

# EFFECTO DEL SECADO DE LAS MUESTRAS SOBRE LA EXTRACCIÓN SELECTIVA DE Fe y Al ACTIVOS EN ANDISOLES DEL NORTE DE LA CORDILLERA CENTRAL COLOMBIANA

Daniel F. Jaramillo J.<sup>1</sup>

---

## **RESUMEN**

*Muestras secadas al aire y sin secar de cinco perfiles de Andisoles del norte de la cordillera central colombiana fueron sometidas a extracción con oxalato ácido de amonio y con pirofosfato de sodio. En los extractos de oxalato se determinaron Al, Fe y Si y en los de pirofosfato Al y Fe.*

*El secado de las muestras redujo significativamente al 95% la cantidad de Al y de Fe extraída con oxalato ácido, dificultando la clasificación de los suelos en el orden Andisol utilizando los parámetros de la taxonomía del USDA.*

---

## **ABSTRACT**

*Air dried and with field moisture samples of five Andisols pedons from the North Colombian Andes, were submitted at extraction of Al and Fe with acid oxalate and pyrophosphate.*

*The dried of samples reduced significantly the contents of acid oxalate extractable Al and Fe, its making difficult your classification in the Andisols order, with the USDA taxonomic parameter.*

---

## **INTRODUCCIÓN**

Andisoles utilizadas para análisis de laboratorio produce algunas distorsiones

El secado al aire de las muestras de

---

<sup>1</sup> Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. ICNE. A.A. 3840. Medellín.

en los resultados de dichos análisis.

Los efectos más notorios y conocidos del secado se han documentado con las propiedades físicas de estos suelos; así, por ejemplo, Pinzón (1993), con muestras de 10 perfiles de Andisoles de diferentes regiones de Colombia, encontró que el secado al aire de las muestras redujo los valores de arcilla, porosidad total y microporos, retención de humedad, conductividad hidráulica, límites líquido y plástico, índice de plasticidad y punto de saturación del suelo, al tiempo que aumentó los de densidad aparente y macroporosidad.

Warkentin (1992) también observó grandes cambios en la textura de los Andisoles, por efecto del secado, además de leves cambios en la densidad aparente y en la porosidad; este autor apunta que dependiendo de la naturaleza de los componentes del suelo, el secado de los Andisoles puede llegar a ser irreversible bajo diferentes condiciones de humedad: algunos suelos adquieren esa irreversibilidad sólo cuando se secan por encima del punto de marchitez permanente, en tanto que otros la adquieren con sólo secarse al aire.

Maeda y Soma (1992), estudiando las

propiedades físicas de Andisoles alofánicos y no alofánicos, de diferentes partes del mundo, encontraron diferencias en el comportamiento de la curva de determinación del límite líquido de muestras trabajadas sin secar y secadas al aire; estas diferencias estuvieron relacionadas con la diferencia en la composición coloidal de los suelos, la cual, a su vez, generó comportamientos diferenciales en las otras propiedades físicas evaluadas. Lo anterior dio pie a estos investigadores para separar los Andisoles en dos grupos, de acuerdo con el cambio de pendiente de la curva de determinación del límite líquido de las muestras:

*Andisoles tipo A:* Son aquellos en los que la pendiente disminuye fuertemente cuando la curva se determina con muestras secadas al aire, con respecto a la que se determina con las muestras sin secar.

*Andisoles tipo B:* La pendiente de la curva no se afecta por el secado de la muestra.

De acuerdo con Maeda y Soma (1992) mientras los Andisoles alofánicos y algunos no alofánicos con alto contenido de materia orgánica, se ubicaron en los Andisoles tipo A, la mayoría de los no

alofánicos y algunos alofánicos con historia de humedecimiento y secamiento se ubicaron en los de tipo B.

Con respecto al efecto del secado sobre algunas propiedades químicas de los Andisoles, Schalscha *et al* (1965) observaron que con el secado al aire se disminuía el valor de la CIC y del fósforo soluble en Andisoles de Chile.

