

## Estabilidad de algunos minerales bajo condiciones podsólicas de lavado.

por

LUIS J. ALIAS PEREZ

Profesor Adjunto

Colaborador Científico del C. S. I. C. (\*)

Las condiciones climáticas que reinan en los Países Bajos, con una precipitación anual de 712 mm. y temperaturas medias de 2,9°C en invierno y 17,4°C en verano (3), son sólo ligeramente podsolizantes. La formación de podsoles típicos tiene lugar en climas húmedos y fríos, condiciones que en este país se dan en otoño y, especialmente, en invierno, no porque la precipitación sea elevada (163 mm. en invierno; 203 mm. en verano), sino porque la evaporación es sumamente escasa (16 mm. en invierno frente a 280 mm. en verano). El balance precipitación-evaporación resulta así adecuado durante algunos meses del año para el desarrollo de podsoles, que acaece cuando concurren favorablemente otros factores formadores del suelo.

El material original debe ser un sedimento arenoso muy pobre en bases y en fracciones finas, de tal suerte que, según van LIERE y STEUR (4), la formación de podsoles típicos de matorral queda impedida ya cuando la fracción < 16  $\mu$  alcanza un valor aproximado del 6 por 100.

Sobre estos sedimentos, el único tipo de vegetación posible consiste en coníferas y matorral de *Calluna*, *Erica*, etc., es decir plantas que pueden existir con un aporte mínimo de nutrientes minerales.

Cuando estas condiciones concurren, los residuos de la vegetación sufren un tipo de descomposición, principalmente por acción de hongos, dando lugar a la formación de una capa de humus bruto, y el lavado extremadamente ácido conduce al desarrollo de una capa cenicienta (*podsol*, nombre ruso compuesto de las palabras *zola*, ceniza, y *pod*, debajo, significa tierra-

---

(\*) Parte de este trabajo ha sido realizada en el Laboratorium voor Regionale Bodemkunde, Mineralogie en Geologie, Landbouwhogeschool, de Wageningen (Holanda), finalizándose en la Estación Experimental del Zaidín, del C. S. I. C. El autor expresa su agradecimiento a los Profesores Doeglas y Hoyos de Castro por sus sabios consejos.

ceniza enterrada) u horizonte A<sub>2</sub> y un horizonte B de acumulación de humus.

La formación de humus ácido lleva consigo un ataque químico de los minerales del material sobre el que se desarrolla el suelo, que depende en intensidad de la naturaleza de aquellos.

Varios son los investigadores que estudian el grado de estabilidad de minerales bajo condiciones podsólicas de lavado. VAN DER MAREL (5) encuentra en el estudio de la composición mineralógica de un podsol de la provincia de Drenthe (Holanda) que el mineral menos resistente es la hornblenda y los más resistentes rutilo, turmalina y minerales opacos. ALIAS (1) estudia el proceso de lavado de un podsol de Epe, provincia de Gelderland (Holanda), y da las siguientes series de estabilidad para minerales pesados y ligeros, respectivamente :

Zircón > min. opacos > turmalina > granate > epidota ≈ alterita ≈ augita > hornblenda.

Cuarzo > microclino > ortoclasa > albita > oligoclasa > plag. intermedias

Para una bibliografía más detallada acerca de la mineralogía de podsoles de otros países el lector es remitido a (1).

A fin de completar el conocimiento de los procesos de lavado en podsoles, hemos realizado el estudio de otro perfil procedente de Filipsberg, provincia de Gelderland, objeto de este trabajo.

### Descripción del Perfil.

- A<sub>11</sub> 0-5 cm. Arena negro-grisácea muy oscura (5YR2, 5/1), con numerosos restos vegetales en descomposición.
- A<sub>12</sub> 5-10 cm. Arena negro-grisácea (5YR2, 5/1), con algunos restos vegetales en descomposición más avanzada y abundante materia orgánica.
- A<sub>2</sub> 10-25 cm. Arena gris (10YR5.5/1). Horizonte de lavado.
- B<sub>2h</sub> 25-33 cm. Horizonte de color negro (10YR2/1), arenoso, bastante compacto, con gran acumulación de humus.
- B<sub>2</sub> 33-45 cm. Arena de color marrón oscuro (10YR3/2.5) con pequeño contenido en humus.
- B/C 45-65 cm. Arena de color marrón amarillento (10YR6, 5/4).
- C<sub>1</sub> 65-95 cm. Arena amarillo pálido (5YR8/3,5).
- C<sub>2</sub> > 95 cm. Arena blanca (5YR8/1,5).

