

# Variaciones de algunas propiedades de un suelo derivado de cenizas volcánicas (Vitrandept) sometido a lixiviación intensificada en laboratorio. II. Hierro libre, fósforo disponible y conclusiones generales<sup>1</sup>

Walter Luzio L.<sup>2</sup>, Wilfredo Vera E.<sup>3</sup>, René Elissegaray C.<sup>4</sup> y Mónica Menis M.<sup>5</sup>.

## INTRODUCCION

En esta investigación se estudian las variaciones de algunas propiedades físico-químicas de un suelo derivado de cenizas volcánicas, sometido a lixiviación forzada, en condiciones de laboratorio.

En la primera parte de este trabajo (Luzio *et al.*, 1979), se discutieron las variaciones sufridas por la capacidad total de intercambio catiónico, la saturación de bases, el pH y la materia orgánica. Como conclusión parcial se estableció que, de acuerdo a los cambios sufridos por el suelo, éste tuvo que sufrir una evolución, cuyos alcances se analizan en esta oportunidad con más detenimiento.

En esta segunda parte se discute la variación del hierro libre, el fósforo disponible y se establecen las conclusiones generales.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizó el método de lixiviación en extractores "soxhlet" según Pedro (1964), modificado por Luzio *et al.* (1976) y Vera y Elissegaray (1977). Para ello se usó el horizonte superficial de un Umbric Vitrandepts.

La metodología detallada aparece en la primera parte ya mencionada de este trabajo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Variación del Fe libre.

En el Cuadro I aparece la variación que manifestó el Fe libre a través de los estados de lixiviación.

Cuadro I — Análisis de hierro libre y fósforo disponible en el suelo contenido en los extractores "soxhlet".

Tiempo	Fe libre (ppm) <sup>1</sup>	P disponible (ppm)
t <sub>1</sub>	1,33	2,60
t <sub>2</sub>	1,14	1,46
t <sub>3</sub>	1,02	1,65
t <sub>4</sub>	0,66	1,55
t <sub>5</sub>	0,97	1,18

Este elemento se compleja en forma ferrosa (condiciones reductoras), en presencia de humus bruto (mor), al cual queda asociado en forma dispersa, tratándose de medios ácidos y húmedos; de esta manera participa de las migraciones, en las que también puede intervenir la arcilla (Duchaufour, 1968; Gaucher, 1971; Fokin y Argunova, 1974).

Se puede asumir que, en esta investigación, la disminución del Fe en el suelo puede deberse a una migración en forma de complejos humus-arcilla-Fe, ya que las condiciones reductoras están dadas por el nivel freático oscilante que se desarrolla dentro del extractor "soxhlet". Además, las condiciones de pH del suelo están dentro del rango en el cual este elemento puede migrar asociado al humus o a la arcilla. Por otra parte, la disminución en el contenido de materia orgánica (Luzio *et al.*, 1979), corrobora que la migración del Fe pudo haber estado asociada con esta fracción orgánica.

En la solución del matraz, el Fe precipita por floculación en presencia de electrolitos y por la elevación del pH de dicho medio (Demolon, 1965). Esta es la razón de por qué no se detectó Fe en la solución del matraz en ninguno de los estados de lixiviación a través del tiempo.

<sup>1</sup>Recepción originales: 25 de julio de 1978.

<sup>2</sup>Ing. Agr., M.S., Depto. Ingeniería y Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

<sup>3</sup> <sup>4</sup> <sup>5</sup>Ings. Agrs. Depto. Ingeniería y Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago.

<sup>4</sup>Ingeniero Agrónomo.

*Variación de P disponible.*

En el Cuadro I se aprecia que el P disponible tuvo una disminución del 54,6%, con un contenido inicial de 2,60 ppm.

Halstead, Lapensee e Ivarson (1963) y Murrmann y Peech (1969) encontraron que el incremento del pH reduce la sorción de P orgánico por los óxidos hidratados, los que disuelven y liberan el fosfato ocluido aumentando su solubilidad y susceptibilidad a la mineralización, es decir, aumenta el P lábil y soluble.

Como en el suelo del extractor el pH aumentó de 6,3 a 6,9 (Luzio *et al.*, 1979), disminuyó la estabilidad de los complejos de P, lo que hizo posible que cierta proporción de éste pasara a la solución. Este último, por efecto del lavado continuo a que fue sometido el suelo, fue arrastrado hacia el matraz recolector.

Munns y Fox (1976) establecieron que, en condiciones estables, el P lábil y en solución pueden coexistir en el suelo y sólo podrían ser removidos por efecto de agentes erosionantes. En el cuerpo del "soxhlet", la intensa lixiviación habría actuado como agente erosionante, arrastrando a ambos e incorporándolos a la solución del matraz recolector.