Kimble y Nettleton (1985) notaron que el secado al aire de las muestras de

Ante las evidencias mencionadas anteriormente y teniendo en cuenta que algunos Andisoles estudiados por Jaramillo (2000) en el norte de la cordillera central colombiana no cumplían con todos los requisitos exigidos por la definición de las propiedades ándicas del USDA (Soil Survey Staff, 1998), se propuso evaluar si el secado de las muestras de suelos procedentes del estudio de Jaramillo (2000) tenía algún efecto sobre las determinaciones que desviaban aquellos suelos de los materiales ándicos típicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó muestra de cada uno de los horizontes de los cinco perfiles de suelos (Andisoles) derivados de piroclastos de la secuencia "El Cedral" del altiplano de San Félix, departamento de Caldas, analizados por Jaramillo (2000). Las muestras se homogeneizaron y dividieron en dos submuestras: Una se secó al aire a 30°C y la otra se mantuvo con la humedad de

Andisoles reducía el valor de su CIC, tanto a pH 7,0 como a pH 8,2, así como la cantidad de aluminio extractable en KCl; Parfitt (1985), sostiene que los valores del pH en NaF de Andisoles pueden disminuir por efecto del secado de las muestras al aire.

campo; a las muestras que no se secaron se les determinó el contenido de humedad gravimétrico para hacer los respectivos ajustes al momento de pesar las muestras para llevar a cabo los análisis correspondientes. Cada submuestra a su vez se partió en dos fracciones.

Todas las muestras de las fracciones se sometieron a extracción con oxalato ácido de amonio (pH=3,0) y en el extracto se determinaron los contenidos de aluminio, hierro y silicio, con muestras secas (simbolizados como Alo, Feo y Sio, respectivamente) y con muestras húmedas (Aloh, Feoh y Sioh, respectivamente)

Las muestras de la otra fracción se extrajeron con pirofosfato de sodio y en el extracto se determinaron los contenidos de aluminio y de hierro, tanto en las muestras secadas al aire (simbolizados como Alp y Fep, respectivamente) como en las muestras húmedas (simbolizados como Alph y Feph, respectivamente). Los métodos para realizar las extracciones

mencionadas se encuentran descritos en Motta *et al* (1990).

Para caracterizar las propiedades ándicas, así como el tipo de complejos específicos que se están formando en los suelos se calcularon las siguientes relaciones:

• $[Alo + \frac{1}{2} Feo]$ ,  $[Aloh + \frac{1}{2} Feoh]$   $\Rightarrow$  Al más Fe activos totales, en muestras secas y húmedas, respectivamente.

• $[(Al / Si) = (Alo - Alp) / Sio]$ ,  $[(Al / Si)h = (Aloh - Alph) / Sioh]$   $\Rightarrow$  Relación Al Si en muestras secas y húmedas respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efecto del secado en las extracciones selectivas.** Los resultados obtenidos

**Tabla1.** Contenidos de Al, Fe y Si extraídos con oxalato ácido de amonio, en suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral en el altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, con muestras secadas al aire y sin secar. (Valores expresados en %).

PERFIL	HORIZONTE	Alo	Aloh	Feo	Feoh	Sio	Sioh
C2	Ap	0,37	0,38	0,41	0,61	0,13	0,09
	2Ab	0,84	0,93	0,58	0,94	0,50	0,54
	3Bwb	1,15	1,42	0,59	1,13	0,87	1,13
	3BAb	1,10	1,05	0,78	1,00	0,94	0,92
	4Ab	1,52	1,80	1,00	1,24	1,05	1,48
C11	Ap	0,98	1,14	0,67	0,84	0,69	0,86
	2Ab	1,08	1,35	0,68	1,16	0,70	0,91
	3Bwb	1,56	1,59	1,21	1,40	1,10	1,25
	3BAb	1,39	1,89	0,83	1,09	1,24	1,38
	4Ab	1,64	2,09	0,84	1,10	1,35	1,37
	Ap	0,70	0,76	0,64	0,81	0,49	0,26
	2Ab	0,94	1,11	0,80	1,09	0,72	0,54

• $[Ali = Alo - Alp]$ ,  $[Alih = Aloh - Alph]$   $\Rightarrow$  Complejos inorgánicos de Al en muestras secas y húmedas respectivamente.

