

## APLICACION DEL METODO DE RECONSTRUCCION Y BALANCE DE SUSTANCIAS AL ESTUDIO DE LA DEGRADACION DE LA FERTILIDAD DE SUELOS EN LA REGION SEMIARIDA PAMPEANA

BUSCHIAZZO, Daniel E. \*

### RESUMEN

Se detallan los fundamentos del método de reconstrucción y balance de sustancias y se consideran las posibles aplicaciones a estudios de degradación de suelos en la región semiárida pampeana, así como los parámetros utilizables a tal fin. El método se ejemplifica por medio de un balance de  $\text{CaCO}_3$  en un Ustipsamment.

### SUMMARY

The basis of the method of reconstruction and balancesheet of substances are given. The required parameters for this application to soil degradation studies in the semiarid region are considered. A  $\text{CaCO}_3$ -balancesheet of an Ustipsamment is given as an example.

### INTRODUCCION

El fenómeno de traslocación de sustancias en el perfil o entre perfiles constituye el fundamento de la evolución de los suelos. Ejemplo de ello son tanto el lavado de sales del suelo (aquellas con solubilidad mayor a la del  $\text{SO}_4\text{Ca} = 2,6$  g/l a  $20^\circ\text{C}$ .) como el lixiviado de arcillas (lessivage) cuando existe en el medio baja actividad iónica y condiciones de acidez, la eluviación-iluviación de coloides orgánicos acomplejados con óxidos e hidróxidos de Fe y Al bajo condiciones de alta humedad y acidez (podsolización) y la translocación de compuestos silíceos y consecuente acumulación residual de óxidos de Fe y Al en zonas tropicales (laterización).

Las influencias relativas del clima, material original, relieve, tiempo, factores bióticos y antrópicos serán por lo tanto, los que determinen cuáles sustancias y en qué medida serán afectadas por dichos fenómenos. En este conocimiento se basan las investigaciones realizadas a fin de comprobar el grado y tendencia de la evolución del suelo por parte de pedólogos. (por ej. Barshad, 1963). Tales investigaciones se realizan determinando la magnitud de la meteorización, al cuantificar los contenidos de sustancias pedogenéticas (productos) y/o litogenéticas presentes en el perfil (reactantes).

A tal fin se hace necesario conocer los contenidos originales de alguna de ellas (reconstrucción) y por diferencia con las actuales dilucidar pérdidas o ganancias (balance).

Estudios de este tipo han sido destinados, fundamentalmente, a realizar balances de arcillas, las que por su menor movilidad en el perfil en comparación con las sales solubles y mayor con respecto a otro tipo de silicatos, son los componentes del suelo apropiados para tal fin. A pesar de ello ésta metodología ha encontrado aplicación en otro tipo de estudios como el llevado a cabo por Alaily

\* Fac. de Agronomía, U.N.L.Pam.

Manuscrito aceptado el 11 de noviembre de 1985.

(1983) quién estableció la contribución proporcional de los materiales originales loess, margas y arenas glaciales, a la formación de un suelo pardo de bosque; o el desarrollado actualmente en zonas altamente industrializadas, donde se cuantifica, por ejemplo, el grado de contaminación de los suelos con metales pesados, principalmente Pb, Cd y Zn (Eberhardt, com. personal) así como la acidificación causada por la emanación de SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub> de los altos hornos de carbón de coque, que producen ácidos fuertes al combinarse con el agua de lluvia (lluvia ácida).

Los principios metodológicos de los balances pueden ser aplicados al estudio de la dinámica de los nutrientes vegetales (Schlichting y Blume, 1966; Schlichting 1975) de esta manera resultan un arma importante para esclarecer o prevenir problemas de fertilidad de suelos, es decir su influencia sobre el equilibrio:

Nutriente no disponible -----> Nutriente poco disponible -----> Nutriente inmediatamente disponible (1)

especialmente en suelos poco evolucionados de zonas semiáridas. En estos se impone un manejo conservacionista, debido tanto a posibles problemas erosivos, por predominio morfogenético sobre el pedogenético, como al suministro limitado a formas disponibles para los vegetales, de aquellos nutrientes que se encuentran en bajas concentraciones en el material original (obviando aquellos cuyo ciclo se encuentra relacionado con el de la materia orgánica). Esto último tiene su origen en la tendencia, que bajo estas condiciones, posee el equilibrio (1) de presentar bajos contenidos de los términos ubicados hacia la derecha, los que son repuestos muy lentamente luego de, por ejemplo, la absorción por los vegetales.