En las condiciones de sobresaturación (Black, 1975) y de pH (Shapiro, 1958) que se mantuvieron en el suelo a través de la experiencia, es factible esperar que la solubilidad del P aumentara y consecuentemente fuera lixiviado. Por otra parte las altas temperaturas en que se desarrolló la experiencia (50-55°C) habrían hecho posible una mayor concentración de fosfatos en solución (Hayward y Trapnell, citados por Barrow y Shaw, 1975).

También, en esta experiencia, se pudo apreciar la estrecha relación entre P disponible y materia orgánica (Figura 1). A medida que pasaba el tiempo la materia orgánica disminuía en el suelo contenido en el "soxhlet"<sup>1</sup>. Igual comportamiento manifestó el P disponible. El coeficiente de correlación para ambos parámetros fue de 0,86\*\* lo que indica que la translocación de materia orgánica es un medio efectivo que favorece la movilidad del P desde los horizontes superficiales.

La expresión matemática que representa la tendencia de variación de todas las propiedades estudiadas, corresponde a una ecuación exponencial del tipo:

$$\phi = K f(\theta)$$

que permite calcular en forma puntual el valor de la variable  $\phi$  según sea el valor que tenga la variable  $\theta$ .

<sup>1</sup>Se pudo detectar la presencia de materia orgánica en el matraz recolector con métodos cualitativos.

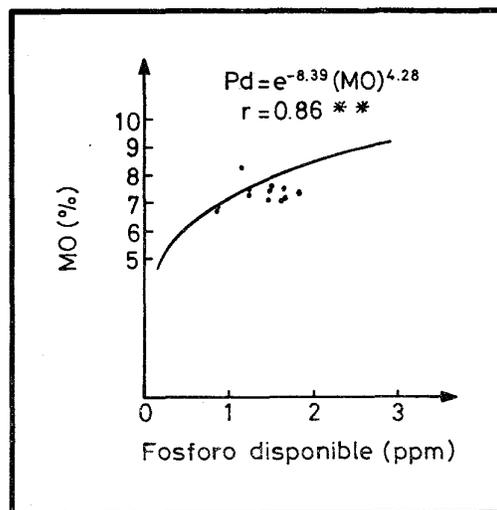


Figura 1 — Tendencia de la variación del fósforo disponible en función del contenido de materia orgánica del suelo.

(\*\*): grado de significancia al 0,01).

La variación de una propiedad en función a otra, a través del tiempo, se puede cuantificar de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta = K \int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi(\theta) d\theta$$

donde:

$\phi, \theta$  = propiedades del suelo.

$\phi_1$  = contenido de  $\phi$  según el valor que toma  $\theta$  en el tiempo  $i$ .

$\phi_2$  = contenido de  $\phi$  según el valor que toma  $\theta$ , en el tiempo  $j$  ( $j = i + p$ ).

$K$  = constante.

Si se considera que el tratamiento que ha sufrido este suelo en el "soxhlet" ha implicado una evolución de él, ya que se han evidenciado cambios de diversa magnitud, es posible deducir que, de acuerdo con Jenny (1941), sólo dos factores de formación fueron los que tuvieron influencia decisiva en los cambios: clima y tiempo. El primero, representado por la hidrólisis intensificada, la lixiviación forzada y el incremento de temperatura, y el se-

gundo representado por las diversas etapas por las que pasó el suelo.

Los otros factores, topografía, material parental y organismos (principalmente vegetación) se pueden considerar prácticamente como constantes.

El factor clima, en particular su acción como agente de movilización y translocación de constituyentes en el suelo, ya ha sido discutido para cada una de las variables que se han tomado en consideración.

El factor tiempo requiere un análisis aparte. De acuerdo con Jenny (1941), el material parental es el estado inicial del sistema suelo en el "tiempo cero" de formación del suelo. Esto implica que habría un punto en el tiempo, infinitamente pequeño, en el cual el material parental deja de ser tal y se transforma en suelo. En la práctica la ubicación del "tiempo cero" carece de sentido. Por una parte el material parental que dio origen al suelo no existe en la actualidad y por otra parte, antecedentes analíticos de materiales parentales bien datados, manifiestan cambios graduales a través del tiempo. En estos casos no se detectan inflexiones bruscas que permitan evidenciar el "tiempo cero" de partida en la formación del suelo. Ejemplo de este último los muestra el propio Jenny (1941), cuando se refiere a la variación en  $\text{CaCO}_3$ , materia orgánica y concentración de iones H en las dunas de Salisbury.