• $[Fei = Feo - Fep]$ ,  $[Feih = Feoh - Feph]$   $\Rightarrow$  Complejos inorgánicos de Fe en muestras secas y húmedas respectivamente.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a pruebas estadísticas de comparación de muestras pareadas por rangos, así como a análisis de correlación; el nivel de significancia utilizado fue del 95%.

con las extracciones selectivas realizadas, para cada uno de los perfiles analizados, se presentan en las Tablas 1 y 2.

C14	3Bwb	1,41	1,50	1,16	1,01	1,19	0,81
	3BAb	2,00	2,20	1,23	1,60	1,71	1,48
	4Ab	1,38	2,75	0,68	0,85	1,09	2,12
	Ap	0,74	0,82	0,62	0,61	0,48	0,27
	2Ab	0,91	0,95	0,63	0,89	0,69	0,51
C17	3Bwb	1,21	1,36	0,86	1,01	1,13	0,96
	3BAb	1,27	1,40	0,65	1,20	1,02	1,06
	4Ab	2,13	2,26	1,13	1,35	1,54	1,69
	Ap	0,89	0,90	0,50	0,61	0,60	0,27
	2Ab	1,10	1,07	0,77	0,65	0,70	0,42
C23	3Bwb	1,68	1,72	0,81	1,09	1,36	1,14
	3BAb	1,57	1,74	0,74	1,17	1,40	1,17
	4Ab	2,27	2,06	0,80	0,95	1,60	1,30

Al comparar los resultados obtenidos con muestras secadas al aire y sin secar, expuestos en las Tablas 1 y 2, se observa que hubo diferencia significativa al 95% en los contenidos de Al y de Fe, pero no para el Si; en la Tabla 3 se presentan los resultados de este análisis.

**TABLA 2.** Contenidos de Al y de Fe extraídos con pirofosfato de sodio en suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral en el altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, con muestras secadas al aire y sin secar (Valores expresados en %).

PERFIL	HORIZONTE	Alp	Alph	Fep	Feph
C2	Ap	0,35	0,35	0,35	0,75
	2Ab	0,34	0,31	0,40	0,70
	3Bwb	0,15	0,18	0,15	0,44
	3BAb	0,15	0,09	0,11	0,14
	4Ab	0,39	0,32	0,46	0,89
C11	Ap	0,47	0,37	0,34	0,73
	2Ab	0,37	0,34	0,42	0,92
	3Bwb	0,30	0,24	0,36	0,74
	3BAb	0,19	0,19	0,18	0,55
	4Ab	0,28	0,27	0,26	0,59
C14	Ap	0,35	0,27	0,41	0,92
	2Ab	0,20	0,21	0,30	0,96
	3Bwb	0,22	0,16	0,27	0,59
	3BAb	0,28	0,18	0,28	0,70

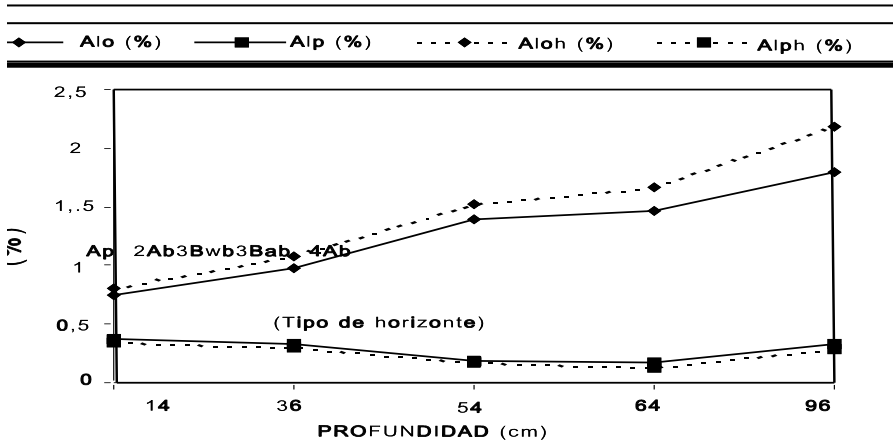
	4Ab	0,28	0,25	0,27	0,79
	Ap	0,39	0,38	0,37	0,93
	2Ab	0,35	0,25	0,38	0,76
C17	3Bwb	0,11	0,08	0,08	0,27
	3BAb	0,15	0,13	0,09	0,26
	4Ab	0,30	0,37	0,28	0,82
	Ap	0,34	0,33	0,30	0,63
	2Ab	0,38	0,37	0,35	0,83
C23	3Bwb	0,18	0,18	0,13	0,38
	3BAb	0,10	0,07	0,03	0,17
	4Ab	0,38	0,26	0,30	0,51

En las Figuras 1 y 2 puede apreciarse como se distribuyó el efecto del secado de las muestras sobre el porcentaje de Al y de Fe extraídos con oxalato ácido y con pirofosfato de sodio, de acuerdo con la profundidad en el suelo.