Una situación similar a esta presentarían los suelos de la región semiárida pampeana, por lo que es finalidad de este estudio establecer qué variables y condiciones deberán tenerse en cuenta para llevar a cabo un estudio de este tipo y dar pautas acerca de qué nutrientes se adaptan a tal fin.

## FUNDAMENTOS DE LA METODOLOGIA

A fin de establecer pérdidas o ganancias de una sustancia determinada en un perfil u horizonte, deberá conocerse el contenido de la misma previo a su movilización (contenidos originales) es decir, llevar a cabo una reconstrucción. A tal fin se hace necesario correlacionar los contenidos de dichas sustancias con los de otra tomada como índice (I, que deberá ser resistente a la meteorización y translocación) en el material original. Las cantidades por unidad de volumen (Kg/m<sup>2</sup> ó Kg/l, etc.) de I en el horizonte o solum en estudio, será la base para dicha reconstrucción. Por lo tanto a fin de aplicar esta metodología, será necesario cubrir los siguientes pasos:

- a) Reconocimiento del (los) material(es) original(es).
- b) Selección de al menos una característica estable a utilizar como índice (I).
- c) Reconstrucción de los contenidos originales de la sustancia en estudio (E).
- d) Balance propiamente dicho.

a) **Reconocimiento del o los materiales originales:** En suelos desarrollados sobre materiales isotrópicos consolidados (granito, basalto) la individualización del material original es trivial.

Por el contrario, cuando el material original es inconsolidado, y por lo común también anisotrópico, es necesario efectuar una comprobación de la ausencia de pedogénesis en el mismo. En tal caso, debe evidenciarse la uniformidad en el o los horizontes C de las características morfológicas (uniformidad de la textura, estructura, color, compactación, etc.) físicas (distribución invariable de fracciones granulométricas, estabilidad estructural, densidad aparente, etc.) químicas (uni-

formidad en la concentración de sustancias o elementos de distintas solubilidades) así como la ausencia de arcilla iluvial o de meteorización de minerales menos resistentes (olivina, plagioclasas, por ejemplo) o de arcillas de formación pedogénica.

La individualización del material original debe asegurarse utilizando, además de las observaciones de campaña (morfológicas) algunas de las correspondientes a otras metodologías.

b) **Selección de la sustancia índice (I):** Esta sustancia deberá ser resistente a la meteorización y translocación y presentarse en cantidades suficientes como para que su determinación esté desprovista de errores de medición muy groseros.

Algunas de estas sustancias estables, aunque también en algunos casos las inestables, requieren para su evaluación metodologías en las cuales es necesario eliminar sustancias que actúan como cementantes (materia orgánica y  $\text{CaCO}_3$  en el caso de granulometría) o interfieren en dicha cuantificación ( $\text{CaCO}_3$  en el caso de fluorescencia de rayos X). Esto hace que los resultados obtenidos sean expresados en base a material libre de éstas, por lo que su utilización directa no es posible. Por esta razón dichos contenidos deberán ser corregidos, si es necesario utilizando la siguiente igualdad:

$$i_c(\%) = (100 - X) \cdot i : 100$$

siendo  $i_c$ , la concentración de la sustancia índice corregida por los contenidos de materia orgánica y calcáreo.

$i$ , la concentración de la sustancia índice sin corregir (determinada)

$X$ , los contenidos de  $\text{CaCO}_3$  o materia orgánica (en %)

### c) **Reconstrucción:**

1. Para suelos desarrollados sobre material original homogéneo:

1.1. Para cálculo de ganancia o pérdida de sustancias en un perfil deberá calcularse un factor

$$E_c : I_c \quad (2)$$

siendo  $E_c$  e  $I_c$  los contenidos de la sustancia en estudio e índice en el horizonte C, expresado en por ciento respectivamente. Este factor deberá ser multiplicado por los contenidos corregidos de la sustancia índice en el solum ( $I_s$ ) expresados en peso por unidad de volumen, calculado en base a la fórmula:

$$I_s (\text{Kg/m}^2) = e \cdot d \cdot i_c \quad (3)$$

Siendo  $e$ , el espesor del solum expresado en dm.

$d$ , densidad aparente promedio de cada horizonte expresada en  $\text{g/cm}^3$ .

$i_c$ , contenido de I corregido expresado en porcentaje.

Vale decir que los contenidos originales de E se obtendrán de multiplicar (2) por (3).