La aproximación planteada por Buol, Hole y McCracken (1973) en que el "tiempo cero" es considerado como un punto en el tiempo en el cual se produce un suceso pedológico que significa un nuevo ciclo en el desarrollo del suelo<sup>1</sup>, parece tener un sentido menos restringido ya que no implica un "instante" de cambio en el material parental, sino más bien un suceso o proceso relativamente brusco que hace variar las condiciones que existían anteriormente. Por ejemplo, estos procesos podrían ser cambios topográficos o de nivel freático; cambios de vegetación por tala o incendio de un bosque; cambio climático (macro o micro); sedimento de importancia en magnitud, como lo es, ceniza volcánica, coluvio y otros. Es decir, estos constituyen un cambio de situación o de condición del sistema más que un cambio de material parental de un suelo.

Las ideas de Buol, Hole y McCracken permiten explicar con claridad lo sucedido al suelo en el cuerpo del "soxhlet". El "tiempo

cero" es fácilmente identificable ya que corresponde a las condiciones iniciales del suelo y el evento pedológico violento está representado por las lixiviaciones que hicieron cambiar las condiciones iniciales. Esta lixiviación forzada se puede hacer equivalente a un cambio climático que promovió la iniciación de un nuevo ciclo en la evolución del suelo. De manera que en un período corto de tiempo fue posible apreciar modificaciones que normalmente demorarían cientos de años en la naturaleza<sup>1</sup>.

El otro problema que es necesario discutir es si el suelo en el extractor tuvo una evolución o no.

Si se analizan las curvas de las variaciones de las propiedades a través del tiempo, se verá que todas tienden, en sus últimas etapas, hacia una estabilidad, es decir, tienden a cero, o sea:

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = 0$$

donde s es una propiedad del suelo y t es el tiempo.

Esto significa que el suelo habría alcanzado una "madurez" o un estado en el cual las propiedades varían tan poco que en la práctica se consideran constantes.

Sin embargo, como un suelo en su medio natural es un sistema abierto que tiene ganancias y pérdidas de energía y materia, la madurez de este suelo sólo se alcanzaría cuando las ganancias se igualan a las pérdidas, y no cuando las variaciones de las propiedades tienden a cero. Obviamente que, aunque el balance de energía de entrada y salida al sistema suelo sea nulo, no significa necesariamente que la variación de las propiedades tienda a cero. Puede ocurrir que la dinámica interna del sistema suelo, varíe en tal forma que el balance general de energía sea cero.

La idea de que un suelo es maduro cuando los rasgos del perfil están bien desarrollados, es un concepto estrictamente morfológico que tampoco es aplicable a la situación del suelo en el "soxhlet".

Finalmente el criterio dinámico, que dice que un suelo maduro es aquél que se encuentra en equilibrio con su medio, puede ser adecuado si se considera la tendencia a la estabilidad en la mayoría de las propiedades que se han estudiado.

<sup>1</sup>Se estima que estas ideas pueden complementarse en mejor forma si se incluye, además, el desarrollo de material parental y no solamente el desarrollo del suelo. Esto es especialmente válido si se trata de sollevamiento de la corteza terrestre donde se inicia el desarrollo de un suelo a partir de sustrato geológico y no necesariamente a partir de un suelo preexistente.

<sup>1</sup>Es evidente que las condiciones de laboratorio no son exactamente iguales a las naturales, pero en Pedología Experimental lo que interesa son las tendencias de los procesos que se simulan para poder explicar fenómenos de evolución de suelos que, por su lentitud, no son apreciables en períodos cortos de tiempo.

En todo caso, no cabe duda que el suelo sufrió una evolución, demostrada a través de la variación de sus propiedades. Lo que no es posible asegurar es que haya alcanzado un estado de madurez que sea consecuente con las condiciones naturales de este suelo. Esto puede carecer de real importancia si se estima que el desarrollo o evolución de un suelo continúa a través de toda su historia y que la madurez no es un estado estacionario o invariable sino que es también cambiante.

### CONCLUSIONES

- En esta investigación se determinó una disminución de Fe libre a través de los estados de lixiviación, presumiblemente asociada a una migración en forma de complejos humus-arcilla-Fe, hipótesis corroborada por investigaciones anteriores de los autores (Luzio *et al.*, 1979).
- El P disponible tuvo una disminución de más del 50% por efecto del lavado conti-

nuo del suelo. Se determinó también una estrecha relación entre P disponible y materia orgánica, disminuyendo ambos en el curso de la investigación.

- El tratamiento del suelo en el "soxhlet" simulando la acción de factores naturales a través del tiempo, ha implicado una evolución de él, deduciéndose, de acuerdo con otros investigadores, que los factores clima y tiempo actuantes en la formación de suelos han tenido una influencia decisiva en esos cambios, el primero representado por la hidrólisis intensificada, la lixiviación forzada y el incremento de temperatura, y el segundo representado por las diversas etapas por las que pasó el suelo.
- El suelo sometido al tratamiento de esta investigación sufrió, indudablemente, una evolución demostrada a través de la variación de sus propiedades. No obstante, no es posible asegurar que haya alcanzado un estado de "madurez" que sea consecuente con sus condiciones naturales.