**Tabla 3.** Resultados de la comparación de muestras pareadas, por el método de rangos, para las extracciones de Al, Fe y Si con oxalato ácido de amonio y con pirofosfato de sodio.

VARIABLES	ESTADÍSTICO Z*
Alo - Alo	0.000296
Alp - Alp	0.000876
Feo - Feo	0.000029
Fep - Fep	0.000012
Sio - Sio	0.210900

\* Si  $Z < 0.05$ , hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras comparadas.



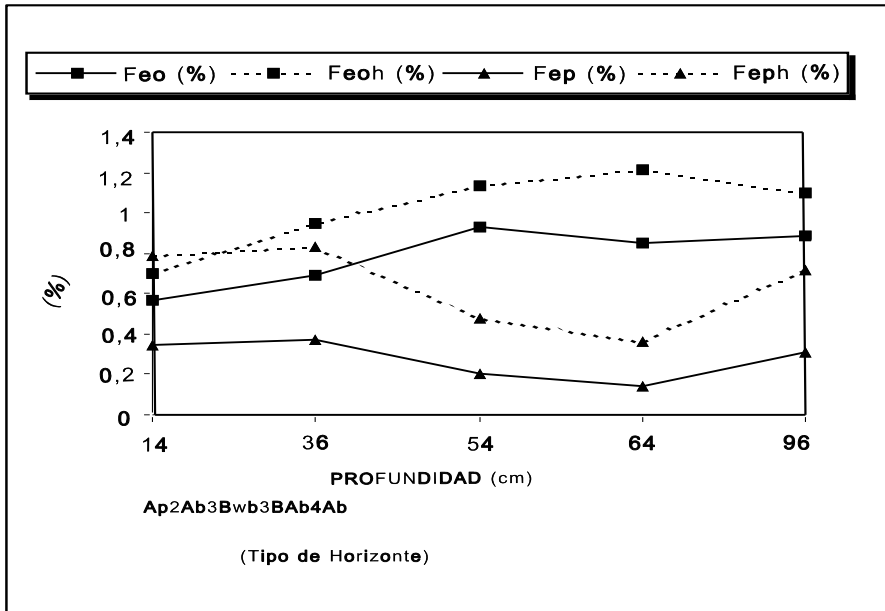
**Figura 1.** Efecto del secado al aire de las muestras de suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral del altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, sobre la extracción de Al con oxalato ácido de amonio y con pirofosfato de sodio (Promedios de 5 determinaciones).

En la Tabla 4 se presentan los resultados de los contenidos promedios de Al y Fe inorgánicos en las muestras secadas al aire y sin secar en los diferentes horizontes.

Los resultados expuestos en las Tablas 1, 2 y 4 y en las Figuras 1 y 2, indican que el secado de las muestras afectó más drásticamente la extracción de los compuestos inorgánicos presentes en el suelo al hacer la extracción con oxalato ácido de amonio.

Las condiciones químicas de los suelos estudiados por Jaramillo (2000): pH > 5,3, bajo contenido de bases y de Al extractable con KCl, así como la presencia de un régimen de humedad údico, favorecen la formación de hidróxidos de Al, incluyendo cantidades importantes de ellos en forma de polímeros, según discusiones de Shoji y Fujiwara (1984), Shoji y Ono (1978) citados por Dahlgren *et al* (1993) acerca de la génesis de los Andisoles.





**Figura 2.** Efecto del secado al aire de las muestras de suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral del altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, sobre la extracción de Fe con oxalato ácido de amonio y con pirofosfato de sodio (Promedios de 5 determinaciones).