1.2. Para efectuar un balance entre horizontes dentro de un perfil se reconstruyen los contenidos de la sustancia en estudio de cada horizonte ( $E_h$ ) para lo cual se multiplica el factor obtenido en (2) por los contenidos de I en cada horizonte ( $I_h$ ) calculados en base a la fórmula (3). Se usan para ello los contenidos porcentuales de I de cada horizonte así como sus espesores y densidades.

2. Cuando se tratara de suelos desarrollados sobre material original estratificado no será posible utilizar un único factor del tipo (2), ya que cada una de las capas poseerá un cociente E:I diferente. Asimismo, considerando que pérdidas o ganancias de sustancias (p. ej. arcilla,  $\text{CaCO}_3$ , materia orgánica) en los horizontes en estudio pueden hacer variar, por acumulación o dilución, los contenidos de I,

es que deberá utilizarse el cociente entre dos sustancias índices. De esta manera se obtendrá una correlación entre los E e I en base a sus contenidos porcentuales en los diferentes materiales originales, la que tomará la forma  $E_c: (I_1:I_2)_c$ . Conociendo el valor  $I_1:I_2$  podrán calcularse, por regresión, los contenidos porcentuales originales de E y utilizando una ecuación del tipo (3) los correspondientes a la unidad de volumen. El cálculo de los contenidos originales de la sustancia en estudio, no podrá efectuarse del total del solum, sino que forzosamente deberá realizarse para cada capa diferenciada y dentro de ellas, para cada horizonte del perfil.

Ya que las mencionadas pérdidas o ganancias de sustancias (arcilla, materia orgánica, etc.) pueden haber alterado la relación entre espacio poroso y volumen ocupado por partículas sólidas en los horizontes en estudio, es que sería probable una variación de la densidad aparente en los horizontes de acumulación o eluviación. Por esta razón deberá realizarse una reconstrucción de sus valores originales, en base a correlaciones similares a las utilizadas para la sustancia en estudio E.

**d) Balance:** Se realiza en base a la diferencia entre los contenidos actuales y originales de la sustancia en estudio. Los primeros se calculan en todos los casos (balance de perfiles u horizontes, perfiles estratificados u homogéneos) en base a una ecuación del tipo (3) utilizando para ello los valores actuales tanto de "e", "d" como "i".

Las diferencias darán valores positivos, negativos o cero, indicando ganancias, pérdidas o equilibrio del horizonte o solum estudiado respectivamente.

La sumatoria de los balances entre horizontes darán como resultado los del perfil, en el caso que éstos sean estratificados.

De la misma forma en que se efectúan balances entre horizontes pueden calcularse los mismos entre perfiles de una toposecuencia y conocer la dinámica tridimensional de las sustancia en estudio.

## RESULTADOS

A fin de ejemplificar la metodología descripta, se detalla a continuación un balance de  $\text{CaCO}_3$  de un perfil de suelo ubicado en las inmediaciones de la localidad de Algarrobo, provincia de Buenos Aires, clasificado como un Ustipsamment. Sus principales características se detallan en el cuadro 1.

Este balance fué llevado a cabo como parte de una investigación acerca de la génesis de las acumulaciones calcáreas de los suelos del SE pampeano, a fin de responder, entre otros, el interrogante sobre un origen autóctono o alóctono del  $\text{CaCO}_3$  (Buschiazzo, 1985).

En 8 de los 16 perfiles estudiados fueron identificados 12 materiales originales utilizando métodos macro y micromorfológicos (uniformidad en textura, estructura, color, consistencia, etc. y ausencia de arcilla iluvial y abundancia de plagioclasas no meteorizadas respectivamente), químicos (contenidos uniformes de  $\text{CaCO}_3$ ) y difractométricos (detección de, únicamente, picos correspondientes a arcillas illíticas -10 Å- y caolinita - 7 Å - que aparentemente son de origen litogénico).

Se comprobó asimismo que como sustancias índices, podrían ser utilizadas fracciones granulométricas. Esto se debe a que los sedimentos estudiados provienen de la misma fuente y fueron transportados con diferentes intensidades de viento, lo que se manifiesta en una homogeneidad mineralógica pero una heterogeneidad granulométrica del material original (ver en cuadro 2 la constancia de los cocientes Ti:Zr y la variación de los correspondientes a  $Af:(Am+Ag)$ ).

