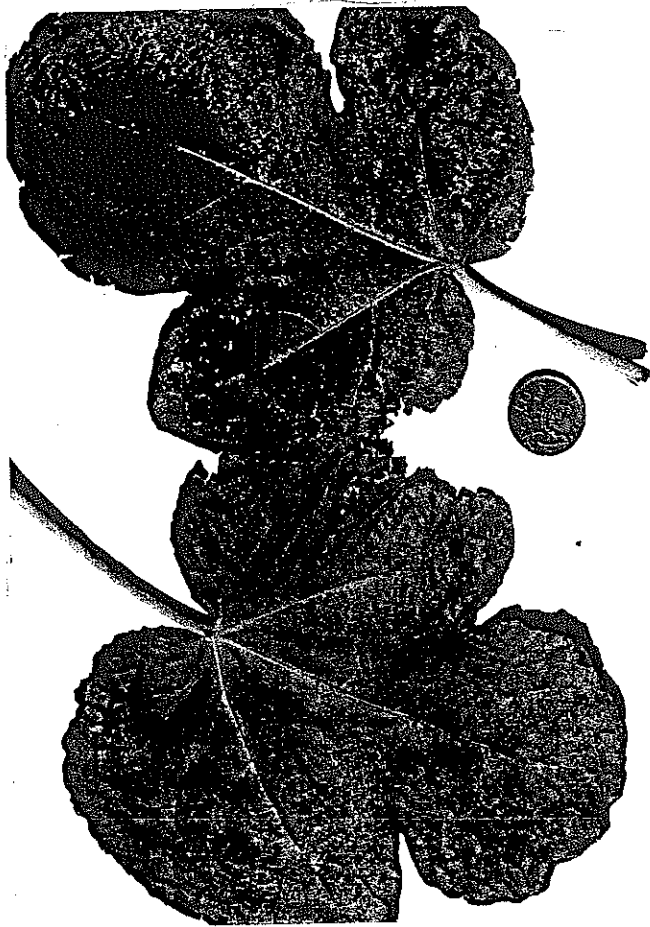


Foto 5.

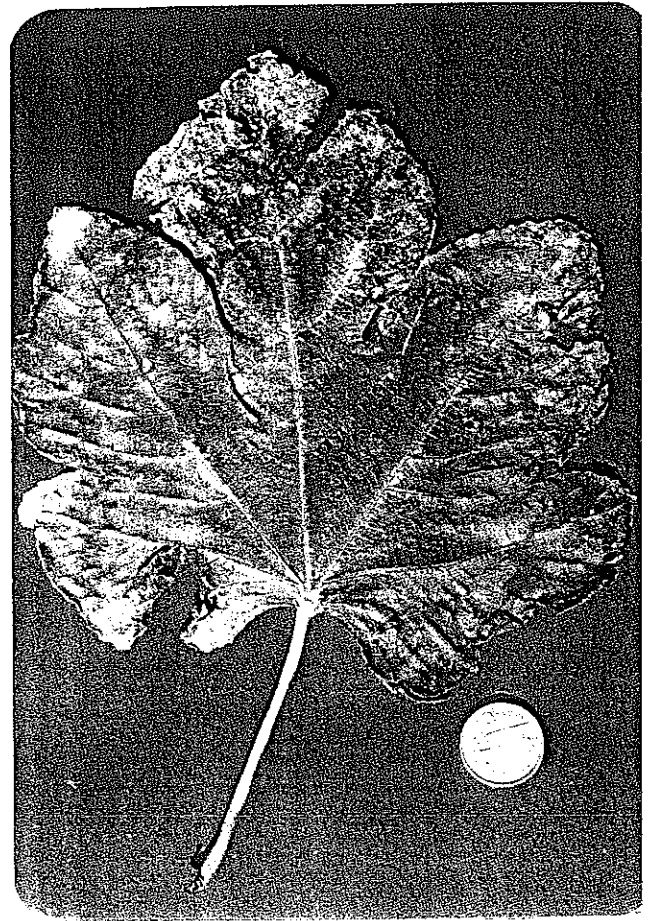


Foto 6.

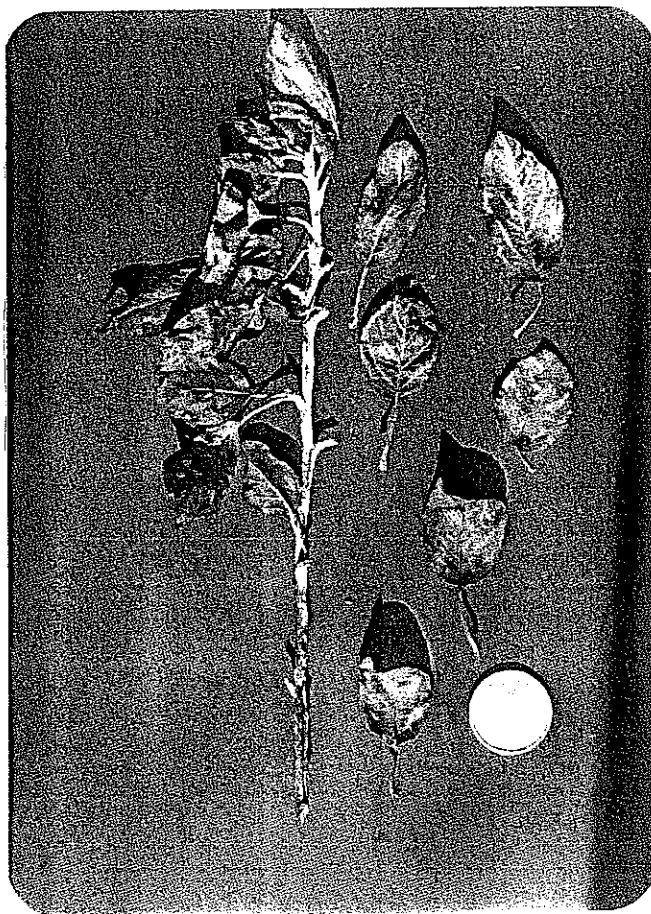


Foto 7.

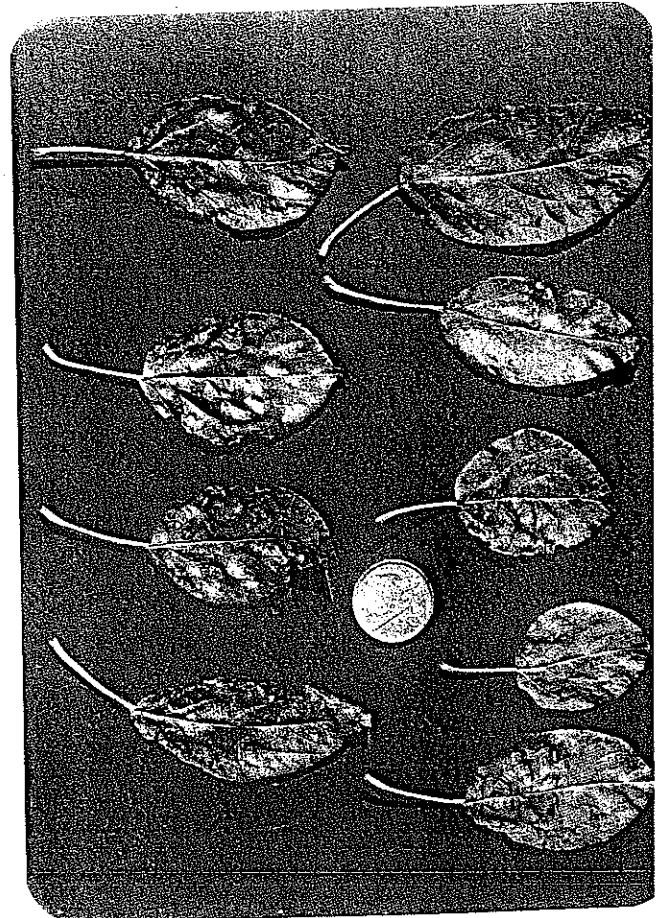


Foto 8.



Foto 9.

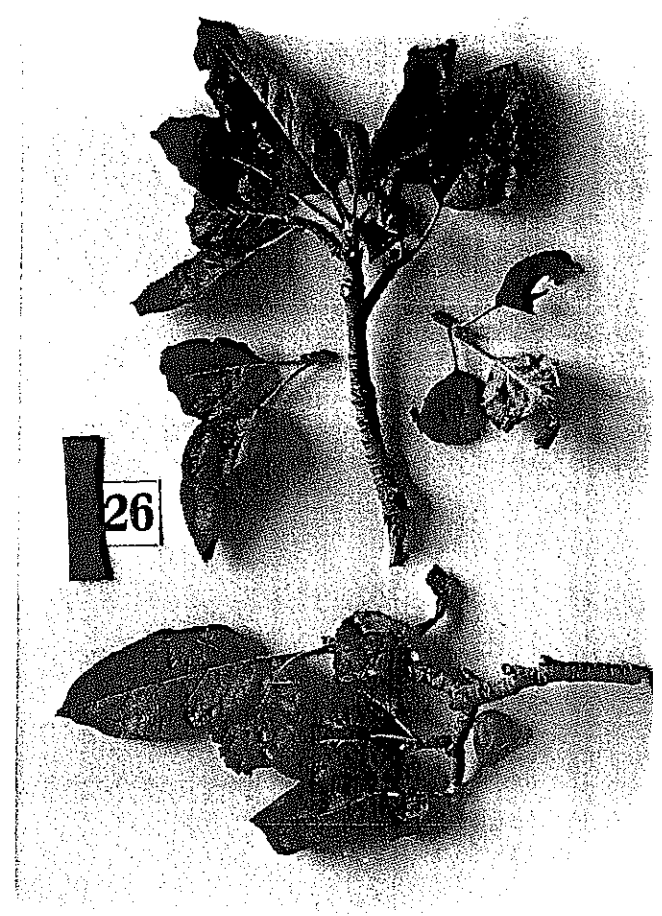


Foto 10.

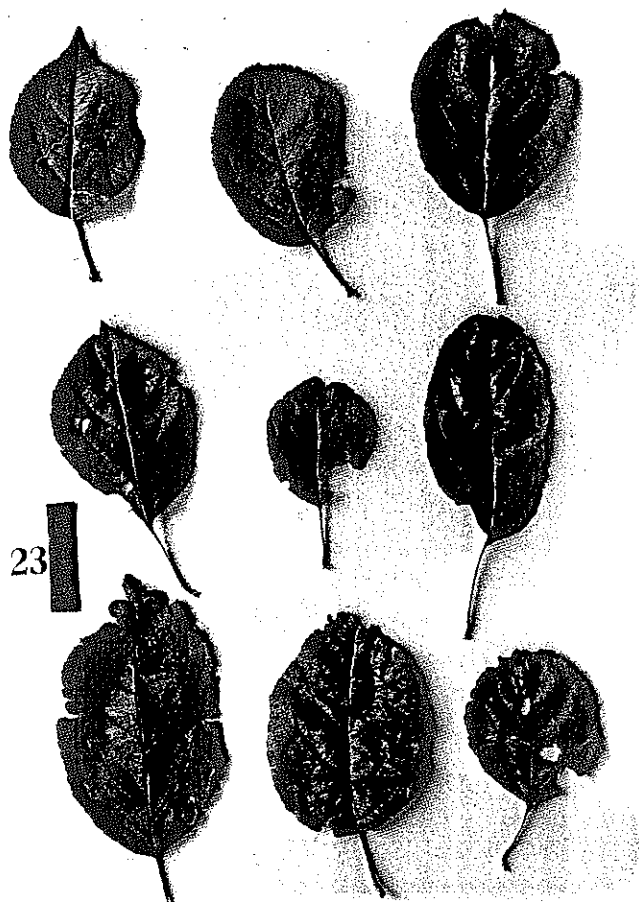


Foto 11.

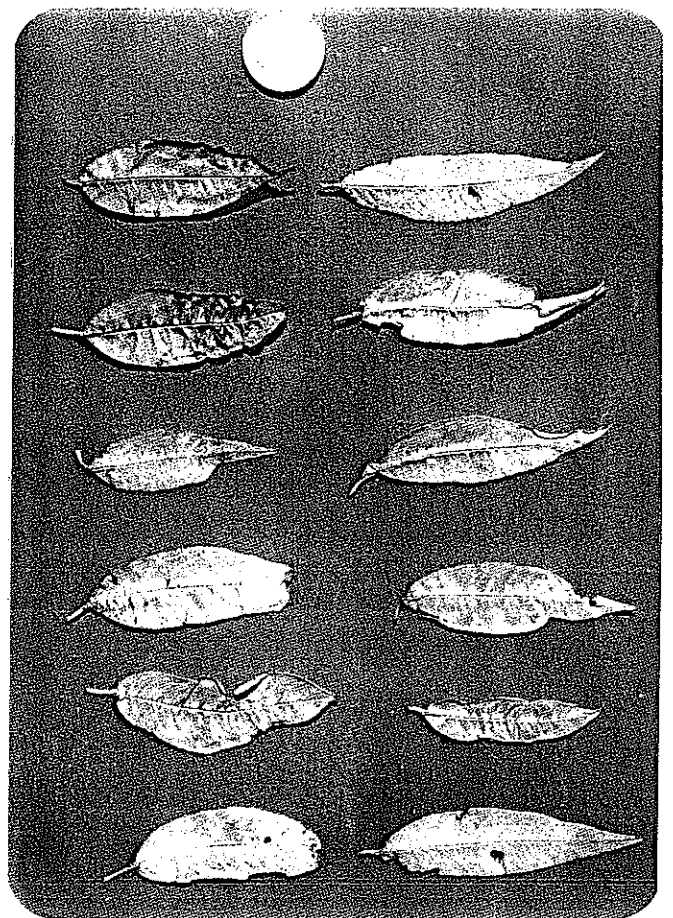


Foto 12.

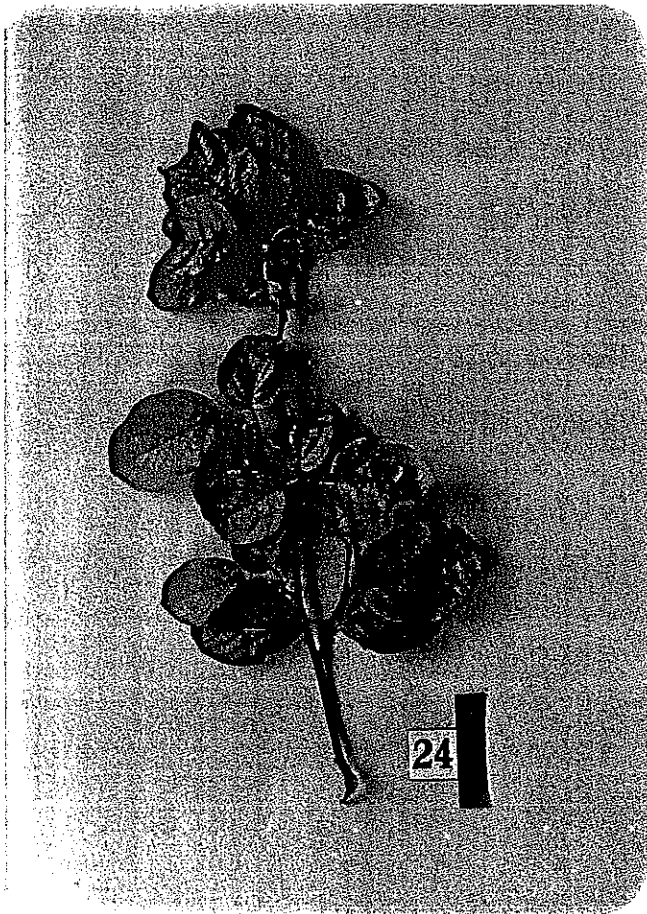


Foto 13.

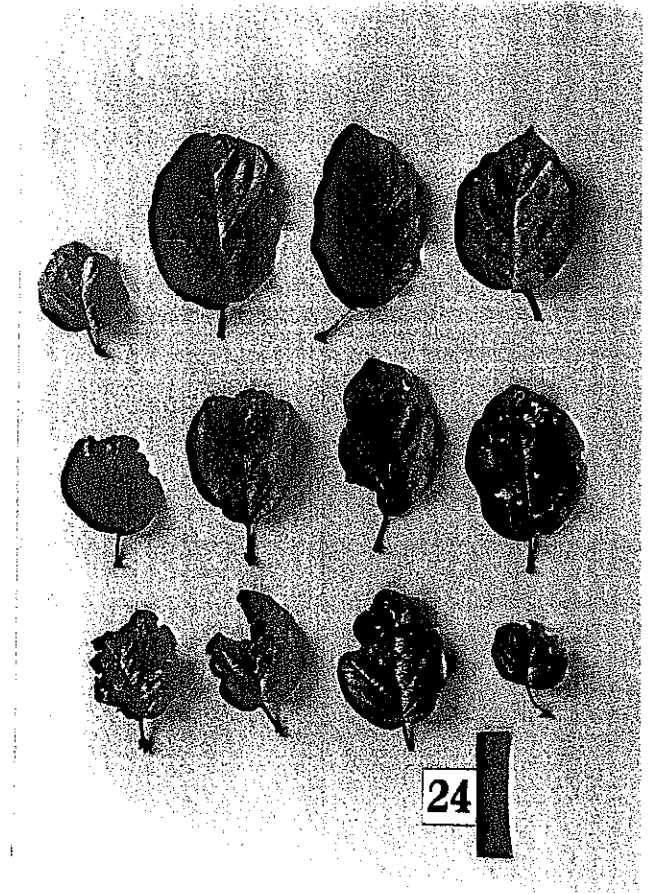


Foto 14.

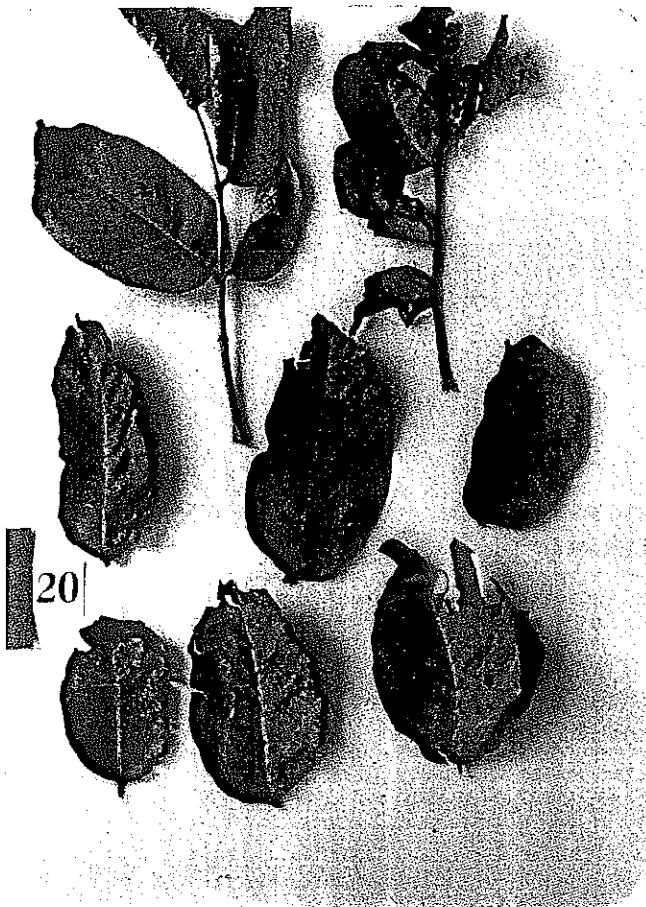


Foto 15.

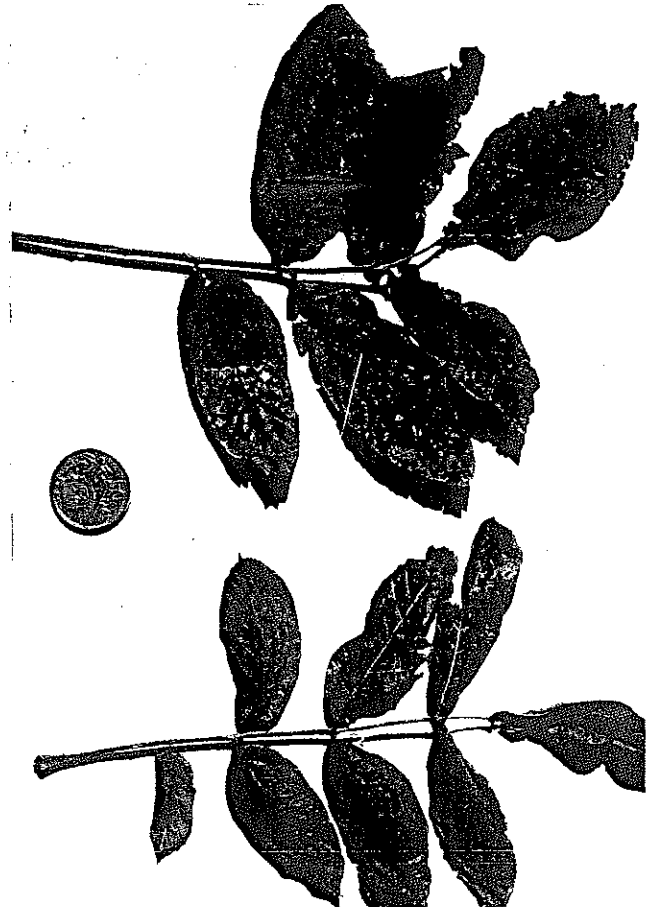


Foto 16.

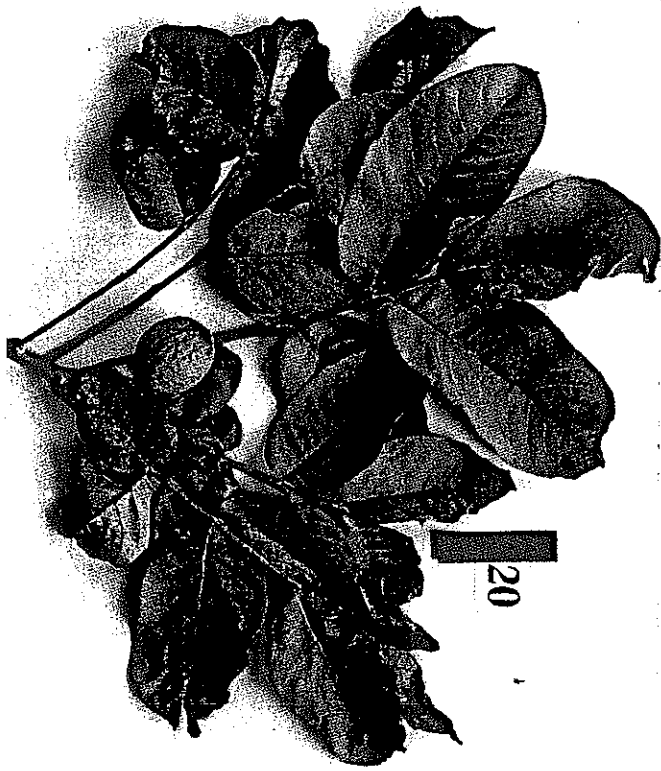


Foto 17.

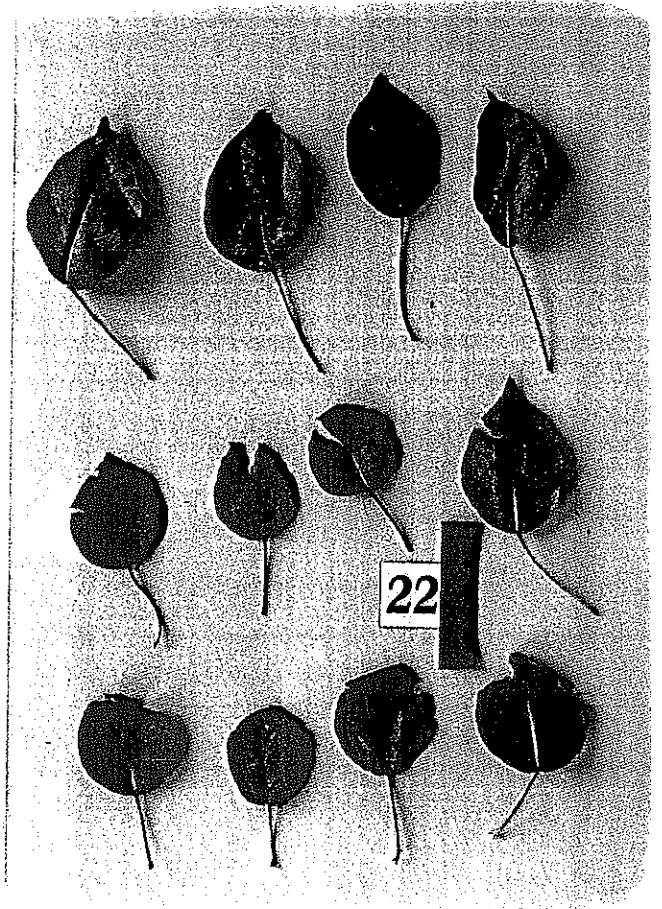


Foto 18.

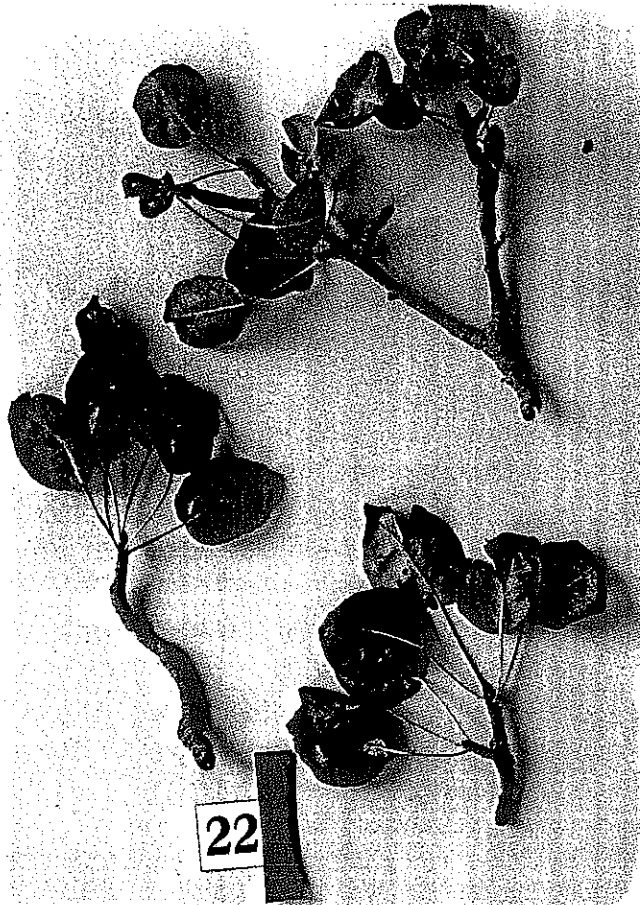


Foto 19.

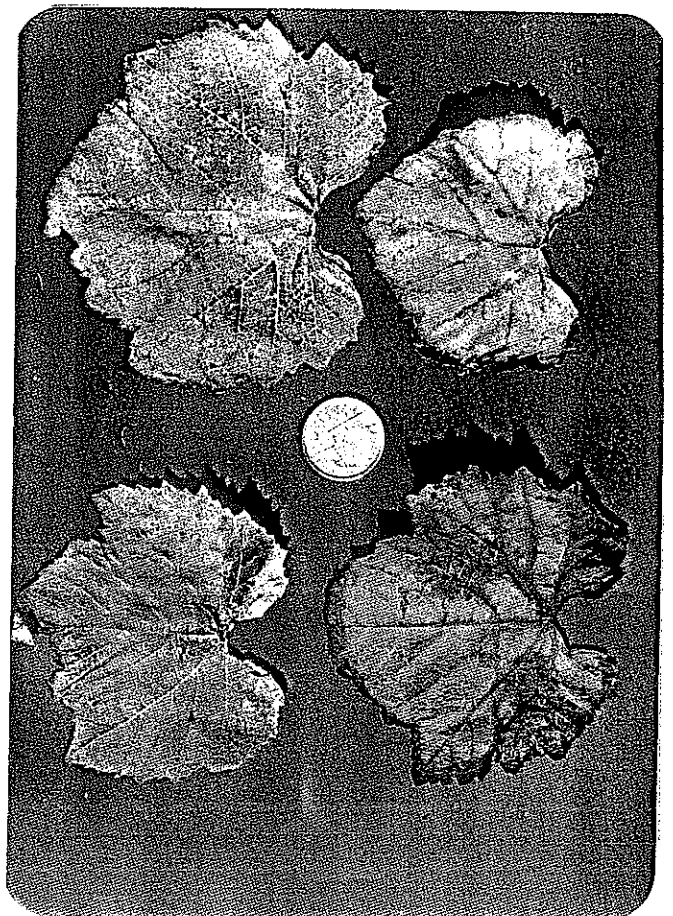


Foto 20.

Vid.- Bordes de las hojas necrosadas. A diferencia de todas las demás especies las zonas necróticas afectan a los nervios principales de las hojas. (Foto 20).

ESPECIES FORESTALES

Los pinos no presentan una sintomatología clara a pesar de permanecer largo tiempo con una capa de polvo. Solo en alguna situación muy extrema llegan a morir.

Las frondosas del tipo castaño o roble cuando están en las inmediaciones de la factoría llegan a perder las hojas del lado orientado hacia la chimenea.

En situaciones más lejos de la fábrica se aprecian crecimientos de los ápices de las ramas en rosetta y defoliación de las hojas más viejas. La sensibilidad del castaño es mayor que la del roble.

Los síntomas sobre las hojas son semejantes a los reseñados sobre los árboles frutales con abarquillamiento de los bordes y necrosis de los mismos pero en ambos casos parecen ser más intensos en las hojas más viejas. (Fotos 21 y 22).

Para el caso de los Salix las ramitas aparecen parcialmente defoliadas pero sin que los ápices adquieran el aspecto de rosettas. Los ápices de las hojas presentan una sintomatología específica, aparecen necrosados en 1/3 a 1/10 del total de la hoja. El límite entre la zona necrosada y la verde es muy tajante y casi perpendicular al eje mayor de la hoja, aunque a veces también se desplaza por uno de los bordes. (Fotos 23 y 24).

IV - CARACTERISTICAS DEL AGENTE CONTAMINANTE

Mineralógicamente la magnesita del yacimiento origen del material tratado en la factoría contiene además de la alta proporción de magnesita, algo de dolomita, cuarzo, calcita, muscovita, clorita y siderita. TARAZONA J. (1.967), DOVAL M.; BRELL M.; GALAN E. (1.976).

El producto calcinado a unos 700 ° se transforma en óxido de magnesio por pérdida de CO₂ como lo demuestran las curvas de análisis térmico diferencial.



Foto 21.



Foto 22.

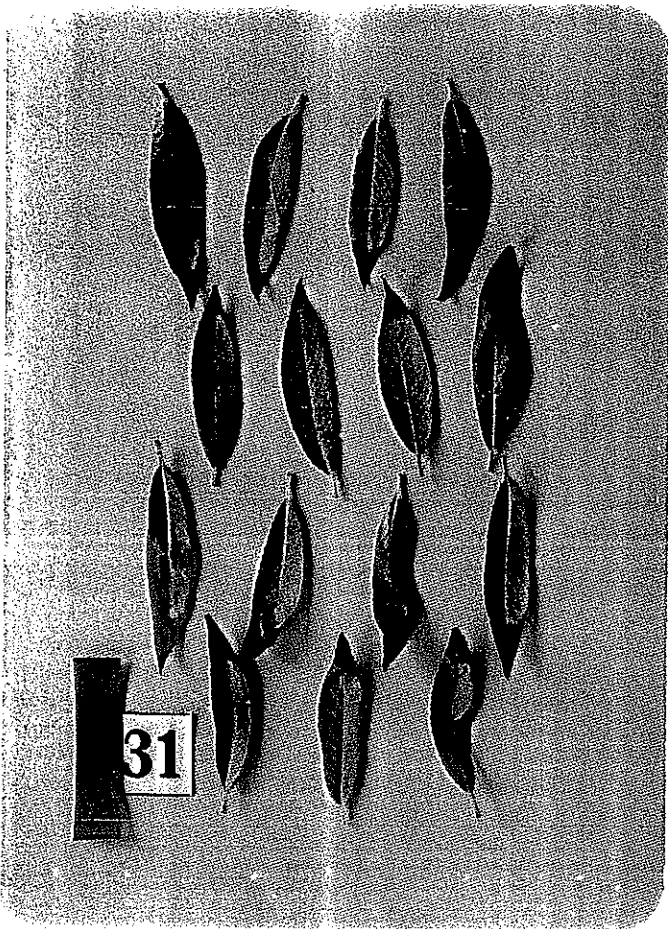


Foto 23.



Foto 24.

El siguiente cuadro recoge los contenidos en Ca y Mg de una muestra de magnesita original, del producto calcinado y polvo de recuperación del ciclón, así como los valores de pH y C.E. de extractos acuosos.

	Mg 0 %	Ca 0 %	pH CKl 1:2.5	pH KCl 1:2.5	pH KCl 1:25	C.E. (1/5) _o mmhos/cm 25
Magnesita cruda	87,0	2,5	9,40		9,00	0,30
Magnesita calcinada	90,0	0,5	10,55	10,45	10,45	2,80
Polvo ciclón	66,5		9,95		10,25	2,30

V - MUESTREO

La zona a estudiar quedó delimitada por la que de alguna manera denotaba el efecto de los polvos.

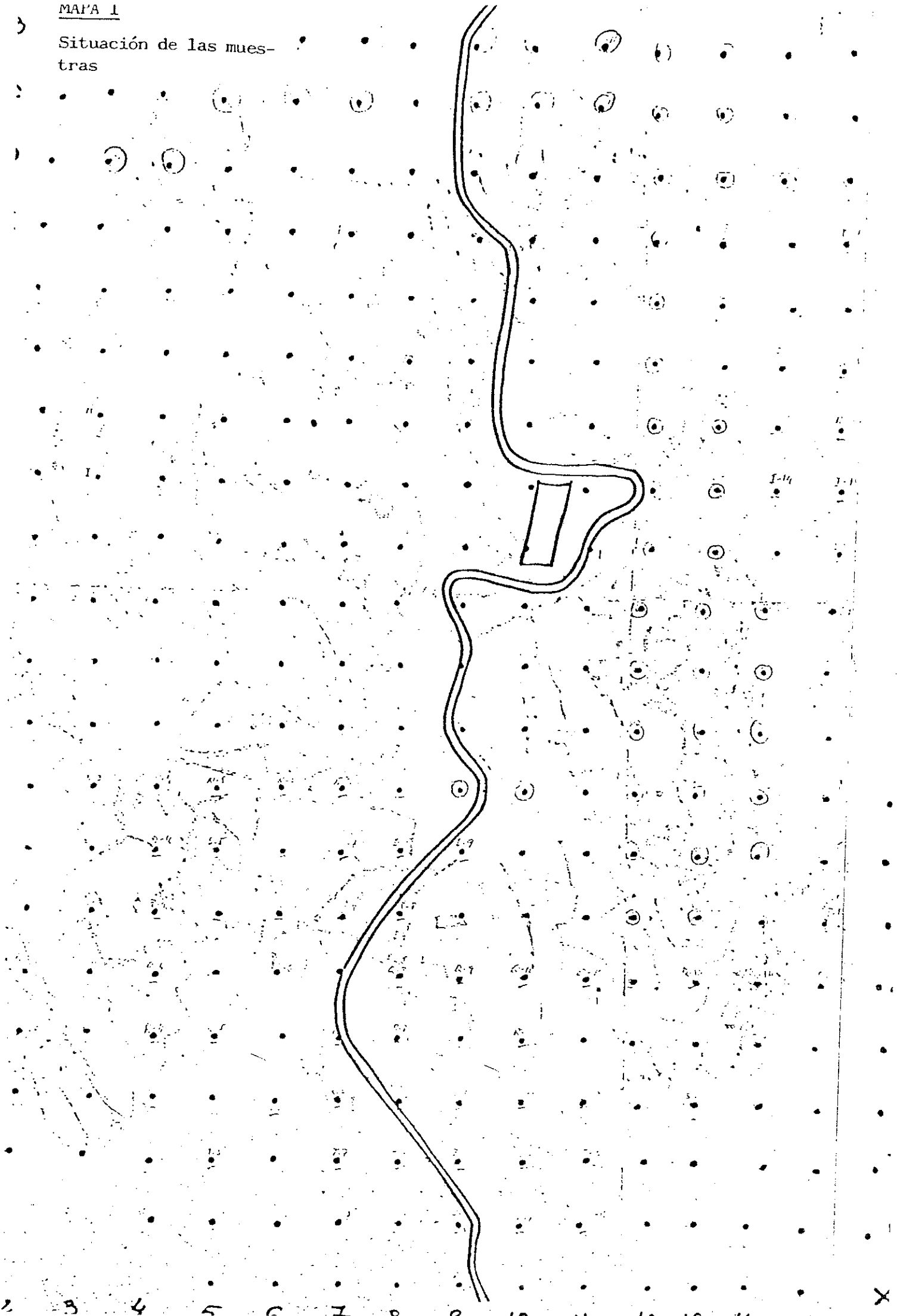
De experiencias anteriores se consideró que la forma más adecuada para poder sacar conclusiones sobre la distribución espacial de las modificaciones causadas por los polvos sería un muestreo en cuadrícula. El tamaño de la cuadrícula se fijó en 125 m de lado con lo que cada muestra representa aproximadamente a 1.5 ha.

Se dibujó la cuadrícula sobre la fotografía aérea de la zona y la localización de los puntos de muestreo en el campo fue fácil dada la pequeña dimensión de las parcelas.

La distribución de muestras se da en el mapa 1.

En las profundidades de muestreo y forma del tomamuestras se tomó en consideración la experiencia habida en Magnesitas Navarras (J. MACHIN Tesis Doctoral, 1.979). El diseño del tomamuestras permite expresar los resultados analíticos en base a superficies de terreno.

Situación de las muestras



Quedaron pues muestreadas las siguientes capas cuya denominación será:

- Capa I: 0 - 2 cm.
- Capa II: 2 - 32 cm.
- Capa III: 32 - 52 cm.

Para realizar este muestreo en la capa de 0-2 cm., hubo que diseñar un tomamuestras especial (Figura 4-a).

Las muestras de 2-32 cm. y de 32-52 cm. se tomaron con un tomamuestras como el de la figura 4-b.

Cada muestra está compuesta por:

Capa I (0-2 cm.); cinco submuestras.- El área muestreada es de 433 cm^2 y el volumen de suelo de 866 cm^3 . El peso de suelo seco al aire de cada muestra se dan en la correspondiente hoja de datos.

Capas II y III (2-32 cm. y 32-52 cm.).- Compuestas cada una de tres submuestras que representan un área muestreada de $132,5 \text{ cm}^2$ y unos volúmenes de 3.976 y 2.651 cm^3 cuando se alcanzan las profundidades indicadas. Cuando estas submuestras no alcanzaban la profundidad señalada se anotaba para tenerlo en cuenta al hacer los cálculos que veremos más adelante.

La mayor área muestreada en la capa de 0-2 cm. se hizo en función de la mayor variabilidad que cabría esperar en el contenido en Mg de esta - capa.

Para los suelos de cultivo el muestreo se realizó en las capas de 0-32 y 32-52 cm.

VI - MÉTODOS ANALÍTICOS. RESULTADOS

Suelos

pH en agua.- Relación suelo: agua 1: 2,5, lectura al cabo de 30' con agitación ocasional. Agitación mecánica durante la medida. pH-metro Radiometer, mod. 22. GUITIAN OJEA; MUÑOZ TOBOADELA (1.957).

pH en KCl 1N.- Relación suelo: solución 1:2,5, lectura a las dos horas con agitación ocasional. Agitación mecánica durante la medida. GUITIAN OJEA, MUÑOZ TABOADELA (1.957).

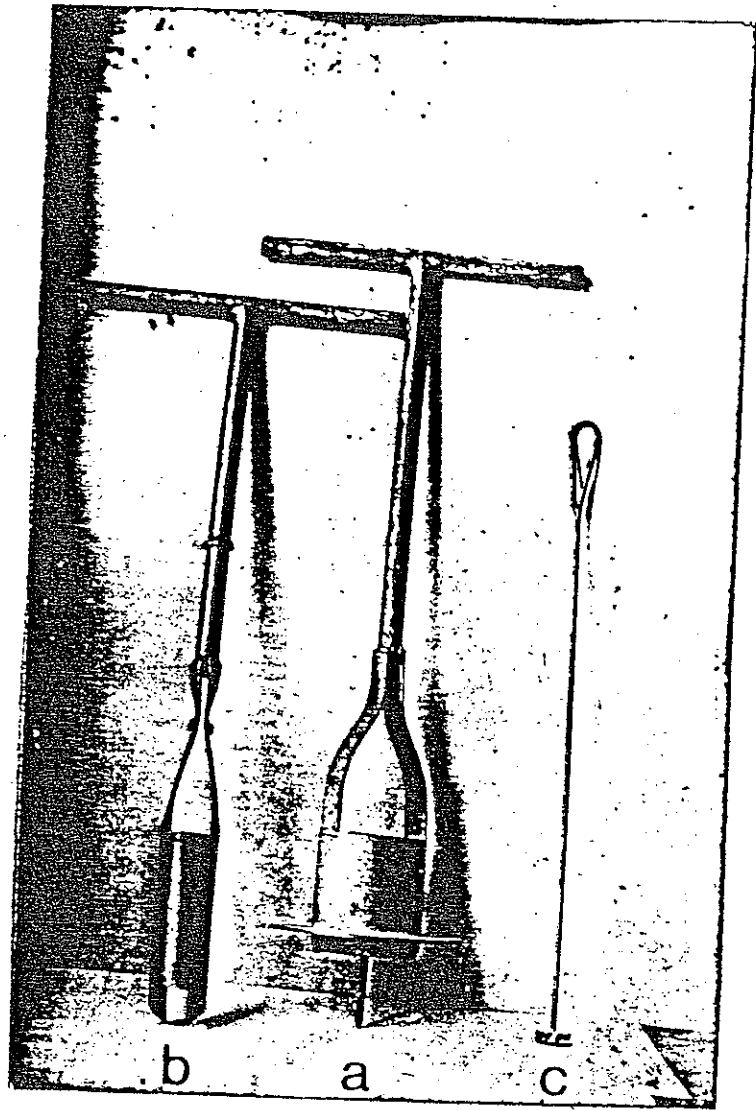


Fig. 4.- a) Tomamuestras utilizado para la capa I.
b) Tomamuestras utilizado para las capas II y III.

Conductividad eléctrica.- Relación suelo: agua 1:5, agitación cuatro horas en agitador de vaiven. Lectura en el filtrado con un conductímetro Radiometer C D M-3. Se expresa como milimhos/cm. a 25° C.

Ca, Mg y K asimilables.- Extracción con acetato amónico 1N pH = 7. Agitación rotativa dos horas. 120 r.p.m. Relación suelo: extractante 1:50. Centrifugado y filtrado.

El Ca y Mg se determinaron por E.A.A. en presencia de Sr⁺⁺ al 0,5 %. Espectrofotómetro Perkin-Elmer 303.

El K por fotometría de llama. Fotómetro - Lange-2.

Reserva total de calcio y magnesio.- Extracción con HCl 1:1 a 60° en baño de agua durante cuatro horas. Agitación frecuente en agitador de tubos de ensayo. Relación suelo: extractante 1:50. Centrifugado y filtrado. Se determinaron por E.A.A., como en los asimilables. A estos valores de magnesio y calcio hacemos - referencia frecuentemente como magnesio y calcio totales pero en realidad más apropiada resulta esta denominación.