**Tabla 4.** Contenidos de Al y de Fe inorgánicos activos en diferentes horizontes de suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral en el altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, con muestras secadas al aire (Ali y Fei) y sin secar (Alih y Feih). (Promedios de 5 determinaciones y valores expresados en %).

HORIZONTE	Ali	Alih	Fei	Feih
Ap	0,37	0,46	0,21	-0,10
2Ab	0,65	0,79	0,32	0,11
3Bwb	1,21	1,35	0,73	0,64
3Bab	1,29	1,52	0,71	0,85
4Ab	1,46	1,90	0,58	0,38

La presencia de altos contenidos de polímeros puede reducir la extracción de Al<sub>o</sub>, debido a una menor especificidad del oxalato para disolverlos. Warkentin (1992) y Maeda y Soma (1992) apuntan que la deshidratación de los agregados de Andisoles produce fuerte contracción en ellos la cual puede aumentar las fuerzas de los enlaces con el Al, disminuyendo su solubilidad en oxalato y, por tanto, reduciendo la extracción de Ali en suelos sometidos a secado.

El efecto de aumentar las fuerzas de enlace en los compuestos inorgánicos también explica buena parte de la mayor

extracción de Alp en los suelos secos; los complejos Al-humus pueden ser retenidos en la superficie de coloides inorgánicos obedeciendo a fuerzas electrostáticas, las cuales se ven reducidas al aumentarse las fuerzas que controlan los enlaces de la parte inorgánica de aquellos coloides, con lo cual se facilita la disolución de los complejos Al-humus y, por lo tanto, se incrementa la extracción de Alp.

Con respecto al comportamiento del Fe, la situación es contraria al Al; en este caso, el componente más importante es el Fep; Dahlgren *et al* (1993) sostienen que

una alta concentración de Si en la solución del suelo favorece la formación de ferrihidrita y que, además, el Fe como oxihidróxido es más estable que como complejo órgano-metálico.

De la información presentada por Jaramillo (2000) de los suelos utilizados para este trabajo (Relación Al<sub>p</sub>/Al<sub>o</sub> menor a 0,5 y relación Al/Si fluctuando alrededor de 1,0 en todos los horizontes, excepto el Ap) se deduce que estos suelos presentan un medio rico en Si con un subsuelo

Además, en las Figuras 1 y 2 también se aprecia que el secado de los suelos genera mayores diferencias en el comportamiento del Fe que en el del Al, tanto en la fracción inorgánica como en la orgánica, lo cual puede explicar la ausencia de podzolización y la traslocación de Fe observadas en estos suelos por Jaramillo (2000).

**Tabla 5.** Propiedades ándicas, según el USDA (SSS, 1998), de suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral en el altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, obtenidas a partir de análisis realizados con muestras secadas al aire y muestras sin secar.

Perfil	Hori-zo nte	Espesor (cm)	Cabono Orgánico (%)*	Densidad Aparente (Mg m <sup>-3</sup> )*	Retención de Fósforo (%)*	Al <sub>o</sub> + ½ Fe <sub>o</sub> (%)	Al <sub>oh</sub> + ½ Fe <sub>oh</sub> (%)	Propiedades Ándicas**
C2	Ap	24	8,0	0,60	92,6	0,6	0,7	No - No
	2Ab	46	4,8	0,73	100	1,1	1,4	No - No
	3Bwb	26	2,8	0,78	100	1,5	2,0	No - Si
	3BAb	20	2,3	0,80	85,1	1,5	1,6	No - No
	4Ab	47	5,5	0,58	100	2,0	2,4	Si - Si
C11	Ap	21	8,7	0,64	99,7	1,3	1,6	No - No
	2Ab	22	7,5	0,58	100	1,4	1,9	No - No
	3Bwb	13	5,0	0,60	95,9	2,2	2,3	Si - Si
	3BAb	8	4,4	0,68	100	1,8	2,4	No - Si
	4Ab	29	5,5	0,62	100	2,1	2,6	Si - Si
	Ap	12	6,1	0,62	95,0	1,0	1,2	No - No
	2Ab	29	4,5	0,63	98,5	1,3	1,7	No - No

alofánico.