Vegetación : *Pinus silvestris* con matorral de *Calluna vulgaris* y *Erica tetralix*.

Formación geológica : Sedimento arenoso preglacial.

### Métodos Experimentales.

Los métodos seguidos para la preparación de muestras y estudio de las mismas son los descritos en otro lugar (1).

## Resultados y Discusión.

Para llevar a cabo el estudio que nos ocupa, hemos seleccionado los horizontes  $A_2$ ,  $B_{2h}$ ,  $B_2$  y  $C_1$  como más adecuados, pues de existir un ataque de ciertas especies minerales es en ellos donde las diferencias deben ser más acusadas.

TABLA I  
Resultados de análisis mecánico

Horizontes	> 850	600	420	300	210	149	105	74	50	< 50 $\mu$
		850	600	470	300	210	149	105	74	
$A_2$	1,4	10,6	4,7	5,5	4,3	44,4	20,6	3,9	1,8	2,8
$B_{2h}$	1,3	13,6	6,4	6,5	5,4	41,3	15,4	2,7	2,4	5,1
$B_2$	1,2	16,6	7,4	8,9	6,0	38,4	13,8	2,7	1,2	3,8
$C_1$	—	—	1,0	1,2	5,6	76,4	11,7	1,8	1,3	1,0

Como se deduce de la Tabla I, existe una gran homogeneidad textural, especialmente en los horizontes  $A_2$ ,  $B_{2h}$  y  $B_2$ , resultando algo distinto el  $C_1$ . Es digno de destacar el bajo contenido en fracción < 50  $\mu$ , condición, como ya apuntamos, necesaria para la formación de podsoles típicos en Holanda. El elevado contenido en fracción 149-210  $\mu$  y la ausencia de fracciones de tamaño mayor de 600  $\mu$  en el horizonte  $C_1$  parece indicar se trata de un material distinto en su naturaleza del que constituye los horizontes superiores o bien que todo el perfil corresponde a un mismo material en cuya deposición existió una discontinuidad o interrupción, con la consiguiente diferenciación de sedimentos. Volveremos sobre este problema a la luz que pueda arrojar el conocimiento de la mineralogía del perfil. Las características texturales apuntadas resultan más claramente visibles en la figura 1, que representa los resultados de análisis mecánico en curvas cumulativas en papel de probabilidad (2).

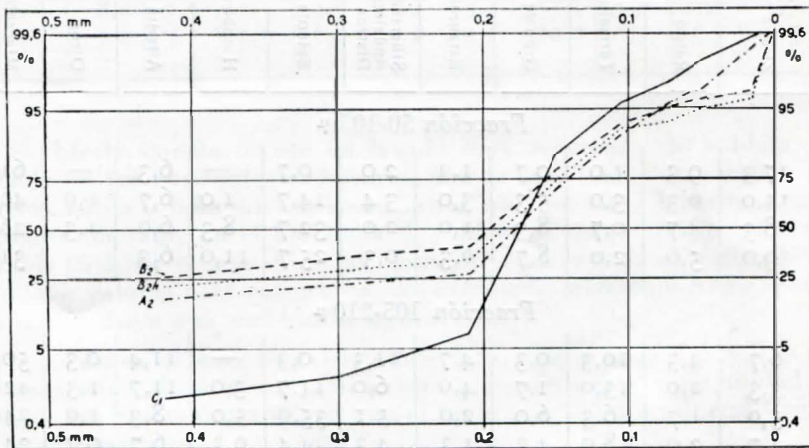


Figura 1

El contenido en minerales pesados (p. e. > 2,89), Tabla II, aumenta muy acusadamente a medida que el tamaño de partícula disminuye y, para una determinada fracción, al pasar del horizonte A<sub>2</sub> a horizontes inferiores. Esta segunda característica indica que un fuerte lavado han debido sufrir los horizontes superiores.