Cálculo de medias ponderadas

Las medias ponderadas representarán los contenidos medios que resultarían al homogeneizar los 52 cm. superiores de suelo o la profundidad - muestreada cuando los suelos eran someros.

Se aplicó esta cálculo a los contenidos en Ca, Mg y K asimilables, reserva total de magnesio y pH en agua y en KCl 1N.

La fórmula aplicada:

$$\text{Media ponderada de las 3 capas} = \frac{0,306 a \cdot X_I + b X_{II} + c X_{III}}{0,306 a + b + c}$$

en la que:

a, b y c: son los pesos de tierra fina muestreada.

X_I, X_{II} y X_{III}: son los contenidos de cada variable en las capas I, II y III

0,306: es el valor de la relación de superficies tomadas con los dos tomas - muestras utilizados.

Resultados (ver anexo 1)

VII - PARAMETROS CONSIDERADOS EN EL TRAZADO DE ISONIVELES DE CONTAMINACION

Siguiendo las conclusiones alcanzadas en un trabajo anterior el plan teamiento de la delimitación de isoniveles de contaminación se basó en la determinación del Mg extraído por HCl 1:1 a 60° C. No obstante, en este ca so particular, cuatro puntos merecen destacarse que lo diferenciar del anterior:

- 1) Distinta temperatura de calcinación del material.
- 2) La proximidad de una fábrica de cementos con alta emisión de hu--
mos.
- 3) La presencia de suelos ácidos en toda la zona.
- 4) La existencia de fuertes variaciones en el contenido en Mg en la roca madre de los suelos.

Por ello hubo que recurrir a otros datos complementarios para asegu--
rar el trazado de isoniveles.

El punto 4 condicionó el que en lugar de considerar un nivel base de Mg homogéneo, hubiera que dividirse la zona en sectores de igual valor de reserva total de Mg en la capa III, Mapa 2. La dirección que siguen estas unidades así separadas coinciden con el trazado de la serie estratigráfica realizada por DOVAL M. et al. (1.976).

El valor de Mg aportado en este caso representa la media ponderada -
de Mg en cada capa calculado de modo que a la capa III se le descuenta el centro del intervalo, y a las capas I y II el 75 % de este mismo valor.

Estos valores se representaron en el plano y se deslindaron isonive
les de Mg aportado Mapa 3.

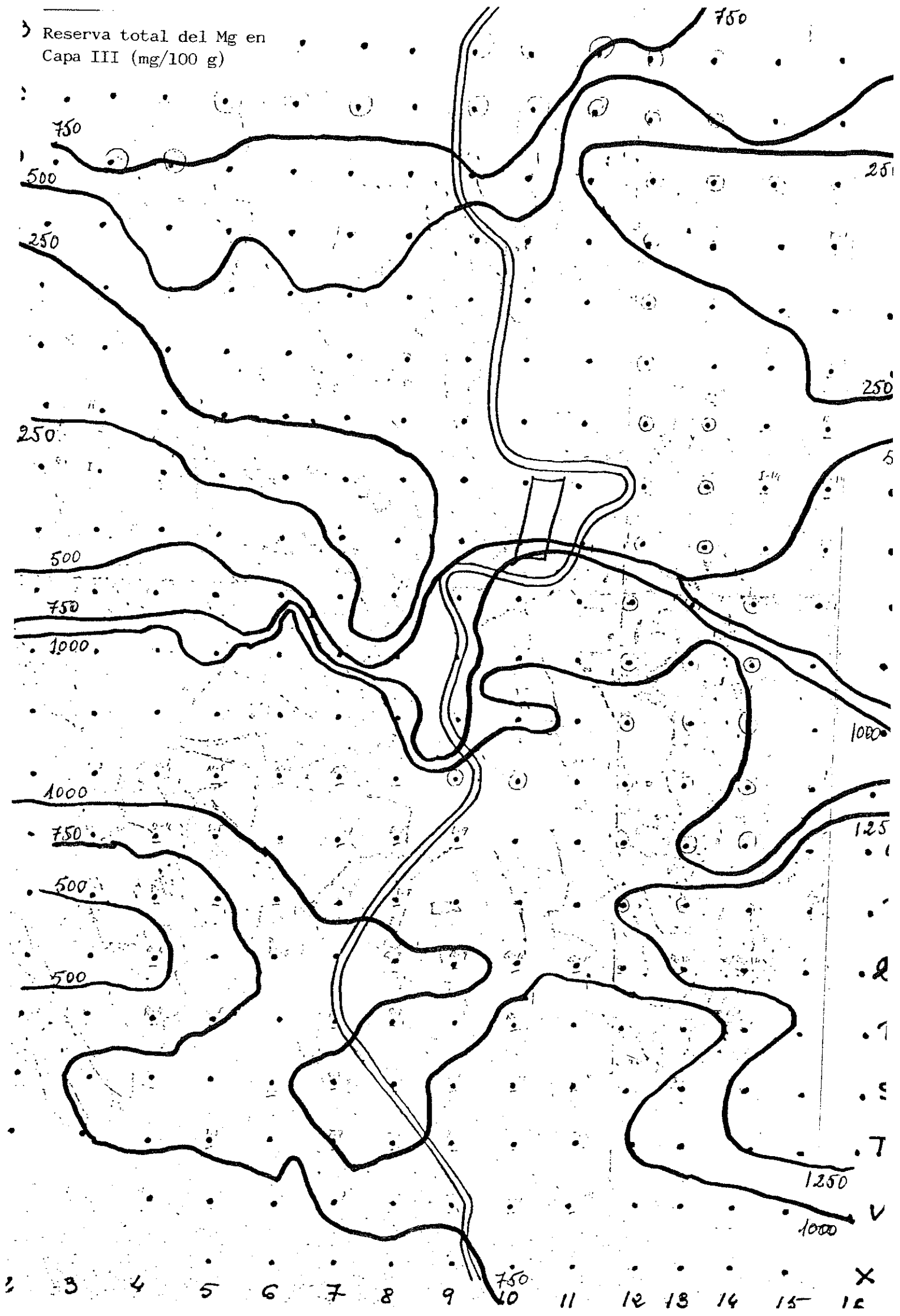
Simultáneo con la adición de Mg, el pH de los suelos queda también modificado y su modificación directamente relacionada con el aporte de Ca y Mg -como pondremos de manifiesto más adelante- puede también utilizarse como indicador de isoniveles de contaminación. Este parámetro aquí utilizado debe reforzar las conclusiones alcanzadas a través de la reserva total de Mg.

El mapa de pH agua medio ponderado Mapa 4 da los isoniveles de pH identificados en la zona.

El efecto de la fábrica de Oural, con aportes de partículas de cemen--
tos, de carácter alcalino, se deja sentir en la zona N de estudio, y que -
no es imputable a la fábrica de magnesitas.

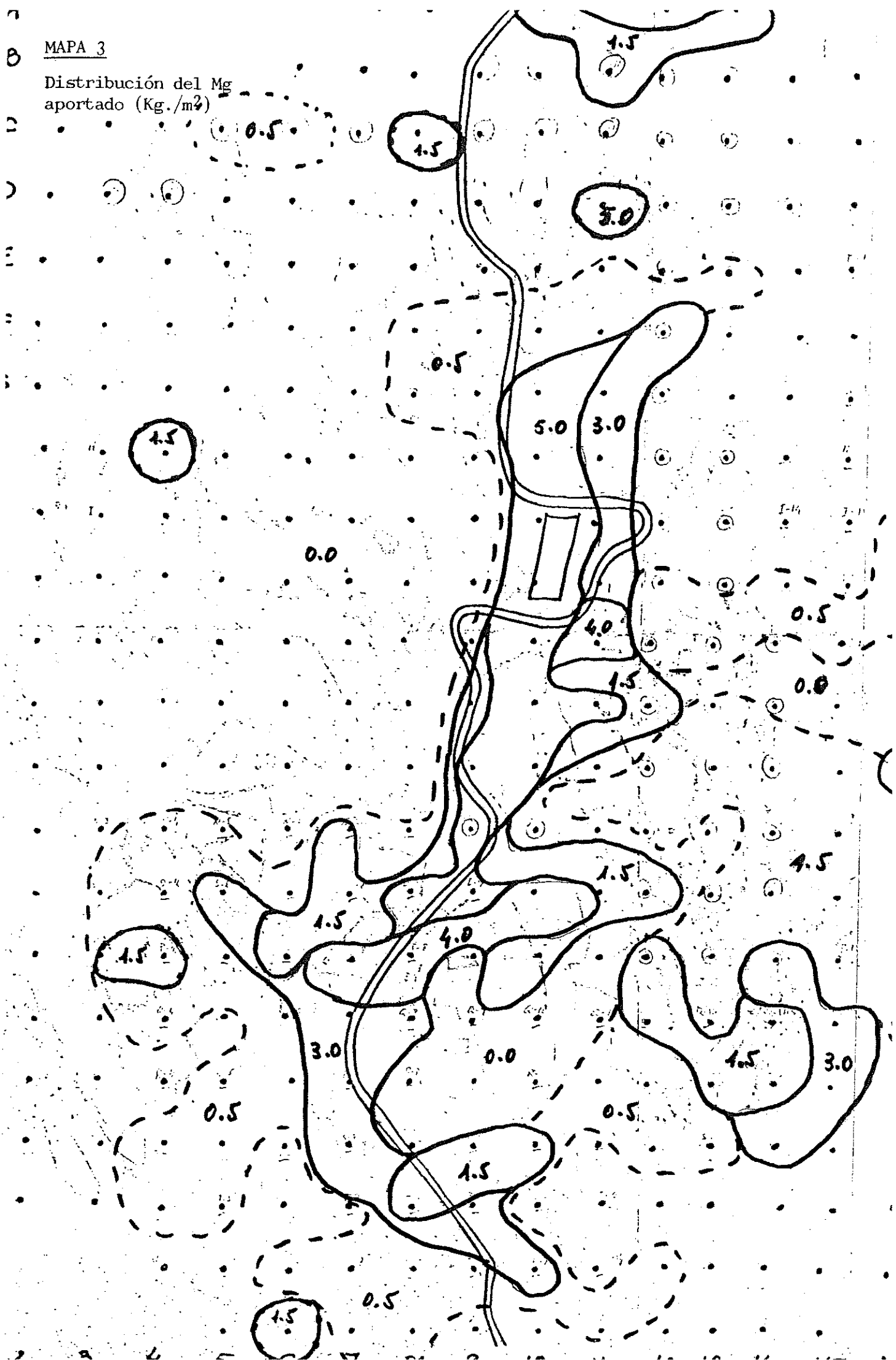
La determinación de reserva total de Ca y su media ponderada dan una explicación clara a esta interrelación. Mapa 5.

b) Reserva total del Mg en
Capa III (mg/100 g)

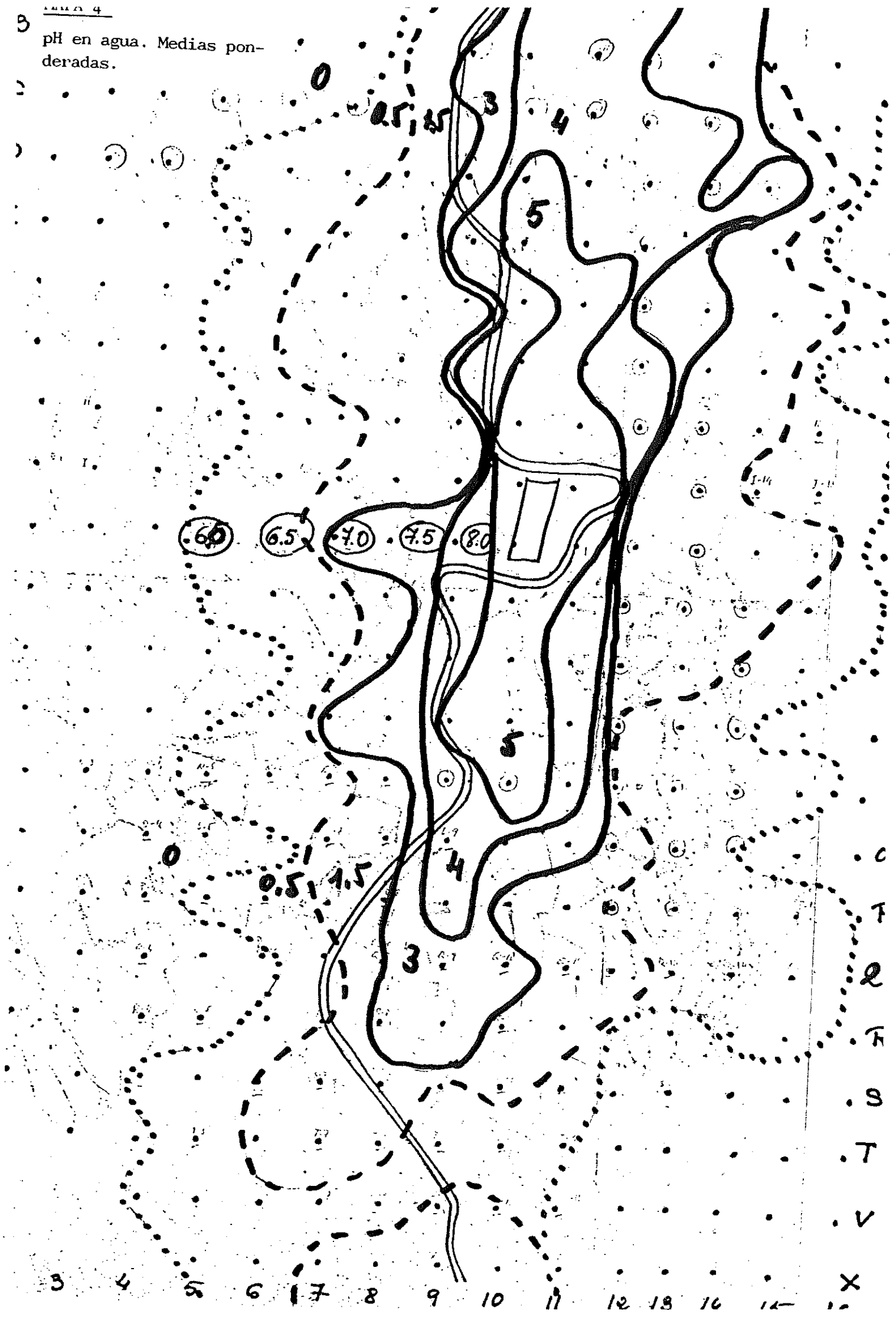


MAPA 3

Distribución del Mg
aportado (Kg./m²)



3 pH en agua. Medias ponderadas.



6.0 6.5 7.0 7.5 8.0

0.5 1.5

3 4

5

3

5

3

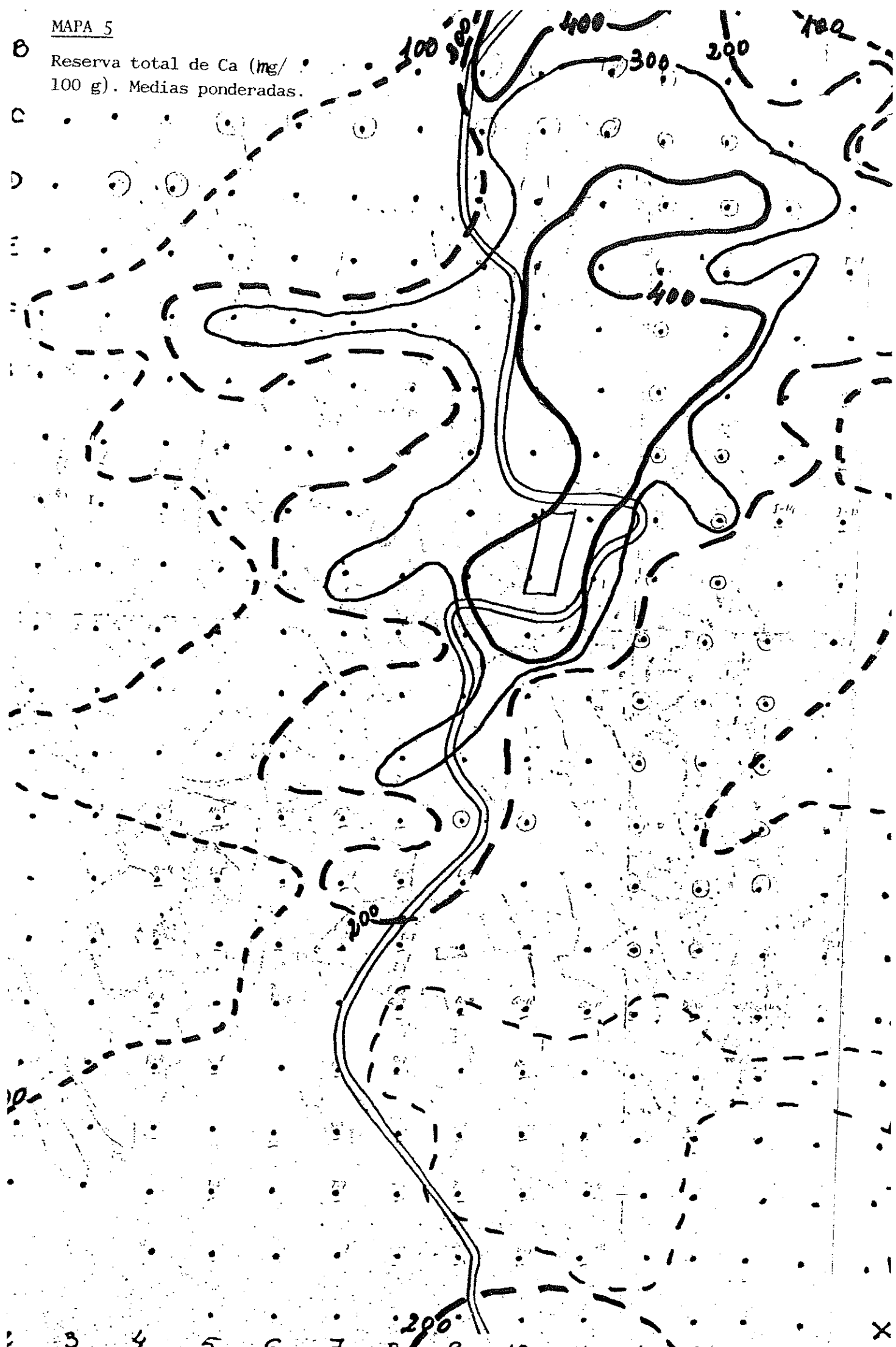
4

3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

C
T
Q
H
S
T
V
X

MAPA 5

B Reserva total de Ca (mg/ 100 g). Medias ponderadas.



Por todo ello, hubo que manejar conjuntamente los isoniveles de pH y Ca y Mg aportados como integradores de la situación real de contaminación allí existente. Para cada uno de los puntos de muestreo se le aplicó el baremo siguiente:

pH agua (media ponderada)	Mg aportado (Kg./m ²)	Ca aportado (mg./100 g.)
> 8.0 5	> 2.5 ... 5	> 400 - 2.0
7.5 - 8.0 4	2.0 - 2.5 ... 4	300 - 400 - 1.5
7.0 - 7.5 3	1.5 - 2.0 ... 3	200 - 300 - 1.0
6.5 - 7.0 1.5	1.0 - 1.5 ... 1.5	100 - 200 - 0.5
6.0 - 6.5 0.5	0.5 - 1.0 ... 0.5	0 - 100 0
< 6.0 0	< 0.5 ... 0	

Representados los valores resultantes a la aplicación de estos índices nos da el Mapa 6 definitivo de isoniveles de contaminación y en el que la denominación por letras allí dada se corresponde a los siguientes índices:

A	> 8
B	6 - 8
C	4 - 6
D	2 - 4
E	0 - 2

VIII - ESTIMACION DE INDEMNIZACIONES

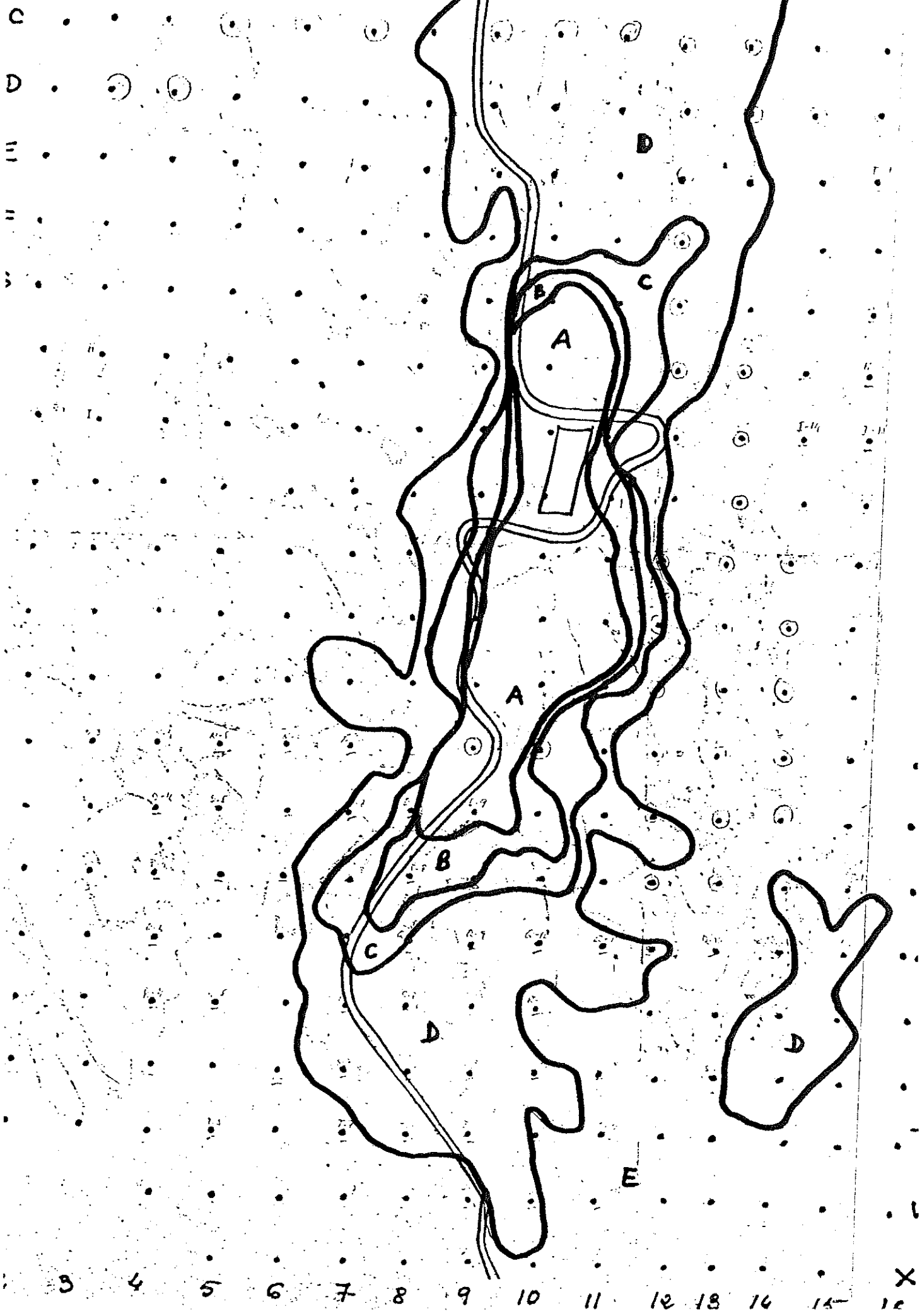
El desarrollo de un método correcto de evaluación de los daños fue uno de los planteamientos iniciales de la empresa.

Paralelamente al estudio de las causas de los daños y al desarrollo de métodos de recuperación (Parte II), estaba la exigencia de un método objetivo de evaluación de los daños causados fundamentalmente a través del suelo ya que él condiciona por un lado la productividad del área y por otro el que recoge los polvos y a través de ellos afecta a la nutrición de plantas y animales.

El índice de evaluación de daños debe considerar:

a) Independientemente, el que la parcela siga en cultivo o que por haber alcanzado zona de alto nivel de contaminación, deba quedar abandonada.

6 Isoniveles de Contaminación.



b) Debe ser de aplicación inmediata y no debe requerir un gran esfuerzo analítico para establecer el nuevo nivel de contaminación alcanzado al pasar un año más.

c) El índice debe ser sencillo y de rápida aplicación y basado sobre características que se han investigado en el estudio general.

El índice aquí desarrollado consta de dos partes: una en la que se calcula para cada parcela la previsión de márgenes netos de acuerdo con la dedicación, la clase de suelo y un coeficiente de precios de productos agrarios, y otra en la que se evalúa la depreciación de ese rendimiento en función del polvo caído, y de las modificaciones causadas en sus propiedades.

El índice de "previsión de margen neto" se desglosa a su vez en tres componentes: un componente de dedicación en el que se consideran las más frecuentes en la zona, muchas veces condicionado por el entorno físico y sociológico; el que la huerta esté en los alrededores de la vivienda o donde haya un suministro de agua para riego; o que la dedicación a monte bajo o forestal haya quedado relegada a situación en que otros aprovechamientos más intensivos no son posibles, etc...

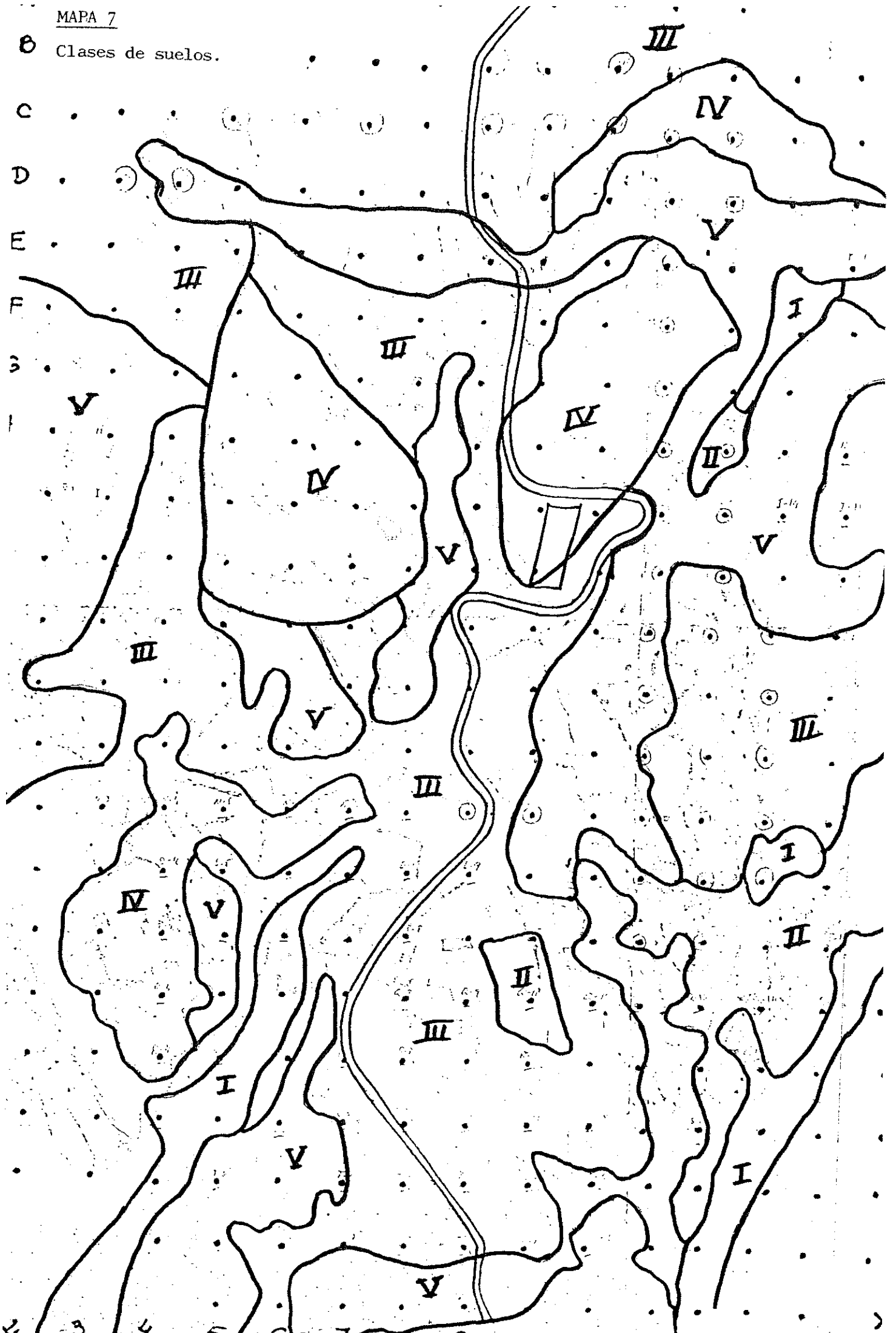
En el caso de los prados se ha tenido en cuenta la disponibilidad de agua que en esta zona decide fuertemente los rendimientos.

Este coeficiente para cada parcela será estable en todas las futuras evaluaciones o al menos por un largo período de tiempo porque se considera que la dedicación actual responde a una situación de equilibrio con el suelo, clima y necesidades de los agricultores. De este modo se anulan intentos especulativos de desplazar hacia dedicaciones más fuertemente indemnizadas parcelas que nunca han tenido ni tendrían una tal dedicación. Dentro de una dedicación se considera el valor medio de los rendimientos de los cultivos posibles y habituales en la región, por ejemplo: cereal, remolacha, patatas, etc., evitándose con ello situaciones tales como que un agricultor quisiera poner cultivos de alto precio tales como lechugas o acelgas, etc., para exigir indemnización correspondiente por los daños causados.

El segundo componente contempla la clase de suelo al que se ha asignado un coeficiente según su potencialidad productiva, basado en estimaciones del "Storie index" llevada a cabo durante la realización de la cartografía, y a partir de las cuales se han establecido seis clases de suelos. El Mapa 7 da la distribución de estas clases de suelo en el área.

El tercer componente lo constituye el "índice de base de margen neto" que para 1.978 se le ha asignado un valor de 10.000 pts.

B Clases de suelos.



El producto de estos tres componentes nos da el margen neto por ha. de la explotación, y que comprendería: la remuneración por el trabajo realizado + remuneración de la tierra + la remuneración del capital.

El producto del margen neto por la superficie correspondiente en ha. nos da el margen neto para cada parcela.

Para adaptar el "Índice de base de margen neto" a los años sucesivos los multiplicaremos por el cociente de Precios percibidos/Precios pagados del año correspondiente a la tasación.

El índice de Precios percibidos/Precios pagados^x ha sido en los últimos años el siguiente:

	1.971	1.972	1.973	1.974	1.975	1.976	1.977	1.978
Índice de Precios percibidos Precios pagados	113.8	123.0	124.9	104.9	113.4	114.4	106.0 ^{xx}	117.2 ^{xx}

Las pérdidas estimadas se obtienen multiplicando el valor de la "Previsión de margen neto" por un coeficiente llamado "Coeficiente unitario de pérdida" que se obtiene teniendo en cuenta los niveles de contaminación y por otro la producción porcentual de la fábrica para los distintos años tomando como base el 1.977.

El valor resultante es la indemnización que se debería abonar a los agricultores si no entrasen en consideración otras variables de tipo sociológico las cuales requieren una evaluación aparte.

^x Secretaría General Técnica del M^o de Agricultura. Anuario de Estadística Agraria 1.978. M^o de Agricultura. Madrid.

^{xx} No definitivos.

ESTIMACION DE INDEMNIZACIONES A PAGAR POR LA EMPRESA (Coeficientes)

A. Dedicación

. Huerta (supone regadío)	3.0
. Cultivos anuales	2.2
. Prados semipermanentes en cultivo con aprovechamiento de diente y/o siega	1.5
. Prados semipermanentes abandonados por contaminación	1.0
. Monta bajo y forestal con algo de pasto intercalado con aprovechamiento de diente	0.2

B. Disponibilidad de agua de riego en prados

. Secano	1.0
. Regadío todo año, especial meses verano	2.0
. Regadío ocasional	1.2 - 1.5

C. Clases de suelos

. I	1.0
. II	0.9
. III	0.7
. IV	0.5
. V	0.3
. VI	0.1

D. Indice de base de margen neto

. Coeficiente para 1.978	10.000
--------------------------------	--------

E. Indice de precios percibidos/precios pagados

. 1.971	1.14
. 1.972	1.23
. 1.973	1.25
. 1.974	1.05
. 1.975	1.13
. 1.976	1.14
. 1.977	1.06 (no definiti
. 1.978	1.17 (no definiti

F. Superficie de la parcela en ha.

. Previsión de margen neto

$$A \times B \times C \times D \times E \times F = \alpha$$

pts.

G. Niveles de contaminación

. A	1.0
. B	0.9
. C	0.6
. D	0.3
. E	0.0

H. Producción de la fábrica

. 1.971	0.43
. 1.972	0.55
. 1.973	0.67
. 1.974	0.73
. 1.975	0.73
. 1.976	0.86
. 1.977	1.00
. 1.978	0.85

COEFICIENTE UNITARIO DE PERDIDA

$$G \times H = B$$

PERDIDAS ANUALES ESTIMADAS

$$\alpha \cdot B = \text{pts.}$$

B I B L I O G R A F I A

- DOVAL M.; BRELL M.; GALAN E., 1.976.- El yacimiento de magnesita de Incio (Lugo, España). Fotocopia de pruebas de imprenta.
- GUITIAN-OJEA F.; MUÑOZ TABOADELA M., 1.957.- El encalado de los suelos de sona húmeda. Ann. Edaf. Fisiol. Veg. 16 (II): 1017-1097.
- MACHIN J., 1.979.- Contaminación de suelos por polvos procedentes de una planta de calcinación de magnesita. Tesis doctoral.
- TARAZONA J., 1.967.- Contribución al estudio analítico y físico-químico de las reacciones que tienen lugar en la obtención del "sinter" de magnesita. Tesis doctoral.



ANEXO 1

												Media Ponderada			
Muestra	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
B-10	I	8,15	7,70	16,22	79,07	90,29	B-10	365,5	165,2	25,25					
	II	8,00	7,50	14,96	69,95	84,91		443,0	147,5	26,25	7,20	340	130	22,17	2,62
	III	7,80	6,45	8,73	76,54	85,27		217,5	99,0	13,90					
B-11	I	8,00	7,55	21,21	74,07	95,28	B-11	343,0	130,8	21,80					
	II	-	-	-	-	-		-	-	-		230	90	10,50	2,50
	III	7,60	6,75	6,23	60,08	66,31		232,5	93,8	10,90					
B-12	I	8,20	7,30	69,22	94,65	164,57	B-12	1470,0	231,5	32,70					
	II	7,55	6,75	12,42	60,08	72,55		279,8	98,5	11,65	7,00	270	90	10,61	3,00
	III	5,20	4,50	0,74	65,34	66,52		126,3	44,0	5,95					
B-13	I	7,90	7,40	104,29	92,12	196,47	B-13	1585,0	227,5	37,60					
	II	7,25	6,45	15,46	56,79	72,25		254,5	86,3	15,35	7,20	300	90	15,23	3,33
	III	6,65	5,70	5,39	46,04	51,43		165,5	54,2	9,25					
B-14	I	7,50	6,95	24,45	62,31	93,76	B-14	349,0	142,5	27,25					
	II	6,25	5,30	5,13	43,55	53,68		116,5	66,3	8,95	6,20	120	60	9,17	2,00
	III	5,65	4,65	0,49	42,55	49,04		91,5	26,5	6,95					
B-15	I	7,65	7,15	50,53	97,12	147,67	B-15	653,1	293,0	36,35					
	II	7,05	6,25	8,23	66,66	74,89		17,5	112,0	20,30	7,10	70	120	46,7	0,52
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
C-05	I	6,45	5,25	20,11	57,61	77,72	C-5	370,0	20,3	33,15					
	II	5,65	4,90	4,14	60,90	65,04		137,5	20,0	7,95	5,40	130	20	15,16	6,5
	III	4,90	4,30	0,14	90,53	90,67		109,0	20,0	5,95					
C-06	I	7,40	6,90	26,70	76,54	103,24	C-6	349,3	103,2	14,40					
	II	5,90	5,25	5,13	66,66	71,79		145,8	37,0	10,90	5,70	130	30	9,52	4,33
	III	5,05	4,50	6,32	83,12	89,50		67,3	12,3	6,45					

											Media Ponderada				
ues- ra	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
08	I	-	-	-	-	-	C-8	-	-	-					
	II	6.45	5.15	4.71	7.21	8.61		10.2	55.2	12.65		40	30	2.42	1.33
	III	4.35	4.45	0.14	8.57	8.73		2.3	13.5	2.50					
09	I	8.10	7.55	10.64	13.14	23.32	C-9	10.25	35.3	41.10					
	II	7.85	6.60	10.72	7.01	9.13		20.2	11.8	15.35	6.90	240	100	153.	2.42
	III	7.80	5.90	3.34	7.72	7.61		16.4	5.0	12.90					
10	I	8.55	8.05	14.11	17.07	30.28	C-10	13.00	50.0	27.85					
	II	7.70	7.05	8.13	6.66	7.49		16.0	19.3	12.90	7.50	200	180	2.22	1.11
	III	6.90	4.25	1.39	6.34	6.23		3.3	7.2	6.45					
11	I	8.45	7.55	59.53	132.62	132.16	C-11	85.1	416.0	16.25					
	II	8.00	7.60	16.71	31.27	43.92		22.5	155.5	4.25	7.80	248	130	2.44	1.14
	III	4.30	4.10	2.10	22.60	31.10		10.0	75.2	5.50					
12	I	8.60	8.20	19.11	13.44	30.52	C-12	19.00	32.3	23.75					
	II	7.3	7.0	10.72	23.04	33.76		12.0	12.55	6.70	7.80	270	130	2.04	2.02
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
13	I	8.15	7.75	6.13	7.42	14.05	C-13	45.3	24.2	22.70					
	II	7.60	6.90	11.12	41.34	53.57		22.3	20.5	6.95	7.60	510	90	5.67	3.27
	III	7.05	6.05	3.34	44.32	52.33		13.2	20.3	5.95					
14	I	7.30	6.95	50.90	64.74	120.04	C-14	10.7	17.0	26.60					
	II	6.90	6.15	11.62	46.02	52.60		24.0	65.5	15.35	6.90	270	70	10.44	3.77
	III	5.75	4.85	3.30	50.45	61.74		13.3	32.3	1.70					
15	I	7.60	7.00	43.00	20.43	152.20	C-15	57.3	30.0	22.70					
	II	5.95	4.70	0.04	32.26	32.55		14.3	6.3	6.95	6.10	170	80	2.12	2.13
	III	6.20	5.90	-	-	-		-	-	-					

											Media Ponderada				
Lues- ra	Capa	pH		Total meq/100 gr			ANEXOS	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
2-16	I	6.10	5.35	1.07	1.80	2.87	D-16	11.4	1.5	1.5					
	II	5.30	4.55	2.69	2.25	4.94		10.5	1.5	1.5	5.20	110	30	0.7	1.0
	III	5.30	4.40	5.02	2.10	7.12		10.5	4.3	1.5					
1-23	I	6.10	5.25	5.69	6.65	12.34	D-3	17.4	4.3	1.5					
	II	5.10	4.50	6.57	6.04	12.61		15.0	1.5	1.5	5.20	100	10	1.0	10.0
	III	5.30	4.50	6.14	7.59	13.73		10.5	1.5	1.5					
1-14	I	5.25	4.25	5.5	5.25	10.75	D-4	30.0	31.2	6.50					
	II	5.05	4.75	4.1	3.82	7.92		18.5	1.5	1.5	5.50	190	30	1.3	1.0
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
2-27	I	6.95	6.65	4.25	4.75	9.00	D-5	-	1.2	1.5					
	II	5.90	5.20	6.5	5.75	12.25		17.0	1.5	1.5	6.00	170	30	1.0	1.0
	III	6.00	5.25	6.0	5.75	11.75		15.5	1.5	1.5					
2-28	I	5.95	5.30	6.43	4.67	11.10	D-6	18.0	3.3	1.5					
	II	5.05	4.45	1.69	4.16	5.85		11.5	1.4	1.5	1.40	20	7.0	1.0	1.0
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
2-29	I	7.10	6.10	2.35	5.24	7.59	D-7	5.13	2.2	1.5					
	II	6.35	5.75	11.25	4.36	15.61		23.0	1.5	1.5	6.20	220	30	1.0	1.0
	III	5.25	4.60	2.44	1.23	3.67		12.0	1.5	1.5					
2-30	I	6.35	6.95	25.75	7.40	33.15	D-8	6.55	1.5	1.5					
	II	6.70	5.05	3.00	5.70	8.70		12.0	4.4	1.5	6.50	220	50	1.0	1.0
	III	5.90	4.90	2.94	5.22	8.16		14.5	1.3	1.5					
2-29	I	8.30	7.30	51.65	11.24	62.89	D-9	12.6	1.0	1.5					
	II	6.45	6.00	7.93	5.52	13.45		20.0	1.5	1.5	7.40	240	10	1.0	1.0
	III	7.40	6.10	5.0	6.70	11.70		16.0	1.5	1.5					

Muestra	Capa	pH		Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.			Media Ponderada -				
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg	Ca	Mg	K	pH agua	Ca	Mg	K	Ca/M.
		D-10	I	9.00	8.55	38.27	11.46	15.35	3260	692.7	1365			
	II	8.10	7.67	10.52	4.95	11.51	3420	132.3	2.5	8.10	1440	180	7.41	
	III	7.65	6.34	5.99	6.44	5.48	1632	71.3	1.50					
D-11	I	7.00	8.05	7.13	5.42	6.50	7000	411.3	15.00					
	II	7.40	7.66	26.24	33.40	50.60	2000	151.0	11.00	7.50	400	120	12.00	3.33
	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
D-12	I	-	-	11.30	1.32	36.15	-	-	-					
	II	7.40	7.65	52.64	97.44	104.98	8350	2130	2575	7.60	370	110	13.10	3.30
	III	7.30	6.34	2.44	15.72	19.21	1615	75.5	7.45					
D-13	I	7.10	6.34	12.55	33.42	35.97	10275	370.3	10.35					
	II	7.35	6.55	11.47	22.04	25.64	5213	113.3	1.45	7.40	320	130	11.30	2.70
	III	-	-	-	-	-	-	-	-					
D-14	I	8.00	7.76	10.00	11.25	27.12	16073	235.7	17.45					
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	1600	390	22.50	2.20
	III	-	-	-	-	-	-	-	-					
D-15	I	7.40	7.15	3.20	24.51	17.70	3940	117.3	15.55					
	II	6.78	6.05	15.16	15.30	40.60	1000	19.3	5.95	6.60	190	70	9.25	1.91
	III	6.40	6.25	6.04	3.29	3.30	1020	2.40	2.60					
D-16	I	6.50	6.45	5.74	40.91	22.35	3792	177.5	6.30					
	II	5.45	4.20	1.24	10.79	13.03	1082	11.7	6.50	5.70	140	10	10.00	1.00
	III	5.35	4.60	0.74	13.20	14.44	800	11.5	2.40					
E-20	I	6.10	5.05	18.11	20.02	27.12	170	5.11	14.15					
	II	5.25	4.65	1.26	24.21	20.00	4152	10.00	2.45	5.00	290	70	20.00	4.00
	III	4.55	4.35	0.42	35.07	26.51	210	13.0	5.70					