Teniendo en cuenta los planteamientos anteriores puede pensarse que el proceso de secado del suelo concentra la solución del suelo en Si y favorece la liberación de Fe de los complejos Fe-humus (poco estables) para que pase a formar coloides inorgánicos (oxihidróxidos) de mayor estabilidad y por los cuales tiene mayor afinidad el Fe.

**Implicaciones taxonómicas.** El Fe y el Al activos definen una de las propiedades ándicas de los materiales que componen los Andisoles: La relación (Al<sub>o</sub> + ½ Fe<sub>o</sub>) en el sistema USDA (SSS, 1998). Los resultados de esta evaluación, así como los de las demás propiedades ándicas de los suelos estudiados se presentan en la Tabla 5.

C14	3Bwb	18	3,0	0,75	99,8	2,0	2,0	Si - Si
	3BAb	25	3,1	0,64	100	2,6	3,0	Si - Si
	4Ab	32	4,1	0,46	100	1,7	3,2	No - Si
	Ap	14	7,3	< 0,9	98,5	1,1	1,1	No - No
	2Ab	30	5,8	< 0,9	100	1,2	1,4	No - No
C17	3Bwb	20	2,3	< 0,9	94,0	1,6	1,9	No - No
	3BAb	10	2,6	< 0,9	100	1,6	2,0	No - Si
	4Ab	40	6,2	< 0,9	98,5	2,7	2,9	Si - Si
	Ap	14	10,4	0,50	98,5	1,1	1,2	No - No
	2Ab	14	7,3	0,51	99,2	1,5	1,4	No - No
C23	3Bwb	37	3,9	0,49	100	2,1	2,3	Si - Si
	3BAb	35	2,2	0,67	99,2	1,9	2,3	No - Si
	4Ab	37	6,3	0,52	100	2,7	2,5	Si - Si

\* Valores tomados de Jaramillo (2000)

\*\* Se establece si se cumplen los requisitos para considerar los materiales del horizonte como ándicos; la primera palabra se refiere a muestras secadas al aire y la segunda a muestras sin secar.

En los resultados de la Tabla 5 puede apreciarse que hay diferencias, en algunos horizontes, entre los valores de la relación  $(A_{lo} + \frac{1}{2} Fe_o)$ , cuando ésta se calcula con los resultados de las extracciones hechas con muestras secadas al aire y con muestras sin secar; la relación tiende a ser mayor cuando se calcula con muestras sin secar y la diferencia de valores obtenidos en las dos situaciones descritas es altamente significativa ( $Z= 0,0000544$ ).

En algunos horizontes se observa que si se hacen las extracciones de Al y de Fe con oxalato ácido en las muestras sin secar, sus materiales cumplen con todos los requisitos para ser considerados como ándicos, mientras que cuando la

extracción se lleva a cabo con muestras secadas al aire solo cumplen 3 de los 4 requerimientos para ser ándicos, lo cual puede llegar a dificultar la clasificación del suelo; estas diferencias también justifican las recomendaciones de Shoji *et al* (1996) en el sentido de rebajar la exigencia en el valor de dicha relación para considerar un material como ándico cuando la extracción se hace con muestras secas al aire.

Para apreciar el efecto global del secado, sobre las propiedades ándicas de los suelos estudiados, así como para ver sus implicaciones en la cartografía de dichos suelos, en las Tablas 6 y 7 se presentan los valores promedios y modales de ellas.

**Tabla 6.** Propiedades ándicas del USDA (SSS, 1998) para el perfil promedio de suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral en el altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, con muestras secadas al aire y sin secar. (Promedio de 5 determinaciones).

Horizonte	Espesor (cm)	Carbono Orgánico	Densidad Aparente	Retención de Fósforo	$A_{lo} + \frac{1}{2} Fe_o$	$A_{lo} + \frac{1}{2} Fe_{oh}$	Propiedades Ándicas*
-----------	--------------	------------------	-------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------------	----------------------

		(%)	(Mg m <sup>-3</sup> )	(%)	(%)	(%)	
Ap	17	8,64	0,59	96,86	1,02	1,15	No - No
2Ab	28	5,68	0,61	99,54	1,32	1,56	No - No
3Bwb	23	3,13	0,66	97,94	1,87	2,08	No - Si
3BAb	19	2,55	0,70	96,86	1,89	2,26	No - Si
4Ab	37	5,16	0,55	99,70	2,23	2,74	Si - Si

\*. Tiene el mismo significado que en la Tabla 5.