TABLA II  
Contenido en minerales pesados (por 100)

Horizonte	50-105	105-210	210-420 $\mu$
A <sub>2</sub>	2,27	0,13	0,04
B <sub>2</sub> h	2,34	0,17	0,05
B <sub>2</sub>	2,91	0,32	0,07
C <sub>1</sub>	4,20	0,47	0,05

Dado el muy bajo contenido de elementos pesados en la fracción 210-420  $\mu$ , ha sido imposible obtener suficiente cantidad para realizar el recuento de 300 granos en que hemos basado los análisis. Esta es la razón por la que no se estudia esta fracción.

En la Tabla III vienen reflejados los resultados del estudio microscópico de las fracciones pesadas. Del examen de la misma se deduce que existe un ataque químico, como consecuencia del cual se acumulan en horizontes superiores ciertas especies minerales a la par que tienden a desaparecer otras, pudiendo establecer, en principio, tres grupos de minerales: estables (zircón, rutilo, silimanita-andalucita-distena y minerales opacos), moderadamente estables (estauroлита, turmalina y granate) e inestables (epidota y hornblenda).

TABLA III  
Resultados de análisis de minerales pesados

Horizonte	Zircón	Rutilo	Turmalina	Granate	Estauroлита	Silimanita- Andalucita- Distena	Epidota	Hornblenda	Alteraíta	Otros	Minerales Opacos
<i>Fracción 50-105 <math>\mu</math></i>											
A <sub>2</sub>	17,3	9,3	1,0	0,7	1,3	2,0	0,7	—	6,3	—	61,4
B <sub>2</sub>	15,0	6,3	3,0	5,3	3,0	3,4	14,7	1,0	6,7	1,0	40,6
B <sub>2</sub> h	8,3	4,7	0,7	8,3	1,0	2,0	32,7	8,3	6,0	1,3	26,7
C <sub>1</sub>	9,0	5,0	2,0	8,7	0,3	0,3	25,7	11,0	6,3	—	31,7
<i>Fracción 105-210 <math>\mu</math></i>											
A <sub>2</sub>	6,7	4,3	10,3	0,3	4,7	11,3	0,3	—	11,4	0,3	50,4
B <sub>2</sub> h	3,3	2,0	13,0	1,7	4,0	6,0	11,7	3,0	11,7	1,3	42,3
B <sub>2</sub>	5,0	1,7	6,3	6,0	2,0	5,1	35,0	5,0	8,3	1,0	24,6
C <sub>1</sub>	4,7	2,0	8,0	4,3	1,3	4,3	34,4	9,3	6,7	0,7	24,3

El lavado decrece en intensidad con profundidad creciente y es más intenso en la fracción fina, donde turmalina y granate llegan casi a desaparecer en el horizonte  $A_2$ . Algunos minerales muestran una tendencia más o menos acusada a acumularse en determinada fracción; tal es el caso para zircón, rutilo, granate y minerales opacos, que se acumulan en la fracción 50-105  $\mu$ , mientras que turmalina, estauroлита y silimanita-andalucita-distena lo hacen en la fracción 105-210  $\mu$ .

Es de sumo interés para poder conocer el grado de estabilidad relativa de las distintas especies minerales, determinar, como indicamos en otro lugar (1), la composición de la fracción total 50-210  $\mu$ , pues la existencia de acumulación de una determinada especie en una fracción puede no ser significativa de estabilidad en la misma sino resultar del paso a esta fracción de partículas parcialmente atacadas y originalmente pertenecientes a fracciones de tamaño mayor; sería la resultante de dos factores, velocidad de desaparición de partículas de una determinada fracción y velocidad de formación de partículas de este tamaño a partir de fracciones mayores. Realizando los cálculos allí indicados, se llega a la Tabla IV.