											Media Ponderada				
Res- a	Capa	pH		Total meq/100 gr				Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
100	I	6.00	2.40	12.30	1.00	13.30	F-3	81.0	11.0	1.0					
	II	5.10	2.80	1.20	3.11	4.31		101.0	15.0	1.0	5.10	100	10	6.67	16.67
	III	5.20	2.00	2.11	2.00	4.11		11.0	11.3	1.0					
100	I	5.00	2.70	2.20	4.20	6.40	F-4	124.3	1.0	1.0					
	II	—	—	—	—	—		—	—	—		80	10	8.00	8.00
	III	5.20	2.00	2.20	1.00	3.20		12.0	1.3	1.0					
100	I	5.00	2.50	1.20	1.00	2.20	F-5	122.5	7.7	1.40					
	II	5.00	2.00	2.70	2.20	4.90		129.3	1.2	1.75	5.50	110	20	5.50	5.50
	III	5.20	2.40	2.00	2.10	4.10		76.5	1.0	1.0					
100	I	4.90	2.00	2.10	2.10	4.20	F-6	51.3	6.5	1.0					
	II	6.10	2.10	2.20	4.20	6.40		10.3	1.0	1.0	6.10	20	30	1.33	1.33
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					
100	I	7.10	6.70	1.70	1.20	2.90	F-7	31.0	6.5	1.0					
	II	6.40	5.50	4.40	6.30	10.70		12.0	4.3	1.80	6.60	20	30	1.33	1.33
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					
100	I	7.20	6.20	1.10	1.20	2.30	F-8	40.0	4.0	1.0					
	II	6.40	5.20	2.50	2.20	4.70		19.0	1.0	1.0	6.50	210	40	5.25	5.25
	III	6.80	5.20	1.50	2.00	3.50		17.3	1.0	1.0					
100	I	7.00	5.00	5.20	2.00	7.20	F-9	57.3	1.0	1.0					
	II	7.20	6.00	1.10	4.20	5.30		65.0	1.0	1.0	7.50	300	170	1.76	1.76
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					
100	I	7.20	5.20	2.10	1.20	3.30	F-10	123.0	6.0	1.0					
	II	7.10	2.10	13.10	3.20	16.30		1.0	1.0	9.70	8.10	300	200	1.50	1.50
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					

Mues- tra	Capa	pH					Total meq/100 gr					Media Ponderada					
		H ₂ O		KCl		Ca	Mg	Ca+Mg	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100				
		Ca	Mg	Ca	Mg				K	Ca	Mg		K	Ca			
E-11	I	7.70	7.50	16592	19374	35466		1612.5	722.3	307.5							
	II	7.90	7.60	1906	4147	6054		201.5	252.5	113.5	7.80	280	230	113.5	1.3		
	III	7.30	6.85	279	2288	2567		125.7	162.3	63.0							
E-12	I	8.00	7.45	13054	11207	24261		1532.3	652.5	260.0							
	II	7.95	7.05	942	2526	3468		202.7	180.0	63.0	8.00	300	150	77	1.0		
	III	—	—	—	—	—		—	—	—							
E-13	I	7.95	7.65	5322	2215	14204		765.0	514.0	370.0							
	II	6.00	6.10	344	2164	2508		137.5	57.3	58.0	6.60	140	60	6.5	1.0		
	III	6.10	6.40	194	1720	1914		182.7	42.3	6.35							
E-14	I	7.30	6.90	4925	2919	11844		732.5	273.0	346.5							
	II	6.80	6.60	1646	2200	4346		206.0	66.7	6.05	6.50	230	80	6.12	2.12		
	III	—	—	—	—	—		—	—	—							
E-15	I	6.60	6.10	2944	3722	6666		342.3	162.3	47.3							
	II	5.70	5.10	1172	1514	2686		102.5	24.5	7.25	5.70	100	30	7.27	2.35		
	III	5.65	5.20	1067	1604	2671		102.5	25.7	6.05							
E-16	I	6.10	6.20	2315	2370	4685		257.3	93.0	24.05							
	II	5.70	4.95	1162	1111	2273		165.5	31.3	6.75	5.70	160	30	9.46	2.37		
	III	5.40	4.55	1217	1662	2879		120.0	18.3	16.35							
E-02	I	5.60	5.25	3601	2242	4843		220.5	60.3	33.70							
	II	5.25	4.65	828	2657	3546		222.3	13.3	5.25	5.30	230	10	7.75	2.10		
	III	—	—	—	—	—		—	—	—							
E-17	I	5.65	5.60	1312	2657	3969		232.3	20.3	23.05							
	II	5.30	4.65	943	3423	4366		154.0	12.3	6.16	5.30	150	10	6.93	19.6		
	III	4.05	4.50	813	2427	3240		112.5	11.0	4.35							

		Media Ponderada													
es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
F-04	I	6,50	6,05	35,48	52,25	44,33	F-4	546,5	45,3	42,25					
	II	5,15	4,45	11,37	54,43	70,79		153,0	15,2	9,05	5,10	190	10	9,27	14,00
	III	4,25	4,35	8,62	61,56	70,24		221,5	11,3	7,60					
F-05	I	6,55	6,20	32,32	67,74	106,06	F-5	496,0	72,3	40,75					
	II	5,90	5,10	14,22	75,06	89,28		262,0	22,7	12,20	6,00	280	20	20,63	14,00
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
F-08	I	7,25	6,20	22,74	45,93	74,72	F-8	503,5	72,2	38,90					
	II	6,20	5,50	16,06	41,22	56,54		252,2	32,0	17,20	6,20	270	30	17,59	9,00
	III	5,20	5,20	16,76	52,26	64,02		206,0	21,3	11,75					
F-09	I	7,35	7,15	45,31	129,79	175,10	F-9	644,3	323,0	43,20					
	II	5,75	5,30	10,67	29,46	40,13		222,3	17,5	11,75	5,90	190	30	13,93	6,35
	III	6,10	5,10	8,72	32,62	41,44		94,3	27,3	17,20					
F-10	I	8,55	8,40	115,47	230,45	345,92	F-10	1127,5	630,0	42,75					
	II	8,00	7,60	22,55	39,50	62,05		346,3	201,3	16,20	7,20	310	230	16,12	1,35
	III	7,35	6,25	12,21	22,72	46,93		215	121,0	14,25					
F-11	I	8,90	8,35	122,09	305,76	427,85	F-11	1422,5	1425,0	27,05					
	II	8,25	8,00	12,21	51,62	69,84		334,3	254,2	11,05	8,30	420	410	13,13	1,17
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
F-12	I	8,35	8,05	173,25	192,19	372,14	F-12	1690,0	542,5	42,75					
	II	7,50	7,00	19,81	41,15	60,96		242,2	156,5	12,25	7,14	220	130	9,54	1,69
	III	6,25	5,45	2,72	54,07	62,25		119,0	67,2	3,90					
F-13	I	8,20	7,90	77,79	102,39	120,12	F-13	3917,5	274,0	24,10					
	II	7,35	6,95	17,01	27,07	44,02		225,0	101,5	6,85	7,40	500	110	2,15	4,52
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					

												Media Ponderada			
des- ra	Capa	pH		Total meq/100 gr			INVENTA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
F-14	I	6,90	6,50	3503	6403	9906	F-14	5422	239,5	4235					
	II	5,65	5,20	9,22	1458	2945		2725	29,3	8,30	5,70	230	30	2,16	7,67
	III	5,80	4,20	8,23	2460	3280		94,3	15,0	4,85					
F-15	I	7,25	6,80	47,11	6041	10752	F-15	801,0	306,0	4875					
	II	6,45	5,55	14,52	2115	3567		265,2	72,5	10,30	6,50	220	20	11,22	11,00
	III	5,90	4,90	9,12	1835	2753		85,5	27,2	5,85					
F-16	I	7,35	6,80	31,14	4650	7764	F-16	397,5	125,8	4875					
	II	6,00	4,90	9,58	2633	3591		109,5	38,3	9,30	6,00	130	40	10,12	5,25
	III	5,20	4,35	7,83	2526	3309		186,5	26,0	4,85					
3-02	I	6,15	5,60	20,81	17,53	3834	G-2	371,0	72,5	3595					
	II	5,50	4,70	1,89	1374	1563		230,3	15,3	4,25		240	10	6,83	24,00
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
3-03	I	6,40	5,90	3373	19,51	5324	G-3	536,3	111,0	3375					
	II	5,55	4,70	2,79	11,19	1398		115,0	19,2	6,25	5,50	140	20	7,40	7,00
	III	5,80	4,80	0,34	4,95	10,29		196,5	11,3	4,35					
3-05	I	6,85	6,45	35,28	1967	5555	G-5	761,8	141,5	2205					
	II	6,40	5,60	9,03	855	1758		312,2	31,5	5,35	5,60	350	40	7,14	2,75
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
3-06	I	7,20	6,90	45,56	2872	7428	G-6	621,2	120,5	4185					
	II	6,40	5,85	4,84	6,00	10,84		227,0	25,2	4,35	6,40	260	30	7,01	2,67
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
3-07	I	7,30	6,95	30,39	2790	5829	G-7	532,0	99,3	3890					
	II	6,35	5,50	5,42	14,97	2045		222,5	22,3	4,85	6,50	280	30	5,20	9,33
	III	6,20	5,15	1,24	2041	2230		229,0	12,5	4,35					

Lues- ra	Capa	Media Ponderada													
		pH		Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.			Asimilable mg/100 gr.					
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg	Ca	Mg	K	pH agua	Ca	Mg	K	Ca/Mg	
G-08	I	7.80	7.30	48.35	58.27	106.62	771.0	103.5	30.50						
	II	6.95	6.10	9.18	36.62	45.80	311.5	41.2	7.70	6.70	260	30	7.55	8.67	
	III	5.65	4.80	6.13	42.71	48.84	101.2	10.2	4.85						
G-09	I	8.35	8.00	84.63	114.24	198.27	1101.3	322.0	49.25						
	II	7.70	7.25	13.52	32.12	45.70	238.0	85.2	10.60	7.70	200	110	16.11	1.22	
	III	7.70	7.05	4.54	24.73	29.27	215.2	52.0	11.90						
G-10	I	9.25	9.00	252.59	633.33	886.37	1333.2	2750.0	12.15						
	II	8.30	8.01	12.22	70.04	82.86	265.0	324.8	13.20	8.40	340	490	13.55	0.69	
	III	-	-	-	-	-	-	-	-						
G-11	I	8.70	8.55	202.94	345.35	548.29	1676.3	220.0	50.45						
	II	8.00	7.55	7.53	50.37	57.90	125.5	201.2	10.60	7.60	220	160	8.93	1.32	
	III	6.35	5.35	2.29	57.22	59.57	207.0	60.2	9.00						
G-12	I	8.50	8.10	114.57	161.73	276.30	1366.3	555.0	29.40						
	II	7.85	7.35	16.31	40.22	57.13	344.3	206.5	10.60	7.90	400	230	11.71	1.74	
	III	-	-	-	-	-	-	-	-						
G-13	I	7.90	7.55	24.20	47.02	71.22	365.5	193.0	12.40						
	II	6.35	5.65	0.94	20.24	21.18	86.0	52.5	9.55	6.20	140	50	3.54	2.00	
	III	5.70	5.10	0.54	22.79	23.32	199.5	26.2	1.95						
G-14	I	7.50	5.25	38.27	52.44	91.31	474.3	212.2	50.80						
	II	6.70	6.15	6.83	26.91	33.74	272.0	67.5	12.40	6.70	280	80	19.32	5.52	
	III	6.55	5.20	3.74	39.42	43.16	239.3	45.5	4.05						
G-15	I	7.25	6.75	12.22	42.96	55.78	347.2	125.3	32.50						
	II	5.80	5.05	1.99	45.57	47.50	230.0	51.2	6.40	5.60	210	40	10.21	5.25	
	III	4.95	4.50	0.74	66.09	66.83	175.0	170	3.00						

		Media Ponderada													
res- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
7-16	I	7,00	6,55	20,55	39,67	60,22	G-16	4640	2462	40,90					
	II	5,75	4,95	2,14	13,03	15,22		131,5	39,5	7,20	5,60	180	40	6,43	9,52
	III	5,20	4,65	0,44	12,43	12,87		2460	16,0	2,50					
7-03	I	6,50	6,20	42,90	23,22	42,52	H-3	2575	1535	27,20					
	II	5,95	5,40	9,03	24,25	53,22		219,5	59,0	5,35	6,00	300	50	2,13	6,00
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
1-04	I	6,25	5,85	20,01	52,62	78,69	H-4	331,5	75,5	47,65					
	II	5,15	4,30	4,69	52,09	56,78		2460	24,2	9,00	5,20	250	20	10,49	12,50
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
1-05	I	6,95	6,50	33,08	27,57	60,65	H-5	537,5	92,5	30,70					
	II	6,30	5,65	9,03	17,53	26,56		222,5	22,2	3,20	5,70	250	20	6,21	12,50
	III	4,90	4,40	3,99	51,19	55,18		190,5	14,5	5,60					
1-07	I	7,00	6,55	40,27	19,67	59,94	H-7	655,0	101,0	24,15					
	II	6,15	5,55	5,92	7,57	13,55		157,0	21,2	3,25	6,20	200	30	4,90	6,67
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
1-08	I	7,10	6,65	40,27	20,58	60,25	H-8	716,3	106,3	22,35					
	II	6,50	5,75	7,32	7,24	14,62		195,2	30,0	4,25	6,60	240	40	7,07	6,0
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
1-09	I	7,20	7,25	71,90	64,36	136,32	H-9	1107,5	211,0	40,35					
	II	6,20	6,30	14,97	24,85	39,22		230,0	67,2	8,75	6,50	240	50	11,0	4,22
	III	5,65	4,90	0,19	22,06	22,25		199,5	15,0	12,40					
1-10	I	9,20	8,95	157,63	411,19	562,22	H-10	1205,0	1766,3	16,25					
	II	8,45	8,15	12,37	69,05	81,42		242,0	344,5	13,70	2,30	260	310	10,22	6,24
	III	7,20	6,80	0,74	26,52	27,32		220,2	173,5	5,35					

											Media Ponderada				
Reserva	Capa	pH		Total meq/100 gr			INVESTIGA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
4-11	I	9.35	9.15	187.23	450.7	643.94	H-11	1179.2	1922.5	12.15					
	II	8.55	8.32	13.37	42.77	62.34		203.0	181.2	5.60	8.60	300	370	6.30	0.21
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-12	I	8.95	8.60	122.16	142.97	271.13	H-12	1420.5	502.2	24.15					
	II	7.65	7.25	7.53	39.42	46.95		520.8	132.2	7.45	7.20	410	190	9.23	2.16
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-13	I	6.20	6.35	21.71	66.34	88.05	H-13	320.5	237.5	19.95					
	II	6.10	5.40	1.49	22.32	23.71		177.5	45.0	10.20	6.20	190	40	9.20	4.75
	III	6.25	5.40	0.49	17.69	18.12		219.3	30.2	7.00					
-14	I	7.40	6.95	50.45	70.72	121.23	H-14	753.2	294.3	43.50					
	II	6.45	5.60	8.18	32.02	46.20		173.0	84.3	14.55	6.00	240	110	18.01	2.12
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-15	I	7.20	6.60	16.17	45.76	61.93	H-15	232.0	130.3	29.65					
	II	6.20	5.10	3.14	33.74	36.82		102.0	45.5	7.75	6.20	110	40	9.04	2.75
	III	5.40	4.65	0.84	36.62	37.46		72.2	12.3	6.75					
-16	I	7.30	6.70	15.57	52.72	66.35	H-16	294.3	166.8	44.50					
	II	6.00	4.90	2.54	33.94	36.53		86.3	41.3	7.25	5.90	80	40	8.44	2.02
	III	5.55	4.75	1.49	27.73	29.22		61.0	19.3	7.75					
-03	I	6.65	4.15	36.43	22.22	52.65	I-3	525.0	127.8	30.40					
	II	5.70	4.92	2.29	13.52	15.71		22.5	20.0	37.45	5.20	120	30	36.95	4.00
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-04	I	6.40	5.90	10.23	27.74	32.57	I-4	246.2	52.2	35.00					
	II	5.60	4.75	0.54	21.31	21.90		64.8	11.3	6.25		60	20	6.92	3.0
	III	5.05	4.60	0.34	24.27	24.61		46.2	6.2	5.50					

											Media Ponderada				
es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
-05	I	6.75	6.40	30.24	20.99	51.23	I-5	4380	215	3645					
	II	6.40	5.75	5.52	17.22	22.74		1240	290	675	6.40	190	30	275	6.33
	III	5.95	5.00	1.89	11.35	13.24		1223	123	905					
-06	I	7.00	6.50	37.82	21.15	58.97	I-6	5560	1053	3745					
	II	6.45	5.70	9.82	12.01	21.84		2455	440	725	6.40	230	40	222	5.75
	III	5.55	4.60	0.69	7.40	8.09		695	133	425					
-08	I	7.45	7.05	65.72	39.42	105.14	I-7	36232	1623	5255					
	II	6.70	5.45	11.02	13.02	24.10		2462	465	725	6.70	420	50	945	2.42
	III	6.10	5.15	3.44	13.02	16.52		925	255	500					
-09	I	6.05	5.15	40.47	22.06	122.53	I-9	6013	1895	2040					
	II	7.00	6.40	1.63	28.31	35.94		1552	715	225	6.90	130	60	217	2.17
	III	6.25	6.15	3.09	24.32	32.41		425	520	675					
-12	I	2.15	7.75	60.82	114.52	175.42	I-12	-	3615	2325					
	II	6.25	6.15	7.02	40.02	47.16		1232	753	500	6.90	110	80	523	1.32
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-13	I	7.95	7.50	72.36	24.12	156.42	I-13	8463	2912	3295					
	II	6.75	5.95	11.42	40.22	52.24		1765	252	975	6.20	220	90	1124	2.44
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-14	I	7.15	6.65	27.64	51.52	79.16	I-14	3220	1693	3395					
	II	6.05	5.10	4.39	36.37	40.76		3715	1202	3795	6.10	370	120	3766	2.06
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-15	I	7.05	6.40	15.67	54.34	75.01	I-15	2250	1343	5005					
	II	5.20	4.90	15.26	46.91	62.77		415	323	1255	5.20	90	40	1361	2.25
	III	5.05	4.40	1.74	41.15	42.89		525	123	700					

											Media Ponderada				
es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
-10	I	6.95	6.30	15.02	6.016	75.12	I-16	226.0	108.5	198.5					
	II	6.15	5.15	5.93	6.131	67.34		102.0	44.0	6.50	6.20	11.0	5.0	7.34	2.20
	III	5.65	4.20	3.79	76.27	80.66		84.2	39.5	6.75					
-03	I	6.45	5.90	21.46	21.42	42.94	J-3	330.5	82.3	37.45					
	II	5.75	4.90	2.09	16.27	18.96		74.2	16.0	6.75	5.20	9.0	2.0	2.93	4.50
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
04	I	6.50	5.90	19.56	29.38	48.94	J-4	332.2	73.0	53.25					
	II	5.50	4.65	2.29	22.96	25.25		148.5	14.0	6.25	5.60	12.0	1.0	6.47	12.00
	III	5.90	4.55	0.39	22.23	22.61		44.0	7.0	5.00					
05	I	6.65	4.10	11.18	30.67	43.85	J-5	192.5	50.0	57.60					
	II	5.95	5.15	3.44	27.92	31.42		95.3	21.3	2.75	6.00	10.0	2.0	12.74	5.60
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
27	I	7.40	7.00	45.16	43.27	29.03	J-7	474.3	112.2	36.95					
	II	6.90	6.25	15.01	27.40	42.41		263.5	51.0	7.25	7.00	2.90	6.0	11.62	4.23
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
28	I	7.30	7.00	21.06	20.02	41.14	T-8	309.3	65.0	23.40					
	II	6.25	6.35	11.00	14.15	25.17		195.0	35.3	5.65	6.90	2.00	3.0	7.03	6.67
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
29	I	7.90	7.60	72.36	76.27	149.23	J-9	922.5	178.3	22.95					
	II	7.50	7.00	16.26	32.67	48.93		300.0	76.2	9.70	7.50	3.40	9.0	10.80	3.78
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
11	I	8.95	8.70	176.03	350.45	526.50	T-11	1227.5	702.2	17.65					
	II	2.10	7.65	12.62	56.95	69.57		195.5	221.2	11.70	8.00	2.10	2.30	9.22	0.91
	III	7.40	6.25	2.69	54.23	56.92		148.3	212.3	5.10					

Muestra	Capa	Media Ponderada													
		pH		Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.			Asimilable mg/100 gr					
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg	Ca	Mg	K	pH agua	Ca	Mg	K	Ca/Mg	
J-12	I	8.30	7.20	29.54	44.90	124.44	34.50	200.5	26.40						
	II	6.30	6.30	2.23	43.59	56.67	152.0	94.5	6.65	6.20	130	20	7.24	1.65	
	III	6.25	5.25	2.19	46.17	48.86	72.0	54.3	4.35						
J-13	I	7.20	7.30	32.44	54.75	92.24	43.50	202.3	27.20						
	II	6.75	5.60	7.68	39.75	47.43	144.3	57.5	6.90	6.60	140	60	7.24	2.33	
	III	5.45	4.40	2.24	30.12	32.96	72.2	20.2	4.10						
J-14	I	7.70	7.30	35.12	61.60	102.12	402.5	180.5	29.45						
	II	6.90	5.25	8.42	50.69	59.17	152.0	52.8	7.15	6.90	160	70	8.19	2.24	
	III	--	--	--	--	--	--	--	--						
J-15	I	7.25	6.55	27.64	63.74	91.43	529.5	166.2	26.95						
	II	6.70	5.25	10.02	34.3	49.32	134.3	71.3	10.95	6.70	160	20	12.54	2.60	
	III	--	--	--	--	--	--	--	--						
J-16	I	7.00	6.35	20.61	71.11	91.72	229.0	113.2	50.25						
	II	5.95	5.00	3.09	61.31	64.40	20.3	35.3	17.30	5.90	90	30	20.31	3.65	
	III	5.50	4.70	1.14	50.69	51.83	67.5	17.5	9.70						
K-02	I	6.50	4.95	16.07	33.74	49.21	279.0	27.2	26.70						
	II	5.20	5.30	2.09	33.74	35.83	101.5	22.2	4.60	5.90	120	40	7.64	3.00	
	III	--	--	--	--	--	--	--	--						
K-03	I	6.00	5.35	11.43	25.35	70.72	201.3	56.5	40.45						
	II	5.00	6.15	5.12	62.23	73.41	122.2	30.3	16.75	5.00	110	30	15.39	3.67	
	III	4.95	6.35	2.09	45.34	47.43	73.2	12.5	2.65						
K-04	I	5.95	5.35	12.22	35.23	48.05	240.3	73.3	26.93						
	II	5.35	4.95	3.64	31.93	35.57	106.2	22.2	5.60	5.40	100	30	6.55	3.33	
	III	5.55	4.95	1.76	31.93	33.67	23.0	24.2	4.60						

Media Ponderada

es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.	Asimilable mg/100 gr.							
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K	pH agua	Ca	Mg	K	Ca/Mg
-05	I	7.10	6.20	39.32	55.22	95.12	K-5	471.5	126.5	39.10					
	II	6.10	5.45	6.32	52.34	39.22		145.2	36.3	5.10	6.20	140	50	6.92	2.80
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-06	I	7.05	6.65	29.24	41.50	71.40	K-6	321.3	92.2	27.95					
	II	6.20	5.40	6.33	33.74	40.07		626.3	32.3	4.60	6.10	120	30	5.96	4.00
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-07	I	7.30	7.00	42.12	45.35	87.47	K-7	573.2	122.5	29.43					
	II	6.20	5.45	6.42	32.67	39.15		122.2	39.3	3.60	6.10	120	30	4.06	4.00
	III	5.40	4.75	1.14	128.47	129.61		53.5	9.5	2.30					
-08	I	7.55	7.00	20.16	71.52	91.62	K-8	266.2	196.2	26.40					
	II	6.40	5.50	3.94	22.55	26.54		99.3	62.2	10.20	6.70	140	90	13.27	1.56
	III	6.00	5.15	2.69	17.22	19.97		53.0	22.2	4.10					
-10	I	9.35	9.25	93.71	419.24	513.55	K-10	545.0	173.2	12.30					
	II	8.95	8.70	32.62	155.22	188.56		432.5	402.2	14.25	8.70	340	370	11.55	0.92
	III	7.25	7.45	6.33	79.23	86.16		173.3	155.3	6.05					
-11	I	9.15	8.95	62.92	260.49	323.41	K-11	425.0	411.0	17.20					
	II	7.65	6.80	8.42	97.61	106.09		137.0	106.3	7.65	7.70	160	130	12.60	1.23
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-12	I	8.10	7.15	13.22	92.76	106.52	K-12	172.3	120.5	25.90					
	II	6.20	5.60	6.33	71.25	78.12		173.3	57.5	11.70	6.20	150	60	11.44	2.50
	III	6.70	5.25	3.94	71.25	75.84		97.8	41.0	7.65					
-13	I	7.70	7.10	43.01	114.92	157.99	K-13	492.5	249.2	36.55					
	II	6.70	5.75	7.62	66.17	73.85		130.3	63.0	11.65	6.50	120	60	12.30	2.00
	III	5.95	4.25	2.69	44.21	51.90		72.2	27.2	11.40					

											Media Ponderada				
Lues- ra	Capa	pH		Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr				
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg	Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/M	
K-14	I	7,50	6,90	18,76	67,00	85,76	257,3	123,2	28,95						
	II	6,60	5,55	6,42	53,82	60,30	129,0	56,0	14,15	6,50	130	60	13,21	2,17	
	III	5,50	4,55	2,69	61,31	64,00	85,5	19,0	7,15						
K-15	I	6,05	5,05	4,39	54,92	59,37	122,5	46,3	14,15						
	II	-	-	-	-	-	-	-	-		110	30	9,90	5,67	
	III	5,35	4,45	2,44	62,96	65,40	110,3	22,5	9,90						
K-16	I	7,05	6,45	24,90	59,01	83,91	324,5	125,0	95,00						
	II	6,25	5,25	4,66	47,92	52,62	106,5	39,3	20,70	6,30	120	40	22,61	3,00	
	III	5,95	5,00	1,24	65,92	67,16	102,3	23,5	10,90						
L-03	I	6,25	5,60	9,62	47,90	57,52	202,3	57,5	62,50						
	II	5,25	4,35	3,09	47,90	50,99	109,0	22,2	25,20	5,30	110	20	25,39	5,50	
	III	5,00	4,20	1,49	86,74	88,23	85,5	16,2	16,95						
L-04	I	6,05	5,50	15,12	82,39	97,51	301,3	76,5	60,00						
	II	5,15	4,30	5,12	81,42	86,66	146,2	22,3	19,60	5,10	140	80	20,14	4,67	
	III	4,95	4,15	14,70	89,79	104,69	94,0	16,0	17,10						
L-05	I	6,55	5,60	11,03	62,40	73,43	232,2	69,3	53,00						
	II	5,20	4,25	4,39	70,45	74,84	142,0	25,5	20,15	5,20	120	20	20,22	6,00	
	III	5,05	4,10	0,74	70,94	71,68	92,0	13,2	17,35						
L-06	I	7,30	6,65	53,04	73,00	126,04	622,3	132,2	50,50						
	II	5,90	4,95	9,13	24,82	33,98	171,2	42,3	12,55	5,20	130	40	12,93	4,52	
	III	5,05	4,30	4,39	151,60	155,99	122,0	35,5	9,00						
L-07	I	7,10	6,50	12,41	36,71	55,12	286,3	62,2	35,05						
	II	6,25	5,95	17,44	33,74	51,20	232,5	50,2	15,10	6,30	210	40	14,51	5,25	
	III	6,40	5,05	4,00	21,23	25,32	151,5	29,0	10,30						

es- a	Capa	pH					Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.			Media Ponderada			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg	MUESTRA	Ca	Mg	K	pH agua	Asimilable mg/100 gr.				
												Ca	Mg	K	Ca/Mg	
-08	I	7,40	6,90	42,47	27,57	110,06	L-7	434,8	131,5	52,10						
	II	6,90	6,15	8,83	37,74	46,62		162,3	41,3	62,5	6,90	190	50	8,15	3,30	
	III	-	-	-	-	-		-	-	-						
-09	I	7,25	7,20	14,27	7,51	26,78	L-9	232,0	107,0	27,75						
	II	7,75	7,05	11,32	70,45	81,77		199,5	132,0	19,10	7,70	190	120	18,59	1,52	
	III	7,30	6,20	3,34	62,05	65,39		122,5	52,0	11,05						
-10	I	9,30	9,05	63,42	463,95	467,37	L-10	693,0	1006,3	32,30						
	II	8,40	7,60	62,3	133,02	139,31		120,3	129,3	27,75	8,20	110	130	23,55	0,25	
	III	7,35	6,10	2,24	132,09	134,33		37,0	52,2	10,00						
-11	I	9,05	8,80	81,54	377,20	458,74	L-11	219,3	545,0	30,25						
	II	7,75	7,50	9,92	100,92	110,84		145,5	153,0	14,85	7,80	140	150	13,82	0,93	
	III	7,20	7,15	5,12	22,79	27,91		99,3	106,2	10,00						
-12	I	8,10	7,90	40,97	143,29	184,26	L-12	443,3	275,3	60,50						
	II	6,75	5,55	6,23	28,29	34,52		132,0	65,0	14,85	6,60	140	60	15,72	2,33	
	III	6,00	5,00	3,09	24,53	27,62		145,0	33,5	12,55						
-13	I	7,75	7,15	30,04	132,11	162,15	L-13	325,2	222,2	45,65						
	II	6,60	5,50	6,49	93,60	100,09		150,2	62,0	11,30	6,50	150	70	12,09	2,14	
	III	5,90	4,60	2,30	96,05	98,35		74,2	37,0	9,90						
-14	I	8,30	7,60	49,35	27,16	136,51	L-14	596,5	296,2	22,30						
	II	7,30	5,25	8,32	53,00	61,32		164,3	143,3	13,25	7,30	120	160	15,92	1,13	
	III	-	-	-	-	-		-	-	-						
-01	I	6,05	5,20	10,42	73,00	83,42	M-1	124,5	62,3	42,50						
	II	5,50	4,65	7,29	77,61	84,90		126,2	44,2	11,60	5,60	140	40	11,53	3,50	
	III	5,20	4,70	5,19	22,39	27,58		153,5	45,3	2,20						

											Media Ponderada			
Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
	H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
2	I	6,55	5,20	5,19	50,21	55,40	M-2	140,5	42,5	33,10				
	II	6,45	5,65	7,83	51,77	54,60		110,0	44,0	25,65	6,40	110	40	26,30 2,70
	III	6,40	5,40	4,39	51,44	55,33		98,8	30,0	25,65				
3	I	6,55	5,25	15,97	34,07	50,04	M-3	255,8	67,8	57,95				
	II	5,65	4,25	6,24	33,23	40,07		132,8	36,3	17,25	5,80	160	40	22,35 4,00
	III	—	—	—	—	—		—	—	—				
4	I	6,75	5,20	32,04	65,93	97,97	M-4	142,2	37,5	16,10				
	II	5,45	4,30	5,49	65,93	71,42		106,3	26,5	14,40	5,50	90	30	14,47 4,50
	III	5,30	4,50	1,25	88,48	89,73		46,0	11,3	14,40				
5	I	5,95	4,95	5,69	105,60	111,29	M-5	133,3	35,5	22,25				
	II	5,30	4,45	1,50	117,26	119,36		52,5	10,3	11,05		100	20	17,90 5,00
	III	—	—	—	—	—		—	—	—				
6	I	6,55	6,10	22,24	78,11	106,95	M-6	393,2	111,8	25,65				
	II	6,00	5,15	9,43	78,11	87,54		168,3	44,2	10,50	6,00	180	40	11,36 4,50
	III	6,05	5,00	3,89	83,31	87,10		72,8	20,8	8,25				
7	I	7,65	7,10	32,27	71,77	110,64	M-7	425,8	141,3	21,70				
	II	7,30	6,65	9,13	36,38	45,51		175,0	52,5	6,00	7,30	190	60	7,34 3,17
	III	—	—	—	—	—		—	—	—				
8	I	7,55	7,00	41,84	124,69	166,56	M-8	508,0	220,3	42,50				
	II	7,20	6,25	15,31	74,24	89,61		231,2	90,0	18,90	7,20	220	80	19,26 2,75
	III	7,25	6,25	10,73	66,11	76,90		188,3	63,5	12,35				
9	I	9,20	8,95	107,98	573,58	681,56	M-9	705,0	—	14,40				
	II	8,50	7,85	5,19	271,6	92,35		104,8	180,3	20,00	8,60	140	180	19,59 0,78
	III	—	—	—	—	—		—	—	—				

												Media Ponderada			
es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
'-10	I	9,30	9,30	46,47	334,65	381,12	M-10	494,3	295,0	32,95					
	II	8,65	8,05	8,38	99,25	107,63		112,8	193,5	22,95	8,60	120	190	24,56	0,63
	III	8,20	7,20	3,59	80,16	83,75		87,5	185,3	13,33					
'-11	I	9,00	8,40	72,25	292,44	364,69	M-11	798,2	422,3	31,36					
	II	7,20	6,65	7,22	76,45	77,73		142,8	143,2	21,15	7,20	160	150	21,49	1,07
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
'-12	I	8,05	6,95	11,33	109,79	121,12	M-12	129,5	149,5	46,00					
	II	6,10	5,30	6,73	93,74	100,52		135,5	73,5	16,10	6,10	120	70	17,31	1,71
	III	5,50	4,50	2,29	82,47	90,76		62,2	25,2	13,30					
'-14	I	7,50	6,70	13,97	22,29	102,26	M-14	227,5	161,0	29,60					
	II	5,65	4,50	3,09	77,61	80,70		87,0	50,5	7,10	5,70	90	50	7,47	1,80
	III	5,15	4,50	0,74	81,06	81,80		64,5	23,2	4,30					
'-15	I	7,35	6,25	13,47	82,20	96,27	M-15	261,3	163,3	32,60					
	II	5,30	4,40	4,09	66,74	70,83		106,3	47,2	14,40	5,30	90	40	12,47	2,35
	III	5,20	4,25	0,19	72,10	72,29		50,0	17,0	7,65					
'-16	I	7,40	6,65	4,94	60,94	65,93	M-16	112,5	70,0	22,45					
	II	6,15	5,25	1,79	54,56	56,35		60,5	29,2	9,90	5,90	60	30	2,44	2,00
	III	5,40	4,45	10,72	126,17	136,89		42,5	16,5	6,00					
'-04	I	5,10	4,40	6,49	86,75	93,24	N-4	157,3	39,3	34,10					
	II	-	-	-	-	-		-	-	-		110	30	40,54	3,67
	III	5,30	4,45	2,04	85,24	87,28		71,5	17,3	15,55					
'-05	I	7,25	6,60	22,39	21,40	109,79	N-5	237,0	67,3	42,50					
	II	6,35	5,25	2,02	106,33	114,41		112,0	31,3	27,35	6,40	110	30	26,67	5,00
	III	5,25	4,25	2,44	130,12	132,56		66,5	15,0	13,50					

												Media Ponderada			
		pH		Total meq/100 gr				Asim. mg/100 gr.				Asimilable mg/100 gr.			
es-	Capa	H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg	INVESTIG	Ca	Mg	K	pH agua	Ca	Mg	K	Ca/Mg
-06	I	6.50	5.25	23.34	81.40	104.74	N-6	328.8	105.5	28.00					
	II	5.90	4.95	7.32	63.12	70.50		143.3	29.3	12.70	6.00	150	30	14.21	5.00
	III	6.25	5.20	7.92	85.34	93.22		150.0	27.0	12.95					
-07	I	7.40	6.85	12.16	92.43	110.59	N-7	250.0	122.3	70.00					
	II	5.90	4.95	7.83	96.27	104.70		144.0	59.0	37.65	5.20	130	50	91.26	2.60
	III	5.25	4.30	2.54	84.52	87.11		29.0	24.0	12.65					
-08	I	7.25	7.15	21.01	117.22	137.29	N-8	225.2	200.5	47.20					
	II	7.00	5.35	7.32	87.07	94.45		131.3	91.2	30.90	6.70	110	80	27.92	1.32
	III	5.70	4.70	1.64	82.32	83.94		71.2	54.3	21.35					
-09	I	8.90	8.15	114.02	343.05	457.07	N-9	1090.0	457.5	500.00					
	II	8.00	6.85	10.17	106.66	116.83		124.8	116.0	14.65	7.20	140	120	13.46	1.17
	III	7.05	6.30	2.24	142.34	157.22		22.0	23.3	6.50					
-10	I	9.20	8.70	42.42	213.09	255.51	N-10	337.5	425.0	44.95					
	II	8.25	7.25	7.23	73.25	80.48		96.0	159.0	27.00	8.20	110	160	22.77	0.69
	III	7.75	6.65	6.22	89.46	95.74		93.0	96.5	29.25					
-11	I	8.60	8.50	32.17	242.40	286.57	N-11	416.0	441.3	70.00					
	II	7.55	6.70	9.22	-	-		147.2	127.5	39.35	7.60	160	140	40.60	1.14
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-12	I	7.45	7.05	29.09	121.80	150.90	N-12	312.5	201.0	60.00					
	II	6.10	5.30	6.32	83.95	90.33		131.3	62.3	40.45	5.20	110	50	32.53	2.2
	III	4.90	4.35	2.29	22.31	24.60		70.2	20.5	19.10					
-13	I	6.60	6.10	14.27	96.63	112.50	N-13	225.5	61.5	44.95					
	II	6.25	5.30	3.74	81.15	84.89		105.3	60.3	15.75	6.20	100	70	14.22	1.43
	III	6.10	5.00	2.04	25.67	27.71		79.5	52.2	11.25					

												Media Ponderada			
es-	Capa	pH		Total meq/100 gr			NEUTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
14	I	7,55	6,90	20,06	103,15	123,19	N-14	276,3	149,2	50,00					
	II	5,95	4,20	5,23	89,13	94,36		122,5	59,5	17,45	6,00	120	60	18,50	2,00
	III	5,35	4,45	5,23	71,20	80,51		73,5	30,3	13,50					
15	I	6,90	6,30	8,62	100,04	108,66	N-15	172,3	122,3	62,00					
	II	6,65	6,10	8,22	62,22	70,44		172,5	83,3	39,35	6,70	120	80	40,55	2,25
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					
16	I	6,70	6,25	6,275	79,51	102,26	0-4	357,3	92,0	44,95					
	II	5,60	4,65	2,44	72,21	78,65		109,3	29,5	12,40	5,50	100	30	12,54	3,33
	III	5,15	4,35	0,44	81,97	82,41		57,3	13,3	10,15					
15	I	6,70	6,25	11,33	219,8	93,31	0-5	197,5	74,3	8,90					
	II	5,45	4,45	4,39	91,19	95,58		105,5	32,5	39,35	5,40	90	20	34,69	2,50
	III	5,10	4,25	0,24	74,32	74,56		52,0	14,3	21,35					
16	I	—	—	—	—	—	0-6	—	—	—					
	II	5,20	4,75	2,19	94,23	96,42		104,2	29,8	16,55	5,20	100	30	15,55	3,33
	III	5,35	4,45	0,24	94,23	94,47		62,3	12,0	9,20					
17	I	6,90	6,25	3,325	118,35	157,52	0-7	74,5	174,5	32,50					
	II	6,65	5,65	17,36	103,53	120,89		294,5	692,5	21,60	6,70	250	530	22,62	0,76
	III	6,70	5,65	13,42	84,03	97,45		197,2	72,2	23,30					
18	I	8,05	7,00	4,12	190,29	231,41	0-8	578,0	326,2	45,35					
	II	6,20	5,90	13,62	111,44	125,06		204,0	623,2	21,00	6,60	190	460	20,80	0,41
	III	5,25	4,40	2,34	76,13	78,47		116,3	35,2	16,00					
19	I	7,65	6,95	3,52	132,64	137,22	0-9	140,2	136,2	66,00					
	II	—	—	—	—	—		—	—	—	1,20	90	229,5	1,33	
	III	7,05	6,15	3,49	135,77	141,26		124,3	93,3	28,95					

											Media Ponderada				
S	Capa	pH		Total meq/100 gr			MOESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
10	I	8.10	7.25	41.84	253.42	359.29	0-10	476.2	156.32	52.90					
	II	6.95	5.95	3.19	132.42	135.61		98.5	77.0	27.35	7.00	110	150	28.63	0.73
	III	6.80	5.60	1.74	139.34	141.08		95.2	63.5	43.40					
12	I	7.70	6.25	2.08	120.33	122.41	0-12	137.2	95.2	44.55					
	II	6.95	6.00	4.22	102.28	112.76		120.3	107.5	29.05	6.90	170	100	22.70	1.70
	III	6.65	5.55	5.33	101.89	107.22		123.5	76.5	23.35					
13	I	7.30	6.60	2.455	96.21	120.76	0-13	312.2	152.2	41.70					
	II	6.25	5.30	6.02	84.60	90.62		136.5	65.2	15.25	6.20	130	60	16.95	2.17
	III	5.95	4.20	3.44	77.44	80.93		86.5	43.2	16.45					
14	I	6.40	5.75	19.26	96.71	116.57	0-14	266.5	132.2	42.35					
	II	5.20	4.90	5.33	23.45	28.62		113.3	52.3	7.85	5.20	100	50	9.07	2.05
	III	5.60	4.65	1.24	73.41	75.25		69.3	22.2	2.40					
15	I	7.00	6.00	10.03	100.99	111.02	0-15	151.3	107.3	50.00					
	II	-	-	-	-	-		-	-	-		40	60	13.55	0.67
	III	5.25	4.25	0.54	145.34	145.22		45.5	59.2	15.25					
16	I	-	-	-	-	-	P-4	-	-	-					
	II	5.25	4.35	2.34	64.36	66.70		87.5	23.3	13.00		80	20	12.26	4.00
	III	5.15	4.20	0.59	54.01	59.60		53.0	12.3	12.45					
17	I	7.05	6.60	2.255	54.02	76.62	P-5	312.2	140.5	42.25					
	II	6.25	5.40	4.19	42.22	46.41		115.0	51.0	14.15	6.30	120	50	15.31	2.40
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
18	I	7.00	6.50	27.15	94.40	121.55	P-6	347.5	161.2	35.35					
	II	6.35	5.35	2.52	79.75	82.33		162.0	52.3	10.15	6.30	160	50	9.64	3.21
	III	6.30	5.30	7.33	76.95	84.28		139.2	42.0	7.25					