Cuadro 1. Características de un Ustipsammet ubicado en las cercanías de la localidad Algarrobo Pcia. de Buenos Aires.

Prof. (cm)	Horiz.	Límite	Raíces	Humedad	Color		Estructura	Textura	Carbonatos
					Seco	Húmedo			
0-20	(A)	su/cl	RRR	S	10YR4/4	10YR2/3	mas	lim-Ar	k
20-30	IICc	su/cl	RR	S	10YR5/2	"	"	Ar	k
30-40	IIIC	su/cl	R	S	10YR4/4	"	"	Ar	k
40-56	IVC	su/cl		S	10YR5/2	"	"	Ar	k
56-78	VCC	on/dif		S	10YR7/2	"	sub	lim-Ar	k
78-100	Tosca 1	su/cl		S	10YR7/3	"	mas	-	k"
100-165	Tosca 2	on/dif		S	10YR7/3	7,5YR6/4	lam	-	k"
+165	VICc			S	10YR7/2	10YR5/6	mas	Ar-lim	k"

SIGNIFICADO DE LAS ABREVIATURAS Y SIMBOLOS:

-Para tipo y forma de los límites, abundancia de raíces, humedad, estructura y textura, se utilizaron las normas detalladas por Etchevehere (1976)

-Color según la carta de colores de Munsell.

-Contenido de carbonatos: k débil reacción al HCl; k" muy fuerte reacción al HCl.

Por esta razón fué posible utilizar la correlación existente entre los dos cocientes  $(Am+Ag):Af$  y los contenidos de  $CaCO_3$  (Fig. 1) a fin de reconstruir las cantidades porcentuales originales de calcáreo en cada horizonte. Esta correlación fué positiva para valores de  $(Am+Ag):Af$  de hasta 0,35 y negativa entre 0,35 y 1,00. Tal tendencia se debe, aparentemente, a arrastre eólico de agregados de  $CaCO_3$  de tamaño  $Am+Ag$  por lo cual existe una correlación positiva en la primera parte de la curva. Cuando la fuerza del viento fué mayor (valores de  $(Am+Ag):Af$  mayores) se produjo un desgaste progresivo de esos agregados por choques entre partículas, lo que dió como consecuencia una disminución de los contenidos de  $CaCO_3$  del sedimento acumulado. Esto explica la porción negativa de la curva entre valores de 0,35 y 1,00 de la abscisa.

En base a esto es que se utilizaron las ecuaciones siguientes a fin de calcular los contenidos originales de  $CaCO_3$ :

$$CaCO_3(\%) = 31,9 + 15,3 \ln((Am+Ag):Af + 0,1) \text{ para valores de } (Am+Ag):Af \text{ menores a } 0,35 \text{ (} r = 0,9427 \text{)}.$$

$$= 23,6 - 11,73 (Am+Ag):Af \text{ para valores de } (Am+Ag):Af \text{ comprendidos entre } 0,35 \text{ y } 1,00 \text{ (} r = 0,9006 \text{)}$$

$$= 12 \text{ para valores de } (Am+Ag):Af \text{ mayores a } 1,00, \text{ por ser este el contenido menor de } CaCO_3 \text{ detectado en muestras de material original}$$

Estos contenidos referidos a unidad de volumen, se calcularon en base a una ecuación del tipo (3) debiéndose reconstruir los valores de densidad aparente en base a la ecuación

$$d(Kg/l) = 0,587(Am+Ag):Af + 1,18 \quad (r = 0,8959)$$

Esta proviene de la correlación positiva entre los cocientes  $(Am+Ag):Af$  y la densidad aparente de 12 muestras de material original (Fig. 2). Tal correlación resulta del aumento de la densidad del suelo al aumentar el tamaño de las partículas (mayores  $(Am+Ag):Af$ ). Esto ocurre, en los sedimentos estudiados, hasta que se balancea el menor grado de selección de las arenas mas gruesas, con el mayor contenido de minerales pesados, lo que explica la porción de la curva paralela a las abscisas a partir de  $(Am+Ag):Af$  mayores a 0,6.

De los balances, detallados en el cuadro 2, puede deducirse que las pérdidas de  $CaCO_3$  sufridas por los horizontes superiores, se encuentran balanceados con las ganancias que presentan las capas de tosca entre los 78 y 165 cm de profundidad, por lo que puede concluirse un origen autóctono del calcáreo en el perfil.