TABLE IV  
*Composición de los minerales pesados en la fracción 50-210  $\mu$*

Horizonte	Zircón	Rutilo	Turmalina	Granate	Estauroлита	Silimanita-Andalucita-Distena	Epidota	Hornblenda	Alterita	Otros	Minerales opacos
$A_2$	15,0	7,8	3,7	0,5	2,6	4,9	0,5	—	6,5	0,1	58,4
$B_{2h}$	11,6	4,9	6,1	3,9	3,4	4,1	11,7	1,7	7,2	0,9	44,5
$B_2$	8,2	3,5	3,5	4,3	1,7	3,7	32,5	5,8	6,4	1,0	29,4
$C_1$	7,2	3,1	5,5	6,0	1,1	3,1	30,2	8,7	5,5	0,5	29,1

Efectivamente, existe un lavado muy acentuado de epidota y hornblenda en los horizontes superiores, con la casi total desaparición en  $A_2$ ; zircón, rutilo y minerales opacos son los más estables; la turmalina resulta bastante inestable en el horizonte  $A_2$ , mientras que se comporta como más estable en  $B_h$ ; el granate se lava muy intensamente en el horizonte superficial; los valores para estauroлита son extraordinariamente bajos, por lo que no puede darse una conclusión segura.

A fin de obtener una visión más clara, damos en la Tabla V la relación de cada mineral con respecto al zircón, tomando a este como unidad en cada uno de los horizontes a la vez que el tanto por 100 del mineral que se considere presente en el horizonte  $C_1$ .



TABLA V  
Grado de estabilidad relativa

Horizonte	Zircón	Rutilo	Turmalina	Granate	Silimanita-Andalucita-Distena.	Epidota	Hornblenda	Minerales apacos
A <sub>2</sub>	I	1,20	0,32	0,04	0,76	0,01	0,00	0,96
B <sub>2</sub> h	I	1,00	0,69	0,40	0,82	0,24	0,12	0,96
B <sub>2</sub>	I	1,00	0,59	0,62	1,04	0,93	0,58	0,88
C <sub>1</sub>	I	I	I	I	!	I	I	I

El grado de estabilidad crece con profundidad creciente, es decir que el lavado disminuye en este orden  $A_2 > B_{2h} > B_2 > C_1$ . De los valores obtenidos, puede establecerse la siguiente serie de estabilidad:

Rutilo  $\approx$  zircón  $>$  min. opacos  $>$  silimanita-andalucita-distena  $>$  turmalina  $>$  granate  $>$  epidota  $>$  hornblenda.

La composición mineralógica de los distintos horizontes habla en favor de la segunda explicación dada al tratar de la diferencia textural de los mismos.

La fracción ligera es sumamente cuarzosa, como muestra la Tabla VI. La cantidad de feldespatos y plagioclasas crece con la profundidad y con tamaño de partícula decreciente. De las cantidades relativas se deduce que en estabilidad siguen este orden:

Cuarzo  $>$  microclino  $>$  ortoclasa  $>$  plagioclasas.

TABLA VI  
Composición de los minerales ligeros

Horizonte	Cuarzo	Microclino	Ortoclasa	Plagioclasas	Moscovita	Agregados
<i>Fracción 50-105 <math>\mu</math></i>						
A <sub>2</sub>	82,02	3,76	2,21	3,10	trazas	6,25
B <sub>2</sub> h	80,85	4,70	2,51	3,40	»	5,96
B <sub>2</sub>	74,52	5,29	3,13	4,81	»	9,28
C <sub>1</sub>	66,41	5,56	3,70	6,85	»	12,75
<i>Fracción 105-210 <math>\mu</math></i>						
A <sub>2</sub>	91,95	0,75	0,31	0,20	trazas	6,66
B <sub>2</sub> h	91,11	1,27	0,48	0,10	»	6,59
B <sub>2</sub>	89,29	2,12	0,81	1,15	»	7,18
C <sub>1</sub>	88,47	1,75	0,83	2,00	»	6,23

## Conclusiones.

1.<sup>a</sup>—En el desarrollo del perfil de podsol húmico aquí estudiado existe un profundo ataque químico que afecta a minerales tan resistentes como turmalina, granate y microclino.

2.<sup>a</sup>—El lavado disminuye en intensidad con profundidad creciente.

3.<sup>a</sup>—Existe una concentración de minerales pesados a medida que el tamaño de partícula disminuye y la profundidad crece.