											Media Ponderada				
es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
-07	I+II	6,55	5,60	5,59	120,73	135,22	P-7	115,3	70,2	29,05		60	30	13,00	2,00
	III	5,40	4,55	5,44	121,31	124,25		64,2	31,5	13,00					
-08	I+II	6,90	6,10	6,09	135,02	138,11	P-8	122,0	99,0	26,20		130	90	24,45	1,44
	III	6,65	5,70	5,33	119,25	124,52		129,0	90,3	24,45					
09	I	8,45	8,05	36,28	214,24	250,52	P-9	465,0	356,3	40,55					
	II	7,45	6,65	5,63	85,76	91,39		139,2	135,2	20,45	7,50	160	140	21,50	1,14
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-10	I	8,50	8,10	36,52	192,35	228,87	P-10	505,0	363,2	62,00					
	II	6,25	5,60	5,23	91,01	104,24		173,3	166,3	26,20	6,00	160	140	22,60	1,14
	III	4,25	4,20	1,24	104,11	105,35		96,0	48,5	9,85					
-11	I	8,05	7,55	21,51	211,26	232,77	P-11	917,5	206,3	50,00					
	II	7,00	6,00	5,43	79,50	84,93		145,5	94,2	33,10	6,20	150	80	28,50	1,20
	III	5,90	4,90	1,24	65,92	67,16		98,0	56,3	17,60					
-12	I	7,05	6,80	31,39	131,22	162,61	P-12	422,5	123,2	74,00					
	II	6,40	5,55	5,43	114,65	120,08		123,2	57,5	42,00	6,40	120	60	39,29	2,0
	III	5,90	4,20	2,04	131,62	133,72		92,0	45,2	-					
-13	I	6,75	6,45	22,20	125,02	147,22	P-13	503,0	162,3	43,40					
	II	6,35	5,65	2,32	101,31	109,69		152,5	32,3	19,90	6,30	150	30	22,23	5,00
	III	6,10	5,00	6,52	106,09	112,61		136,5	34,5	26,20					
-14	I	7,15	6,25	16,22	129,79	146,01	P-14	244,2	113,3	31,35					
	II	6,70	6,00	20,25	119,52	140,16		271,5	50,5	21,60	6,60	230	40	20,52	5,75
	III	6,10	5,05	7,73	154,42	162,21		155,5	26,5	17,60					
15	I	6,95	6,00	20,11	114,21	134,92	P-15	223,2	149,0	63,00					
	II	6,25	5,30	7,92	109,32	117,36		123,2	52,0	25,60	6,10	120	50	24,20	2,40
	III	5,60	4,25	5,43	106,41	111,24		120,0	30,5	20,45					

											Media Ponderada				
ues- ra	Capa	pH		Total meq/100 gr			EXTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
2-04	I+II	5,60	4,50	3,44	45,93	49,42	X-4	139,8	35,5	11,5		140	50	7,25	1,00
	III	5,15	4,20	2,24	37,22	40,12		145,5	25,2	7,25					
2-05	I	7,00	6,35	23,40	71,50	44,92	X-5	323,0	131,7	29,65					
	II	5,70	4,35	2,64	52,34	54,92		41,8	31,3	9,90	5,70	90	50	10,40	5,00
	III	5,35	4,50	1,54	47,81	49,35		69,2	16,2	11,65					
2-06	I	6,20	6,15	17,61	92,92	110,53	X-6	300,2	145,3	29,20					
	II	5,95	5,00	7,63	75,55	83,18		162,5	62,0	7,00	5,90	150	60	7,02	2,50
	III	5,75	4,75	5,43	73,02	78,51		132,8	47,8	5,20					
2-07	I	7,90	7,10	23,20	123,21	147,01	X-7	305,2	224,0	52,00					
	II	6,65	5,70	6,73	72,60	85,32		153,5	82,0	26,85	6,20	130	70	23,40	1,20
	III	4,80	4,25	2,44	78,02	80,46		90,2	22,0	12,20					
2-08	I	8,20	8,75	23,54	204,44	231,92	X-8	347,2	434,3	55,00					
	II	7,40	6,65	4,84	97,77	102,66		120,3	134,8	19,25	6,90	110	110	16,90	1,00
	III	4,85	4,30	1,04	75,30	76,34		75,3	47,2	2,75					
2-09	I+II	7,40	6,20	6,39	57,04	63,43	X-9	131,3	137,5	40,90		130	150	44,20	0,21
	III	7,60	6,95	6,52	67,92	74,56		135,5	153,2	46,15					
2-10	I	7,75	7,35	15,37	106,42	121,79	X-10	502,0	231,0	75,00					
	II	7,50	6,70	7,33	81,72	89,55		149,3	141,0	32,70	7,50	150	150	36,24	1,00
	III	7,45	6,75	7,43	86,33	93,76		133,5	143,2	32,70					
2-12	I	7,20	7,35	17,61	132,11	155,72	X-12	255,0	140,5	42,05					
	II	6,70	5,65	3,74	105,70	109,53		47,5	49,0	24,20	6,70	100	50	30,30	2,00
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
2-13	I	7,05	6,55	15,42	117,53	133,15	X-13	247,5	164,0	56,20					
	II	6,45	5,50	5,83	92,62	104,51		130,5	27,3	12,65	6,40	120	20	20,63	1,50
	III	6,10	5,15	3,54	102,39	111,92		76,3	51,0	22,75					

												Media Ponderada			
Res- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
2-14	I	7.05	6.60	19.41	139.38	122.75	R-14	570.3	137.3	57.00					
	II	6.20	5.35	9.68	137.77	147.45		172.0	66.2	228.00	6.20	190	70	30.21	2.71
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
2-15	I	7.40	6.95	33.43	142.57	121.94	R-15	437.5	245.2	80.00					
	II	6.60	5.25	9.63	130.12	139.75		171.5	92.3	40.90	6.50	140	80	34.52	1.75
	III	5.45	4.25	1.59	145.67	147.26		72.2	60.3	26.25					
R-04	I	6.90	6.55	35.52	64.44	100.00	R-4	402.5	171.3	23.35					
	II	5.25	4.45	3.54	56.46	60.00		119.5	42.3	7.00	5.30	150	50	7.32	3.00
	III	6.70	6.35	12.27	65.76	72.63		244.0	78.2	5.20					
R-05	I	6.60	6.35	49.25	76.95	126.20	R-5	676.5	224.5	63.00					
	II	5.00	4.45	9.02	64.60	73.62		205.2	51.3	6.70	5.30	200	50	7.02	4.00
	III	6.65	4.20	6.32	65.67	72.05		172.0	46.0	4.05					
R-06	I	6.20	6.35	26.75	96.79	123.54	R-6	482.5	163.2	55.00					
	II	6.40	5.45	9.23	81.23	90.46		210.3	72.3	9.90	6.40	170	200	10.01	0.25
	III	6.30	5.20	9.23	83.72	93.01		202.3	67.3	10.52					
R-07	I+II	6.25	6.20	5.54	94.57	100.11	R-7	222.2	103.5	30.35		110	60	23.95	1.25
	III	5.95	5.15	2.89	21.72	24.61		107.3	56.2	23.95					
R-08	I	2.65	2.60	45.11	224.53	269.64	R-8	606.3	536.3	31.55					
	II	7.30	6.75	2.74	72.43	81.17		120.3	141.3	25.70	7.30	140	150	25.23	0.93
	III	6.95	6.15	2.39	24.03	26.42		93.5	123.5	12.20					
R-09	I	2.25	2.65	46.61	262.21	255.42	R-9	616.3	542.2	33.30					
	II	7.40	6.70	3.39	72.34	75.73		122.3	164.0	19.20	7.10	120	160	30.26	0.75
	III	5.95	4.80	0.94	25.10	26.09		53.3	103.3	9.30					

												Media Ponderada			
es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
-10	I	8.15	8.05	38.22	142.82	181.10	R-10	563.8	403.7	40.90					
	II	6.20	5.40	1.14	62.63	63.77		95.3	96.7	14.60	5.20	70	290	10.36	0.24
	III	4.75	4.35	1.04	65.76	66.80		40.0	31.3	7.55					
-11	I	7.75	7.40	15.17	109.22	124.39	R-11	262.8	197.0	57.00					
	II	6.45	5.45	2.24	72.09	74.33		134.0	70.5	27.45	6.50	130	70	28.22	1.71
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					
-12	I	7.65	7.20	16.07	112.55	128.62	R-12	252.2	212.7	45.40					
	II	5.90	4.40	1.29	20.41	21.70		103.0	71.7	34.70	5.60	90	50	31.77	1.20
	III	4.30	4.30	1.39	70.70	72.09		55.5	17.2	26.30					
-13	I	7.00	6.70	22.75	96.21	118.96	R-13	375.5	167.5	61.00					
	II	5.95	5.05	3.24	77.60	80.84		112.3	53.3	21.35	5.70	100	40	20.46	2.50
	III	5.05	4.25	0.94	20.41	21.35		43.3	15.0	11.15					
-14	I	7.00	6.40	21.57	116.79	138.36	R-14	316.2	163.8	44.25					
	II	6.35	5.45	4.74	101.39	106.13		119.0	89.0	23.50	6.40	110	80	24.17	1.32
	III	6.65	4.70	2.09	98.02	100.11		82.2	52.5	24.10					
-15	I	7.05	6.80	12.27	123.54	135.81	R-15	224.2	117.5	82.00					
	II	6.45	5.65	4.04	112.76	122.20		93.0	55.2	31.50	6.40	90	50	38.02	1.20
	III	6.15	5.10	1.24	101.97	103.21		70.3	36.0	35.85					
04	I	6.95	6.55	14.27	83.79	98.06	S-4	234.0	69.2	39.75					
	II	6.30	5.50	10.62	72.10	82.72		144.0	55.5	9.50	6.30	190	50	9.25	3.20
	III	6.25	5.20	9.02	78.43	87.45		121.5	42.3	6.70					
05	I	7.45	7.15	30.04	99.34	129.38	S-5	398.5	221.3	32.65					
	II	6.05	5.25	2.74	74.23	76.97		99.3	42.5	6.70	5.90	100	40	6.22	2.50
	III	4.95	4.50	0.44	79.91	80.35		47.3	16.2	2.90					

											Media Ponderada				
Muestra	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
	I	7,50	7,35	25,15	105,27	130,42	S-6	441,5	233,3	37,50					
	II	6,65	6,05	5,18	76,21	81,39		133,3	64,8	7,25	6,70	150	70	9,30	2,14
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
S-07	I+II	7,05	6,35	8,43	115,23	123,66	S-7	172,5	116,5	62,00		100	60	42,55	1,67
	III	5,75	4,25	2,84	102,30	105,14		105,2	63,3	42,55					
S-08	I	8,30	7,95	26,80	159,51	186,31	S-8	360,8	366,5	53,00					
	II	6,55	5,95	4,84	77,20	82,04		153,3	78,0	15,10	6,60	160	90	33,44	1,78
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
S-09	I	8,80	8,60	34,43	230,12	264,55	S-9	418,5	506,5	50,00					
	II	6,50	5,70	3,79	84,77	88,56		116,3	101,3	14,00	6,10	110	80	11,24	1,32
	III	5,15	4,45	1,14	67,65	68,79		80,0	35,0	7,25					
S-10	I	8,30	7,80	45,21	124,26	169,47	S-10	521,3	429,0	35,30					
	II	6,55	5,55	4,14	40,90	45,04		102,3	94,8	17,90	6,50	110	90	17,02	1,22
	III	5,40	4,50	0,79	70,61	71,40		80,3	33,0	10,65					
S-11	I	7,80	7,25	23,73	175,23	198,96	S-11	997,5	746,3	34,70					
	II	6,45	6,05	11,02	70,26	81,28		252,0	117,5	24,10	6,40	210	120	22,70	1,75
	III	5,50	4,70	0,59	80,74	81,33		56,5	41,0	16,25					
S-12	I	7,35	6,85	23,24	108,29	131,53	S-12	402,3	253,5	41,45					
	II	5,60	4,75	1,04	82,22	83,26		63,0	45,0	20,15	5,70	80	50	20,26	1,60
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
S-13	I	6,90	6,20	15,07	131,60	146,67	S-13	240,5	142,2	42,75					
	II	6,00	5,00	6,92	99,34	106,26		143,0	79,5	15,65	5,90	120	70	15,20	1,71
	III	5,55	4,55	2,04	90,94	92,98		80,2	45,0	11,75					

												Media Ponderada			
es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			INVESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
-14	I	7,25	7,25	16,20	64,25	725,30	S-14	655,0	173,2	14,60					
	II	7,20	6,40	15,06	150,12	165,18		232,0	101,2	14,00	7,00	210	90	12,25	2,35
	III	6,40	5,50	2,74	103,45	106,19		96,5	62,2	9,52					
-04	I	6,25	6,25	37,67	76,21	113,88	T-4	534,3	133,5	52,00					
	II	5,95	5,00	11,12	77,69	88,81		222,5	54,2	5,30	5,90	210	50	5,65	4,20
	III	5,70	4,70	9,93	76,21	86,14		153,3	37,2	3,65					
-05	I	2,00	2,35	15,27	100,49	116,30	T-5	253,2	142,0	31,90					
	II	6,20	5,30	14,47	74,73	89,20		83,3	54,2	6,15	6,30	90	50	7,40	1,20
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-06	I	7,70	7,35	23,25	95,22	119,13	T-6	326,0	227,0	26,30					
	II	6,75	6,10	4,34	52,02	62,36		125,0	61,2	9,40	6,20	200	80	11,16	2,50
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-07	I	2,15	7,20	29,29	137,12	167,01	T-7	331,8	502,0	44,30					
	II	6,95	6,15	7,42	72,54	80,07		151,0	95,5	17,60	7,00	160	100	12,56	1,60
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					
-08	I+II	6,20	6,05	6,14	102,31	114,45	T-8	136,3	103,3	45,45		90	60	52,92	1,50
	III	5,35	4,20	2,44	100,49	102,92		92,5	60,5	32,95					
-09	I	5,10	4,45	26,55	147,24	173,79	T-9	315,2	294,0	50,00					
	II	6,45	5,60	3,54	86,09	89,63		116,8	83,3	14,30	6,00	110	70	35,15	1,57
	III	4,25	4,30	0,89	80,16	81,05		66,5	22,2	11,95					
-10	I+II	5,75	4,25	2,24	63,70	66,54	T-10	85,5	53,5	13,15		90	50	14,20	1,80
	III	5,45	4,70	4,64	62,79	67,43		93,2	52,3	14,20					
-11	I+II	5,25	4,55	3,24	67,24	70,42	T-11	112,3	46,2	16,05		70	40	16,50	1,75
	III	5,10	4,50	1,44	62,14	64,63		73,2	41,2	16,50					

											Media Ponderada				
		pH		Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.			Asimilable mg/100 gr.					
res- ra	Capa	H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg	Ca	Mg	K	pH agua	Ca	Mg	K	Ca/Mg	
T-12	I	7,10	6,70	2146	9646	11792	336,2	214,5	43,15						
	II	5,30	4,60	444	2022	2531	61,3	41,3	22,95	5,40	70	50	23,25	1,40	
	III	5,00	4,35	644	9925	99,19	43,3	12,3	14,35						
T-13	I	6,25	5,75	1324	10074	11461	257,3	123,0	41,45						
	II	5,70	4,95	653	8650	9503	139,0	76,5	14,20	5,20	120	70	14,45	1,71	
	III	5,90	4,25	314	2231	9145	25,0	44,5	12,50						
V-04	I	6,75	6,50	3427	4223	2750	559,2	161,5	80,00						
	II	6,50	6,00	1726	3094	4820	307,2	62,2	11,95	6,50	320	60	15,14	5,52	
	III	6,45	6,20	1412	3465	4377	252,3	52,3	16,25						
V-05	I	7,10	7,00	1901	4724	6625	320,5	152,5	35,20						
	II	6,15	5,75	523	2220	3103	144,3	62,0	20,45	6,20	150	50	21,41	1,22	
	III	—	—	—	—	—	—	—	—						
V-06	I	6,40	5,70	2201	10543	12744	320,5	241,5	50,00						
	II	6,20	5,25	623	5744	6427	74,2	31,5	15,35	6,60	20	50	16,10	2,67	
	III	5,05	4,70	110	4430	6520	131,5	70,0	15,00						
V-07	I	7,45	7,70	2550	13695	16245	373,0	533,0	34,00						
	II	6,60	6,05	602	7904	8517	171,0	93,5	20,45	6,40	150	20	14,45	1,22	
	III	5,75	5,50	344	7126	8120	122,5	60,5	17,05						
V-08	I	7,75	7,40	2120	14422	17662	357,0	294,2	46,35						
	II	6,05	5,10	722	2321	9176	154,2	97,0	16,50	5,90	140	90	16,70	1,52	
	III	5,20	4,35	219	6572	6721	22,0	52,2	14,20						
V-09	I	7,20	7,45	1901	11942	13243	275,3	254,2	36,65						
	II	6,55	5,60	593	7212	2403	144,0	96,0	15,15	6,5	140	90	15,62	1,56	
	III	6,35	5,25	359	7670	2024	122,2	71,0	12,50						

											Media Ponderada				
es- a	Capa	pH		Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.	Asimilable mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
-10	I+II	5.70	5.05	3.24	94.20	97.02	V-10	1035	773	57.00		80	50	35.25	1.60
	III	4.70	4.15	1.94	120.49	122.43		84.3	46.5	32.20					
-11	I	6.75	6.10	25.05	44.49	119.54	V-11	355.3	232.0	14.75					
	II	—	—	—	—	—		—	—	—	5.50	120	60	10.74	2.00
	III	5.75	4.70	1.64	67.24	62.22		82.0	40.0	10.25					
-12	I	6.50	5.70	6.94	24.63	96.57	V-12	151.3	102.3	12.00					
	II	5.30	4.40	0.84	24.11	24.95		72.3	59.3	54.10	5.40	20	60	37.92	1.33
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					
-05	I	7.35	7.20	16.47	53.50	69.97	X-5	273.2	171.5	27.00					
	II	6.30	5.80	4.79	34.07	38.86		125.3	62.3	31.20	6.30	130	70	34.35	1.24
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					
-06	I	7.35	7.00	17.12	74.24	91.36	X-6	282.5	127.2	30.10					
	II	6.30	5.75	7.72	52.57	60.29		114.0	61.0	9.65	6.30	160	60	10.21	2.17
	III	6.10	5.45	5.23	57.44	62.67		152.0	53.0	10.30					
-07	I	7.95	7.95	16.62	100.99	117.61	X-7	225.5	252.2	55.00					
	II	6.55	6.10	9.13	73.33	82.46		172.5	100.3	24.05	6.60	120	110	25.52	1.64
	III	—	—	—	—	—		—	—	—					
-08	I	7.50	7.30	22.41	113.52	135.93	X-8	282.5	220.3	34.20					
	II	6.55	5.65	2.73	69.95	72.68		141.2	72.0	14.00	6.60	140	80	10.52	1.75
	III	6.25	5.35	7.42	51.25	58.67		102.0	53.3	8.90					
09	I	7.90	7.65	41.17	102.32	143.49	X-9	355.5	256.0	42.65					
	II	6.50	5.95	13.71	45.26	58.97		99.2	52.0	10.30	6.65	100	60	10.23	1.67
	III	6.30	5.65	11.22	37.03	48.25		75.0	44.3	6.65					

											Media Ponderada			
Res- ra	Capa	pH		Total meq/100 gr			Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg	Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
Z-07	I	9.00	9.50	73.60	410.53	484.13	610.3	268.5	36.45					
	II	8.20	7.60	11.22	101.53	112.75	152.0	251.0	39.80	140	240	34.29	0.57	
	III	7.70	7.50	9.92	62.76	72.68	115.5	233.3	24.00					
Z-08	I+II	7.40	7.25	22.46	161.23	183.69	132.5	142.0	33.05	100	110	20.50	0.91	
	III	6.75	6.35	2.73	97.11	105.84	104.0	113.0	21.30					
Z-10	I	8.50	8.35	122.44	213.50	335.94	315.0	651.5	20.70					
	II	7.45	7.10	14.97	62.31	77.28	122.5	214.0	12.45	120	200	14.13	0.90	
	III	6.20	6.05	7.60	44.30	51.90	77.3	124.3	20.00					
Z-11	I	9.30	9.35	34.90	230.12	265.02	415.0	1113.0	40.40					
	II	8.35	8.00	11.22	104.46	115.68	119.5	216.3	29.15	150	210	50.53	0.30	
	III	8.45	8.35	13.72	127.57	141.29	171.3	266.3	34.75					
Z-12	I	2.80	2.85	91.07	629.90	720.97	951.3	422.3	47.10					
	II	7.70	7.40	5.92	93.35	99.27	152.0	152.5	31.90	170	110	31.41	1.00	
	III	7.10	6.50	5.92	76.13	82.05	135.0	102.0	21.45					
Z-13	I	7.15	6.70	39.07	95.31	134.38	570.0	190.3	50.45					
	II	6.75	6.95	14.12	69.54	83.66	230.0	116.5	20.15	670	110	21.65	2.45	
	III	6.65	5.95	11.22	69.54	80.76	202.5	71.3	23.45					
Z-14	I	8.25	8.70	64.20	220.00	284.20	972.5	469.3	2.95					
	II	7.50	6.70	4.70	90.12	94.82	121.5	120.3	21.35	140	130	20.20	1.10	
	III	6.25	5.70	14.90	113.50	128.40	114.5	69.5	16.20					
Z-15	I	8.00	7.70	7.63	102.00	109.63	143.3	132.0	20.00					
	II	7.35	7.00	13.72	111.53	125.25	115.3	122.5	25.20	100	100	32.20	0.90	
	III	-	-	-	-	-	-	-	-					

Media Ponderada															
S-	Capa	pH		Total meq/100 gr			MUESTRA	Asim. mg/100 gr.			pH agua	Asimilable mg/100 gr.			
		H ₂ O	KCl	Ca	Mg	Ca+Mg		Ca	Mg	K		Ca	Mg	K	Ca/Mg
16	I	2.65	2.55	42.67	123.54	166.21	Z-16	333.3	366.0	29.50					
	II	7.25	7.00	54.13	102.22	156.35		130.2	116.5	10.90		150	130	11.47	1.15
	III	7.20	7.00	22.69	41.15	63.84		123.0	104.2	2.10					
17	I	2.45	2.50	47.41	120.57	167.98	Z-17	536.5	329.3	61.00					
	II	6.70	6.50	21.44	24.77	46.21		142.0	106.0	7.25		150	100	2.07	1.50
	III	5.20	5.70	21.44	27.16	54.60		65.3	29.2	4.40					
18	I+II	7.20	7.55	9.98	107.57	117.55	Z-18	132.5	152.3	41.90		120	120	2.295	1.00
	III	7.40	6.70	6.23	117.60	123.82		120.3	116.5	22.95					
19	I+II	7.50	7.25	11.23	115.23	126.46	Z-19	159.3	161.2	17.65		170	170	15.95	1.00
	III	7.00	6.85	9.98	117.60	127.57		170.5	166.5	15.95					
20	I+II	7.15	6.70	9.98	76.54	86.52	Z-20	188.5	124.8	24.45		110	70	14.30	1.57
	III	5.50	5.10	6.23	54.50	60.73		107.3	75.3	14.30					
21	I	7.55	7.40	9.98	65.24	75.22	Z-21	182.3	193.8	27.25					
	II	-	-	-	-	-		-	-	-		-	-	-	
	III	-	-	-	-	-		-	-	-		-	-	-	
22	I	8.30	8.50	14.47	107.00	121.47	Z-22	242.5	303.5	44.15					
	II	7.20	7.50	16.21	97.11	113.32		216.2	176.0	37.40		210	180	3.661	1.17
	III	7.45	7.05	7.48	197.53	205.01		137.2	130.2	32.70					
23	I+II	8.40	8.50	7.11	220.52	227.63	Z-23	925.0	414.2	60.00		250	170	32.91	1.47
	III	7.65	7.15	13.72	26.41	40.13		193.2	152.3	51.20					
24	I	8.15	8.35	29.44	224.28	253.72	Z-24	297.0	262.3	40.20					
	II	7.10	6.20	6.23	127.57	133.80		24.5	64.3	22.95		100	80	24.24	1.25
	III	-	-	-	-	-		-	-	-					

PRIVADO

ESTACION EXPERIMENTAL DE AULA DEI

CONTAMINACION DE SUELOS POR POLVOS PROCEDENTES DE LA CALCINACION
DE MAGNESITAS DE RUBIAN.

PARTE II: Diagnóstico del problema y planteamiento de la recuperación.



**CONSEJO SUPERIOR DE
INVESTIGACIONES CIENTIFICAS**

I N D I C E

Pág.

I. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

A. MODIFICACION DEL pH DE LOS SUELOS

Efecto directo sobre la planta.- Efecto sobre los microorganismos.- Efecto sobre los microelementos del suelo.- Efecto sobre las propiedades físico-químicas del suelo.

Situación en la zona: Distribución de frecuencias de pH.- Mapa de valores de pH en la capa superficial.- Estimación de los incrementos de pH. 1

B. MODIFICACION DE LOS VALORES DE ELEMENTOS ASIMILABLES EN SUELO:

a) Modificación de los niveles de Mg asimilable

Efecto del Mg sobre las propiedades físico-químicas de los suelos.- Niveles de Mg asimilables considerados óptimos, normales y deficitarios.

Situación en la zona: Distribución de frecuencias de Mg asimilable.- Mapa de valores de Mg asimilable en capa superficial 14

b) Modificación de los niveles de Ca asimilables

Situación en la zona: Efecto de la planta de cementos de Oural.- Areas de isoniveles de calcio aportado por el polvo de cemento.- El Ca y Mg en la participación del incremento de pH de los suelos 22

c) Niveles de K asimilable en suelos

Situación en la zona: Distribución de frecuencias de K asimilable.- Mapa de isoniveles de K asimilable 25

d) Modificación de las relaciones Ca/Mg, Mg/K y Ca/K

Discusión de niveles de Ca/Mg, Mg/K y Ca/K considerados como óptimos en diversas situaciones.

Situación en la zona: Histogramas de frecuencias de estas relaciones en el área.- Efecto de la cementera de Oural sobre estas relaciones 34

C. EFECTO DIRECTO DEL POLVO SOBRE LA NUTRICION VEGETAL Y ANIMAL.

Asimilación del Mg a través de las hojas.- Polvo re-
tenido sobre ellas.- Dosis laxantes y purgantes para
distintas especies animales 39

II. PLANTEAMIENTO DE LA RECUPERACION

A. SUELOS

a) Homogeneización

Justificación de la necesidad de una homogenei-
zación del suelo.- Situación teórica tras esta
homogeneización en pH, Mg, Ca y K.- Histograma
y mapas de distribución de estas característi-
cas en la zona.- Zonas que no requieren de ho-
mogeneización total 42

b) Corrección del pH

Acidificación y encalado.- Cálculo de las nece-
sidades de azufre o caliza. 54

c) Corrección de las relaciones entre elementos asi-
milables

Cálculo de las necesidades de yeso 62

d) Correcciones de los microelementos 66

e) Resumen de normas para cada uno de los niveles de
contaminación

Niveles de contaminación, A, B, C, y D al N de la
fábrica.- Niveles de contaminación A, B, C y D al
S de la fábrica.- Niveles de contaminación E 67

B. CULTIVOS

Prados

Roturación.- Enmiendas y abonado.- Selección de es-
pecies 72

Cereales

Cebada.- Centeno.- Trigo 76

Otros cultivos

Alfalfa.- Patatas.- Remolacha 78

La magnitud del problema de contaminación, reflejada en el mapa de isoniveles de contaminación, condiciona la necesidad de un planteamiento de los posibles métodos de recuperación de las zonas afectadas en el que se tenga en cuenta la diferente naturaleza de las modificaciones producidas.

Las modificaciones en los suelos producidas por los polvos se pueden resumir en las derivadas de la elevación del pH de los mismos y las asociadas a problemas nutricionales como consecuencia de las fuertes cantidades de Mg asimilable y de la modificación de las relaciones con los otros iones (principalmente Ca y K).

La modificación del pH del suelo afecta a las plantas por dos caminos: directamente alterando su metabolismo en mayor o menor grado de acuerdo con el sistema tampón de que dispongan e indirectamente afectando a los microorganismos, a la asimilabilidad de los nutrientes y a las propiedades físicas del suelo.

En lo referente a los intervalos de pH más adecuados para diversas especies vegetales tanto de cultivo como de comunidades naturales SMALL (1.946) y KELLOGG (1.957) proporcionan datos muy completos. (Cuadros nºs. 1, 2, 3, 4 y 5).

Los microorganismos del suelo son quizá los seres vivos más sensibles a las modificaciones de pH. El cuadro nº 6 tomado de SMALL (1.946) nos dá los pH óptimos para alguno de los procesos que llevan a cabo los microorganismos de los suelos y de él es fácil deducir el sentido de las modificaciones que en la dinámica de los suelos se producirán por efecto alcalinizante de los polvos.

Cuadro 1:

ACIDIPHILOUS—always below pH 4.8/5.2.

3.5/9-4.0/4, <i>Carex pilulifera</i>	4.0-5.0, <i>Lycopodium complanatum</i>
3.6-3.8, <i>Drosera rotundifolia</i>	4.0-5.2, <i>Eriophorum vaginatum</i>
3.6-4.6, <i>Empetrum nigrum</i>	4.2-? <i>Arnica montana</i>
3.6-4.2, <i>Genista anglica</i>	4.4-5.1, <i>Carex aquatilis</i>
3.9-4.7, <i>Ledum palustre</i>	4.5-? <i>Rubus chamaemorus</i>
3.9-5.0, <i>Linnæa borealis</i>	4.7-4.8, <i>Rumex acetosella</i> (A)
3.9-5.2, <i>Vaccinium vitis idæa</i>	

The Wherry list in La Motte (1932) includes "mediacid" plants pH 4-5, which may be described as acidiphilous under the present terminology, including—*Ledum granlandica*, and species of *Darlingtonia*, *Dionaea*, *Sarracenia*, *Linnæa*, *Loiseleuria*, and *Menziessia*.

ACID-TOLERANT—below and above pH 4.8, always below pH 7.0.
(a) up to 5.5; (b) to above 5.5.

(a)		
3.5/9-5.0/4, <i>Calluna vulgaris</i>	3.7-6.2, <i>Eriophorum angustifolium</i>	
4.7-5.5, <i>Cynosurus cristatus</i>	3.9-5.7, <i>Tricentalis europæa</i>	
<i>Ranunculus bulbosus</i> (A)	4.0-5.7, <i>Calamagrostis neglecta</i>	
(b)	4.0/4-6.5/9, <i>Potentilla palustris</i> (A)	
3.5-5.9, <i>Agrostis tenuis</i>	4.0/4-6.7, <i>Agrostis canina</i>	
3.5-6.0, <i>Senecio sylvaticus</i> (opt. 4.0 in cultures) (K I)	4.0-6.4, <i>Hydrocotyle vulgaris</i>	
3.5-7.0, <i>Dryopteris linneana</i>	<i>Salix repens</i>	
3.5/9-6.3, <i>Deschampsia flexuosa</i> * (opt. 4.0 in cultures)	4.0-6.5, <i>Oxycoccus quadripetala</i>	
3.5/9-6.5/9, <i>Milium effusum</i>	4.4-6.2, <i>Carex canescens</i>	
3.6-6.7, <i>Andromeda polifolia</i>	4.5-5.7, <i>Melampyrum pratense</i>	
	4.5-6.5, <i>Rubus arcticus</i>	
	4.7-5.6, <i>Stellaria graminea</i>	
	<i>Stellaria media</i> (K I)	

Cuadro 2:

AMPHI-TOLERANT—from below pH 4.8 to above pH 7.0.

3.5/9-7.0/4, <i>Molinia caerulea</i>	4.0/4-7.7, <i>Succisa pratensis</i> (AK)
<i>Rumex acetosa</i> (A)	4.2-7.5, <i>Hieracium pilosella</i> (A)
<i>Potentilla erecta</i>	4.5-7.2, <i>Agrostis capillaris</i>
3.5/9-7.2, <i>Luzula pilosa</i>	<i>Agrostis stolonifera</i> (palustris)
3.5/9-7.5/9, <i>Deschampsia cespitosa</i>	4.5/9-7.5/9, <i>Phragmites communis</i>
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>Plantago lanceolata</i> (AK)
<i>Carex goodenowii</i>	<i>Anemone hepatica</i>
<i>Anemone nemorosa</i>	<i>Ranunculus acris</i> (K I)
<i>Oxalis acetosella</i> (A)	<i>Geum rivale</i> (A)
3.5-7.8, <i>Spergularia salina</i>	<i>Mercurialis perennis</i> (annua (A))
3.9-7.2, <i>Maianthemum bifolium</i>	4.7-7.1, <i>Sisymbrium decumbens</i>
4.0/4-7.5/9, <i>Festuca rubra</i>	<i>Trifolium repens</i> (A)
<i>Festuca ovina</i>	4.7-7.7, <i>Achillea millefolium</i> (AK)
<i>Holcus lanatus</i>	<i>Fragaria vesca</i>
<i>Melica uniflora</i>	4.7-7.5/9, <i>Veronica chamaedrys</i> (A)
<i>Carex panicea</i>	
<i>Luzula multiflora</i>	
<i>Viola palustris</i>	
<i>Asperula odorata</i> (AK)	
<i>Lumium galeobdolon</i>	

There is no class corresponding to "amphi-tolerant" in the Wherry list. *Carex* species are often mesophilous (see Brenner, 1931, p. 166).

MESOPHILOUS—pH 4.8 up to pH 7.0/2.

4.8-5.2, <i>Carex globularis</i>	5.3-6.5, <i>Ranunculus auricomus</i>
4.8-6.1, <i>Lathyrus palustris</i>	5.4-6.5, <i>Carex dioica</i>
4.8-6.2, <i>Calluna palustris</i>	5.4-6.7, <i>Eriophorum latifolium</i>
<i>Trollius europæus</i> (A)	5.4-7.0, <i>Carex flava</i>
4.8-6.3, <i>Hieracium umbellatum</i>	<i>Scirpus trichophorus</i>
4.8-6.7, <i>Galium uliginosum</i>	<i>Menyanthes trifoliata</i>
4.8-6.9, <i>Polygonum viviparum</i>	5.6-? <i>Pinguicula vulgaris</i>
5.0-5.7, <i>Aconitum septentrionale</i>	5.6-7.1, <i>Selaginella selaginoides</i>
<i>Equisetum sylvaticum</i>	5.8-6.0, <i>Pedicularis palustris</i>
5.1-? <i>Urtica dioica</i>	6.2-? <i>Senecio jacobæa</i>
5.1-6.4, <i>Carex inflata</i>	<i>Agrimonia eupatoria</i>
5.2-? <i>Carex coryophyllea</i>	<i>Sisymbrium thaliana</i>
<i>Luzula campestris</i>	6.2-6.7, <i>Primula farinosa</i>
5.2-5.8, <i>Stellaria holostea</i> (2A)	6.3-7.2, <i>Carex capillaris</i>
5.2-6.7, <i>Viola canina</i>	6.5-6.9, <i>Equisetum palustre</i>
5.3-5.5, <i>Calamagrostis lanceolata</i>	6.5-7.1, <i>Sesleria canina</i>
5.3-5.9, <i>Equisetum limosum</i>	6.7-6.8, <i>Allopecurus pratensis</i>

Cuadro 3:

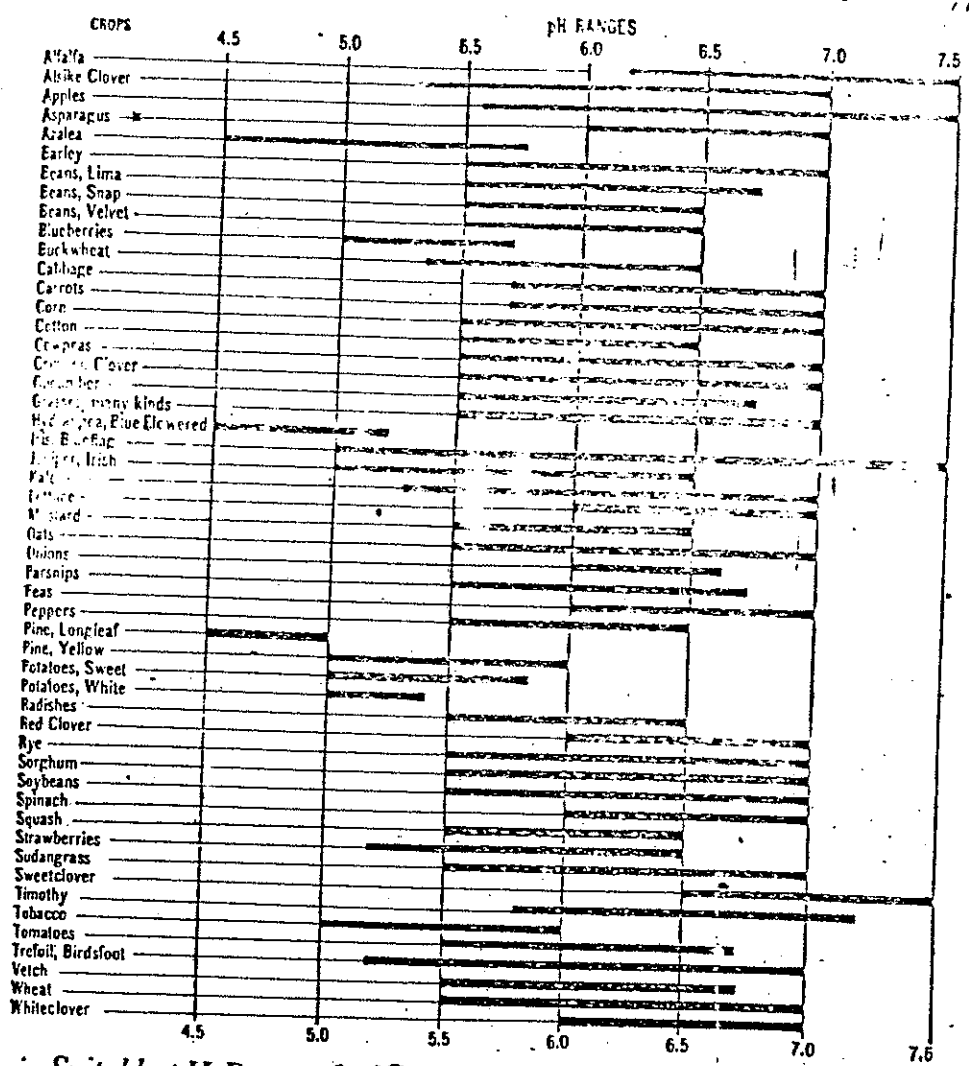
ALKALIPHILOUS—always above pH 7.0, up to 8.0/4.

7.0-7.2, <i>Cypripedium calceolus</i>	7.5- ? <i>Linaria minor</i>
7.2- ? <i>Galium aparine</i>	<i>Botrychium lunaria</i>
7.4- ? <i>Poa compressa</i>	7.5-7.7, <i>Heracleum sphondylium</i> (K)
7.4-7.5, <i>Trifolium medium</i>	<i>Scirpus carvifolium</i>
<i>Gentiana uliginosum</i>	<i>Centaurea jacea</i>
<i>Galium mollugo</i>	7.7- ? <i>Valeriana dioica</i>
<i>Polygala amarellum</i>	<i>Valeriana excelsa</i>
7.4-7.7, <i>Kalera pyramidata</i>	<i>Polygala vulgare</i> ?
<i>Plantago media</i> (AK)	<i>Pimpinella magna</i>
<i>Poterium sanguisorba</i>	<i>Melantherum album</i>
(4.7-7.7, opt. 7.6 in cultures)	<i>Helianthemum nummularium</i>
<i>Medicago lupulina</i>	<i>Parnassia palustris</i>
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Rhinanthus crista-galli</i>
<i>Ononis repens</i>	<i>Thymus chamaedrys</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Scabiosa columbaria</i>
<i>Pimpinella saxifraga</i>	<i>Cineraria integrifolia</i>
<i>Calamintha acinos</i>	<i>Leontodon hispidus</i>
<i>Cirsium acaule</i>	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>
	<i>Centaurea scabiosa</i>

Cuadro 4:

ALKA-TOLERANT—above pH 4.8/5.2 up to 7.5/9 or over.

4.8-7.1, <i>Equisetum fluviatile</i>	5.5/9-7.5/9, <i>Festuca elatior</i>
4.8-7.2, <i>Cirsium heterophyllum</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Angelica silvestris</i>	<i>Briza media</i>
<i>Pyrola rotundifolia</i>	<i>Trifolium pratense</i> (K)
4.8-7.5, <i>Valeriana officinalis</i> (AK)	<i>Lathyrus pratensis</i>
4.8-7.7, <i>Antennaria dioica</i>	<i>Allium ursinum</i>
<i>Vicia cracca</i>	<i>Mentha aquatica</i>
<i>Rubus saxatilis</i>	<i>Galium boreale</i>
4.8-7.5/9, <i>Galium palustre</i>	5.7-7.2, <i>Paris quadrifolia</i>
4.8-7.7, <i>Campánula rotundifolia</i> (AK)	5.8-7.2, <i>Aracium paludosum</i>
5.0-7.2, <i>Listera ovata</i> (AK)	6.0/4-7.5/9, <i>Brachypodium silvaticum</i>
5.0/4-7.0/4, <i>Cirsium palustre</i>	<i>Carex glauca</i>
<i>Filipendula ulmaria</i> (A)	<i>Geum urbanum</i>
<i>Egopodium podagraria</i> (AK)	<i>Saxifraga europaea</i>
<i>Prunella vulgaris</i> (AK)	<i>Tussilago farfara</i>
5.0/4-7.5/9, <i>Poa pratensis</i>	(3.5-7.5, opt. 6.5 in cultures)
<i>Hordeum europæum</i>	6.2-7.4, <i>Daucus carota</i> (AK)
<i>Avena pubescens</i>	6.2-7.5, <i>Carlina vulgaris</i>
5.1-7.2, <i>Melica nutans</i>	6.2-7.7, <i>Phleum pratense</i>
<i>Geranium silvaticum</i> (A)	<i>Hypericum odoratum</i>
5.1-7.7, <i>Primula veris</i>	<i>Origanum vulgare</i>
5.2-7.2, <i>Melampyrum silvaticum</i>	<i>Campanula glomerata</i>
5.2-7.5, <i>Avena pratensis</i>	6.2-7.5/9, <i>Agrostis alba</i> (palustris)
5.2-7.7, <i>Calamagrostis arundinacea</i>	6.5-7.7, <i>Linum catharticum</i>
<i>Convallaria majalis</i>	6.5/9-7.5/9, <i>Scirpus silvaticus</i>
5.2-7.5/9, <i>Carex hirta</i>	<i>Ficaria verna</i>
5.5-7.1, <i>Filipendula hexapetala</i>	<i>Cirsium olracra</i>
	6.9-7.2, <i>Actaea spicata</i>

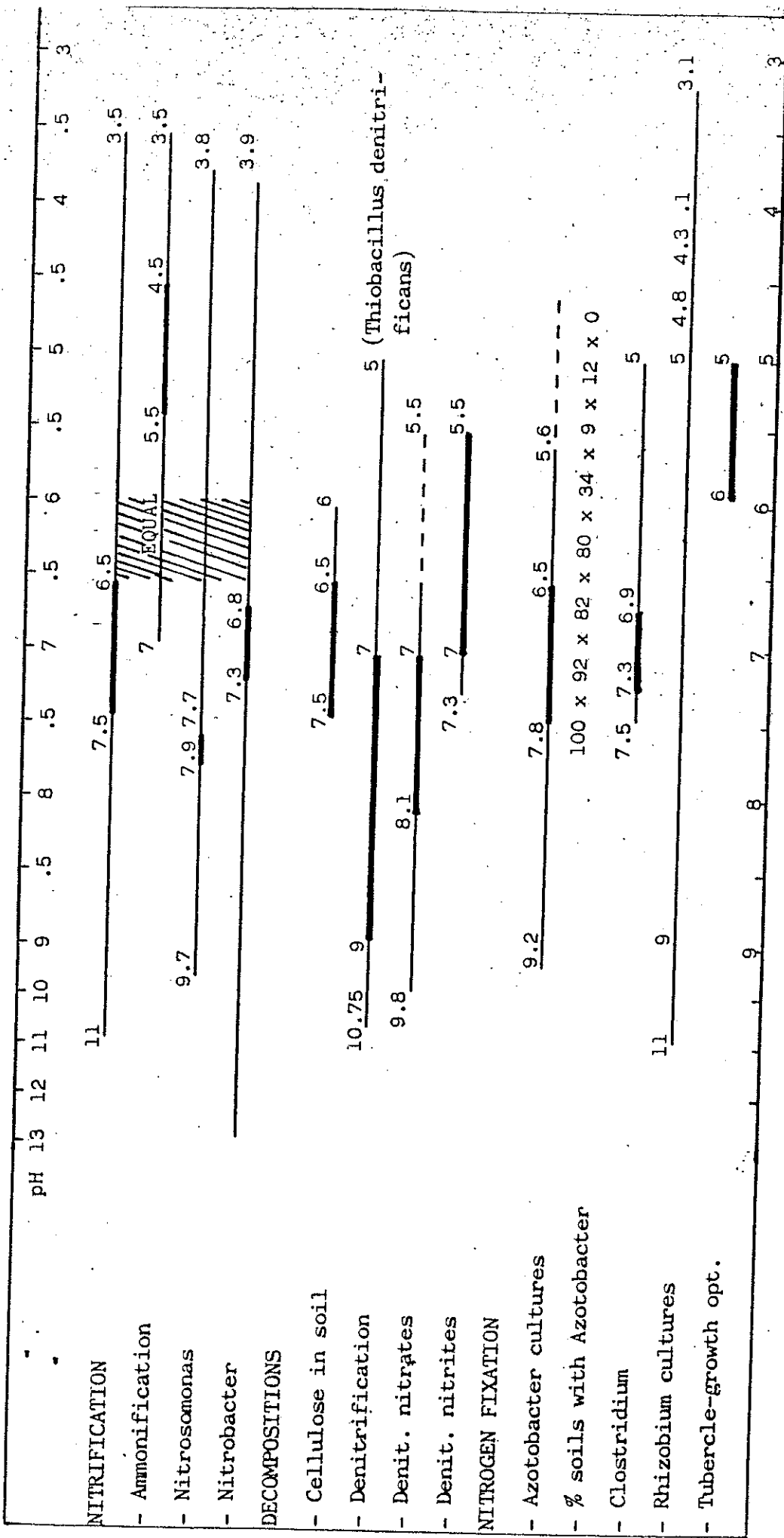


Cuadro 5.a. - Suitable pH Ranges for Various Crops and Ornamental Plants

Cuadro 5.b..- Valores de pH óptimo para distintos cultivos hortícolas.