## DISCUSION

La aplicación de la metodología detallada anteriormente al estudio de la degradación de la fertilidad nutricional de suelos de la región semiárida pampeana, requiere, como primera medida, establecer los parámetros ya mencionados, los que se consideran a continuación:

a) Materiales originales: Los correspondientes a los suelos actuales en esta zona, son depósitos eólicos arrastrados durante el Cuaternario y en gran medida durante el Holoceno, que se encuentran asentados con espesores diversos (pocos cm hasta mas de 3 metros) sobre la costra calcárea. Las condiciones semiáridas que han imperado desde su deposición, han producido una acción pedogenética atenuada, que se manifiesta principalmente por la acumulación de  $CaCO_3$  en la porción inferior del solum, formando horizontes  $C_{Ca}$  (ver cuadro 3). La translocación de calcáreo no impide que estos horizontes puedan ser considerados como materiales originales, debido a que, por un lado, es de esperar que los minerales

Cuadro 2. Balances de CaCO<sub>3</sub> de un Ustipsament \*

Horizonte	Espe-sor (dm)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Granulometria (u, %)					af:am+ag	Ti:Zr	CaCO <sub>3</sub> orig. (%)	Densidad Act. Orig. (g/cm <sup>3</sup> )	CaCO <sub>3</sub> Act. Orig. (Kg/m <sup>2</sup> )	Δ CaCO <sub>3</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )	Σ CaCO <sub>3</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )		
			-2	-20	-63	-200	-2000									
(A)	2,0	1,5	2,0	6,0	14,0	48,0	30,0	1,60	24,3	16,3	1,10	1,10	3	36	-33	
IICc	1,0	2,3	2,0	7,0	13,6	48,7	28,7	1,70	24,7	16,7	1,12	1,12	2	187	-184	
IIIC	1,0	1,2	2,0	8,0	6,2	40,7	43,1	0,94	23,9	12,0	1,15	1,15	2	13	-11	
IVC	1,6	1,9	2,0	8,0	9,0	34,3	46,7	0,70	23,6	12,0	1,13	1,13	4	22	-118	
VCc	2,2	3,2	4,0	14,0	10,6	39,0	32,4	1,20	24,2	13,8	1,16	1,16	8	35	-26	
Tosca1	2,2	30,0	8,0	24,0	15,5	31,5	21,0	1,50	24,2	15,8	1,30	1,30	86	68	+36	
Tosca2	6,5	37,0	6,0	18,0	12,0	36,8	27,0	1,40	20,0	15,0	1,56	1,40	375	137	+238	+2

\* Explicación de los cálculos en el texto.

que corresponden a las fracciones menos estables de los nutrientes que pueden ser estudiados con esta metodología (apatitas, ortoclasas, plagioclasas, etc.) no se encuentren meteorizadas en los mismos, y por otro, a que las proporciones entre la fracción en estudio e I, debería permanecer constante, a pesar de las variaciones de sus concentraciones.

b) Sustancia o sustancias índices: Barshad (op.cit.) emplea, para el cálculo de arcilla formada "in situ" en un horizonte B<sub>t</sub> a los contenidos de cuarzo y albita del material original. También utilizables son los contenidos de los elementos Ti y Zr que reflejan los contenidos de los minerales resistentes anatasa o rutilo y zirconio respectivamente (Dixon y Weed, 1977)

Para los sedimentos loésicos pampeanos ha sido considerado como mineral resistente al cuarzo, en estudios tendientes a establecer el grado de evolución de los suelos, siendo el vidrio volcánico el lábil (Teruggi e Imbelloni, 1983). Esto permitiría suponer que este mineral podría ser utilizado como sustancia índice en estudios como los aquí propuestos.

Para el mismo tipo de materiales fue comprobado que el Ti presenta el inconveniente de acumularse en las fracciones granulométricas más finas (arcilla y limo fino) por lo que sería conveniente usar muestras de suelo libre de las mismas, si se quiere considerar a este elemento como sustancia índice. Caso contrario se cometerían errores producidos por enriquecimiento o pérdida del elemento en horizontes iluviales o eluviales respectivamente (Buschiazzo, op.cit.). También fué posible concluir que tanto el Zr, como una fracción granulométrica determinada (preferentemente arena fina, por presentarse en mayor proporción) pueden ser utilizados como sustancias índices en estos sedimentos.