4.<sup>a</sup>—Granate, rutilo, zircón, minerales opacos, feldespatos y plagioclasas se acumulan en la fracción 50-105  $\mu$ , mientras que turmalina, estaurolita y silimanita-andalucita-distena lo hacen en la de 105-210  $\mu$ .

5.<sup>a</sup>—Para los minerales pesados se puede dar la siguiente serie de estabilidad:

Rutilo  $\approx$  zircón > min. opacos > silimanita-andalucita-distena > turmalina > granate > epidota > hornblenda.

6.<sup>a</sup>—La estabilidad de los minerales ligeros decrece en el siguiente orden:

Cuarzo > microclino > ortoclasa > plagioclasas.

## R E S U M E N.

Se estudia la mineralogía de las fracciones 50-105 y 105-210  $\mu$  de los horizontes A<sub>2</sub>, B<sub>2h</sub>, B<sub>2</sub> y C<sub>1</sub> de un podsol húmico de Filipberg (Holanda), a fin de establecer la estabilidad bajo condiciones podsódicas de lavado de los minerales presentes.

Existe un ataque intenso en el horizonte A<sub>2</sub>, que se hace más suave con profundidad creciente.

De los resultados obtenidos se establecen las siguientes series de estabilidad para minerales pesados y ligeros, respectivamente:

Rutilo  $\approx$  zircón > minerales opacos > silimanita-andalucita-distena > turmalina > granate > epidota > hornblenda.

Cuarzo > microclino > ortoclasa > plagioclasas.

## S U M M A R Y.

The mineralogical composition of the 50-105 and 105-210  $\mu$  separates from the A<sub>2</sub>, B<sub>2h</sub>, B<sub>2</sub> and C<sub>1</sub> horizons of a humic podzol profile from Filipberg (Gelderland), The Netherlands, is studied in order to establish the degree of stability under podzolizing weathering conditions for the more common mineral specimens here present.

There exist a strong chemical attack in the A<sub>2</sub> horizon, being milder as depth increases.

From the results obtained and set forth in Tables III and VI, can be established the following series of stability for the heavy and light minerals, respectively:

Rutile  $\approx$  zircon > opaque minerals > sillimanite-andalusite-kyanite > tourmaline > garnet > epidote > hornblende.

Quartz > orthoclase > microcline > plagioclase.

## R E S U M E.

Nous avons étudié la mineralogie des fractions 50-105 et 105-210  $\mu$  de les horizons A<sub>2</sub>, B<sub>2h</sub>, B<sub>2</sub> et C<sub>1</sub> d'un podsol humique de Filipberg (Hollande) avec le finalité d'établir le stabilité sous le conditions podsolique de lavage deux mineraux présents.

Il y a un attaque très fort dans l'horizon A<sub>2</sub> q'on fait plus faible avec profondeur croissante.

D'accord avec les resultats obtenues on peut établir les suivantes series de stabilité pour le mineraux lourdes et légères, respectivement:

Rutile  $\approx$  zircon > mineraux opaques > sillimanite-andalousite-disthène > tourmaline > grenat > epidote > hornblende,  
Quartz > microcline > orthoclase > plagioclase.

#### BIBLIOGRAFIA.

1. ALIAS, L. J.—(En prensa). *Weathering process in a humic podzol profile.*
2. DOEGLAS, D. J., y BREZENSINKA SMITHHYZEN, W. C. (1941).—*De interpretatie van van de resultaten van korrelgrootte-analyse.* Geol. en Mijnh. n. 8, 173-296.
3. EDELMAN, C. H. (1950).—*Soils of the Netherlands.* North-Holland Publishing Company. Amsterdam.
4. LIERE, W. J. VAN, y STEUR, G. G. L. (1955).—*Een bodemkartering van de gemeente Epe en een bodemkundige verkenning van en deel van de gemeente Heerde.* Versl. Landbouwk, Onderz, n. 61 13's. Gravenhage. Serie: De Bodemkartering van Nederland. dl. 16
5. MAREL, H. W. VAN DER (1949).—*Mineralogical composition of a heath podzol profile.* Soil Sci. vol. 67, n. 3. 193-207.