	Según Reinhold	Según Vogel	Según Keller-Möhrring
Acelga	6.0 - 7.0	6.0 - 7.5	5.5 - 6.6
Ajo	-	-	6.0 - 7.0
Apio	6.5 - 7.5	6.0 - 7.5	6.5 - 7.0
Calabaza	6.0 - 7.5	6.0 - 7.5	5.5 - 6.6
Cebolla	6.5 - 7.8	6.5 - 7.5	6.5 - 7.0
Col bruselas	6.5 - 7.5	6.5 - 7.5	6.0 - 7.0
Coles	-	6.5 - 7.5	5.5 - 6.0
Coliflor	6.4 - 7.5	6.5 - 7.5	6.5 - 7.0
Espárragos	6.0 - 7.5	5.5 - 7.0	5.5 - 6.4
Espinacas	6.0 - 7.5	6.0 - 7.5	6.2 - 7.0
Guisante	6.6 - 7.7	6.5 - 7.5	5.5 - 6.5
Lechuga repollada	6.0 - 7.5	5.5 - 7.0	5.5 - 7.0
Nabo	5.9 - 7.0	-	5.5 - 6.5
Patata	6.0 - 7.0	5.0 - 6.5	5.0 - 5.8
Pepino	6.0 - 7.2	6.0 - 7.3	5.5 - 6.5
Perejil	-	-	6.0 - 7.0
Puerro	6.0 - 7.5	6.5 - 7.5	6.0 - 6.7
Rábano	6.7 - 7.5	6.5 - 7.5	6.2 - 6.8
Remolacha roja	6.5 - 7.5	6.5 - 7.5	6.7 - 7.0
Repollo	6.2 - 7.8	6.0 - 7.0	6.0 - 7.0
Tomate	5.5 - 7.0	5.5 - 7.0	5.0 - 6.0
Zanahoria	6.5 - 7.5	6.5 - 7.5	5.5 - 6.5

Cuadro nº 6 .- Intervalos óptimos de pH en suelo para algunos procesos bacterianos. (SMALL, 1.946).



Una modificación del pH del suelo provoca no solo modificaciones en el conjunto de microorganismos cuya acción fundamental es la elaboración de los residuos vegetales hacia humus, sino que también afecta a los organismos patógenos provocando la desaparición de algunas enfermedades de las plantas pero también la aparición de otras. GUITIAN-OJEA y MUÑOZ-TABOADELA (1.957).

Con los cambios de pH del suelo se modifica también la asimilabilidad de los elementos nutritivos que posee. También en este aspecto las investigaciones más detalladas son las llevadas a cabo como consecuencia de los procesos de encalado de los suelos.

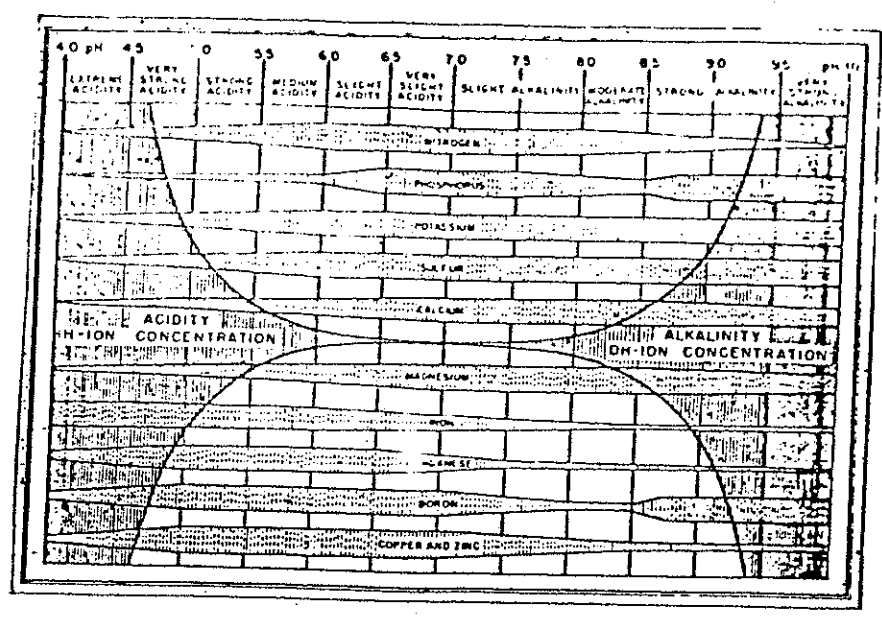
Para este aspecto los esquemas preparados por TRUOG (1.951) y por LUCAS y DAVIS (1.961), pueden indicar el sentido en que ha sido modificada la asimilabilidad de los macro y microelementos más importantes. (Cuadros n^{os}. 7 y 8).

De ellos se deduce claramente que existen tres familias de elementos que se comportan dentro de cada una de manera semejante en lo referente a modificaciones de su asimilabilidad en función de las modificaciones de pH.

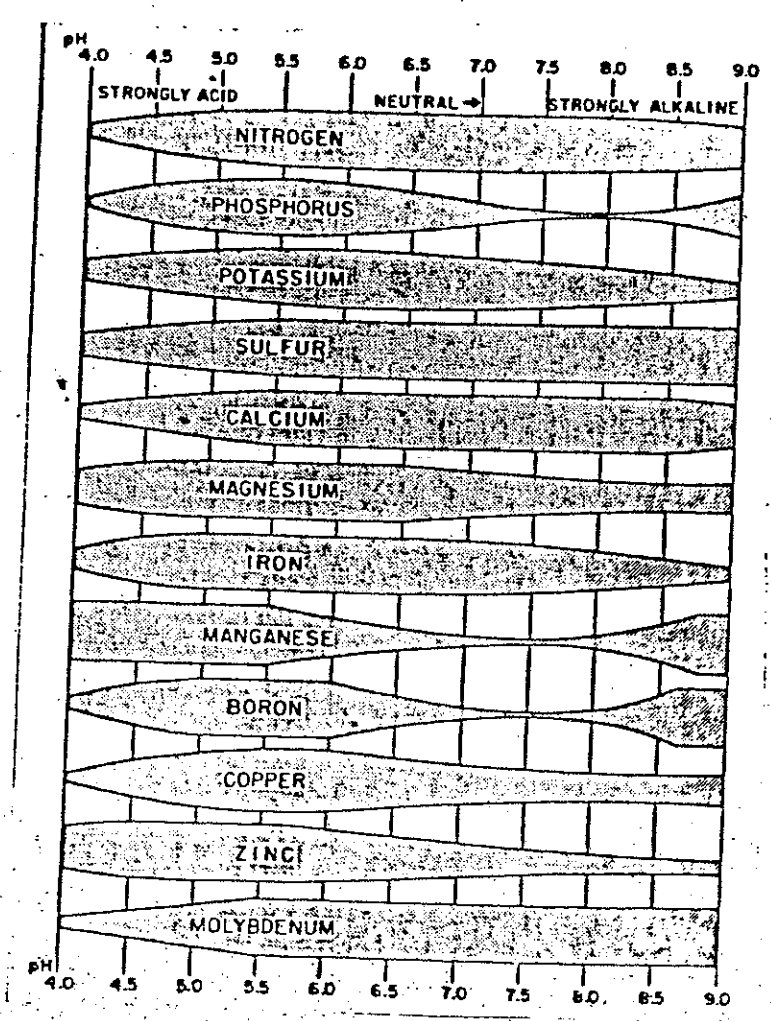
La primera, la más numerosa, está formada por los elementos Fe, Mn, Cu y Zn que, dentro de los intervalos de pH que se han encontrado en la zona, tienen su máxima asimilabilidad a pH aproximado de 6,0 a 6,5. A partir de aquí al aumentar el pH disminuye la asimilabilidad hasta que a pH = 8,5 alcanza su valor mínimo que se mantiene constante para pH superiores.

Segun BUSSIERES (1978) Ann. Agron. 29 (6). 559-587 "Con el encalado ciertos elementos útiles se vuelven difícilmente asimilables y aparecen carencias, entre ellos el Mn, Zn y B. Otros que pueden ser tóxicos (Al y Mn) dejan de tener esos efectos tóxicos."

Cuadro nº 7.- Intervalos óptimos de pH en la asimilación de distintos elementos en suelos minerales (TRUOG, 1.951).



Cuadro nº 8.- Intervalos óptimos de pH en la asimilación de distintos elementos, en suelos orgánicos (LUCAS y DAVIS, 1.961)



El segundo grupo está formado por el P y B cuya asimilabilidad decrece a partir de 7 - 7,5 hasta alcanzar su mínimo a pH = 8,5. A partir de aquí de manera rápida alcanza a pH = 8,7 la asimilabilidad máxima. También BARTLETT y PICARELLI (1.972) indican que los mecanismos de fijación de ambos elementos en el suelo son dependientes del pH del mismo y a la misma conclusión llegan PETERSON y NEWMAN (1.976) en lo referente al comportamiento del B en suelos con pH variable.

WOLF (1.940) indica que, en ensayos comparativos de alcalinización con hidróxidos de Ca, Mg, K y Na, el hidróxido de Mg causa la mayor reducción en la asimilabilidad del ión boro, mientras que OLSON y BERGER (1946) comparando hidróxidos no encuentran diferencias sobre la fijación del B por el suelo que puedan asociarse al catión de la base.

El el último grupo está el N para el que la asimilabilidad desciende de manera continua a partir de pH = 8.0.

Los restantes elementos considerados, K, S, Ca y Mg no sufren grandes modificaciones en su asimilabilidad en el intervalo de variación de pH que aquí se considera (pH 5,5 a 9,5).

Esta información sobre la asimilabilidad de los distintos elementos puede ser una hipótesis de trabajo para que una experimentación posterior establezca la situación real así como los métodos de corrección.

El suelo viene afectado en cuanto a las propiedades físico-químicas de sus coloides (materia orgánica y arcilla) por las modificaciones de pH; que no deben entenderse únicamente en sentido negativo, dependerá fundamentalmente del tipo de arcilla y de materia orgánica, de su cantidad y de las condiciones existentes previamente el que estas modificaciones sean significativas y observables a través de los rendimientos o crecimientos de las cosechas o de necesidad de determinadas prácticas de laboreo.

En este caso, el separar los efectos del pH de los producidos por el magnesio como catión fundamentalmente saturante del complejo de cambio no resulta fácil. La capacidad de hinchamiento de las diversas arcillas susceptibles de ello viene afectada por el catión saturante. La valencia del ión condiciona un comportamiento semejante aún cuando entre cationes de la misma valencia sea el tipo de arcilla el que decida el orden de hinchamiento relativo por efecto de un catión específico. En este aspecto es muy probable que el magnesio no afecte muy fuertemente a esta propiedad del suelo ya que el catión más abundante a que sustituye en el complejo de cambio es el calcio. El poder de hinchamiento es uno de los factores que condiciona el desarrollo de la estructura del suelo. ⊗

La distribución de los valores de pH en agua para cada una de las capas muestreadas se dan en la figura nº 1, en la que se puede apreciar el efecto de desplazamiento de los valores más frecuentes con la profundidad de la capa. También en estos histogramas se pone de manifiesto el que algunos suelos han modificado sus valores de pH hasta en 3 unidades.

De un modo sencillo, se puede estimar el valor inicial medio del pH de los suelos, considerando que fuera equivalente al valor actual medio de los puntos más alejados de la fábrica. (Cuadro nº 9).

Los mapas de valores de pH en agua de la capa de 0-2 cm. muestran de manera evidente como se ha distribuido esta modificación en relación con la situación de la fábrica. (Mapa nº 1).

⊗ Según BOSSIERES [1978] *Ann. Agron* 29 (6) 539-581 "Los aportes de calcio incrementan, en efecto, la flocculación y la agregación de los elementos del suelo aumentando la permeabilidad. Estas modificaciones no son claramente notadas si no se alcanza un nivel elevado de pH, del orden de 7.5 a 8.0. Si el pH obtenido no es más que próximo a 7 la estabilidad estructural puede, en efecto, ser inferior al propio del suelo más ácido."

%
muestras

30

20

10

5

6

7

8

9

capa I

%
muestras

30

20

10

5

6

7

8

9

capa II

%
muestras

30

20

10

5

6

7

8

9

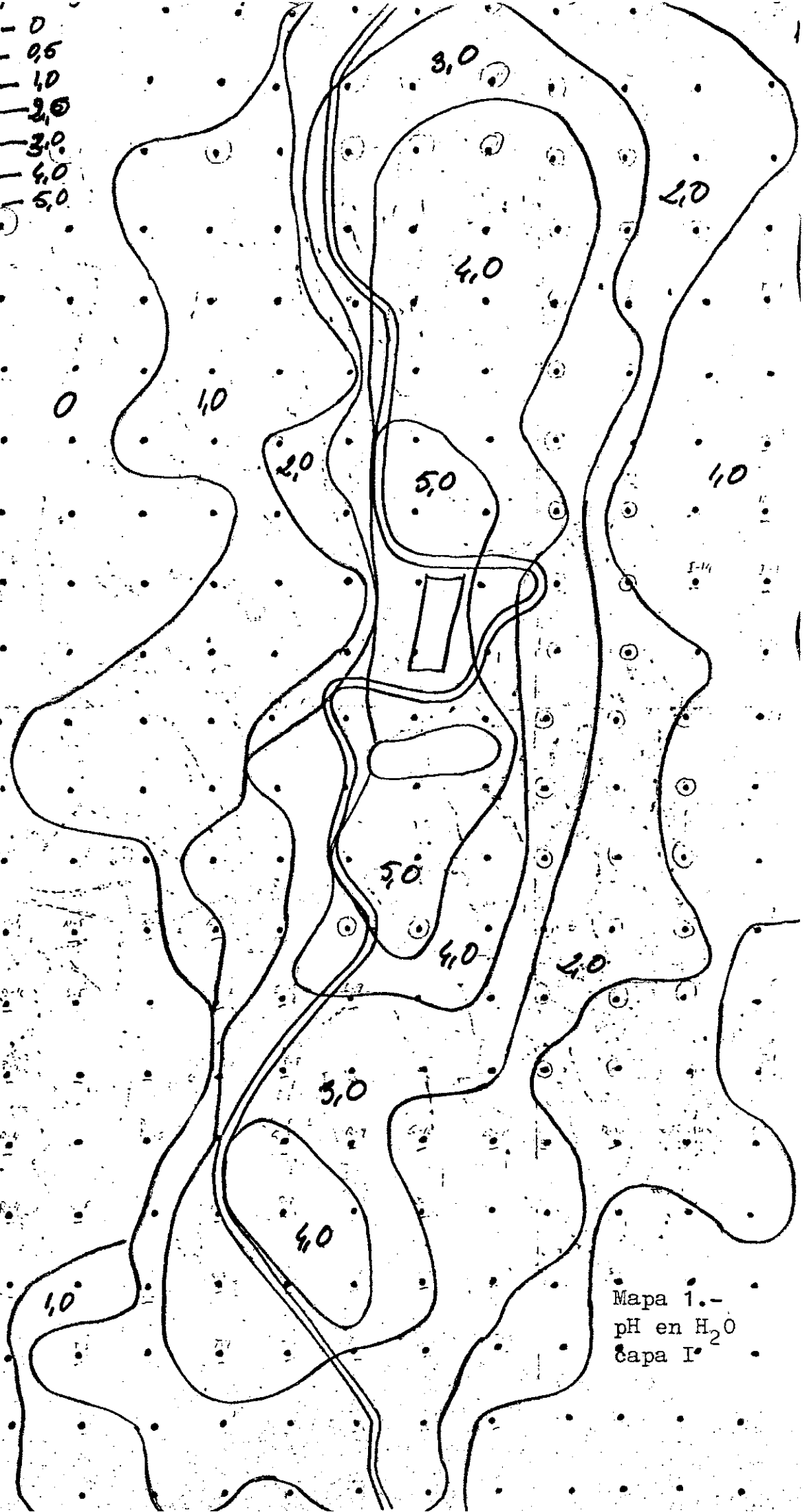
capa III

Fig. 1.- Distribución de frecuencias de pH en agua en las capas I, II y III.

Cuadro nº 9.- Estimación del valor inicial medio del pH de los suelos de la zona.

Columnas	pH agua						pH KCl					
	Nº	Capa I	Nº	Capa II	Nº	Capa III	Nº	Capa I	Nº	Capa II	Nº	Capa III
2	5	6.19	5	5.61	2	5.62	5	5.44	5	4.97	2	4.92
3	10	6.25	10	5.42	6	5.20	10	5.46	10	4.88	6	4.50
4	13	6.52	18	5.53	16	5.41	13	6.01	18	4.74	16	4.64
15	15	7.17	17	6.29	14	5.54	15	6.67	17	5.49	14	4.79
16	11	6.93	11	5.91	11	5.46	11	6.38	11	5.01	11	4.64
Media	54	6.71	61	5.80	49	5.44	54	6.11	61	5.04	49	4.68

A 26.5 - 0
 B 6.5 - 7.0 - 0.5
 7.0 - 7.5 - 1.0
 7.5 - 8.0 - 2.0
 C 8.0 - 8.5 - 3.0
 8.5 - 9.0 - 4.0
 9.0 - 5.0
 D
 E
 F
 G
 H
 I
 J
 K
 L
 M
 N
 O
 P
 Q
 R
 S
 T
 V
 X



Mapa 1.-
 pH en H₂O
 capa I

Para otras características físicas de los suelos, tales como plasticidad y capacidad de floculación, el Ca y el Mg se comportan de modo análogo en las arcillas por lo que el aporte de magnesio no influirá en estas propiedades. Un efecto semejante se debe señalar para la viscosidad aunque para bajas concentraciones de Ca y Mg el comportamiento no es semejante, BAYER (1.940).

Para los coloides orgánicos el efecto floculante de los diversos cationes sigue el orden de:



Los iones magnesio actúan de modo más parecido a los cationes monovalentes que a los bivalentes en lo referente a la floculación de los coloides orgánicos. Esta propiedad puede tener un efecto negativo en el desarrollo y mantenimiento de una buena estructura en las capas superiores de los suelos, condición muy importante para el tipo de aprovechamiento de la zona.

La Soil Taxonomy USDA (1.973) indica que el efecto del ión Mg en la dispersión de las arcillas está actualmente en discusión. Estudios realizados en laboratorio aseguran solo pequeñas diferencias en el comportamiento del Mg y Ca pero en cambio es frecuente encontrar condiciones físicas pobres en suelos que tienen elevado contenido en Mg de cambio; las razones por ahora son desconocidas.

Por la naturaleza de sus componentes, el polvo, puede actuar como agente cementante y cuando la acumulación es suficiente se forman costras que resultan un impedimento para la aireación del suelo, penetración del agua, etc. dificultando igualmente la resiembra natural de los prados y una brotación adecuada.

1

Simultánea a las modificaciones de pH, se produce, dada la composición de los polvos, un fuerte incremento en las cantidades de Mg asimilable y como consecuencia unas fuertes modificaciones de las relaciones Ca/Mg y Mg/K.

Para el Mg asimilable, el histograma de frecuencias por capas viene dado en el figura nº 2 y el mapa nº 2 da la distribución del Mg asimilable en la capa I.

Veamos ahora que representan estos valores en relación a la nutrición de las plantas y con las condiciones generales de los suelos.

HENRIKSEN (1.965) para los suelos daneses obtiene, de un total de 2.050 análisis utilizando como extractante Cl NH_4 1M (que se comportará como el acetato amónico $\text{pH} = 7$), que los suelos arenosos tienen como valor medio de magnesio 5 mg por 100 g con un intervalo de variación de 0,5 - 14,5; los suelos francos un valor medio de 9 mg por 100 g., con un intervalo de variación de 2,4 a 36 y los húmicos 15 mg por 100 g. El con- cluye, que para valores de magnesio por debajo de 5 mg por 100 g. se pueden producir deficiencias.

WIKLANDER (1.960) en un estudio del contenido en Mg de los suelos de la provincia de Skåne (Suecia), en los que se presentan claros síntomas de deficiencia en remolacha, obtiene, para todos aquellos en que los síntomas eran manifiestos, las frecuencias de contenidos en Mg extractable por acético-acetato amónico a $\text{pH} = 4,35$ dadas en la figura nº 3. El mismo WIKLANDER discute los niveles que SCHACHTSCHABEL (1.954) (que puso a punto el método del Cl_2Ca) fija como susceptibles de producir deficien- cias. Para suelos arenosos considera que 5 mg por 100 g. de suelo los ha ce deficitarios en Mg; y este nivel se sitúa en 7 mg para los suelos fran- cos y en 12 mg para los suelos arcillosos.

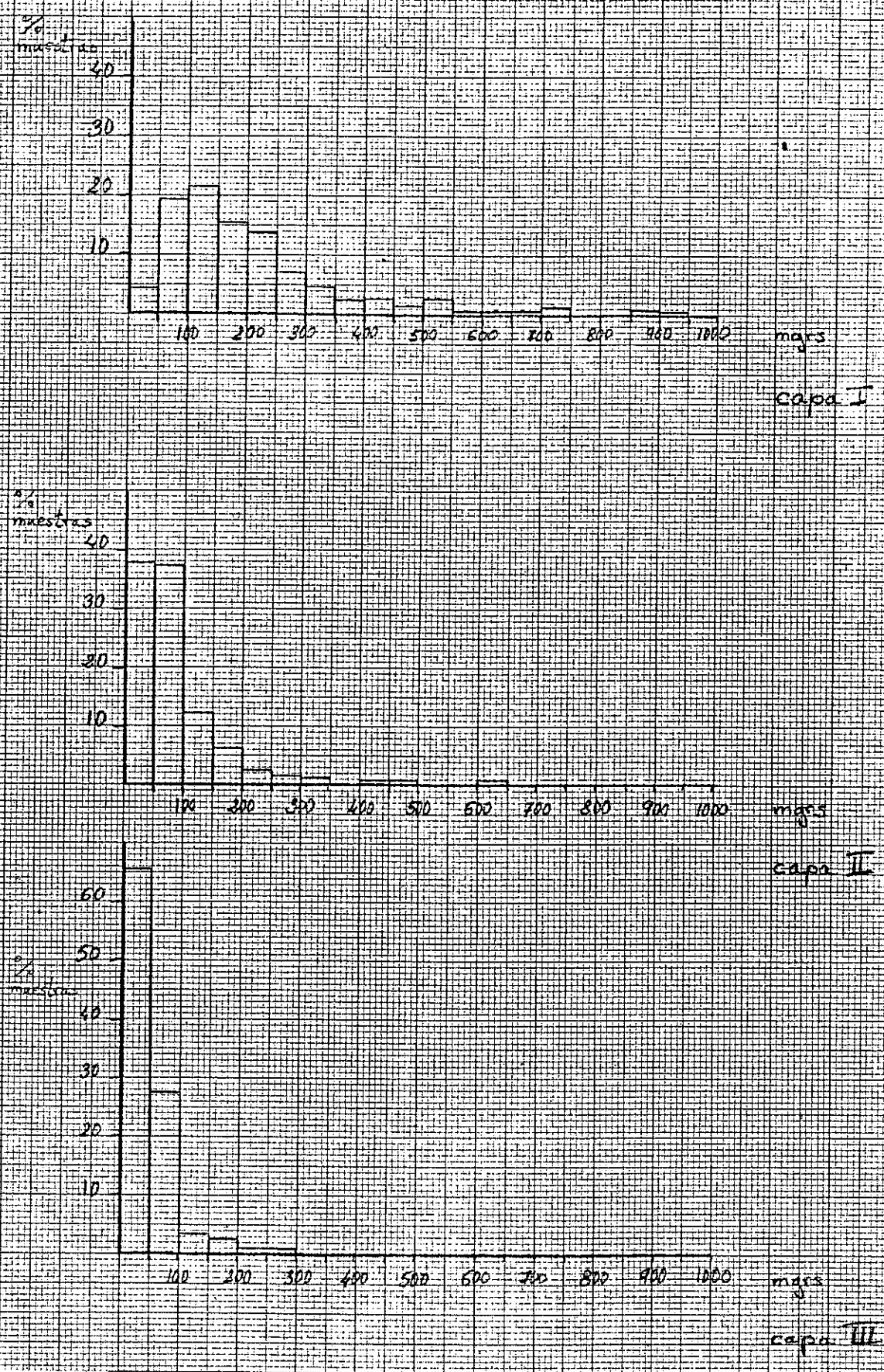
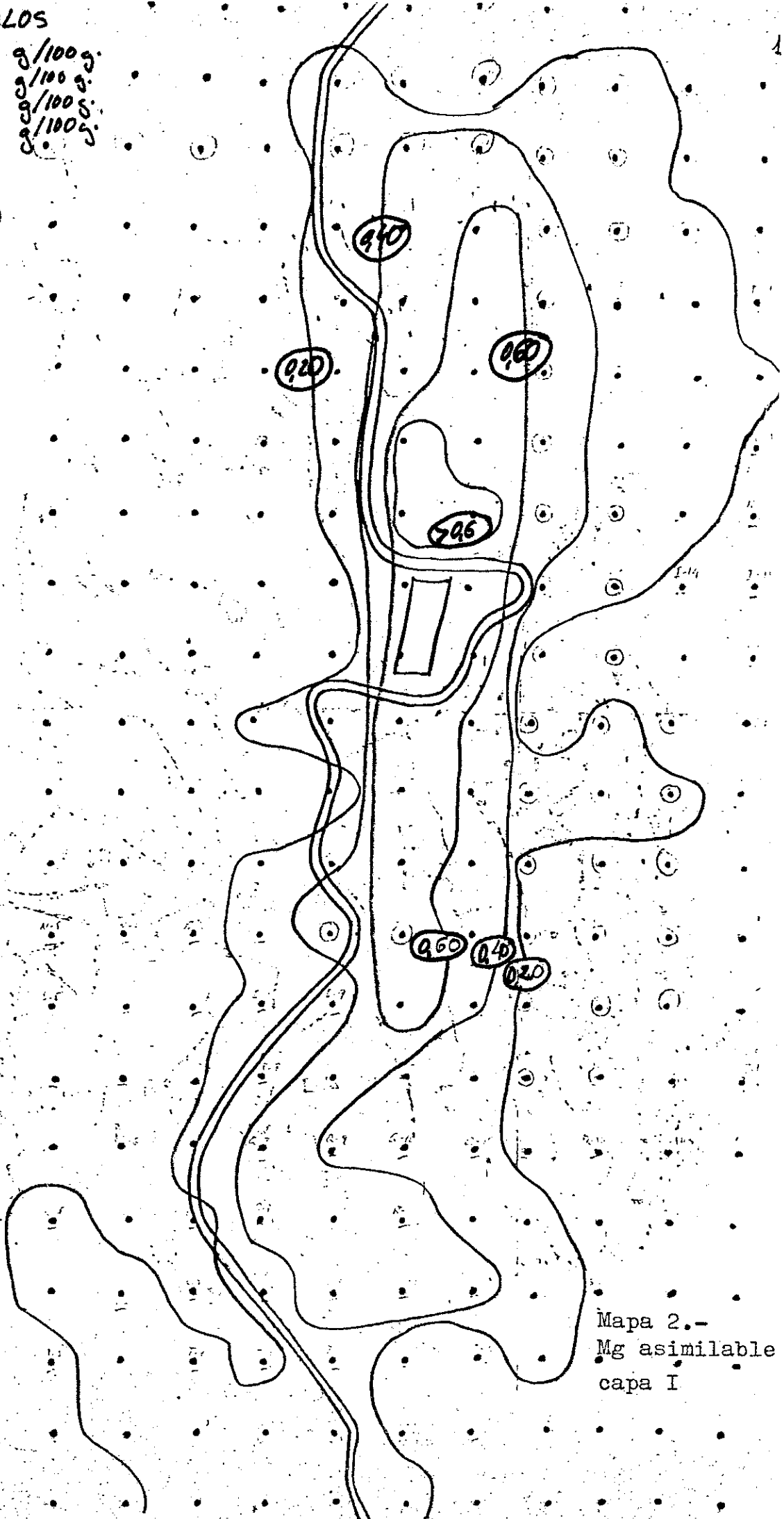


Fig. 2.- Distribución de frecuencias de contenido de Mg asimilable en las capas I, II y III.

A INTERVALOS
 B 0 - 0.20 g/100g.
 C 0.2 - 0.40 g/100g.
 D 0.40 - 0.60 g/100g.
 E > 0.60 g/100g.

D
 E
 F
 G
 H
 I
 J
 K
 L
 M
 N
 O
 P
 Q
 R
 S
 T
 V
 X



Mapa 2.-
 Mg asimilable
 capa I

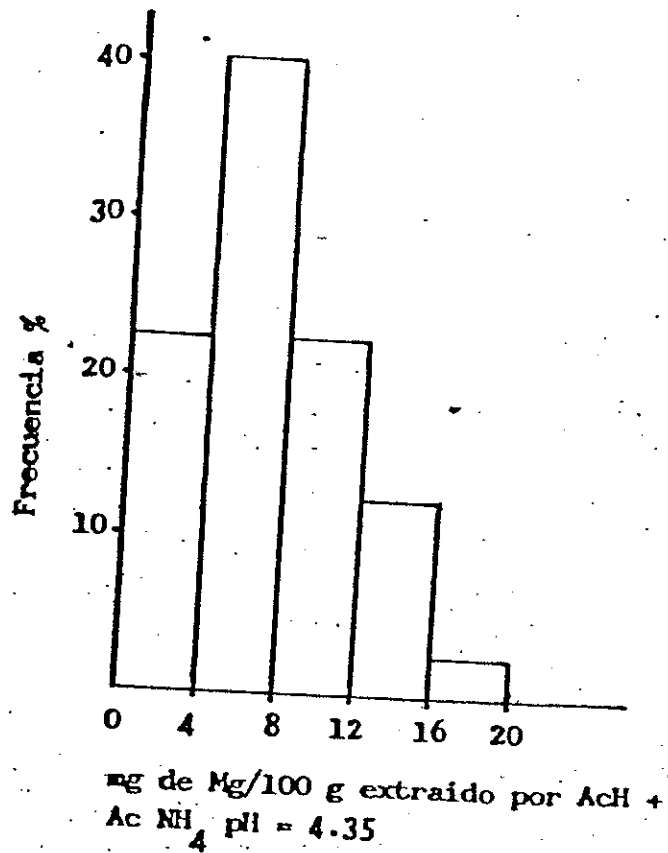


Fig. 3 .- Distribución de frecuencias de contenido en Mg asimilable para suelos de la provincia de Skåne (Suecia)

Por otro lado, DIOS y al. (1.962), en ensayos realizados en Pontevedra comprobando el efecto de pulverizaciones de sulfato magnésico sobre el rendimiento de patatas, indican que para contenidos de 2,5 mg por 100 g. de suelo extraído por acetato amónico neutro los suelos se encuentran con deficiencias en este elemento pese a que las patatas no presentan en las hojas sintomatología alguna.

SEMB (1.964), en Noruega encuentra los siguientes porcentajes de suelos en los que se presenta deficiencia en las cosechas con diferentes niveles de Mg extraíble por reactivo Morgan (acético-acetato amónico).

	mg de Mg en 100 gramos de suelo								20	Total de muestras
	1,0	1,1	2,1	3,1	5,1	8,1	12,1	16,1		
		2,0	3,0	5,0	8,0	12,0	16,0	20		
Cultivos extensivos	98 %	71 %	42 %	15 %	12 %	0 %	0 %	--	--	201
Frutales (manzanos)	--	96 %	79 %	70 %	48 %	25 %	15 %	--	--	134

BERTRAND (1.970) indica que, en los suelos con un contenido inferior a 10 mg de magnesio por 100 g. de suelo, se obtienen respuestas positivas a la adición de cantidades convenientes de sales solubles de magnesio o lo que es lo mismo, que todos los suelos con contenido en magnesio inferiores a 10 mg por 100 g. son deficientes en él con vistas a un cultivo intensivo con calidad en la cosecha.

PEECH (1.939) sobre cultivos leñosos obtiene los siguientes resultados: de un total de 274 emplazamientos de viña que muestreó convenientemente, 174 presentaban síntomas de deficiencia en magnesio, de ellos 130 emplazamientos tenían un contenido en magnesio asimilable extraíble en -

nuestras condiciones menos de 1,5 mg de Mg por 100 g. de suelo y 157 de los que presentaban síntomas de deficiencia, valores por debajo de 2,5 mg por 100 g. suelo. Valores semejantes encuentra para naranjas Valencia y Pinneapple.

Es sabido, que no todas las plantas requieren los mismos niveles de magnesio en suelo para su óptimo desarrollo, STENUIT y PIOT (1.954) indican que en suelos belgas los siguientes cultivos son poco sensibles a deficiencias en magnesio: pasto, maíz, centeno. Más sensibles son: avena, patatas (la variedad Voran y Eersteling son más sensibles que la Bintje) y espinacas. Las más sensibles son el tabaco y los manzanos, en estos últimos el patrón tiene una influencia muy marcada; si está injertado sobre el EM IV son más sensibles que si lo están sobre el tipo IX, II y VII o sobre franco.

El cuadro que presentamos a continuación recoge datos bibliográficos sobre los niveles que diversos autores consideran como mínimos para que las plantas no presenten deficiencia o indican el nivel de deficiencia que corresponde al contenido en Mg del suelo. (Cuadro nº 10).

Con lo dicho hasta ahora se ha pretendido centrar el problema en la significación de los valores de Mg extraído en estas condiciones. Se han comparado los valores que se han obtenido en distintos países con los de la zona contaminada y visto cuales son los niveles que se consideran como situados por debajo del mínimo necesario para suministrar a las plantas cantidades suficientes de magnesio y los niveles a alcanzar con adiciones de magnesio.

Para la corrección de deficiencias se recurre al empleo de calizas dolomíticas, dolomías, serpentinas, dunitas u otras rocas ultrabásicas

Cuadro nº 10.- Niveles de Mg en suelo, para los que aparecen síntomas de deficiencia en plantas.

Planta	Contenido para el que aparece deficiencia mg Mg/100 g. suelo	Nivel de carencia Respuesta a abonado	Extractante	Autor (Año)
-	< 5 para suelos arenosos < 7 para suelos con arcilla	No especificado	Cl ₂ Ca 0,025 N	SCHACHATSCHABEL, P. 1.
Remolacha	4 - 5	Síntomas	-	BJORLING, K. 1.954
Avena	2,1 - 2,4	Fuerte	Cl Na 0,05 N	FERRARI, T.J. et al. 1.
Manzanos	< 5	Síntomas	-	GRUPPE, W. 1.955
Lúpulo	< 6 para arenosos 14,21 franco-arenoso rico en K	Síntomas	-	FISCHER, R. 1.956
Patatas	1 - 2 en suelos arenosos 2 - 3 3 - 4 8	86 % con síntomas 62 % con síntomas 53 % con síntomas No hay deficiencia	Cl ₂ Ca 0,025 N	SCHACHATSCHABEL, P. 1.
Tomate Berenjenas	< 60 mg.	Deficiencia fuerte	-	SUJIYAMA, T. et al. 1.957
-	< 5 9,5 o más si contenido en K es elevado	-	-	YAMASAKI, T. et al. 1.957
Apio	96 en suelos muy orgánicos (80 % mat. org.)	Variable	Cl NH ₄	JOHNSON, K.E. et al. 1.958
Tabaco, cítricos, vid, tomate, avena	< 6	Síntomas	-	SEO, I. 1.957
Patatas y otros	< 3 > 6 si el K es alto	Síntomas	-	SEMB, G. et al. 1.958
Pinos y Abetos	0,4 - 1,1	Fuerte	-	VOIGT, G.K. et al. 1.958
Manzanos	< 3	Media	-	HAAS, P.G. et al. 1.959
Pastos	< 5	Síntomas	Cl Na 0,5 N	SLOTHSMANS, C.N.J. 1.959
Pastos Patatas	< 1,2	Síntomas Fuerte	Cl Na 0,5 N	SLOTHSMANS, C.N.J. 1.959
Trébol blanco	0,63	Síntomas	-	Mc NAUGHT, K.T. et al. 1.
Cereales, patatas	1,1 - 2,5	Disminuye rendimiento 50 %	-	SRIKE, W. et al. 1.960
Remolacha	< 20	Síntomas	Ac. amónico 1 N pH = 4,3	WIKLANDER, L. 1.960
Patata	< 2,5	Ligera	Ac. amónico 1 N	SANCHEZ, B. et al. 1.962
-	< 5	Síntomas	NH ₄ Cl 1 N	HENRIKSEN, A. 1.964
Avena y nabos	3,3 - 12,9	Síntomas	Acético, acetato amónico	KERAJEN, T. et al. 1.964
-	4 - 5 en Chernozems 6 - 7,3 en Krasnozems	Síntomas	HCl 1 N	MAZAEVA, M.M. 1.967
Viña	2 - 2,5	Fuerte	Ac. NH ₄ 1 N	DELAS, J. 1.968
Pastos	< 2,5	Síntomas	-	HOGG, D.E. et al. 1.968
-	< 10	Obtienen incrementos con el abonado	Ac. NH ₄ 1 N pH = 7 percolación	BERTHAN, D. 1.970
Remolacha	< 2	Síntomas	-	DRAYCOTT, A.P. et al. 1.970

ricas en magnesio, también a óxido de magnesio o sales magnésicas especialmente sulfato. Los niveles a utilizar llegan a ser en situaciones extremas de hasta 2.000 Kg./ha. de OMg, 10.000 Kg./ha. de dolomita y 1.000 Kg./ha. de SO_4 Mg.

Para pastos, HENKENS (1.972) recomienda como valores adecuados, según el nivel de Mg en suelo, los siguientes:

- Contenido en Mg de 4,5 --- 200 Kg./ha. de MgO
- Contenido en Mg de 4,5 - 9,0 --- 100 Kg./ha. de MgO
- Contenido en Mg de 9,0 - 18,0 --- 50 Kg./ha. de MgO

Si éstos se comparan con los datos recogidos en el histograma de frecuencias de "Cantidad de magnesio aportado por los polvos de la fábrica" figura nº 4 se observa que los valores más altos recomendados para añadir son hasta 200 veces menores de lo que han recibido algunas áreas afectadas en el total de los años que lleva funcionando la fábrica.

Ca asimilable

Al hacer el estudio de la distribución de Ca asimilable en el área para, a partir de ella y en función de los contenidos en Mg asimilable, recomendar calidad y dosis de enmendantes, se ha observado que había una falta clara de concordancia entre la distribución de este parámetro y el resto que o han sido modificados simultáneamente con la adición del Mg o se relacionan más con las condiciones de cultivo o con condiciones específicas o de geología.