c) Reconstrucción: De acuerdo a los valores de los cocientes entre las fracciones resistentes limo y arena fina que presentan suelos de la región fisiográfica oriental de la provincia de La Pampa (INTA-Pcia. de La Pampa-UNLPam, 1980) la estratificación de los materiales originales no es acentuada (Cuadro 3). Esto permitiría la reconstrucción en el solum de la sustancia en estudio, en base a un cociente del tipo (2). Sin embargo, la estratificación se haría evidente cuando sobre materiales francoarenosos se encuentran otros arenosos más modernos (Medanos) formando el límite entre ambos un salto granulométrico muy evidente. Ya que es posible distinguir perfiles con dicha estratificación de aquellos carentes de la misma en forma relativamente simple, es que en el caso de estudiarse suelos estratificados de ese modo, la reconstrucción podría hacerse por secciones del perfil y no de cada horizonte

d) Balances: Los suelos de la región semiárida pampeana son poco evolucionados (Haplustoles énticos y Entisoles, entre otros). Esto se debe a las características tanto climáticas semiáridas, que determinan una disponibilidad muy baja de humedad y por lo tanto condiciones desfavorables para una meteorización acelerada, como a aquellas granulométricas de los materiales originales, compuesto generalmente por arenas. Estas, por presentar baja superficie específica y capacidad de retención de agua, son resistentes a la meteorización, a pesar de la abundancia de minerales de rocas básicas que las componen. Tales condiciones hacen presumir una movilización limitada de los productos de meteorización en el perfil, por lo que la realización de balances de perfiles unitarios estaría sujeta a errores demasiado groseros. Esto responde a la poca variación entre los contenidos iniciales y actuales de determinadas sustancias en los horizontes superiores de los mismos. La cuantificación de la degradación de los niveles nutricionales de diferentes elementos por acción antrópica, presentaría por esto, serias dificultades.

Este inconveniente podría ser salvado considerando el transporte lateral que

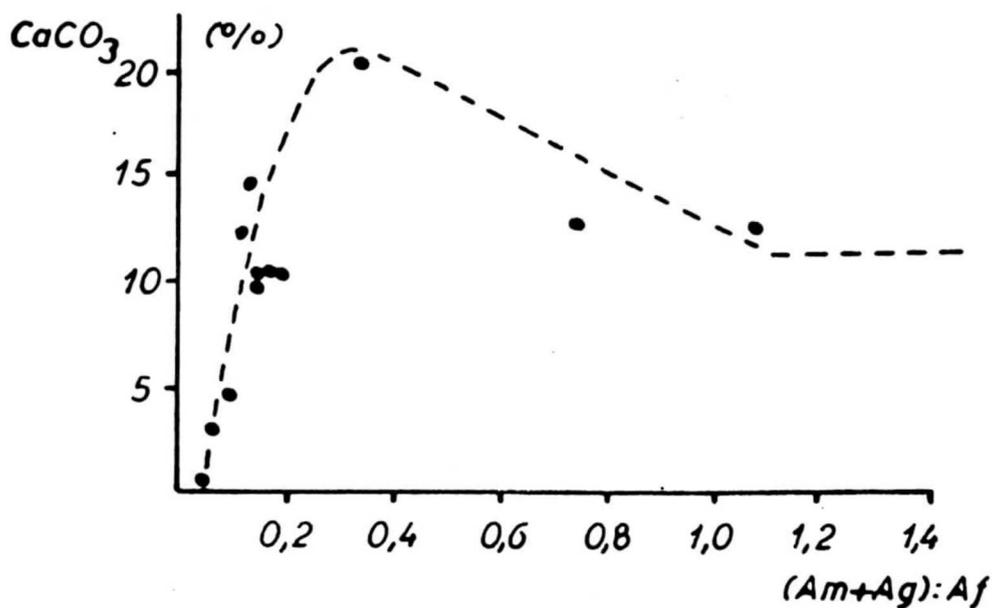


Figura 1. Contenido de  $\text{CaCO}_3$  y cocientes arena media+gruesa: arena fina  $(Am+Ag):Af$  de 12 materiales originales de la región oriental de la Pampa Semiárida.