Los efectos sobre la clasificación del suelo son más notorios cuando se requiere agrupar los suelos de una región mediante el establecimiento de un perfil promedio o de uno modal ya que clasificar un suelo estrictamente como Andisol o no depende del espesor y de la ubicación de los materiales que puedan clasificarse como ándicos dentro del perfil; en las Tablas 6 y 7 se aprecia que el cumplimiento de estos requisitos depende de las circunstancias bajo las cuales

se hagan las extracciones de Al y Fe con oxalato ácido.

**Tabla 7.** Propiedades ándicas del USDA (SSS, 1998) para el perfil modal de suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral en el altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, con muestras secadas al aire y sin secar. (Promedio de 5 determinaciones).

Horizonte	Espesor (cm)	Carbono Orgánico (%)	Densidad Aparente (Mg m <sup>-3</sup> )*	Retención de Fósforo (%)*	Alo + ½ Feo (%)	Aloh + ½ Feoh (%)	Propiedades Andicas**
Ap	14	7,31	0,50	98,5	1,02	1,13	No - No
2Ab	22	4,81	0,51	100	1,23	1,40	No - No
3Bwb	18	2,78	0,49	100	1,64	1,99	No - Si
3BAb	10	2,26	0,64	100	1,60	2,00	No - Si
4Ab	32	5,45	0,46	100	2,02	2,54	Si - Si

\*, \*\*. Tienen el mismo significado que en la Tabla 5.

Como puede apreciarse en la Tabla 7, el estado de humedad de las muestras para hacer la extracción con oxalato ácido puede tener fuertes implicaciones en la definición de unidades taxonómicas y cartográficas cuando se está llevando a cabo un levantamiento de suelos, ya que puede alterar la clasificación de los perfiles modales representativos de dichas unidades; este impase puede resolverse de dos formas: atendiendo las sugerencias de Shoji *et al* (1996) y reducir el valor crítico para el requerimiento de  $(Al_0 + \frac{1}{2} Fe_0)$  a 1,2 %, utilizando muestras secadas al aire, o realizando la extracción con oxalato ácido de amonio en muestras sin secar al aire.

**Análisis de correlación.** Los valores obtenidos para las propiedades evaluadas en este trabajo fueron sometidos a análisis de correlación lineal; los coeficientes de correlación encontrados se presentan en las Tablas 8, 9 y 10.

En las tablas mencionadas en el párrafo anterior se observa que el secado de las muestras no alteró las relaciones entre las variables asociadas con las propiedades ándicas de los suelos estudiados puesto que, tanto en las muestras secadas al aire como en aquellas que se analizaron con la humedad que traían del campo se presentan, en términos generales, las mismas correlaciones.

**Tabla 8.** Coeficientes de correlación lineal (r)\* entre algunas variables de suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral en el altiplano de San Félix, Salamina, Caldas.

	Variables con muestras secadas al aire		Variables con muestras húmedas	
	(Alo + ½ Feo)		(Aloh + ½ Feoh)	
Alofano <sup>1</sup>	0,9564	(Alofano)h <sup>2</sup>	0,9621	
Al/Si	0,7101	(Alo + ½ Feo)	0,8735	
pH en NaF	0,4866	pH en NaF	0,4289	
		(Al/Si)h	NS	

\* Valores de r significativos para varios niveles de probabilidad: P = 95%, r = 0.3976; P = 99%, r = 0.5069; P = 99.9%, r = 0.6194.

NS: No Significativo

<sup>1</sup>: Calculado así: alofano (%) = 7.1 x Sio.

<sup>2</sup>: Calculado así: (alofano)h (%) = 7.1 x Sioh.

**Tabla 9.** Coeficientes de correlación lineal (r)\* entre algunas variables relacionadas con las propiedades ándicas del USDA (SSS, 1998), de suelos desarrollados de piroclastos de la secuencia El Cedral del altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, determinadas con muestras secadas al aire.