La zona de altos valores de calcio asimilable en la capa I (mapa nº 3) se localizaba al N de la fábrica y dividía muy claramente a la región en dos áreas. La N, aproximadamente hasta la fila J presenta suelos con un valor de Ca asimilable que rebasa los 500 mg/100 g. de suelo y las situadas

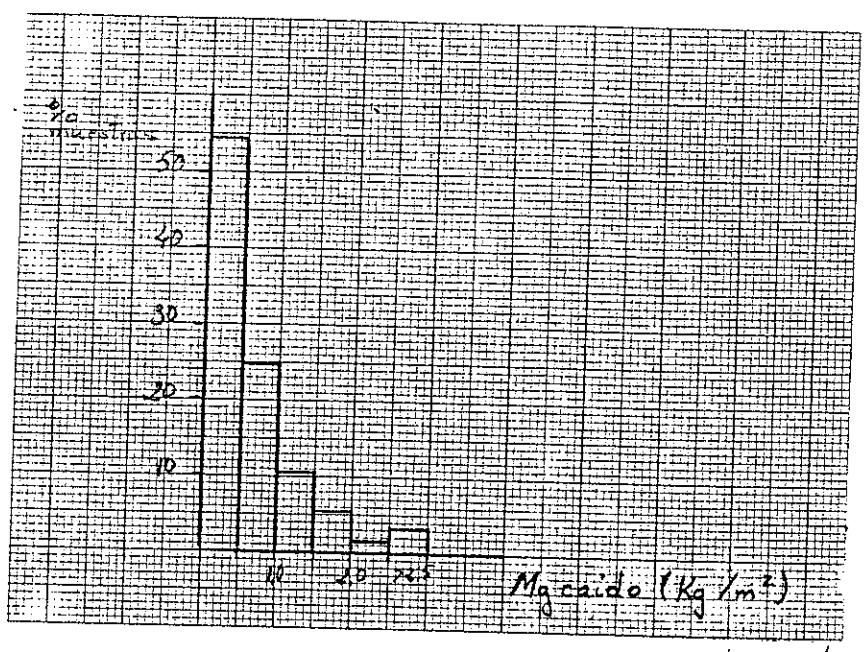
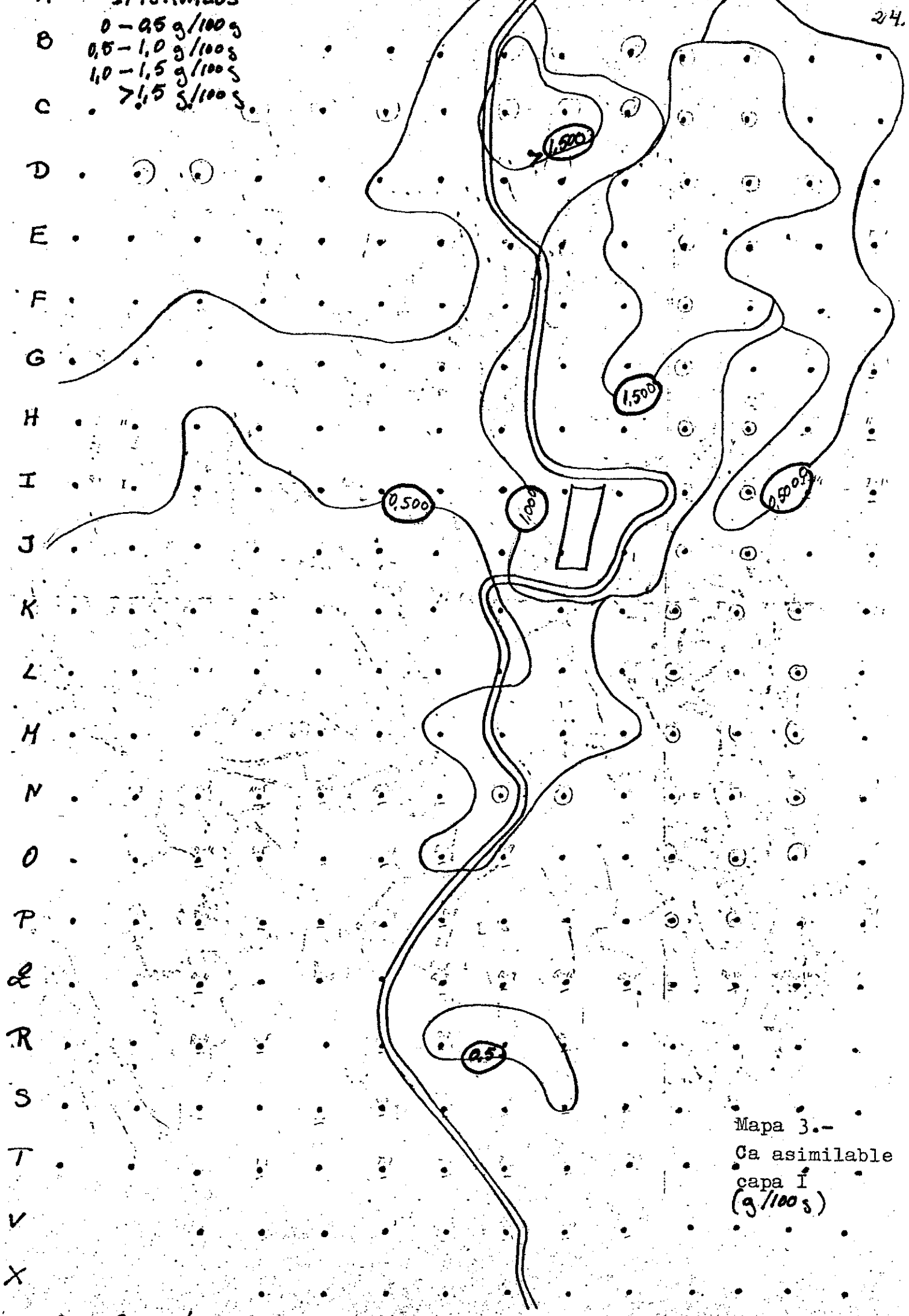


Fig. 4.- Distribución de frecuencias del magnesio caído en la zona (Kg/m²).

0 - 0,5 g/100g
 0,5 - 1,0 g/100g
 1,0 - 1,5 g/100g
 > 1,5 g/100g



Mapa 3.-
 Ca asimilable
 capa I
 (g/100g)

al S de esta fila cuyos niveles caen casi en su totalidad por debajo de 500 mg/100 g. y que en algunas áreas llegan a ser de valores por debajo de 200 mg/100 g.

Simultáneamente se observa que hay una cierta tendencia a que aparezcan valores altos de pH, superiores a los que cabría esperar por los contenidos de magnesio, y que este hecho se asocia a los altos valores de Ca.

Por todo ello se ha intentado hallar una explicación a este fenómeno, averiguar su procedencia y ver de matizar el problema a que da lugar mejorando por un lado la relación Ca/Mg pero empeorando las condiciones del suelo a través de la elevación del pH del mismo.

El efecto de la cantidad de Ca y Mg sobre el pH de la capa superior del suelo se pone en evidencia en las gráficas siguientes: Figuras nºs. 5 y 6.

Como era previsible, el ajuste entre los valores relacionados mejora si se toman en consideración ambos cationes (Ca y Mg) con lo que queda demostrada la participación del polvo de la cementera en el elevación del pH de los suelos. Figura nº 7.

En clara contraposición con el mapa de distribución de Ca en la capa I el de K no presenta ninguna relación clara ni con la distancia a la fábrica de calcinación de magnesita ni con los aportes de los cementos del Noroeste. Mapa nº 4.

La distribución de áreas con mayor cantidad parecen asociarse más al tipo de aprovechamiento (cultivos y prados semipermanentes) como consecuencia del abonado que a ninguna otra característica.



Mg total
(mg/l)
capa I

Mg total
(mg/l)
capa II

6000
5000
4000
3000
2000
1000
0

4

5

6

7

8

9

pH en H₂O

13.600 Mg

Fig. 5.-- Relación entre pH en agua y reserva total de Mg en la capa I.

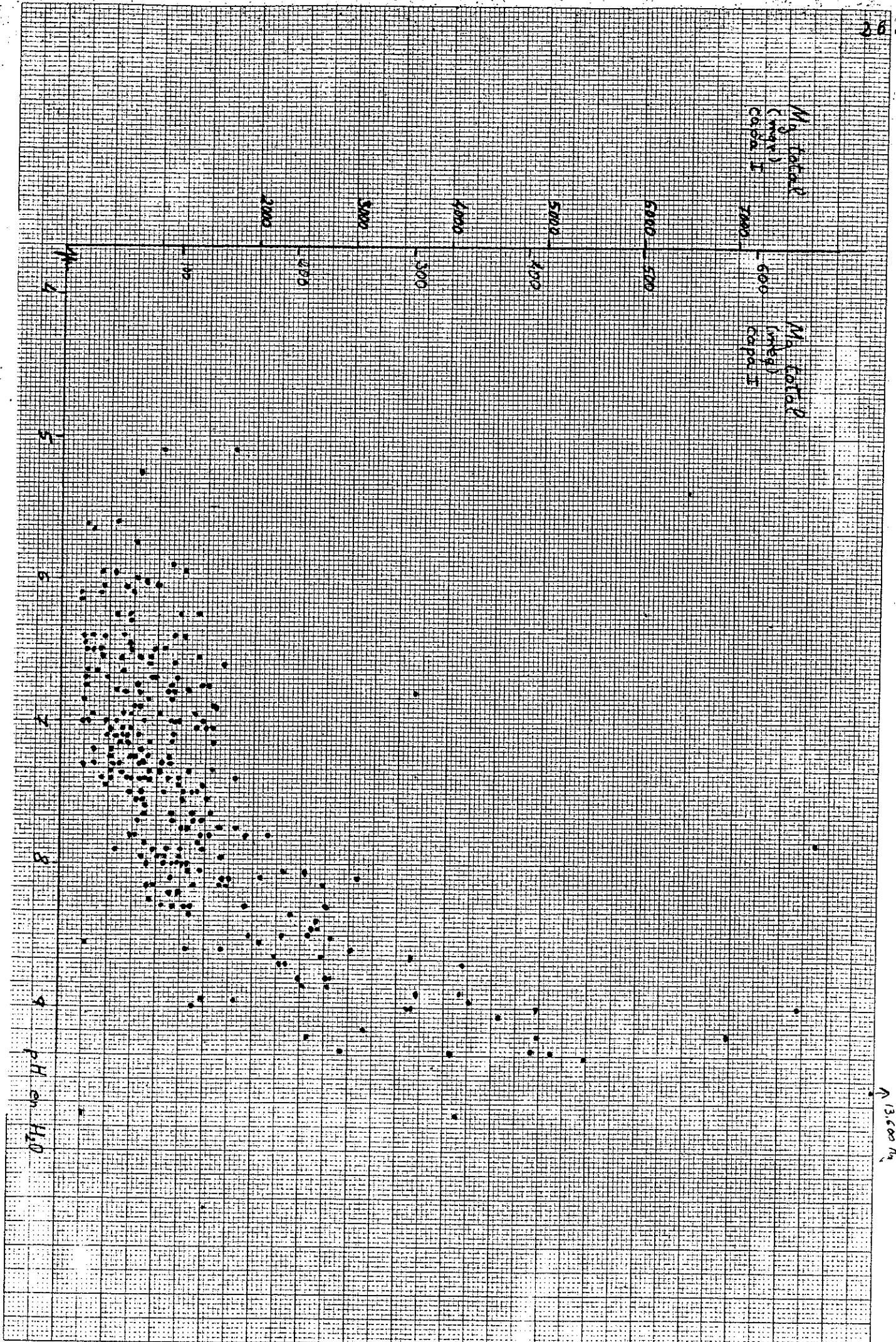
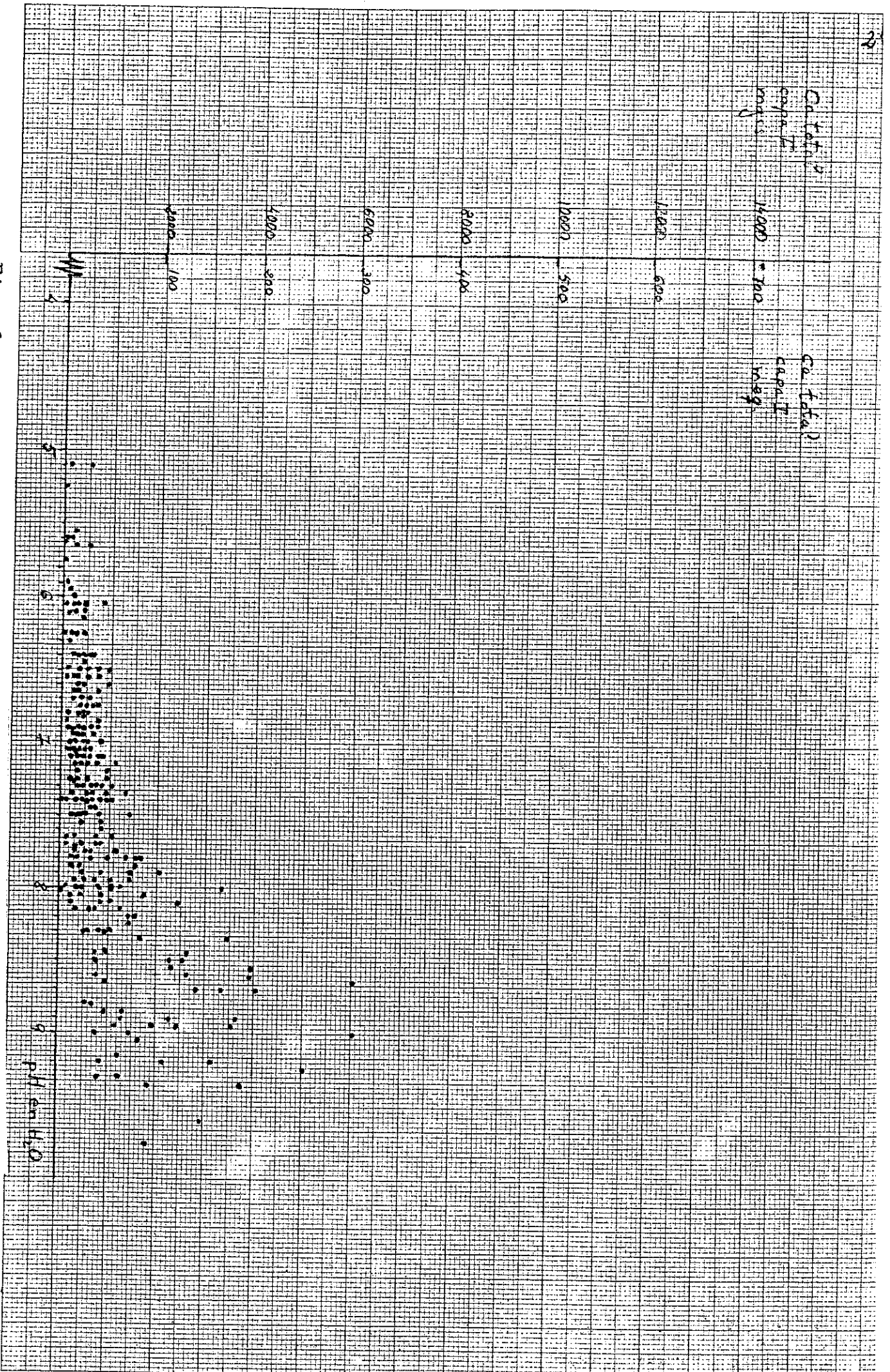


Fig. 6.- Relación entre pH en agua y reserva total de Ca en la capa I.



Ca+Mg total
capa I
meq/litro

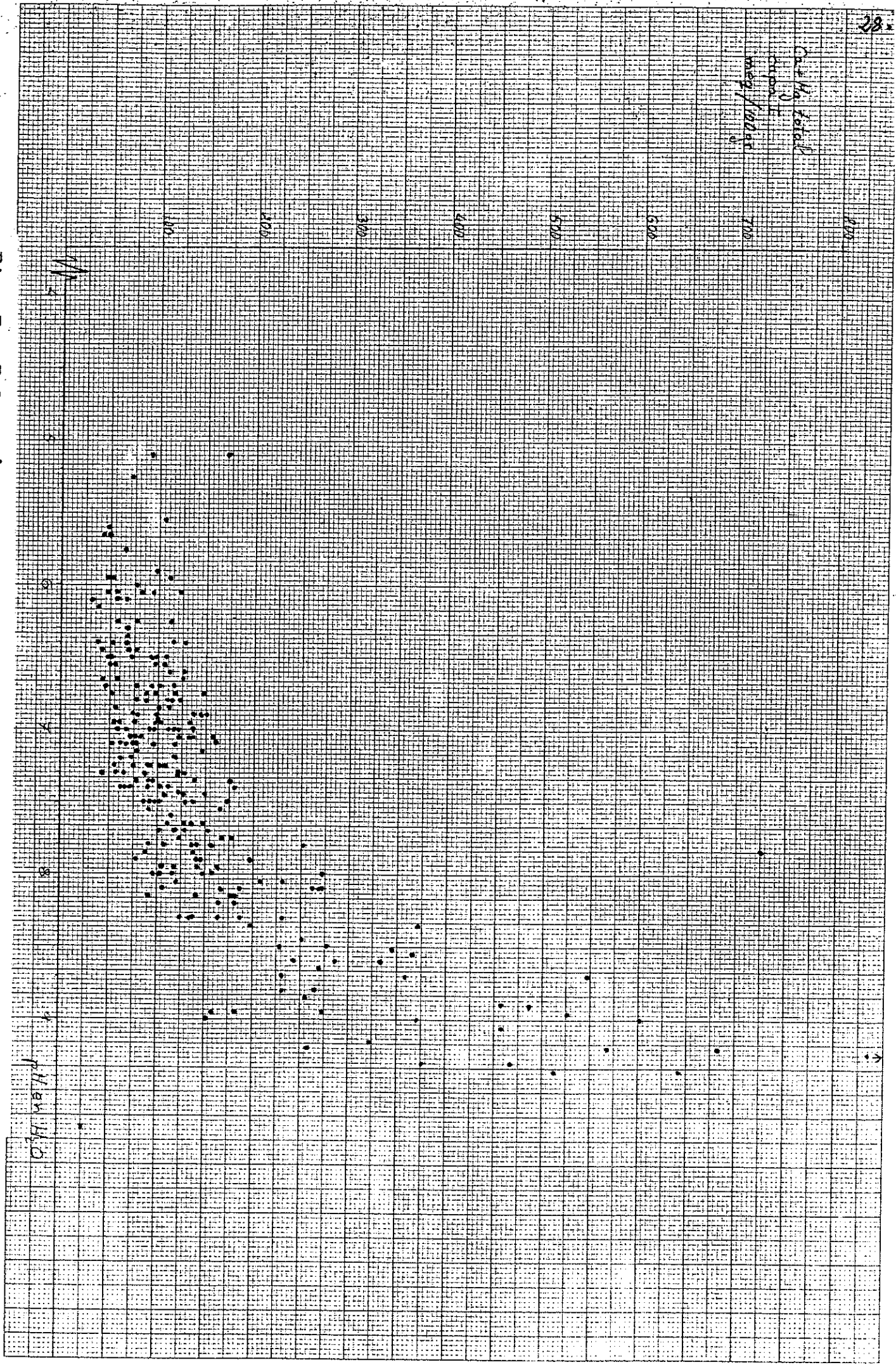


Fig. 7.- Relación entre pH en agua y reserva total de Ca+Mg (en meq.) en la capa I.

A

INTERVALO

10 - 20 mg/100g

B

20 - 30 mg/100g

C

30 - 40 mg/100g

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

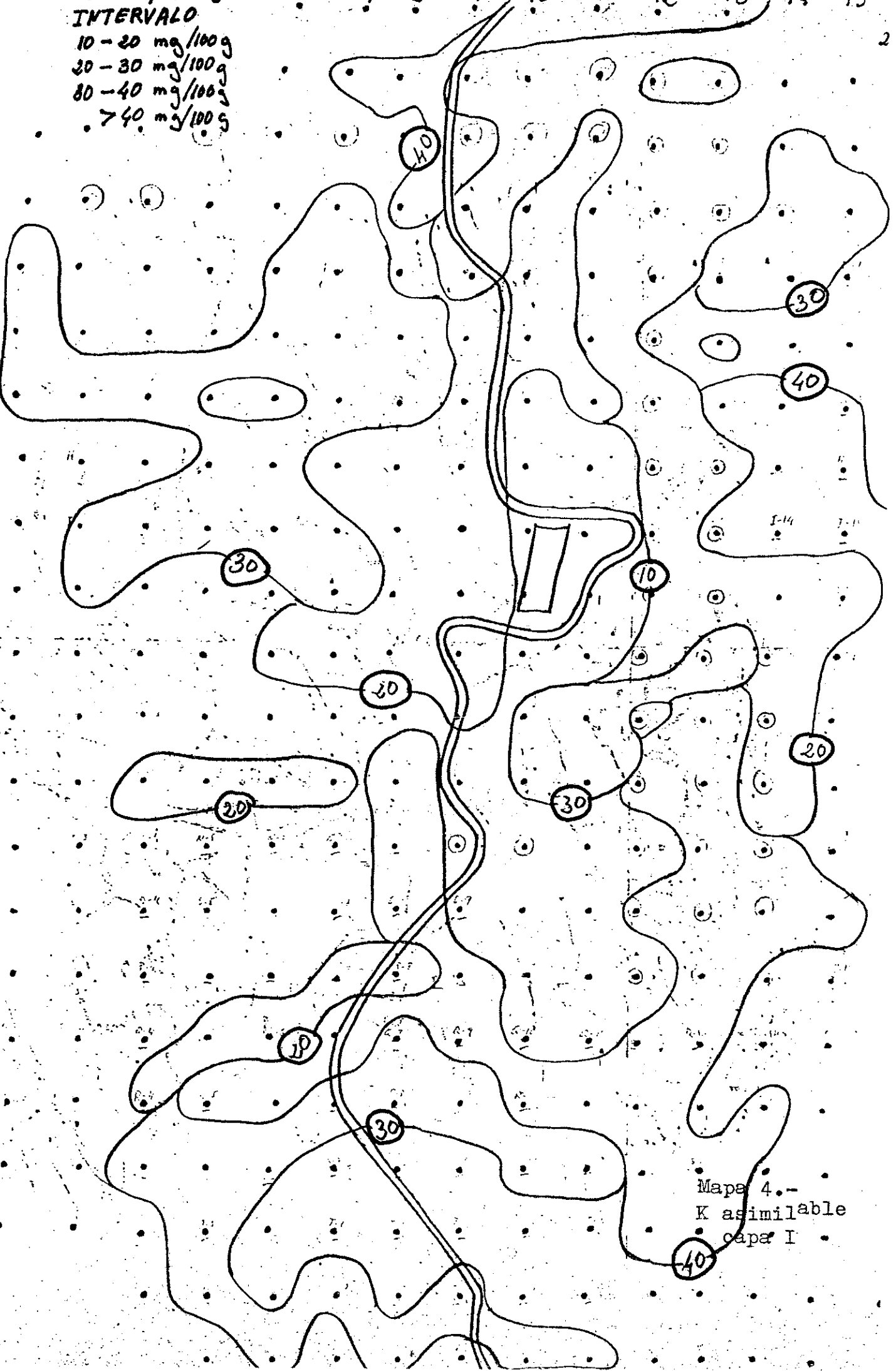
P

Q

R

S

T



Mapa 4. -
K asimilable
capa I

Los histógramas de frecuencia de cada una de las capas se dan en la figura nº 8.

Las cantidades de magnesio que han caído en la zona no sólo han cubierto ampliamente las posibles deficiencias en algunos emplazamientos sino que han rebasado los valores óptimos y producido modificaciones importantes en las relaciones Ca/Mg y Mg/K desplazándolas hacia valores en los que son posibles problemas nutricionales. El mantenimiento de una adecuada proporción entre los cationes asimilables es tan importante, dentro de ciertos límites, como el contenido en un catión determinado; el desequilibrio produce deficiencia y trastornos en la nutrición vegetal.

De la revisión bibliográfica realizada y de la discusión de los trabajos correspondientes ha quedado claro que hay pocos antecedentes bibliográficos en que se trate de problemas de exceso de magnesio; se ha confirmado lo que indican CHAPMAN (1.966) para la nutrición vegetal y AVERY JONES y GODDING (1.972) para la medicina humana; se ha investigado poco sobre las acciones específicas del magnesio en dosis elevadas.

En la nutrición vegetal, salvo los pocos datos existentes en relación con problemas como el que nos ocupa, la bibliografía que se refiere a toxicidad de magnesio se dirige hacia problemas de salinidad o en lo referente a suelos sobre serpentinas. Trabajos del primer grupo son los de GAUCH y WADLEIGH (1.944) cit. BLACK (1.968) sobre judías en que se comprueba que frente a los iones Ca y Na, el Mg a concentración isoosmótica con los anteriores afecta mucho más fuertemente a los rendimientos independientemente del anión (Cl^- o $\text{SO}_4^{=}$) de la sal. Este efecto se repite claramente en experiencias de los mismos autores WADLEIGH y GAUCH (1.944) sobre guayule -una planta productora de caucho- mientras que en otro trabajo WADLEIGH et al. (1.951) encuentran para césped que el efecto de los distintos cationes -excepto en el caso del bicarbonato sódico- es prácticamente idéntico.

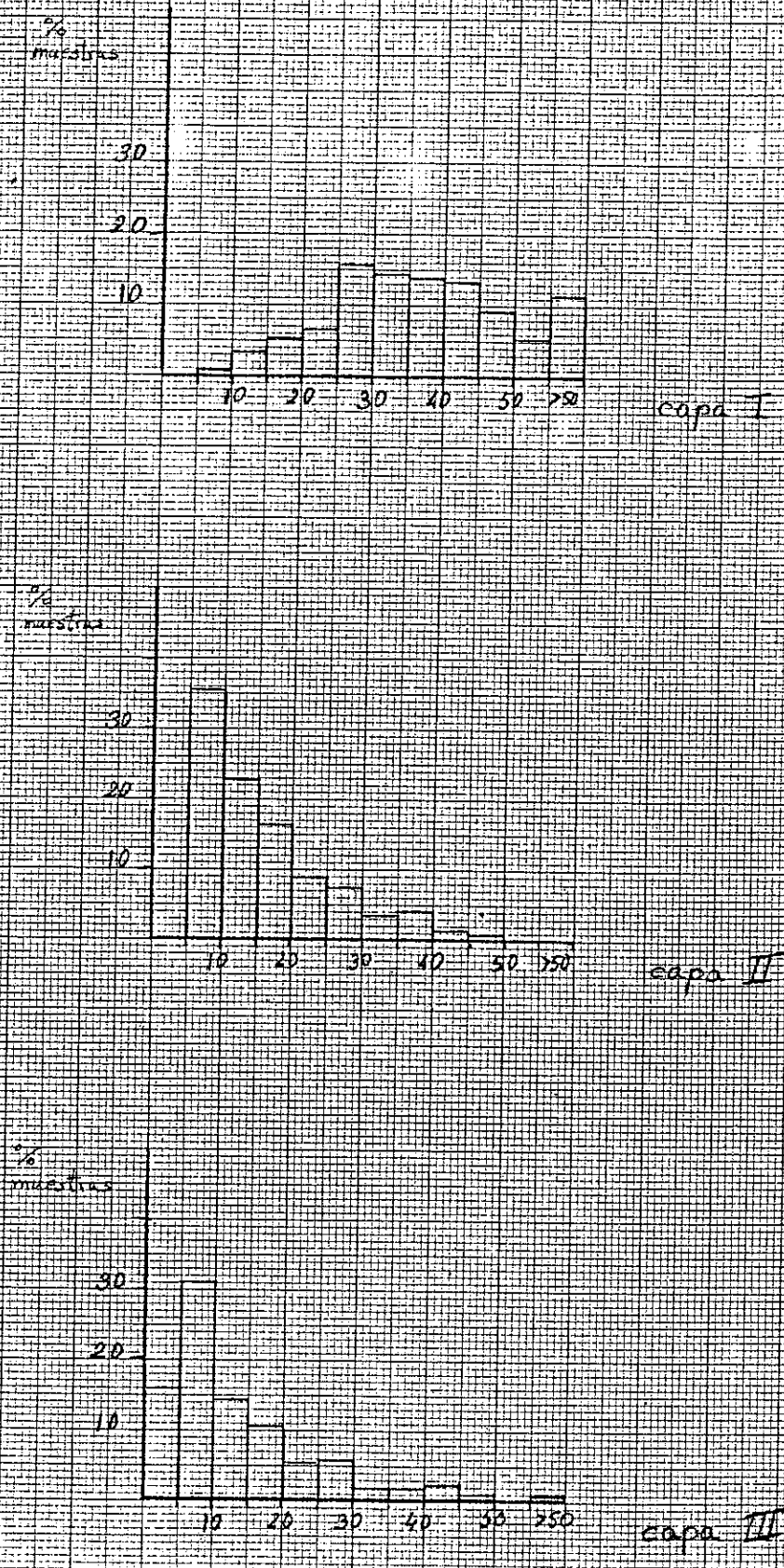


Fig. 8.- Distribución de K en las capas I, II y III.

También el efecto tóxico de los iones Mg ha sido puesto de manifiesto por algunos autores relacionando el crecimiento de las plantas con el % de saturación del complejo de cambio del suelo con Mg. Así PAUL y THORNHILL (1.969) encuentran un fuerte descenso en la longitud de las raíces de crisantemo cuando el complejo de cambio del suelo (turba) superaba el 80 %, y MOUGENOT y GALLEZ (1.973) estudiando el comportamiento del ray-grass encuentran un fuerte descenso en los rendimientos para un % de saturación en Mg superior al 50 % de la capacidad de cambio de cationes.

No obstante, la bibliografía más frecuente sobre el efecto de niveles altos de Mg en suelos, sobre las plantas, es la relacionada con los suelos sobre serpentinas, en los que a pesar de que pueden coexistir problemas de toxicidad por elementos pesados, los problemas fundamentales y decisivos son debidos a desequilibrios fuertes en las relaciones Ca/Mg (KRUICHEBERG, 1.954; EPSTEIN, 1.972), lo que concuerda con los hechos citados anteriormente y con los resultados obtenidos experimentalmente en los que mejoraban los rendimientos por simple modificación de la relación Ca/Mg y de los que hablaremos a continuación.

KRAUSE (1.958), para suelos derivados de serpentinas, resume un buen número de publicaciones en una tabla de frecuencia de relaciones Ca/Mg; su cuadro de valores expresados esta vez en cociente Ca/Mg en gramos lo damos a continuación para que sirva de comparación con nuestros valores:

Suelos sobre serpentinas, número de muestras	Relación Ca/Mg en g/g
17	0,16
14	0,17 - 0,33
16	0,34 - 0,50
11	0,51 - 0,67
2	0,68 - 0,84
1	0,55 - 1,01
1	1,02 - 1,18
0	1,19 - 1,35

Estos suelos que, han sido estudiados por su falta de productividad, a pesar de que en muchos casos por sus propiedades físicas y morfológicas se clasificarían entre los suelos de elevada productividad, presentan paralelismo en muchos aspectos con lo que aparece en la zona más afectada por los polvos, especialmente en lo referente al comportamiento de la vegetación.

Según KRUCHEBERG (1.954), en suelos sobre serpentinas el grado de saturación en Ca es el factor más importante y el que decide el crecimiento normal de las plantas, y una razón para explicar la existencia de endemismos sobre estos suelos es la capacidad para obtener calcio a partir de bajos niveles en el suelo. Otras razones, EPSTEIN (1.972), pueden ser: la capacidad de excluir el Mg y la de tolerar altas concentraciones internas de Mg.

El Ca a niveles de deficiencia condiciona según WYN JONES y LUNT -- (1.967) una falta de crecimiento de las raíces de las plantas; para estos autores la explicación de este efecto puede residir en que el Ca evita la toxicidad de otros iones; K, Mg y otros microelementos. También PAUL y THORNHILL (1.969) encuentran en sustratos de arena y turba una relación inversa entre el crecimiento de las raíces de crisantemo y el porcentaje de saturación con Mg.

En el caso específico de toxicidad por magnesio, PROCTOR (1.970) encuentra que en cultivos hidropónicos adiciones tan bajas como de 0,5 ppm de Ca⁺⁺ a una solución que contiene 10 ppm de Mg son suficientes para producir una mejora sustancial en síntomas debidos a toxicidad. Asociado a la deficiencia en calcio se produce un descenso en la formación de fruto y semilla. También HEWIT (1.963) describe el colapso del óvulo con necrosis de cotiledones embrionarios etc., en habas, guisantes y judías con de



ficiencia en calcio. Esta pudiera ser una razón más que ayudase a explicar la abundancia de gramíneas en la proximidad de la fábrica, al reproducirse más por estolones, frente a plantas que lo hagan por semilla. En esto coincide HAJDUK (1.963).

Estas características de la vegetación que vemos en zonas con serpentininas las encontramos en la zona afectada por los polvos de la fábrica; los pinos mantienen un desarrollo y vigor casi normales mientras que otros árboles de hoja ancha como los robles, sauces, etc. presentan síntomas evidentes de toxicidad. Especialmente sensibles resultan los frutales: nogal, ciruelo, peral y manzano en orden de mayor a menor sensibilidad.

Esta coincidencia en lo señalado entre los suelos derivados de serpentininas y las condiciones de las proximidades de la fábrica viene reforzada por los estudios llevados a cabo sobre comportamiento de ciertas especies vegetales en suelos "serpentinizados"; serpentinización que ha consistido en lavar un suelo con soluciones que contengan Mg para que éste desplace al Ca hasta niveles deseados; es decir exactamente lo que sucede en la zona de influencia de la fábrica.

De las relaciones entre los tres elementos Ca, Mg y K las más minuciosamente estudiadas en la bibliografía son las de Ca/Mg y Mg/K por los problemas que se presentan fundamentalmente en lo relacionado con la deficiencia de magnesio en unos casos por exceso de calcio y en otros por exceso de K en suelos fuertemente fertilizados para cultivos intensivos en los que se busca calidad de cosecha.

Se admite generalmente que la relación Ca/Mg para muy variados extractantes tiene su valor óptimo entre 5 y 8, expresado el cociente en miliequivalente de cationes; 8 - 13 el cociente entre gramos de elementos que -

son las unidades que aquí se emplean: BEAR et al. (1.951); BEAR y TOTH (1.948); MEHLICH (1.948) y el mismo en colaboración con COLEMAN (1.952), con REED (1.948-a,b) y con BAIRD (1.950); JOHNSON et al. (1.957); GRAHAM (1.959); WIKLANDER (1.960); ADAMS et al. (1.962); KERANEN y JOKINEN (1.964); Mc LEAN y FINN (1.967); SCHMID (1.967).

La figura nº 9 da los histogramas de frecuencia de la relación Ca/Mg en g/g para las medias ponderadas de las muestras, separadas las zonas N y S respecto de la fábrica.

De ella se deduce que prácticamente ninguno de los suelos entra en el intervalo de relación Ca/Mg consideradas como óptimas. También cabe señalar que comparativamente las relaciones Ca/Mg más altas corresponden a los suelos del N de la fábrica donde están los que tienen relaciones Ca/Mg dentro de los intervalos considerados óptimos, efecto que se ha demostrado ha sido producido por los aportes de Ca procedentes de la fábrica de cementos.

La relación Mg/K considerada como ideal, se sitúa entre 3 y 4 en cociente de miliequivalentes lo que representa entre 2 y 3 para los expresados en gramos. En este sentido se manifiestan BATEY (1.967); BOON et al. (1.966) para manzanos; valores más altos los consideran adecuados TINKER y SMILDE (1.963) para palma y YAMASAKI et al. (1.956). Valores por debajo de 1,2 en g/g los consideran BEAR et al. (1.951) como valores para los cuales pueden producirse deficiencias de Mg por un exceso de K y con ellos coinciden IGARASHI et al. (1.964), que consideran que para avena, valores de relación $\frac{\text{Mg}}{\text{K}}$ en g/g inferiores a 0,5 provocan síntomas de deficiencia en Mg y HOOPER (1.967) que para pastos recomienda valores de relación $\frac{\text{Mg}}{\text{K}}$ superiores a 1,2.

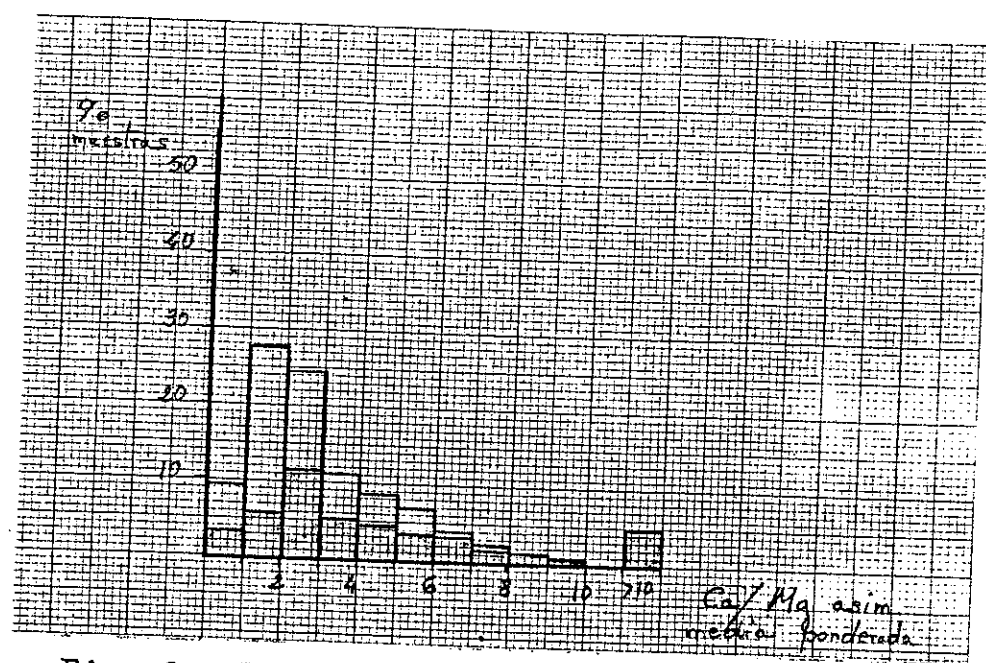


Fig. 9.- Distribución de frecuencias de relación Ca/Mg asimilables (media ponderada). La zona sombreada corresponde a la zona N. (filas A a J).

Para nuestros suelos, la relación Mg/K presenta una distribución de frecuencia asimétrica positiva en la que se reconoce el efecto del Mg -- adicionado por el polvo (Figura nº 10). Los valores más frecuentes, entre 0 y 5 comprenden a los señalados más arriba como óptimos y el resto (el otro 50 % de las muestras) presenta relaciones Mg/K muy elevadas. Evidentemente las muestras con relaciones bajas Mg/K se corresponden a las zonas poco afectadas por los polvos de la fábrica.

Las relaciones Ca/K también tienen asignados niveles óptimos; MEHLICH y REED (1.948) los sitúan entre 18 y 36 para avena y fleo y para las leguminosas alfalfa y trébol rojo entre 18 y 29; estos valores coinciden con los hallados por STRASMAN et al. (1.958) que los sitúan entre 25 y 35. (Las relaciones entre miliequivalentes para estos elementos son aproximadamente las mismas que las relaciones en gramos).

El histograma de la figura nº 11 muestra que las condiciones de la zona se separan fuertemente de las consideradas como óptimas. Sólo el 20 % de las muestras tienen una relación Ca/K iguales o superiores a las óptimas. El 80 % restante señala con los bajos valores de esta relación la necesidad de adicciones de iones Ca. También en esta gráfica se puede ver que los suelos de la zona N están más desplazados en el sentido de mayores valores de la relación, que los de la zona S.

Con estos histogramas de frecuencia de cada una de las relaciones y su discusión respecto a los valores que se consideran como óptimos, se ha intentado reunir la información disponible de una manera general para toda la zona; pero sabemos ya, que los suelos con estas relaciones no se distribuyen al azar sino que su distribución viene condicionada por la proximidad a la fuente de contaminación.

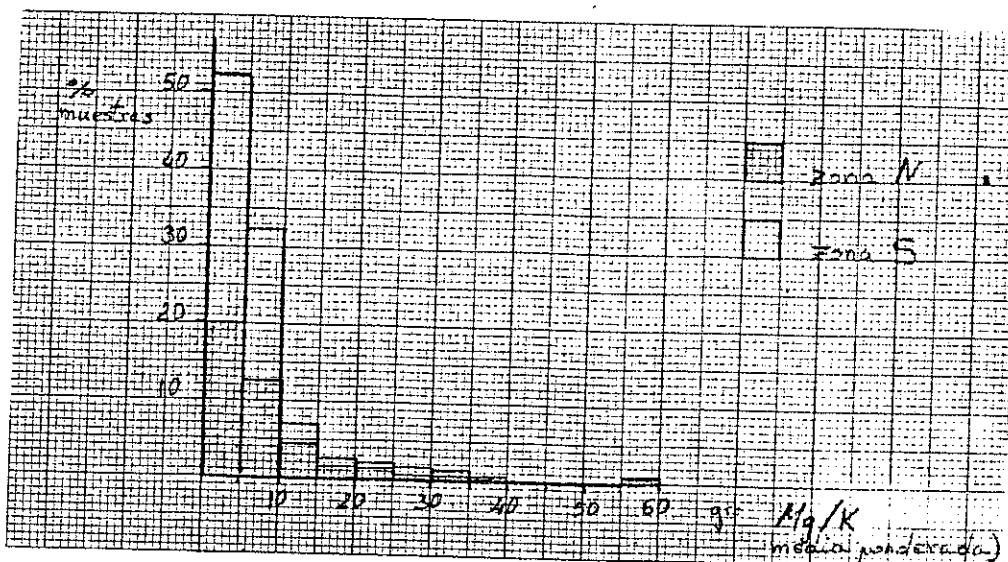


Fig. 10.- Distribución de frecuencias de la relación Mg/K asimilables (medias ponderadas).

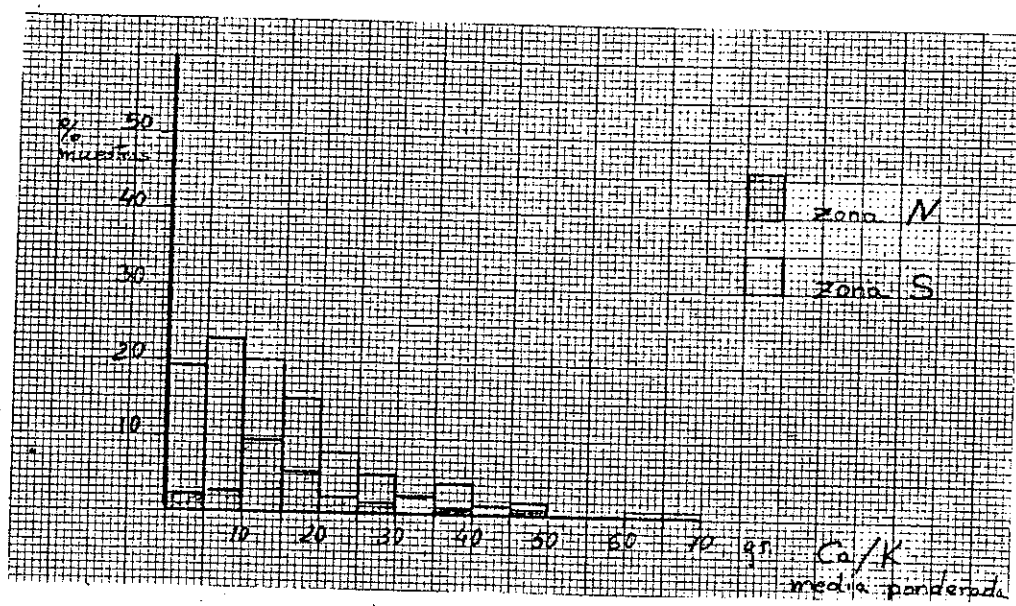


Fig. 11.- Distribución de frecuencias de la relación Ca/K asimilables (medias ponderadas).

Los mapas n^{os}. 2, 3 y 4 de distribución de los valores de Ca, Mg y K asimilables muestran esta relación con la posible fuente de contaminación.

De su observación es fácil comprender que las relaciones Ca/Mg y Mg/K vendrán fuertemente influenciadas por la distancia a que se encuentre el área de la chimenea de la fábrica, mientras que la relación Ca/K dependerá más de la otra fuente de contaminación.

Otra razón adicional de daño a las plantas, que no sigue el intermedio del suelo, es el caústico directo sobre las hojas o a través de la asimilación del Mg directamente por las mismas a partir del polvo caído sobre ellas.

La cantidad de Mg asimilado por este mecanismo depende de características del polvo (composición química y mineralógica, tamaño de partículas, concentración, etc.), de características de la planta (especie, caracteres de la superficie, edad de las hojas, etc) y de factores del medio (tiempo de permanencia, momento del día, condiciones de humedad y temperatura, etc.) pero su cuantificación es difícil.

Evidentemente este camino refuerza el efecto tóxico del nivel de Mg que la planta toma a través del suelo. El único camino para evitar este efecto tóxico adicional es la supresión de la emisión de Mg con los humos de la factoria.

En cuanto al daño causado a los animales a través del pasto hay que distinguir dos mecanismos, el efecto directo del Mg a través del pasto en que es fácil demostrar que algunos contienen hasta 4 - 5 veces el considerado como adecuado para el ganado (1,5 g de Mg/por día para ovino y en-

tre 6,15 y 21 g de Mg por día para bovino dependiendo del peso) y un efecto adicional del magnesio que ha sido retenido por la superficie de la planta procedente del aportado por la fábrica.

En un intento de evaluar esta cantidad en un momento del ciclo vegetativo se realizó un muestreo de plantas que se analizaron antes y después de ser cuidadosamente lavadas; las conclusiones obtenidas fueron:

- a) Que hay una cierta relación, entre la cantidad de Mg que como polvo retienen los pastos y los niveles de contaminación e igualmente entre niveles de Mg retenido como polvo y el contenido de Mg asimilado por la planta.
- b) Que en el momento del muestreo, la cantidad de Mg retenido como polvo sobre la parte aérea del pasto vino a representar otra cantidad equivalente al Mg fisiológico del forraje.