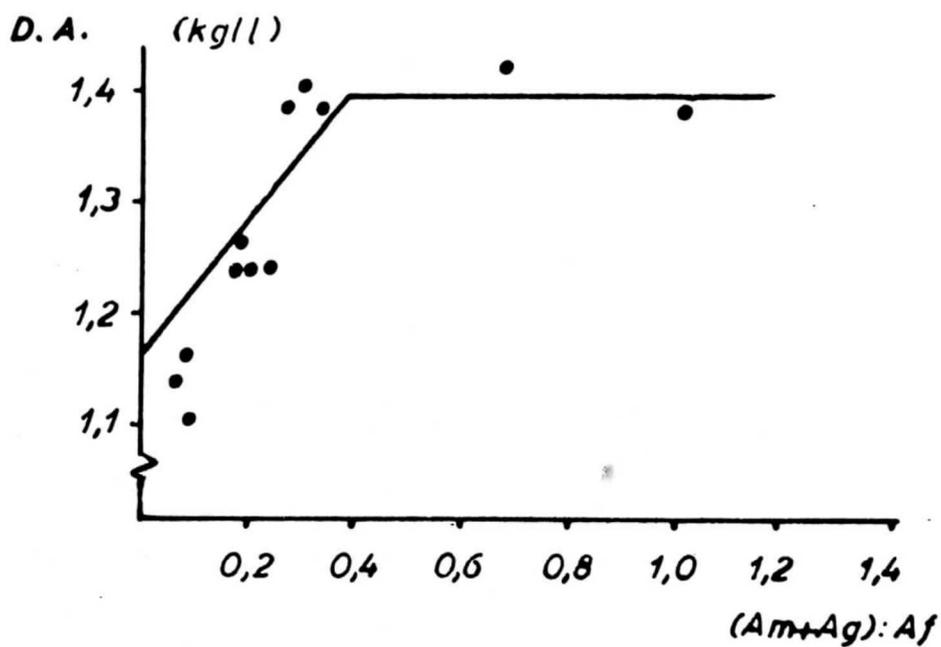


Figura 2. Valores de densidad aparente (D.A.) y cocientes arena media+arena gruesa:arena fina de 12 muestras de material original de la región oriental de la Pampa Semiárida.

sufren las sustancias por acción del relieve (toposecuencias) donde los perfiles superiores e inferiores de una pendiente, representan los horizontes eluviales e iluviales de un perfil respectivamente. Tales movimientos son, aún en zonas desérticas, de magnitud suficiente como para establecer diferencias significativas entre los contenidos iniciales y finales de algunas sustancias. Especialmente adecuadas para este tipo de evaluaciones son aquellas que corresponden a diferentes fracciones de nutrientes poco móviles en suelos, cuantitativamente dependientes de sus contenidos en el material original. Este no sería el caso de aquéllos elementos nutritivos que presentan un ciclo estrechamente ligado al de la materia orgánica, principalmente el N. Estos al presentar contenidos iniciales prácticamente nulos, permiten que estos balances sean realizados en perfiles aislados, ubicados en zonas planas.

Los balances para el primer grupo de nutrientes, requiere una reconstrucción previa, no así los del segundo. Sería de esperar que estos balances sean negativos para los nutrientes del primer grupo en perfiles de zonas altas de las toposecuencias (u horizontes de eluviación de un perfil) y positivos en ambos, cuando se consideran los perfiles de acumulación (u horizontes de iluviación de un perfil) y los horizontes superiores de un perfil respectivamente.

Los elementos P, K, Ca y Mg, entre los macronutrientes, pueden ser estudiados en toposecuencias (debido a que poseen ciclos relativamente independientes del de la materia orgánica en suelos) en base a balances tendientes a establecer el estado actual del equilibrio (1). Esto debe ser realizado contemplando, no solamente aquellas fracciones inmediatamente disponibles, sino el total del elemento en estudio y debe, tal cuantificación, ser finalmente expresada para la unidad paisajística considerada, es decir una cuenca cerrada. Es posible sin embargo realizar tales estudios para porciones de una toposecuencia, determinando el volumen de pérdidas o ganancias aisladamente (Schlichting, op.cit.). En el caso que nos atañe, sería posible cuantificar la degradación de los niveles nutritivos de los suelos, comparando toposecuencias representativas de cuencas cultivadas y no cultivadas, o porciones de las mismas cultivadas y vírgenes en la misma cuenca. De los nutrientes cuantificables con esta metodología, sería de interés, debido a la falta de información que existe para los suelos de la zona, estudiar la dinámica del P, cuyo agregado como fertilizante en trigo ha dado respuestas, aún con niveles considerados adecuados para otros suelos (Fagioli, com.pers.).

## CONCLUSIONES

El método de reconstrucción y balance, basado en el uso de sustancias índices, fue aplicado inicialmente a estudios pedológicos destinados a cuantificar la migración y neoformación de arcillas.