### R E S U M E N

Se estudió la variación de propiedades físico-químicas de un suelo derivado de cenizas volcánicas sometido a lixiviación forzada en condiciones de laboratorio. Para ello se utilizó la metodología propuesta por Pedro (1964), con modificaciones.

En esta segunda parte<sup>1</sup> se analizaron las variaciones del hierro libre y el fósforo disponible. La disminución del hierro libre, a través de los estados de lixiviación, se atribuyó a una migración de este elemento en forma de complejos humus-arcilla-hierro. Las condiciones en el extractor "soxhlet" fueron también adecuadas para una migración del fósforo.

Se concluyó que el clima y el tiempo fueron los factores de formación que influyeron en la evolución del suelo. El estado de "madurez" alcanzado por éste se considera como un equilibrio dinámico a causa de la tendencia a la estabilidad en la mayoría de las propiedades estudiadas.

### S U M M A R Y

#### *MODIFICATION OF SOME PROPERTIES OF A VITRANDEPTS UNDER INTENSIFIED LEACHING IN LABORATORY CONDITIONS. II. FREE IRON, AVAILABLE PHOSPHORUS AND GENERAL CONCLUSIONS.*

The modifications of physico-chemical properties of a soil derived from volcanic ash, under intensified leaching conditions was studied. The leaching method proposed by Pedro (1964) with modifications was used.

In this second part<sup>1</sup>, the variations of free iron and available phosphorus were dis-

<sup>1</sup>First part: *Agricultura Técnica* (Chile) 39 (4): 145-151.

cussed. The decrease of free iron in the soil was attributed to a migration in the form of complex humus-clay-iron. In the same way, the environment of the Soxhlet extractor was suitable to the migration of phosphorus.

It was concluded that climate and time were the principal soil formation factors that influenced the evolution of the soil. The level of "maturity" reached by the soil was considered as a dynamic equilibrium, due to the tendency toward the stability showed by the soil properties studied.

#### LITERATURA CITADA

- BARROW, N. and SHAW, T. 1975. The slow reaction between soil and anions 2. Effect of time and temperature on the decrease in phosphate concentration in the soil solution. *Soil Sci.* 119: 167-177.
- BLACK, C. 1975. Relaciones suelo-planta (Tomo 2). Centro Regional de Ayuda Técnica. 866 p.
- BUOL, S. W., HOLE, F. D. and McCracken, R. J. 1973. Soil genesis and classification. The Iowa State University, Ames. 360 p.
- DEMOLON, A. 1965. Principios de Agronomía. I Dinámica del suelo. (3ª ed.) Pérez, J. (Trad.) Omega Barcelona. 527 p.
- DUCHAUFOUR, P. 1968. L'évolution des sols. Essai sur la dynamique des profils. Masson et Cie., Paris. 94 p.
- FOKIN, A. D. and ARGUNOVA, V. A. 1974. The migration of phosphorus in podzolic soil. *Soil and Fertilizers.* 37: 32-43.
- GAUCHER, G. 1971. Tratado de Pedología Agrícola. El suelo y sus características agronómicas. Omega Barcelona. 647 p.
- HALSTEAD, R., LAPENSEE, J. and IVARSON, K. 1963. Mineralization of soil organic phosphorus with particular reference to the effect of lime. *Canadian Jour. Soil Sci.* 43: 97-106.
- JENNY, H. 1941. Factor of soil formation. McGraw-Hill, New York. 281 p.
- LUZIO, W., PINO, I., ELISSEGARAY, R. y VERA W. 1976. Lixiviación de suelos en condiciones de laboratorio. *Agricultura Técnica (Chile).* 36 (3): 126-129.
- LUZIO, W., VERA, W., ELISSEGARAY, R. y MENIS, M. 1979. Variaciones de algunas propiedades de un Vitran-depts sometido a lixiviación intensificada en laboratorio. I Complejo de intercambio. *Agricultura Técnica (Chile).* 39 (4): 145-151.
- MUNNS, D. and FOX, R. 1976. The slow reaction which continues after phosphate adsorption: Kinetics and equilibrium in some tropical soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 40: 46-51.
- MURMANN, R. and PEECH, M. 1969. Effect of pH on labile and soluble phosphate in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32 (3): 205-210.
- PEDRO, G. 1964. Contribution l'étude expérimentale de l'alteration géochimique des roches cristallines. *Première Partie. Anns. Agron.* 15 (2): 81-191.
- SHAPIRO, R. 1958. Effect of flooding on availability of phosphorus and nitrogen. *Soil Sci.* 85 (4): 190-197.
- VERA, W. y ELISSEGARAY, R. 1977. Meteorización de un suelo derivado de cenizas volcánicas en condiciones de laboratorio. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago. 105 p.