No obstante la cantidad retenida depende de condiciones del pasto y de las condiciones climáticas anteriores (difíciles de evaluar independientemente) por lo que es prácticamente imposible el establecer una cuantificación de este parámetro.

La supresión de la emisión de humos por la factoria será la mejor garantía de que los animales que pasten en las cercanias no reciban daño imputable a este mecanismo.

ANIMALES GRANDES	Producto	Dosis laxante		Dosis purgante		Bibliografía	
		g de producto	g de Mg	g de producto	g de Mg		
ANIMALES GRANDES	Vacas	Mg (OH) ₂	50	15	100 - 150	31 - 46	Drion et al. 1.973 " " The Merck Veter. Manual 1.973
	Terminos	" 2	20 - 25	6 - 8	40 - 75	12 - 24	
	Grandes animales	SO Mg 7 H ₂ O	-	-	250 - 500	25 - 50	
	Vacas	Mg ⁴ (OH) ₂	10 - 25	4 - 10	450 - 900	140 - 280	
	Caballos jóvenes	CO Mg 3H ₂ O Mg (OH) ₂	5 - 30	3 - 18	---	---	
	Rumiantes grandes	Mg ³ O anh.	5 - 20	3 - 12	---	---	
	Caballos	"	5 - 10	3 - 6	---	---	
	Mulas y asnos	"	---	---	---	---	
	Bueyes	SO Mg 7H ₂ O	---	---	500 - 1.000	50 - 100	
	Caballos y vacas	" ⁴	---	---	250 - 600	25 - 60	
ANIMALES MEDIANOS							
ANIMALES MEDIANOS	Corderos	Mg (OH) ₂	10 - 25	3 - 8	20 - 45	6 - 14	Drion et al. 1.973 " " " " Litter 1.970 " " " " " " " " " " " " Litter 1.970
	Cerdos	"	2 - 5	0,6 - 1,5	4 - 15	1,2 - 4,5	
	Animales medianos	SO Mg 7H ₂ O	---	---	50 - 100	5 - 10	
	Cerdos y cabras	Mg ⁴ O anh.	1 - 4	0,6 - 2,4	---	---	
	Cerdos y ovejas	SO Mg 7H ₂ O	5 - 10	0,5 - 1	15 - 40	1,5 - 4	
	Hombres	" ⁴	---	---	10 - 30	1 - 3	
	"	"	---	---	5 - 15	1 - 3	
	"	SO Mg anh.	---	---	10 - 15	6 - 9	
	"	Mg ⁴ O anh.	3 - 5	1,8 - 3	3 - 15	1,8 - 9	
	"	"	---	---	---	---	
ANIMALES PEQUEÑOS							
ANIMALES PEQUEÑOS	Perros	Mg Cl ₂ 6H ₂ O	2 - 6	0,24 - 0,72	5 - 15	0,6 - 1,8	Drion et al. 1.973 " " " " The Merck Veter. Manual 1.973
	"	Mg (OH) ₂	1 - 5	0,3 - 1,5	2 - 15	0,6 - 4,5	
	Animales pequeños	SO Mg 7H ₂ O	0,5 - 5	0,05 - 0,5	10 - 50	1 - 5	
	Gallinas	Mg ⁴ (OH) ₂	---	---	4,5 - 6	1,4 - 1,9	
	Perros	CO ₂ Mg 3H ₂ O Mg (OH) ₂	0,1 - 1	0,04 - 0,4	---	---	
	"	Mg Cl ₂ H ₂ O	---	---	5 - 15	0,6 - 1,8	
	Perros y gatos	Mg O anh.	0,2 - 1	0,12 - 0,6	---	---	
	Perros	SO Mg 7H ₂ O	---	---	10 - 25	1 - 2,5	
	Gatos	" ⁴	---	---	2 - 5	0,2 - 0,5	
	Aves corral	"	---	---	1 - 2	0,1 - 0,2	

PLANTEAMIENTO DE LA RECUPERACION

De acuerdo con todo lo anterior, y a la vista de las nuevas condiciones que se presentaran tras la supresión de la emisión de humos, quedan claramente por resolver los efectos sobre el suelo, el cual ha acumulado en los años anteriores de funcionamiento de la fábrica cantidades variables de los polvos emitidos, y que de no hacerlo actuaría sobre la vegetación que soportan.

La intensidad de los procesos modificadores de las condiciones del suelo han quedado recogidas en el mapa de isoniveles de contaminación; a las áreas separadas en este mapa referiremos todos los tratamientos y condicionamientos necesarios para la recuperación de los suelos.

A la vista de las modificaciones introducidas en los suelos, cuya naturaleza e intensidad hemos visto más arriba basaremos el esquema de recuperación en los siguientes cuatro puntos:

- a) Homogeneización del suelo.
- b) Correcciones del pH.
- c) Corrección de las relaciones Ca/Mg/K
- d) Microelementos.

a) Homogeneización del suelo

Como consecuencia de las condiciones en que tienen lugar el aporte de los polvos y las condiciones de aprovechamiento muy frecuente en la región, el prado semipermanente, para el cual no se llevan a cabo labores de volteo y homogeneización de los suelos -habituales en otros tipos de aprovechamiento- se producen fuertes variaciones en características de los suelos entre las diversas capas de los mismos que condicionan su productividad.

La distribución de valores de pH en agua para cada una de las capas muestreadas figura nº 1 da una idea de esta variabilidad.

En el mismo sentido apuntan las distribuciones de frecuencia de Ca o Mg asimilables en las figuras nºs. 2 y 12 en que quedan recogidas las distribuciones de frecuencia de ambos elementos para cada una de las capas.

Resulta evidente que una práctica que ha de llevarse a cabo es el volteo y homogeneización de las distintas capas unas veces como práctica normal y otras como necesidad para evitar que valores altos de pH en las capas superiores puedan provocar, por causticidad, lesiones importantes a las plantas en los primeros estadios de crecimiento cuando se reproducen por semilla.

También parece evidente que las plantas tendrán problemas especiales de adaptación cuando entre las capas del volumen de suelo que explotan, existan diferencias tan considerables en contenido en elementos asimilables como las encontradas en estos suelos. WATENPAUCH (1.936).

El resultado final de esta homogeneización puede preverse en lo referente a los parámetros aquí considerados a través de las medias ponderadas que tienen en cuenta el espesor real de las capas participantes en la muestra. Estos valores presuponen, desde luego, una perfecta homogeneización de los mismos en el campo.

Los valores de pH de las medias ponderadas figura nº 13 muestran ya unos intervalos de variación más reducidos que el conjunto de las capas (5 a 9) frente a (4,5 - 9,5) y simultáneamente los intervalos más frecuentes pasan a ser los más adecuados para la mayoría de las cosechas (pH 6 a 7).

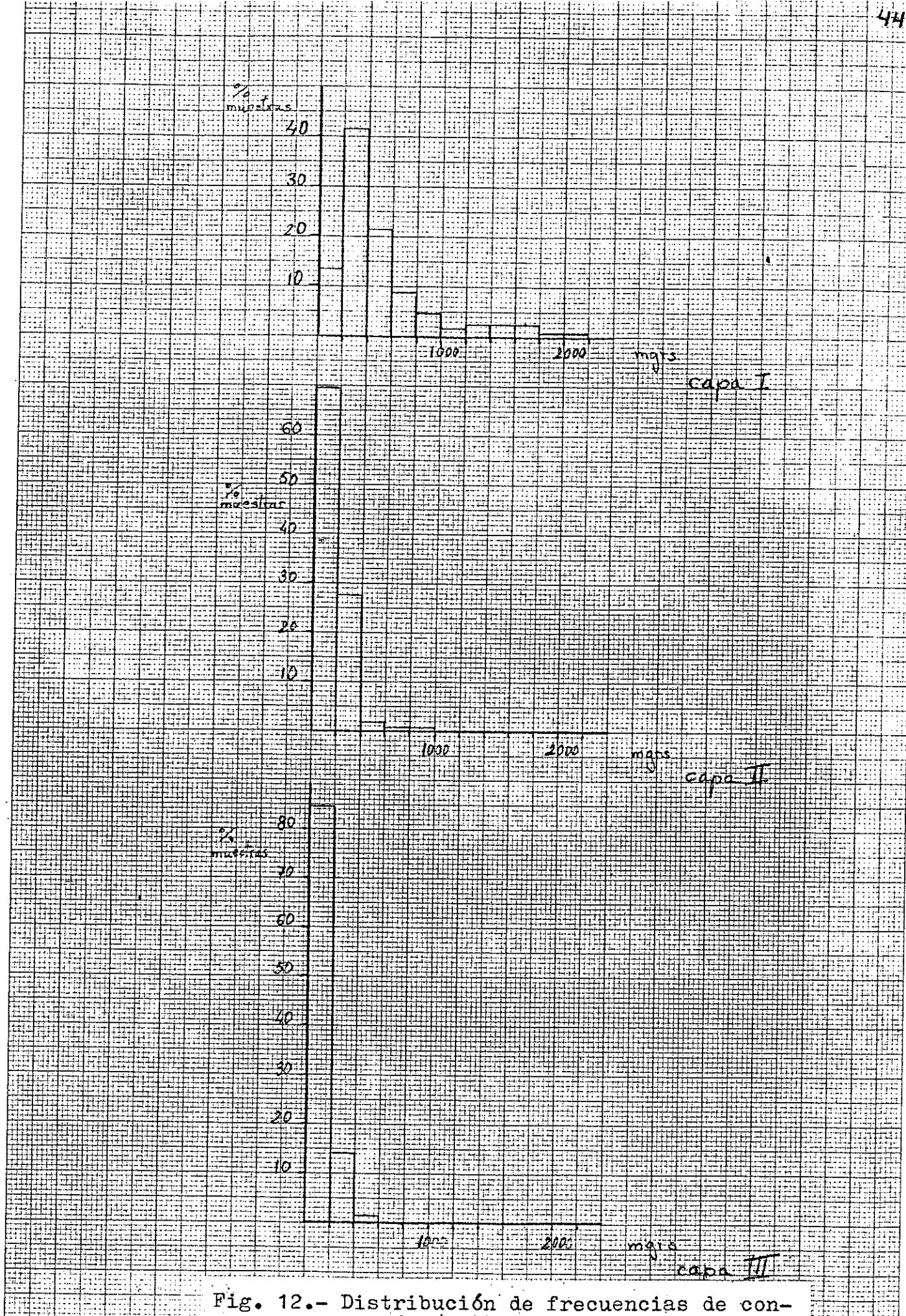


Fig. 12.- Distribución de frecuencias de contenido en Ca asimilable en las capas I, II y III.

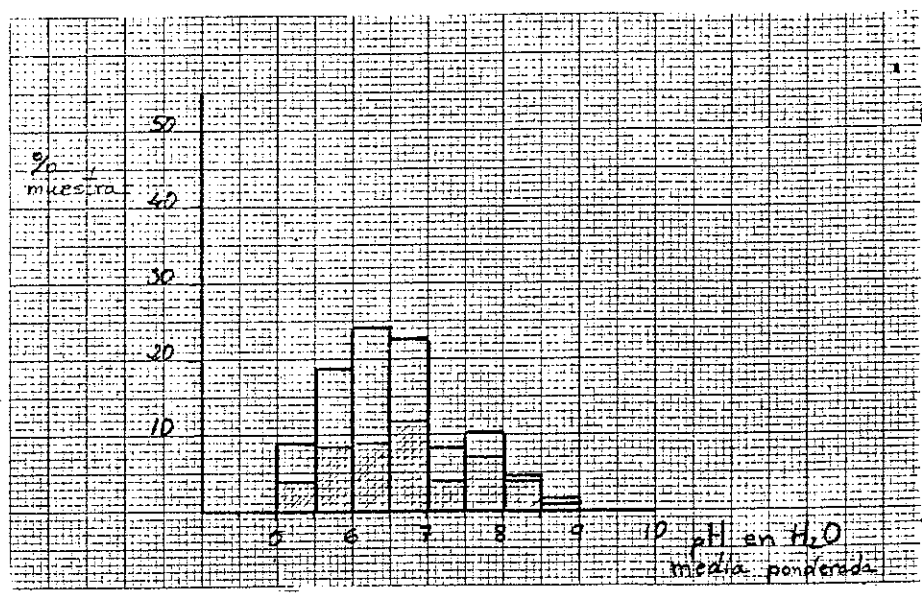


Fig. 13.- Histogramas de frecuencias de pH en H₂O (medias ponderadas).

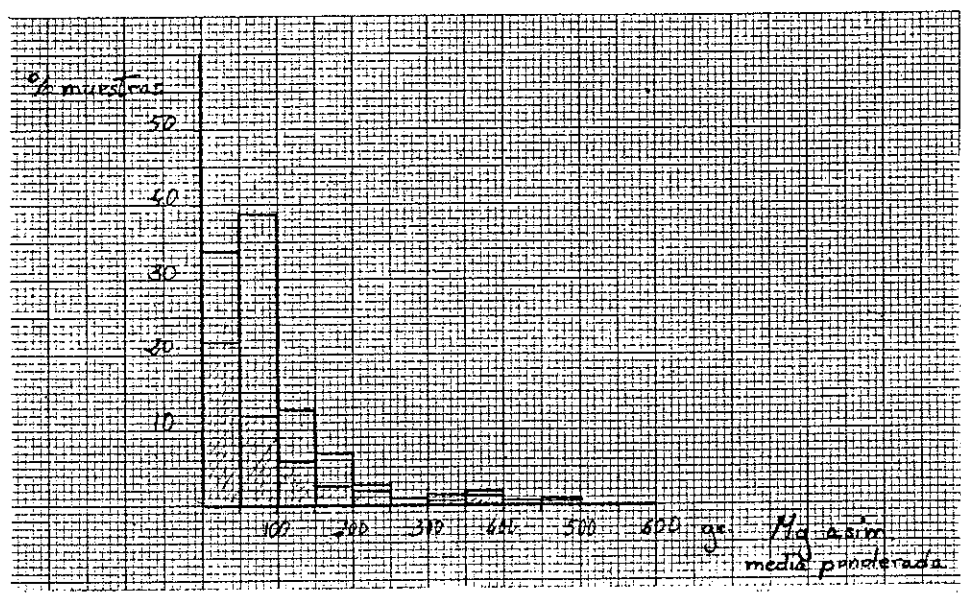


Fig. 14.- Histograma de frecuencias de Mg asi milable (medias ponderadas).

El mapa de pH en agua de medias ponderadas (nº 5) nos da la distribución de estos valores de pH en el área si se llevase a cabo totalmente el volteo y homogeneización de los suelos hasta los 52 cm. de profundidad o hasta la profundidad que se pueda alcanzar en el muestreo. Los isoniveles separados concuerdan con los límites de los intervalos en el histograma de las medias ponderadas.

Para el Mg el volteo y homogeneización conduce a una reducción del intervalo total de variación especialmente respecto de la capa I. De todos modos, los valores más frecuentes de Mg asimilable son los suficientemente elevados como para necesitar otros tipos de corrección además del volteo.

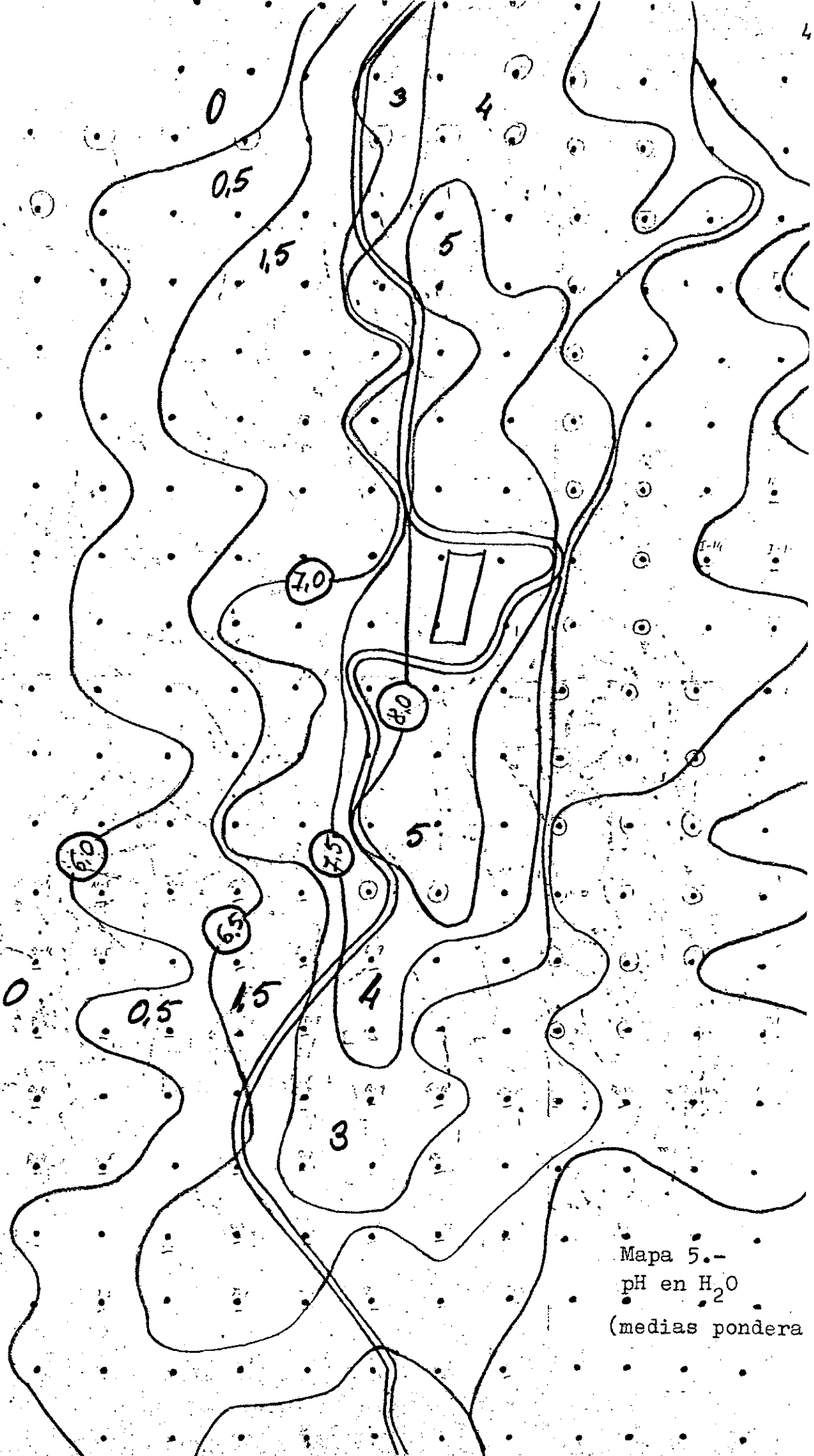
La figura nº 14 da los histogramas de frecuencia de Mg asimilable, medias ponderadas y el mapa nº 6 da la distribución del magnesio asimilable resultante de esta homogeneización.

El histograma de las medias ponderadas para el Ca figura nº 15 muestra también respecto de la capa I una gran reducción en el intervalo de variación.

En cuanto a niveles absolutos el 70 % de los suelos presentan valores de Ca asimilable por debajo de los 200 mg. El histograma de medias ponderadas muestra también claramente el efecto de acumulación de calcio en la zona al N de la fábrica como consecuencia de los aportes de la fábrica - de Cementos del Noroeste.

El mapa nº 7 muestra claramente la distribución espacial del Ca asimilable y el efecto de la fábrica de cemento sobre la zona N.

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
V
X



Mapa 5.-
pH en H₂O
(medias pondera

INTERVALOS

< 50	mg/100 S
50 - 100	mg/100 S
100 - 150	mg/100 S
150 - 200	mg/100 S
> 200	mg/100 S

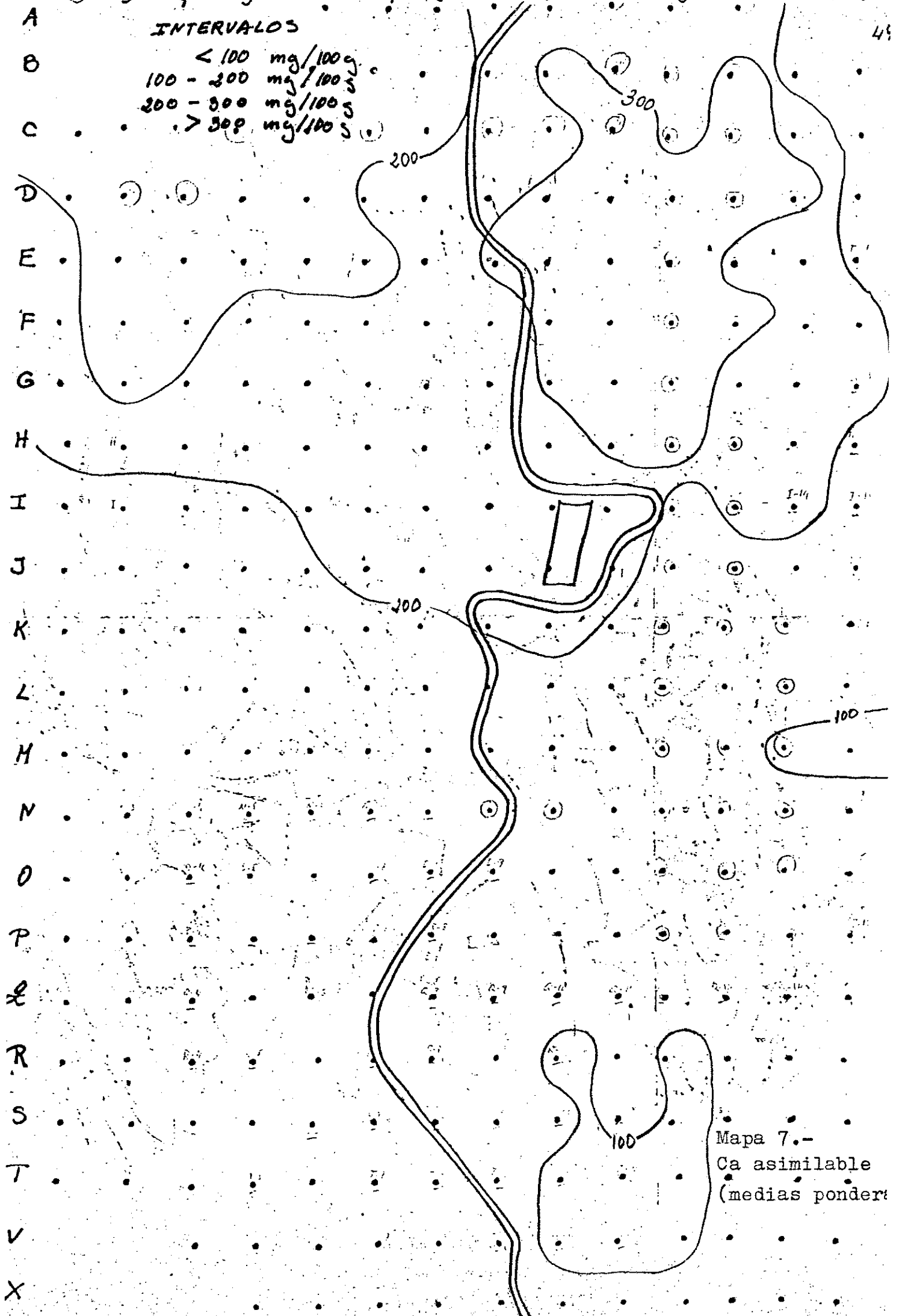
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
V
X



Mapa 6.-
Mg asimilable
(medias ponderadas)

INTERVALOS

- < 100 mg/100g
- 100 - 200 mg/100g
- 200 - 300 mg/100g
- > 300 mg/100g



Mapa 7.-
Ca asimilable
(medias pondera

La figura nº 8 da para el K asimilable, los histogramas de frecuencias por capas y la figura nº 16 el histograma de frecuencias de la media ponderada resultante de la homogeneización. El mapa nº 8 la distribución es normal.

Finalmente hemos de señalar la importancia que debe tener el laboreo adecuado para conseguir una buena homogeneización del suelo. Su importancia es tanto mayor cuanto más alto es el nivel de contaminación porque por un lado las diferencias entre capas son mayores y por otro los niveles de contaminación que pueden producir en las cosechas por falta de homogeneización más importantes.

En olvidar que el empleo de determinada maquinaria depende de las condiciones de topografía y suelo se recomienda para una buena homogeneización al menos una pasada de subsolador (otra en sentido transversal mejor para la homogeneización), un pase de vertedera en sentido transversal al subsolado y finalmente varios pases de grada de discos o cultivador. Este proceso deberá repetirse, si los cultivos lo permiten, al menos durante dos años más.

Para algunas zonas la homogeneización, debe ir precedida de una separación de la capa superior del suelo en la que la concentración de Mg es tan elevada que no es recomendable su incorporación al mismo.

El área a la que hay que circunscribir esta actuación se da en el mapa nº 9 en el que se han considerado tanto la existencia de altos valores de Mg como la existencia de una costra formada por el polvo más o menos durada.

El método, más adecuado sería retirar la capa superior (hasta unos 5-10 cm.) con una pala niveladora.

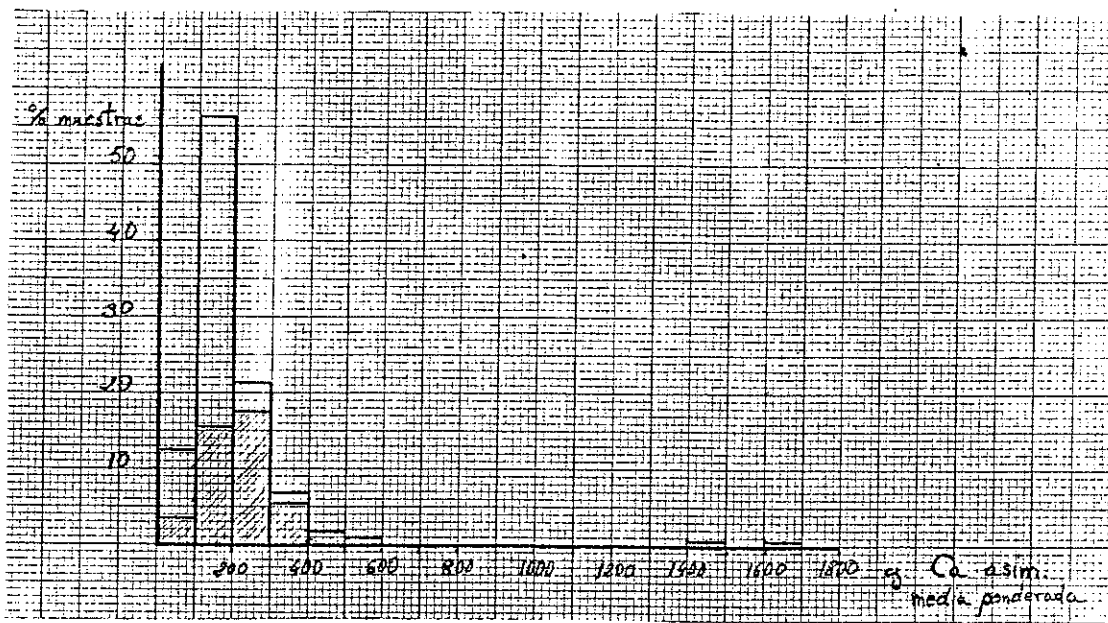


Fig. 15.- Histograma de frecuencias de Ca asimilable (medias ponderadas).

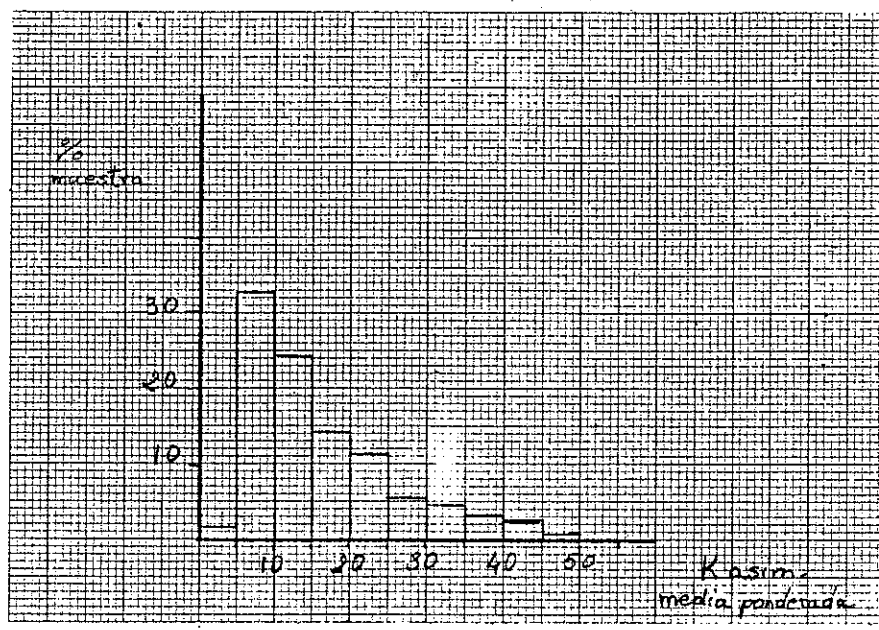
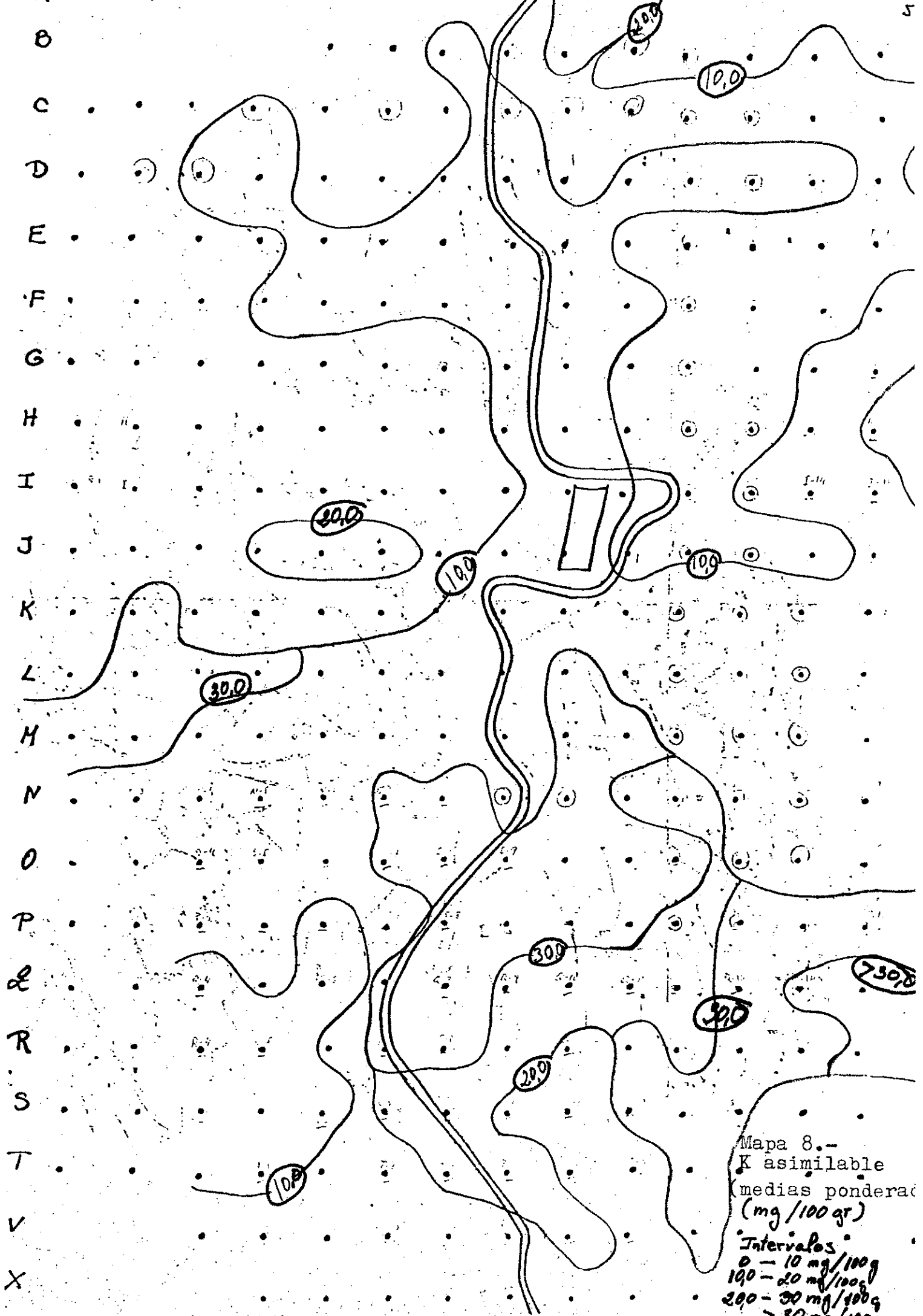
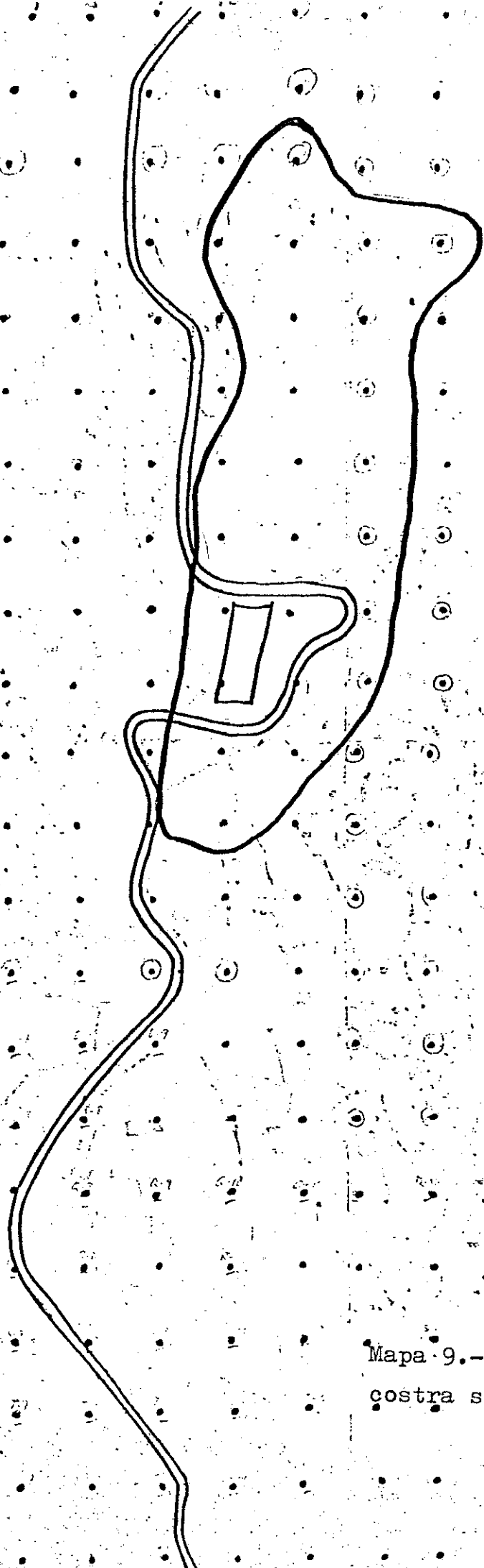


Fig. 16.- Distribución de frecuencias de contenido en K asimilable (medias ponderadas).



Mapa 8.-
 K asimilable
 (medias ponderac
 (mg/100 gr)
 Intervalos
 0 - 10 mg/100g
 100 - 20 mg/100g
 200 - 30 mg/100g
 > 30 mg/100g

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
V
X



Mapa 9.- Area con
costra superficial

b) Corrección del pH

El histograma de frecuencias de medias ponderadas de pH figura nº 13 y el mapa correspondiente nº 5 señalan la existencia de una gran variabilidad de este parámetro.

El establecimiento de un pH óptimo para los cultivos exige que hayan de realizarse correcciones en los dos sentidos, llevando unos suelos hacia el lado más ácido corrigiendo de esta manera el problema de contaminación y llevando hacia el lado alcalino otros suelos que se encuentran con valores de pH muy por debajo de los que exige una agricultura rentable.

Para el tratamiento del problema de la acidificación de los suelos seguiremos la división de la zona en dos, de acuerdo con los niveles de Ca, y que se denominaron N de la fábrica y Sur de la misma.

Para los suelos de la zona N de la fábrica, la distribución de valores de pH muestra que la frecuencia en valores altos de pH es superior al S y simultáneamente los contenidos en calcio también. Esta diferencia ~~contativa~~ el que en ambas zonas haya que actuar de manera distinta.

La zona N, alcalinizada por la acción del Ca y Mg ha alcanzado una mayor frecuencia relativa de altos valores de pH pero con una cierta reserva de Ca. En ella se recomienda una enmienda acidificante (azufre elemental u otro equivalente).

Este tipo de enmienda se justifica porque estudiando la correlación entre reserva total de Ca y Ca asimilable y entre reserva total de Mg y Mg asimilable se observa que en estos suelos y con la naturaleza de los

compuestos de Ca y Mg presentes en nuestro suelo se ponen en solución (como asimilables) unas 2 veces más Ca que Mg para igual contenido en el suelo. Ver figuras n^os. 18 y 19. Una enmienda acidificante, aún sin ser simultáneamente portadora de Ca corregirá en parte las relaciones Ca/Mg asimilables de estos suelos que alcanzarán niveles adecuados.

En la zona S de la fábrica no se puede llevar a cabo una acidificación semejante porque en estos suelos con una baja reserva de Ca y alta de Mg el ácido formado daría lugar predominantemente a la formación de sales solubles de Mg -y por tanto asimilables- que conllevaría un incremento en la toxicidad. La recuperación de esta zona se realizará a través de la mejora de la relación Ca/Mg en primer lugar y posteriormente se podría mejorar las condiciones de pH.

Esta segunda opción podría utilizarse para la zona N si el precio de la acidificación fuera muy elevado o por el tipo de cultivos que se quisiera establecer no fuese necesario una acidificación de los suelos. Como enmiendas acidificantes se pueden emplear azufre elemental, ácido sulfúrico, sulfato aluminico, de hierro o polisulfuros amónicos.

De todos los enmendantes, salvo que existan en las proximidades de la zona industrias que tengan como subproductos los enmendantes anteriores los únicos que aconsejamos emplear son el ácido sulfúrico o el azufre.

El ácido sulfúrico puede añadirse directamente al suelo pero es muy incómodo trabajar con él salvo que se disponga de un equipo adecuado semejante al que se utiliza para distribuir el amoniaco anhidro agrícola, tiene en cambio la ventaja de reaccionar inmediatamente con el suelo.

El azufre es la enmienda acidificante más usada, su utilización es cómoda y la distribución puede hacerse a voleo o con equipo de abonado adecuado.

Ca 106 P 1500

mg/100g

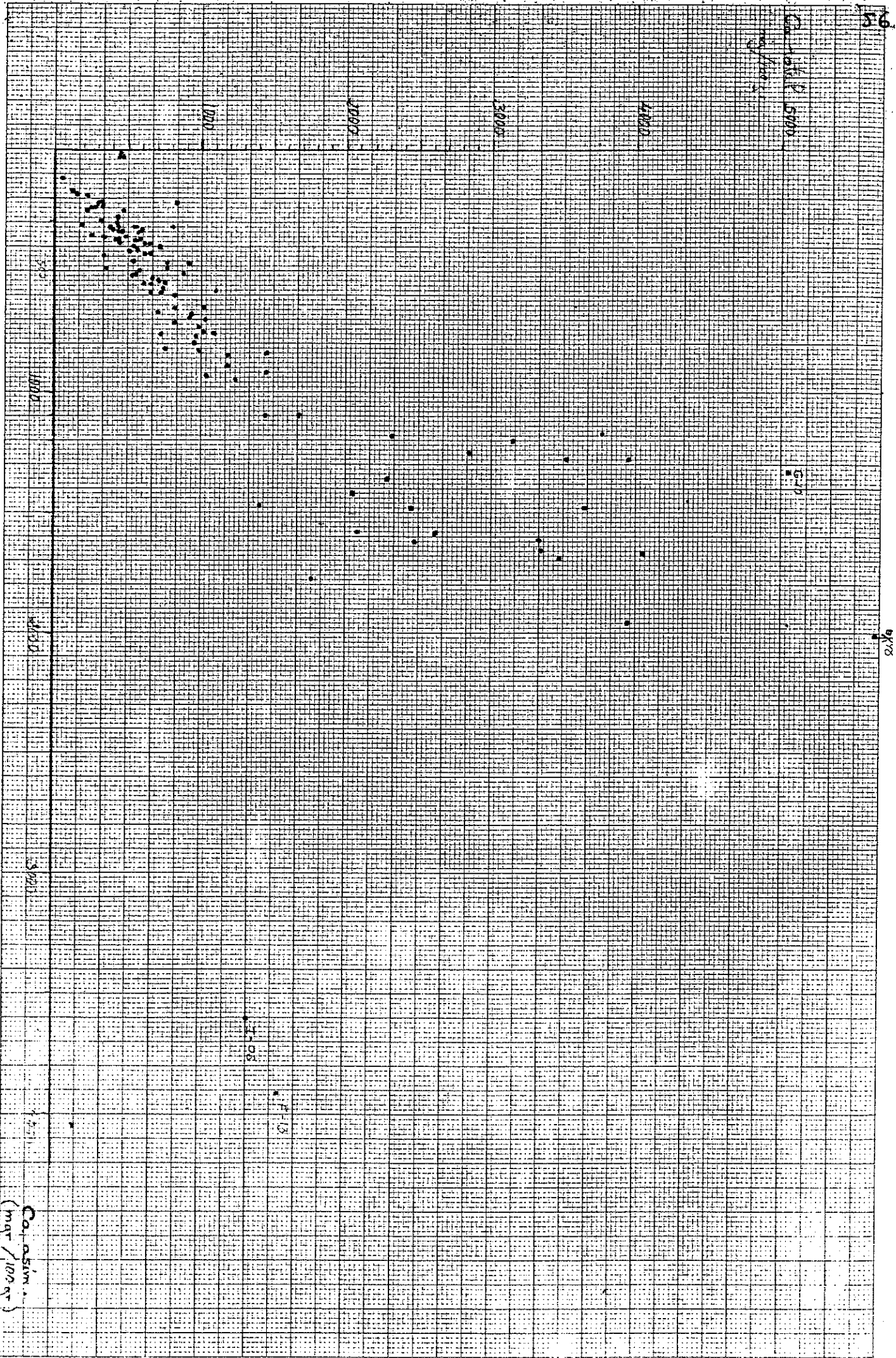
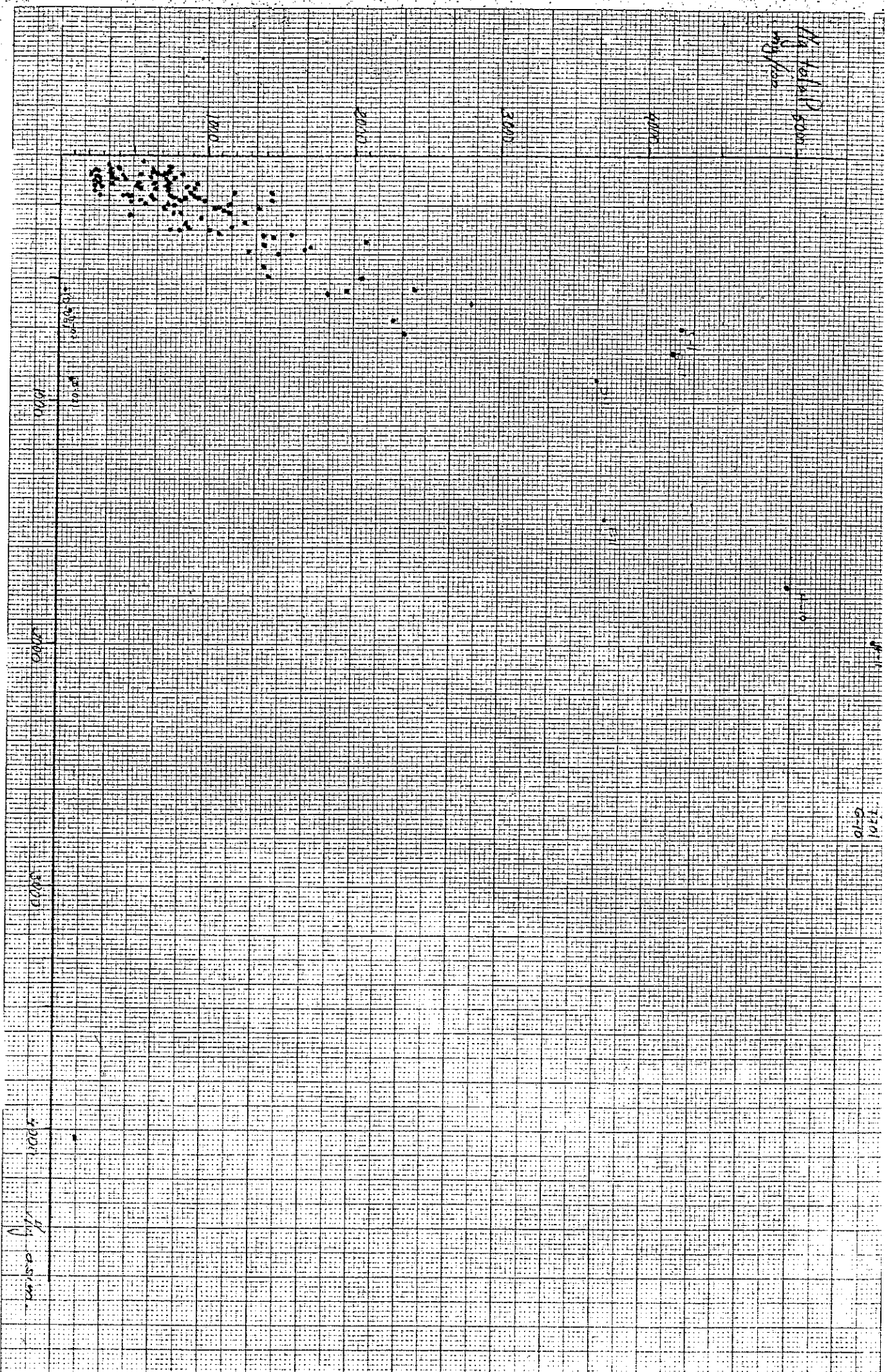


Fig. 18.- Relación entre reserva de Ca y Ca asimilable para la capa I en las muestras situadas al N de la fábrica.