Investigaciones mas recientes dirigen esta metodología también a estudios de contaminación de suelos por parte de metales pesados en zonas altamente industrializadas, al esclarecimiento del aporte relativo de diferentes materiales originales a la formación de un suelo o a la determinación de la degradación de la fertilidad nutricional de los mismos.

La carencia de humedad suficiente en el perfil durante la mayor parte del año debido a las características del clima (semiárido) y de los materiales originales arenosos de los suelos de la región suroeste pampeana (baja capacidad de retención de agua) hacen que la fertilización a fin de restituir pérdidas de nutrientes (por extracción por parte de los cultivos, lavado o erosión) o carencia de los mismos, pueda tornarse ineficaz. Debido a esto es que toman importancia los estudios de degradación de suelos, que ponen en evidencia el estado actual de la fertilidad nutricional de los mismos y el efecto que diferentes manejos

ejercen sobre ella. Estos pueden ser llevados a cabo por medio de la reconstrucción y balance de diferentes fracciones de nutrientes.

En el presente trabajo, luego de detallar el fundamento de esta metodología y ejemplificar su aplicación para un Ustipsamment del sur bonaerense, en el que se demostró el origen autóctono del  $\text{CaCO}_3$  acumulado en profundidad, se consideró que a fin de aplicarlo a suelos de la región SW pampeana se hace necesario:

-el estudio de los mismos en toposecuencias, debido a lo limitado de los procesos de migración de sustancias en el perfil.

-la utilización de alguna fracción granulométrica o de los contenidos de los minerales estables Zr o cuarzo, como sustancias índices.

-la realización de balances por cada perfil, debido a la leve estratificación de los materiales originales.

-la comparación del total de las fracciones de cada nutriente entre suelos correspondientes a toposecuencias cultivadas y vírgenes.

Asimismo se concluye que en base a las características de los suelos estudiados y a los conocimientos escasos que de él se poseen, el P sería el elemento mas apropiado para llevar a cabo un estudio de este tipo en la región semiárida pampeana.

Cuadro 3. Cocientes limo:arena fina (L:Af) de tres suelos ubicados en la región fisiográfica oriental de la Pcia de La Pampa (1)

Haplustol éntico		Haplustol éntico (2)		Haplustol éntico (2)	
10 Km S. de Santa Rosa		40 Km WSW de General Pico		60 Km NNE de General Pico	
Horizonte	L:Af	Horizonte	L:Af	Horizonte	L:Af
A	1,75	Ap	1,46	Ap/A12	1,00
A/C	1,61	A12	1,46	AC	0,78
C1ca	1,35	AC	1.26	C1	0,84
C2ca	1,42			C2ca	0,78

(1) INTA-Pcia de La Pampa-UNLPam (1980)

(2) Datos calculados de resultados obtenidos en el trabajo citado en (1).

## AGRADECIMIENTOS

Al Geól. Hugo Martinez por las observaciones efectuadas al manuscrito de este trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

- ALAILY, A., 1983. Rekonstruktion des Ausgangszustandes und Bilanzierung von Böden einer Moränenlandschaft. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 146, 72-88.
- BARSHAD, I., 1963. Formación del suelo; en BEAR, F.E Química del Suelo. 435 pp.
- BUSCHIAZZO, D.E., 1985. Untersuchung über die Calcrete-Bildung in SO-Argentinien. Disertación Universidad de Hohenheim, 120 pp.
- DIXON, J.B.; S.B. WEED. 1977. Minerals in Soil Environments. Publicado por Soil Sci. Soc. of America. 948 pp.
- ETCHEVEHERE, P.H., 1976. Normas de reconocimiento de suelos. INTA, Dpto. de Suelos. Public. Nº 152, 2ª Edic. Actualizada. Castelar. 211 pp.
- INTA - PCIA DE LA PAMPA - UNLPam., 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. Buenos Aires. 493 pp.
- SCHLICHTING, E., 1975. Bedingungen und Bedeutung Landschaft-ökologischer Umsatz- und Bilanzuntersuchungen. Forstwirtschaftliches Centralblatt 6:273-280.
- SCHLICHTING, E.; H.P. BLUME. 1966. Bodenkundliches Praktikum. Paul Parey (Ed.). 209 pp.
- TERUGGI, M.E.; P.A. IMBELLONI. 1983. Perfiles de estabilidad mineral en suelos desarrollados sobre loess en la región pampeana septentrional, Argentina. Ciencia del Suelo 1:65-74.