	Feo	Alp	Fep	Ali	Fei
Alo	0,7167	NS	NS	ND	0,7495
Feo		NS	NS	0,7044	ND
Alp			0,9110	ND	-0,5538
Fep				-0,4410	ND
Ali					0,8191
fei					

\* Los valores críticos de significancia como en la Tabla 8.

NS: No Significativo. N.D: No Determinado.

**Tabla 10.** Coeficientes de correlación lineal (r)\* entre algunas variables relacionadas con las propiedades ándicas del USDA (SSS, 1998), de suelos desarrollados de piroclastos de la secuencia El Cedral del altiplano de San Félix, Salamina, Caldas, determinadas con muestras sin secar.

	Feoh	Alph	Feph	Alih	Feih
Aloh	0,6020	NS	NS	ND	0,4808
Feoh		-0,4135	NS	0,6404	ND
Alph			0,7941	ND	-0,7821
Feph				NS	ND
Alih					0,5852
Feih					

\* Como en la TABLA 9.

\*, NS, ND

Los resultados de las Tablas 9 y 10 resaltan el efecto que tuvo el secado de las muestras sobre los compuestos de Fe, pues los mayores coeficientes de correlación entre dichos compuestos y los contenidos de (Al + ½ Fe) extractables en oxalato ácido se obtuvieron con dichas muestras secadas; el comportamiento del Al fue completamente diferente al de Fe.

### CONCLUSIÓN

El secado al aire de las muestras de suelos derivados de piroclastos de la secuencia El Cedral, redujo significativamente las cantidades de Al y de Fe extractables con oxalato ácido de amonio, hasta el punto de impedir la clasificación de los materiales de varios horizontes como ándicos, dificultando, de paso, la clasificación taxonómica de los

suelos en el orden Andisol.

### RECOMENDACIÓN

No secar al aire las muestras de estos suelos que se destinarán a análisis de propiedades ándicas con fines de clasificación; si por razones prácticas deben someterse a este procedimiento parece adecuado reducir la exigencia en el valor crítico de (Al + ½ Feo) a 1,2% como lo han sugerido Shoji *et al* (1996).

### BIBLIOGRAFÍA

DAHLGREN, R. *et al*. Mineralogical characteristics of volcanic ash soils. **In:** Volcanic ash soils: Genesis, properties and utilization. Developments in soil science 21. Amsterdam: Elsevier, 1993. p.145-187.

JARAMILLO, J. D. F.. Clasificación taxo-



nómica de los suelos del altiplano de San Félix, departamento de Caldas. *En: Revista Facultad KIMBLE, J.M. and. NETTLETON, W.D. Analytical characterization of Andepts and Andisols. In: Proceedings of the Sixth International Soil Classification Workshop. Part 1: Papers. Santiago de Chile: Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, 1985.p.211-233.*

MAEDA, T. and SOMA, K. Physical properties of Andisols. *En: Suelos Ecuatoriales. Vol.22, No.1 (1992); p.16-24.*

MOTTA, B. *et al.* Métodos analíticos del laboratorio de suelos. 5ed. Bogotá: IGAC, 1990. 502 p.

PARFITT, R. The nature of andic and vitric materials. *In: Proceedings of the Sixth International Soil Classification Workshop. Part 1: Papers. Santiago de Chile: Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. 1985. p.21-39.*

PARFITT, R. and KIMBLE, J.M. Conditions for formation of allophane in soils. *En: Soil Science Society of America Journal. Vol. 53, (1989); p.971-977.*

Nacional de Agronomía. Vol.53, No. 2 (2000); p.1059-1076.

PINZON, P.A. Propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Colombia. *En: Suelos Ecuatoriales. Vol. 23, No. 1/ 2 (1993); p.22-30.*

SCHALSCHA, E.B. *et al.* Effect of drying on volcanic ash soils in Chile. *En: Soil Science Society of America. Proceedings. Vol. 29 (1965); p.481-482.*

SHOJI, S. *et al.* Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the World Reference Base for Soil Resources. *En: Soil Science. Vol.161, No.9 (1996); p.604-615.*

SOIL SURVEY STAFF (SSS). Keys to soil taxonomy. 8ed. Washington: USDA, 1998. 326p.

WARKENTIN, B. P. Management of Andisols related to their structure. *En: Suelos Ecuatoriales. Vol. 22, No.1 (1992); p.9-15.*