Fig. 19.-- Relación entre reserva de Mg y Mg asimilable para la capa I (0-2 cm.) en las muestras situadas al N de la fábrica.



La velocidad de descomposición, en condiciones normales de los suelos de la zona, será alta y dependiendo de la humedad y temperatura en 2 ó 3 semanas puede haberse oxidado totalmente. Por ello la adición debe realizarse 4 ó 5 semanas antes del establecimiento del cultivo. (En primavera o en otoño cuando sean altas la humedad del suelo y las temperaturas, también se acelerará el efecto).

La incorporación al suelo dependiendo de la profundidad a que se quiera alcance su efecto se realizará o bien antes del arado (a 30 cm. ó más) o bien con un cultivador o grada de discos en los 10 - 15 cm. superiores.

El cálculo de las cantidades de abono acidificante se tienen que adaptar a las condiciones de los suelos de la región, ya que su poder de amortiguación gobernará la respuesta a los acidificantes (y a los enca-lantes).

Para el conjunto de los suelos, la relación entre pH del suelo y Ca + Mg asimilable en meq se da en la figura nº 20. En ella se ha ajustado - una recta entre los pH 5 a 8 intervalo entre el que esta relación se comporta como aproximadamente rectilínea.

De este ajuste podemos deducir que para rebajar en una unidad de pH en un suelo medio de la zona se necesitan unos 6 meq de ácido.

Si suponemos que cada átomo de S da lugar a la sustitución de un átomo de Ca o Mg, con el gráfico de la figura nº 21 se pueden calcular las cantidades necesarias de S (o de caliza) para llevar un suelo a los pH deseados, según sea el espesor de la capa que queramos acidificar.

La velocidad de descomposición, en condiciones normales de los suelos de la zona, será alta y dependiendo de la humedad y temperatura en 2 ó 3 semanas puede haberse oxidado totalmente. Por ello la adición debe realizarse 4 ó 5 semanas antes del establecimiento del cultivo. (En primavera o en otoño cuando sean altas la humedad del suelo y las temperaturas, también se acelerará el efecto).

La incorporación al suelo dependiendo de la profundidad a que se quiera alcance su efecto se realizará o bien antes del arado (a 30 cm. ó más) o bien con un cultivador o grada de discos en los 10 - 15 cm. superiores.

El cálculo de las cantidades de abono acidificante se tienen que adaptar a las condiciones de los suelos de la región, ya que su poder de amortiguación gobernará la respuesta a los acidificantes (y a los enca-lantes).

Para el conjunto de los suelos, la relación entre pH del suelo y Ca + Mg asimilable en meq se da en la figura nº 20. En ella se ha ajustado - una recta entre los pH 5 a 8 intervalo entre el que esta relación se com- porta como aproximadamente rectilínea.

De este ajuste podemos deducir que para rebajar en una unidad de pH en un suelo medio de la zona se necesitan unos 6 meq de ácido.

Si suponemos que cada átomo de S da lugar a la sustitución de un ato- mo de Ca o Mg, con el gráfico de la figura nº 21 se pueden calcular las cantidades necesarias de S (o de caliza) para llevar un suelo a los pH deseados, según sea el espesor de la capa que queramos acidificar.

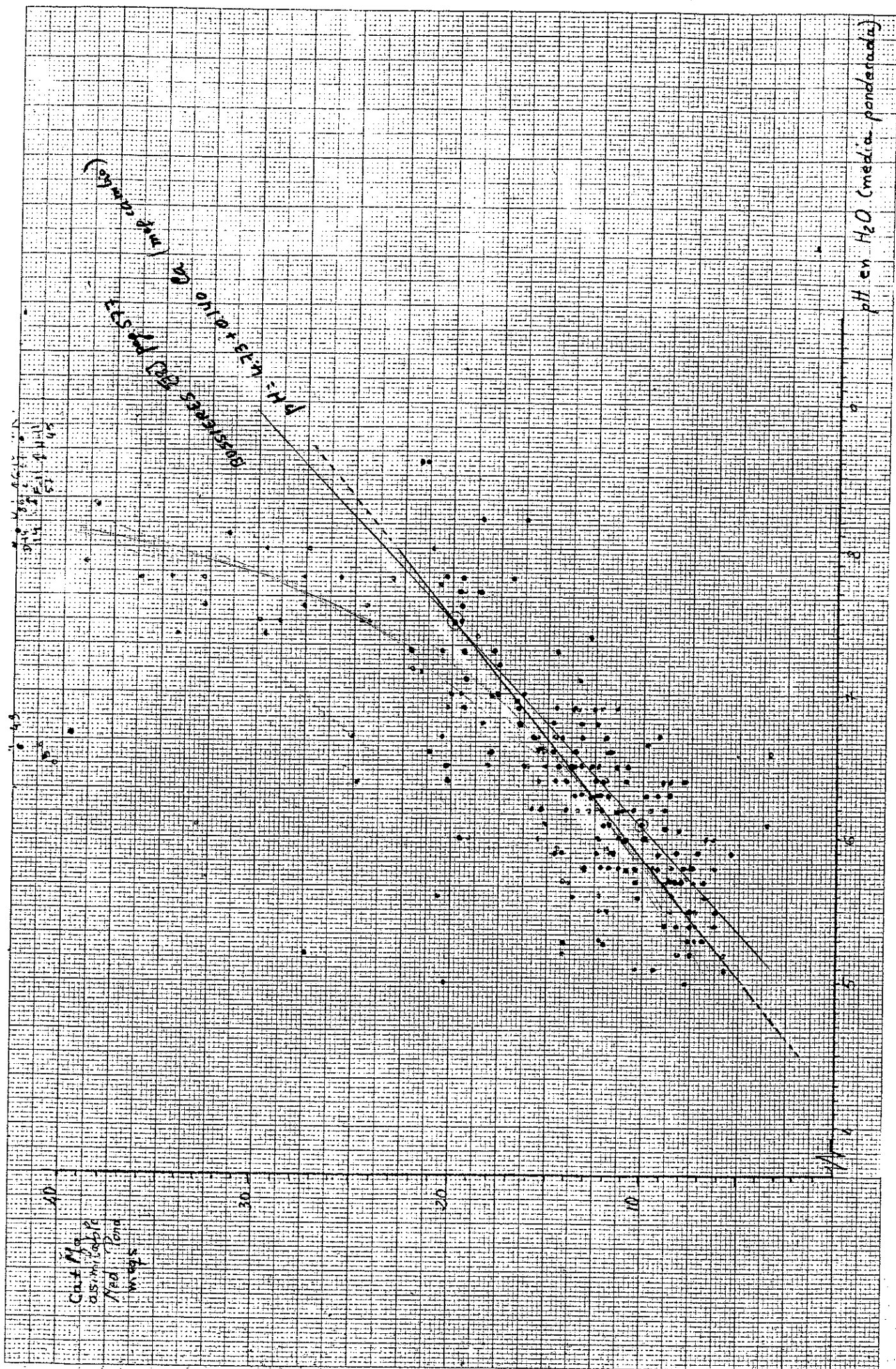


Fig. 20.- Relación entre miliequivalentes de Ca+Mg asimilables y pH en H₂O (medias ponderadas).

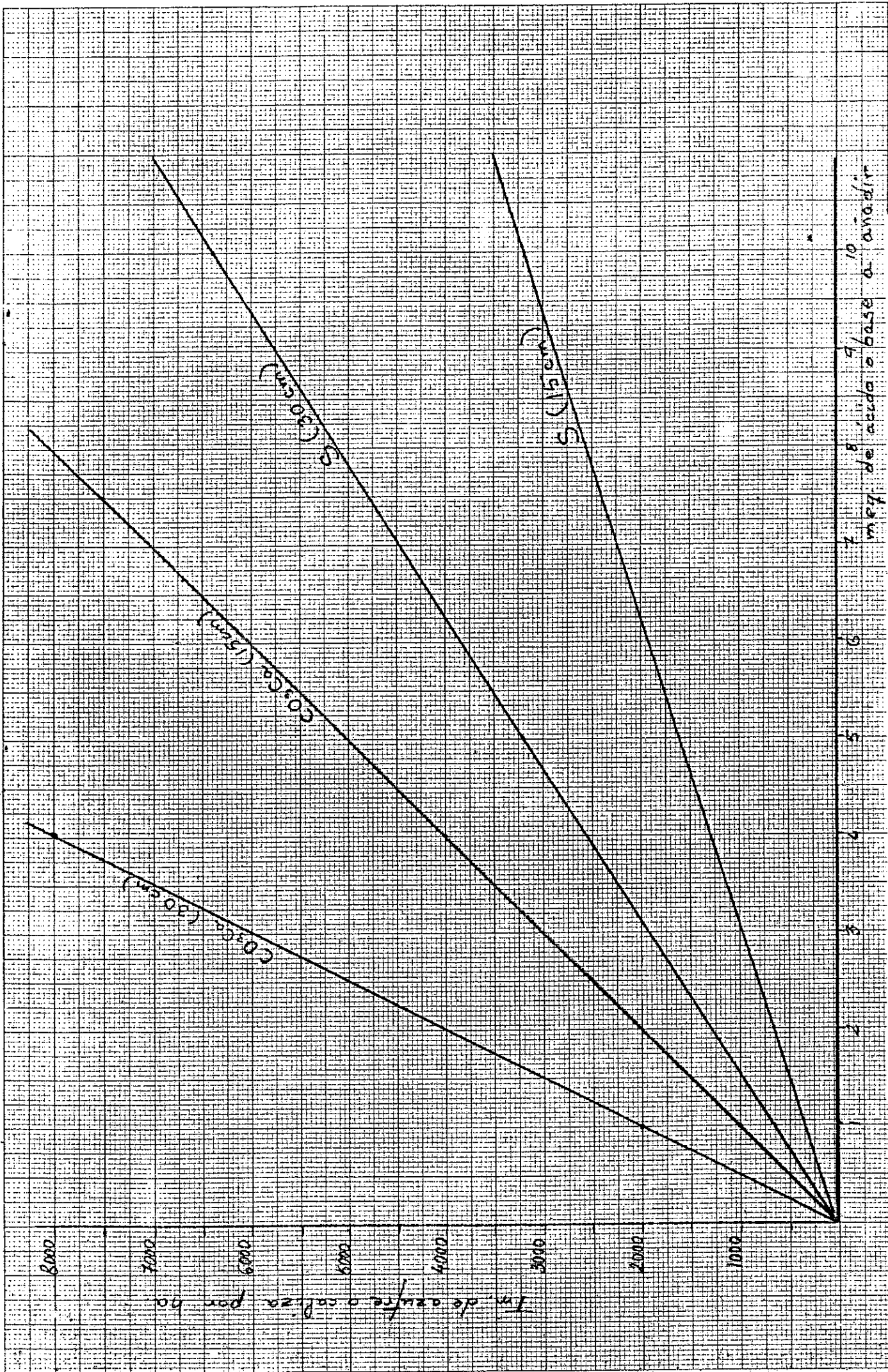


Fig. 21.- Cantidad de azufre o caliza necesarios para incrementar la acidez o alcalinidad en un cierto número de miliequivalentes.

Normalmente, se considerarán los 15 cm. superiores, en los que se puede conseguir por medios mecánicos una buena homogeneización. Con las condiciones climáticas de la zona y los laboreos de los siguientes años estos enmendantes pasarán de las capas muy profundas y se conseguirá - una buena homogeneización.

Como acidificantes también actúan determinados abonos del tipo del sulfato amónico, fosfato amónico, nitrato cálcico, etc.

El criterio usual por el que se valora la acidez o basicidad de un fertilizante se basa en la absorción deferencial del anión o catión del fertilizante por las plantas, pero también la acidez de un fertilizante puede desarrollarse durante sus transformaciones en el suelo, así los compuestos nitrogenados tales como la urea, amoniaco líquido o abonos orgánicos ricos en N, o incluso el abono verde de enterramiento de leguminosas puede producir acidez en el suelo, a través de procesos de oxidación de estos compuestos a ácido nítrico y nitrito. Por ello se comprende también que aunque el uso de abonos acidificantes pueden mejorar las condiciones de pH el control exacto del proceso es difícil porque la acidez que desarrolla un fertilizante está muy ligado a características del suelo, manejo del mismo, concentración de abono y condiciones ambientales.

No obstante esta falta de estequiometría en las reacciones, el empleo de abonos acidificantes es un buen camino para conseguir la acidificación paulatina pero continuada de los suelos que lo requieran.

Fuera de la zona contaminada, hacia los bordes de la misma, aparecen suelos con unos niveles de pH que requieren una corrección de esa acidez para aumentar su productividad a través de los rendimientos y a través de la implantación de cultivos más rentables.

La proximidad de la fábrica de cementos del Noroeste (Oural) favorecerá y abaratará sensiblemente el tratamiento de los suelos.

Las cantidades de base necesarias para neutralizar una unidad de pH pueden estimarse también a partir de la figura nº 20. El gráfico nº 21 nos da las cantidades de caliza necesarias para suministrar los miliequivalentes de base allí estimados.

Los cambios de pH que han tenido lugar en esta área, muy importantes en algunos emplazamientos, ha llevado consigo el que los agricultores encuentren diferencias fuertes en el comportamiento de los cultivos habituales anteriores. Por ello creemos que una información sobre pHs óptimos para la mayoría de los cultivos puede ayudar a que mejoren los rendimientos adecuando el cultivo al nivel de pH actual del suelo. Cuadro nº 11.

Estas tablas también ayudarán a adaptar el cultivo a los distintos niveles de pH que se vayan obteniendo a lo largo de la recuperación pues muchas veces resultará imposible conseguir un determinado pH con una sola adición de enmendantes.

c) Corrección de las relaciones Ca/Mg y Mg/K y Ca/K

Las correcciones de pH señaladas anteriormente, bien por adición de acidificantes como por encalado llevan consigo modificaciones de las relaciones entre elementos asimilables Ca y Mg en el sentido que se ha señalado allí.

Una tercera vía para conseguir la modificación de las relaciones Ca/Mg sin incluir una modificación sustancial del pH de los suelos es el empleo del yeso, que aporta cantidades sustanciales de Ca solubles. (La solubilidad del yeso viene a ser de unos 2.5 g/litro).

Cuadro no 11.- Umbrales de pH para distintos cultivos en suelos de U.S.A.

C U L T I V O S	Intervalo de pH en que se desarrollan rentablemente distintos cultivos en suelos minerales (1)	Valores mínimos considerados deseables para distintos cultivos (2)	Valor de pH máximo para el cual se ha notado un incremento en rendimiento por encalado para los distintos cultivos (3)
Alfalfa	6.3 - 7.8	6.5 - 6.8	6.5
Cereales (invierno)	--	6.0 - 6.8	--
Avena	5.0 - 7.0	--	5.0
Cebada	6.5 - 7.8	--	6.0
Trigo	5.5 - 7.0	--	--
Maiz	5.5 - 7.5	6.0 - 6.8	5.7
Patatas	5.2 - 6.5	5.1 - 6.5	5.0
Remolacha	6.0 - 7.5	6.0 - 6.8	--
Soja	6.0 - 7.0	6.0 - 6.8	6.0
Trébol gen.	--	--	6.5
Trébol rojo (prat.)	6.0 - 7.5	6.3 - 6.8	--
Veza	5.0 - 7.0	--	5.8

(1) DOLL E.C. (1.964). Lime for Michigan Soils. Mich. Agric. Exp. Stat. Ext. Bull. 471
 (2) WOODRUFF C.M. (1.967).- Crop response to lime in the undwestern V.S. Soil A.S.A. no 12.
 (3) ADAMS F.; PEARSON R.W. (1.967).- Crop response to lime in Southern U.S. and Puerto Rico. A.S.A. no 12.

El uso del yeso como enmendante de condiciones de suelo es frecuente especialmente en la recuperación de afectados por pHs altos como consecuencia de paso del Na a posiciones de cambio. El yeso como enmendante aportador de Ca en prados de trébol fue usado por Benjamin Franklin que abonaba sus pastos con yeso escribiendo la palabra "plaster" para que los que pasaban por allí notasen el efecto beneficioso del yeso.

MARTIN et al. (1.952) emplean el yeso en cantidades crecientes para corregir relaciones Ca/Mg tóxicas en suelos serpentínicos de California, consiguiendo incrementos notables en los rendimientos de heno en los - cuatro años siguientes a la adición de la enmienda, pero no en el primer año. También la avena y cebada para grano muestran incrementos en los rendimientos, así como un mejor equilibrio en las relaciones de estos elementos en sus cenizas. La veza persiste únicamente en los suelos que han recibido fuerte enmienda de yeso, desapareciendo en las demás parcelas.

Mc LEAN y FINN (1.967) estudian la recuperación de un suelo afectado por polvos industriales de una planta de calcinación de magnesita, y en experiencias en invernadero encuentran que el yeso y el azufre y ambos simultáneamente producen una mejora en el rendimiento de avena; por separado el yeso produce mayor incremento en el rendimiento que el azufre. La acción de éstas enmiendas reside en la mejora de la relación - Ca/Mg en el suelo, que se reconoce por su incremento en la planta.

Las cantidades de yeso a añadir dependen de la relación Ca/Mg existente y del contenido de magnesio asimilable en la media ponderada.

La adición de 1 mg de Ca por 100 g. de suelo a una ha. de terreno su pone para:

- 10 cm. de espesor (1.333.000 Kg.) 57 Kg. de $SO_4Ca, 2H_2O$ /ha.
- 15 cm. de espesor (2.000.000 Kg.) 86 Kg. " "
- 30 cm. de espesor (4.000.000 Kg.) 172 Kg. " "

Si estos valores los multiplicamos por 1.25 para asegurarnos la adición real de esas cantidades de calcio (compensando impurezas y pérdidas), la figura nº 22 nos da las cantidades de yeso a añadir para pasar la relación Ca/Mg de 1 a 2 y de 2 a 4 para diversos niveles de Mg asimilables y para 15 cm. de profundidad de suelo.

Las cantidades totales necesarias resultan muy elevadas y su adición en un solo año no resulta práctica. Por lo que hay que distribuirla en varios años consecutivos.

Aunque a primera vista estas cifras puedan parecer exageradas hay que tener en cuenta que si la relación media de Ca/Mg en la zona antes de la venida de la fábrica se estima en 5, para mantener la misma relación habrá que añadir 5 veces más Ca que polvo de magnesio haya caído.

Un perfecto seguimiento de las correcciones de estos problemas exigirá análisis cada 4 ó 5 años (cada 2 años en los sitios especialmente afectados) porque la evolución de las relaciones viene además afectada por la posible inmovilización de estos elementos Ca y Mg en el suelo a través de diversos mecanismos, el lavado en las condiciones climáticas de la zona y el tomado por las plantas que puede suponer unos 2.500 Kg. de Ca y 4.500 de Mg por ha. y año para los lugares de altos niveles de Mg y unos 4.000 de Ca o Mg a medida que la recuperación va teniendo lugar.

La corrección de las relaciones Mg/K modificada fuertemente por la adición de Mg se tratará en el capítulo de la fertilización dada la gran solubilidad de los compuestos de K que se utilizan lo que exige - correcciones mediante adiciones muy frecuentes.

d) Microelementos

De todos los microelementos son el B y el Co los que puede pensarse que queden más fuertemente afectados por el incremento de pH de los suelos incidiendo sobre la asimilabilidad por las plantas.

Del mismo modo los otros elementos Fe, Mn, Cu y Zn quedan afectados pero quizá de una manera menos importante.

Sin embargo, el problema de la relación Ca/Mg causa principal de los descensos en los rendimientos, es lo suficientemente importante como para que los de estos otros elementos queden enmascarados por el y no aparezcan hasta que se hayan corregido las relaciones Ca/Mg.

Quizá los primeros indicios de deficiencias en estos microelementos aparezcan en las leguminosas en relación con el boro. La sintomatología es bastante clara y por ello las determinaciones analíticas no son necesarias hasta que los síntomas de deficiencia aparezcan.

Resumiendo todas estas observaciones en hechos concretos adaptados a las diversas situaciones que aparecen en Rubián pasamos a exponer los métodos de recuperación y las normas adecuadas de manejo de los suelos, cultivos y pastos afectados.

Los enmendantes requeridos para las condiciones que se han presentado son los siguientes: Azufre, Caliza y Yeso.

La utilización de uno u otro viene condicionada por los niveles de contaminación, el valor de pH alcanzado, el precio de la unidad de calcio y el cultivo que se ha de establecer.

ZONA N DE LA FABRICA

Niveles de contaminación A, B y C.

Dados los altos valores de pH, se sugiere una enmienda acidificante a base de azufre. La reserva de Ca es alta, mayor de 400 mg de Ca por 100 g de suelo y la enmienda acidificante liberará mucho de este Ca para las plantas haciendoselo asimilable (ver figura nº 18).

La cantidad de acidificante (azufre) será igual para los tres niveles de contaminación, ya que los pHs en ellos son altos y las dosis anuales no cubren las necesidades totales más que al cabo de varios años.

Para cualquier tipo de cultivo, salvo para los muy exigentes en acidez, la *adición* se hará en los 15 cm. superiores de suelo mediante el cultivador. Es de suma importancia que la incorporación del S al suelo sea lo más perfecta posible porque esto favorece la velocidad de oxidación y en consecuencia su efectividad.

Sería conveniente un nuevo muestreo a los 3 ó 4 años de adiciones para comprobar y seguir la evolución de estos suelos.

Para los suelos con nivel de contaminación D puede utilizarse azufre en la cantidad necesaria para hacer descender el pH al nivel que se considera adecuado.

Para todo el conjunto de las zonas al N de la fábrica las cantidades a añadir, de una sola vez, no deben rebasar los 2.000 Kg./ha. para no producir cambios bruscos en las situaciones de equilibrio actuales.

Para los suelos con clasificación E no parece justificado establecer diferencias entre la zona N y S de la fábrica ya que los parámetros de pH y relación Ca/Mg vienen solo ligeramente influenciados por efecto de ambas fábricas.

Para esta zona la recomendación general es que a la vista del mapa de pH agua (medias ponderadas) mapa nº 5, las isolneas que agrupan a los suelos con pH por debajo de 6.5 (en agua) (menor de 5.5 en KCl) pueden necesitar un encalado de mantenimiento con carbonato cálcico que a este pH liberará suficiente calcio como para corregir problemas que puedan surgir si ocasionalmente hubiese aporte de Mg. Pero fundamentalmente lo que se conseguirá con esta adición es mejorar el nivel de Ca en suelo que en la actualidad presenta valores bajos.

Las dosis de carbonato cálcico a añadir se deducirá de la curva de correlación entre pH agua - media ponderada y meq de Ca - Mg asimilables. Figura nº 20.

Los suelos con valores medios de pH en agua entre 6.0 - 6.5 (con pH en KCl entre 5.0 - 5.7) necesitan, para la mayoría de los cultivos (ver cuadros correspondientes) elevar su pH. Las adiciones de caliza se calcularán de acuerdo con el gráfico de la figura nº 21.

Después de estas correcciones se mantendrá un encalado de mantenimiento de modo que cada 4 ó 5 años se adicionen unos 2 meq de calcio por ha.

Para la zona con valores de pH en agua inferior a 5.5 (valores de pH en KCl inferiores a 5.0) las necesidades son bastante mayores y se puede decir que la corrección de la acidez es imprescindible.

Las cantidades se calcularán de acuerdo con el gráfico correspondiente.

Una vez alcanzado el pH deseado las dosis de mantenimiento se harán de acuerdo con lo indicado más arriba.

Para los suelos situados al S de la fábrica y con niveles de contaminación A y B se recomienda el empleo de yeso. En estos suelos las relaciones Ca/Mg exigen un material que ponga rápidamente a disposición de la planta cantidades de Ca suficientes. Por otro lado los altos valores de pH hacen desaconsejable el empleo de caliza que en estas condiciones se disolvería poco y no sería capaz de suministrar el Ca suficiente para las cosechas.

Las cantidades a añadir de yeso variarán de acuerdo con los valores medios de las relaciones Ca/Mg para los suelos de cada una de las zonas, todas ellas en general por debajo de 1.0 y el cálculo se hará con el gráfico de la figura nº 22, en función de la cantidad de Mg que tienen los suelos.

Para esta zona, la acidificación de los suelos se limitará a las áreas de contaminación A y B y no podrá tener lugar hasta tanto no se haya conseguido una reserva adecuada de Ca en los suelos conseguida a través de las adiciones de yeso o abonos ricos en Ca.

Para el nivel C en que ya los pH medias ponderadas (valor medio 7.16) indican una cierta capacidad de disolución de CO_2 Ca se puede añ

x 1000 Kg. yeso / ha. (15cm)

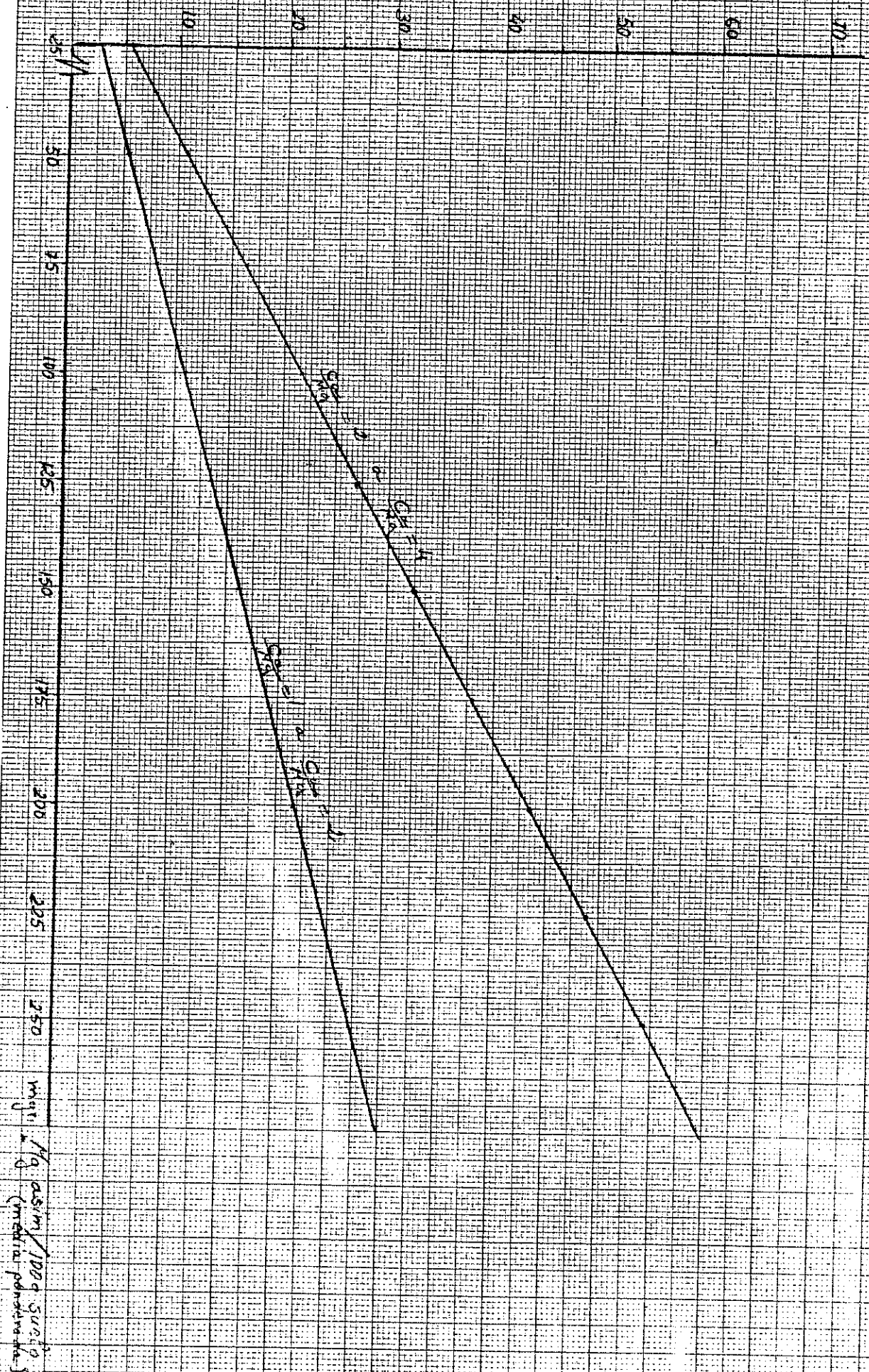


Fig. 22.- Cantidades de yeso a añadir para elevar la relación Ca/Mg de 1 a 2 y de 2 a 4 para los 15 cm. superiores y ha. en función del contenido en Mg asimilable del suelo.

dir caliza como fuente de calcio o repartir la dosis entre caliza y yeso, quizá más correcto para conseguir un efecto inmediato (el del yeso) y otro a un poco más largo plazo (el de la caliza).

La caliza lleva consigo como efecto secundario un aumento del pH en los suelos. Si se quisiera evitar este efecto la corrección del nivel de Ca se debería hacer exclusivamente con yeso a las dosis que se calcularan de la figura nº 22.

Para los niveles de contaminación D y E, además de lo señalado anteriormente es posible también la utilización de yeso en lugar de acidificante o caliza. Las cantidades se calcularían de acuerdo con las gráficas correspondientes.

Cuando las necesidades de yeso, o en general calcio sean bajas, estas pueden satisfacerse con abonos tales como el superfosfato de cal, que a las dosis usuales de 500 a 600 Kg./ha. aporta al suelo unos 300 - 360 Kg. de yeso.

Esta recomendación puede hacerse extensiva a otros abonos tales como nitrato amónico - cal, etc.

CULTIVOS

a) Prados

Se ha señalado más arriba la necesidad de una homogeneización del suelo para algunas zonas en las que la contaminación ha producido fuertes diferencias en composición entre las diversas capas. Este laboreo, en algún punto imprescindible, lleva consigo la roturación de prados y la instalación de otros nuevos. ^UPor ello hemos creído conveniente el incluir - algunas anotaciones sobre las condiciones que deben reunir el laboreo etc. para que la implantación sea un éxito.

Como apartados fundamentales para la implantación de praderas, se pueden considerar los siguientes:

1. Roturación, homogeneización del suelo y preparación del terreno.
2. Enmiendas y abonado.
3. Preparación del suelo para siembra de prado. Epoca, etc.
4. Cultivo previo a la instalación del prado.
5. Selección de especies.

1. Roturación.- Dado que los prados han de permanecer sobre el terreno durante varios años (salvo los anuales) y que una debida preparación del mismo puede determinar los buenos rendimientos de los - años siguientes, conviene crear las mejores condiciones para su conservación y utilización.

Cuatro son los objetivos a conseguir en la preparación:

a. Conseguir una buena homogeneización de composición de los suelos.

b. Preparar el suelo de manera que se favorezca el desarrollo de las raíces de las plantas.

c. Destruir las malas hierbas que pueden competir con el prado.

d. Preparar la superficie del suelo para facilitar la germinación.

Para este proceso la primera labor a realizar es la de subsolado. Es una labor profunda que mejora las condiciones de drenaje del terreno, al mismo tiempo que aumenta la capacidad de retención de agua del suelo.

Aquí adquiere especial importancia, ya que favorece la homogeneización de todas las capas de suelo, y en parte favorece la emigración del Mg solubilizado hacia capas más profundas. Hay que tomar precauciones, sobre la profundidad a que se realiza para evitar un aumento de la pedregosidad de la capa arable.

A continuación se da la labor de vertedera y unos grados energéticos (2 ó 3) con lo que eliminamos las malas hierbas, y que además puede aprovecharse para enterrar las enmiendas y abonos. Si se quiere que la enmienda alcance los 30 cm. se añade antes del pase de vertedera. Si solo se quiere mezclar en los 15 cm. superiores se añaden antes del pase de la grada de discos.

A estas labores deben seguir de un pase de rotovator (o fresadora) y un pase de rulo.

La labor de vertedera debe realizarse con cierta antelación a la siembra, ya que se consigue un mejor asentamiento del suelo, mientras que las labores de grada, rotovator y rulo deben darse inmediatamente antes de la siembra, para evitar la formación de costra.

Dentro de las enmiendas a adicionar hay que respetar los tiempos necesarios para que reaccionen adecuadamente. Para la caliza debe hacerse la adición unas cuatro a seis semanas antes de la siembra en función del tamaño de partículas de la caliza, y para el azufre aproximadamente el mismo tiempo.

2. Abonado.- Si se quiere asegurar una gran producción de las praderas, se debe hacer un buen abonado que repercutirá tanto en cantidad como en calidad.

Para prados donde compitan gramíneas y leguminosas las necesidades de P y K se incrementan respecto de las de dominio de gramíneas. Las dosis de K deben incrementarse en un 50 % de lo habitual (150-200 Kg./ha. de K_2O) para suelos en los que los contenidos en Mg son elevados (zonas A, B y C) con el fin de mantener una adecuada relación Mg/K.

Para la implantación de prados los mejores efectos del abonado se han conseguido cuando la incorporación del abono se hace en los pocos centímetros superiores (donde se va a concentrar la mayor parte del sistema radicular) KLAPP (1.965).

El abonado de fondo debe completarse con abonado en cobertura. Como abonado nitrogenado parece más recomendable las sales amónicas, evitando los nitratos que favorecen la asimilación del magnesio.

3. Preparación, época y forma de siembra.- Hay dos épocas apropiadas para sembrar praderas: Otoño o primavera.

En otoño se debe sembrar con tiempo suficiente para que las plantas hayan nacido y estén enraizadas antes de los fríos invernales. El mes aconsejable es Septiembre, hasta mediados, en las zonas frías como nuestra zona.

En primavera se debe sembrar cuanto antes, siempre que ya no sean de temer heladas, para que esten las plantas lo más crecidas posible antes del verano.

Para que la semilla depositada en el suelo pueda germinar necesita estar en contacto muy estrecho con las partículas del mismo. Como la semilla es muy pequeña las partículas de tierra han de ser así mismo pequeñas. Esta es la razón del uso del retovator antes de la -- siembra, una fuerte presión al tapar la semilla, mediante el rulo provoca un rápido ascenso del agua existente en el suelo y favorece así su germinación. Salvo en terrenos pesados donde esta presión elevada puede apelmazar y formar una costra que impide la emergencia.

La siembra de pratenses debe ser muy superficial, dado el pequeño tamaño de la semilla y por tanto de su coleoptilo. Como dato general no debe pasar de los 2-3 cm., según terreno y según tamaño de semilla.

4. Cultivo previo a la instalación del prado.- Entre la roturación e implantación del nuevo prado es conveniente dedicar al menos durante un año --o dos ó más-- para las zonas de elevado nivel de contaminación-- a un cultivo anual predominantemente cereales con el fin de que con los laboreos necesarios para estos cultivos se consiga una buena homogeneización de las enmiendas y el suelo. Así mismo se conseguirá alcanzar unos niveles de propiedades de suelo más acordes con un óptimo en los rendimientos.

5. Especies para el pasto.- Para la zona de altos niveles de contaminación se recomiendan fundamentalmente gramíneas al menos hasta que se hayan corregido con enmiendas las condicione

actuales. Para esta zona se recomienda principalmente por su gran resistencia a altas relaciones Ca/Mg, la Festuca arundinacea, la Poa angustifolia y el Agrostis alba. *Quelque chose en todo ce que savons de fréquence, y. l'expérience, en relation avec le contenu en magnésium. En les mauvaises récoltes de la prairie ou de les cultures familiales se voit le déficit.*
 CEREALES En esta especie se ve resistencia a la relación Ca/Mg.

En estos cultivos en que el producto que se recoge es el grano hay que señalar la gran importancia que tiene las incidencias en la fecundación sobre los rendimientos; este hecho puede explicar la falta de granazón en determinados cereales observados por los agricultores.

Las observaciones que damos a continuación son adecuadas tanto para la zona afectada por los polvos de calcinación de magnesita como para la afectada por los de la cementera.

Cebadas

En ellas la fecundación cruzada es muy rara puesto que la fecundación suele realizarse dentro de la vaina. Parece ser que este tipo de fecundación es más frecuente en las variedades de ciclo corto. El efecto caústico del polvo sobre el estilo y estigma que no tendrá efecto sobre esta especie puede ser la causa de que sobre otros cereales (centeno) se aprecie un incremento notable de granos fallidos, lo que no parece presentarse sobre las cebadas.

De entre las variedades adaptadas a la zona se recomendarán también las de hoja más estrecha.

Centeno

A pesar de ser de ciclo bastante corto, su característica de fecundación cruzada lo hace inadecuado para la zona de las proximidades de la fábrica o de aquella en que el mapa de Ca asimilable o de reserva total de Calcio indican una elevada incidencia de los polvos de la fábrica de Oural.

Su gran resistencia a la acidez del suelo lo hacen adecuado para las zonas fuera de contaminación.

Trigos

Como para todos los cereales se recomiendan los de ciclo corto para que su permanencia a la contaminación del polvo (si todavía continúa la emisión) sea también corta. Por tanto no se recomiendan trigo duros que además encontrarían problemas en la maduración por las condiciones climáticas.

Puesto que la fecundación cruzada en los trigos es muy baja (se cita aproximadamente el 4 %) por este carácter son recomendables frente a otras especies.

Se recomiendan, entre las variedades adaptadas a la zona, las variedades pubescentes y/o cerosas (caracteres regulados genéticamente), ya que en ambos casos disminuirá la incidencia de quemaduras sobre las hojas ocasionadas por la alcalinidad de los polvos.

Puesto que entre las variedades de trigos hay una gran diferencia en lo referente a resistencia a la acidez, quizá las variedades tra-

dicionales de la zona no se adapten a las nuevas condiciones de pH de los suelos por lo que habrá que utilizar otras variedades.

Alfalfa

De los cultivos que se presentan en la zona es uno de los que son más sensibles a la acidez.

Las características de los 4 emplazamientos en que coinciden con muestreo de tierras son las siguientes (ver cuadro nº 12)

En general estos valores de pH coinciden con lo señalado por WOODRUFF (1.967) de que pH en solución salina de 6.0 - 6.5 son ya satisfactorios para la alfalfa, y que entre pH 6.5 - 7.0 son valores ideales para la misma.

Si se selecciona la variedad resistente a las heladas, este puede ser un cultivo muy adecuado para suelos en que se requiere el encalado hasta pH altos como consecuencia de los altos valores de Mg que contienen.

En los suelos recién encalados puede haber fallos en la implantación debido a una inadecuada inoculación de las semillas en estas zonas que nunca estuvieron dedicadas a ella. También la mala inoculación de la alfalfa puede depender de la falta de homogeneidad en el pH del suelo como consecuencia de una falta de homogeneización y mezcla de las partículas de caliza con el suelo, por ello el arraigo de esta especie queda asegurada si se siembra uno o dos años después de comenzado el plan de encalado y no en el primer año.

Cuadro n° 12.- Datos analíticos de las cuatro parcelas dedicadas al cultivo de alfalfa en la zona.

Muestra n°	Capa	pH		Relación total		Elementos asimilables			Relación total		
		Agua	KCl	Ca	Mg	Ca	Mg	K	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K
D-9	I	8,30	7,80	1.035	1.366	936	211	23	4.4	9.2	40.7
	II	7,45	6,65	159	671	206	102	12	2.0	8.5	17.1
	III	7,00	6,10	134	843	194	78	12	2.5	6.5	15.1
E-9	I	8,00	7,65	1.180	1.084	891	220	29	4.1	7.6	30.7
	II	7,45	6,85	243	604	232	165	14	1.4	11,8	16.6
	III	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
P-14	I	7,15	6,25	325	1.577	245	113	31	2.2	3.6	7.9
	II	6,70	6,00	418	1.453	271	50	22	5.4	2.2	12.3
	III	6,10	5,05	155	1.877	155	26	18	6.0	1.4	8.6
X-5	I	7,35	7,20	330	650	274	171	87	1.6	2.0	3.1
	II	6,30	5,80	96	414	125	62	32	2.0	1.9	3.9
	III	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[Handwritten signature]

Patatas

El aumento de pH de los suelos puede incidir sobre la aparición e intensidad del ataque del *Streptomyces scabies* W. (también llamado *Actinomyces* u *Oospora*) que produce la enfermedad denominada roña, seña o viruela que afecta únicamente al aspecto del tubérculo pero que incide sobre la producción total.

Su presencia se incrementa cuando el pH de los suelos sube por encima de 5.2 - 5.5.

Aparte de tratamientos con fungicidas el método adecuado para prevenir su aparición, ocasionada por sobre encalado es acidificar el suelo.

Remolacha

Es un cultivo que se adaptará muy bien a las zonas de altos niveles de contaminación. Sus niveles de exigencia en magnesio son altos. La implantación por trasplante eliminará fallos en la nascencia que pueden producirse como consecuencia de altas concentraciones de Mg en puntos muy localizados.