

ANDOSILES CANARIOS-I

por

E. FERNANDEZ CALDAS y M. L. TEJEDOR SALGUERO



PUBLICADO EN
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA
TOMO XXXIV, NÚMS. 3 4.—MADRID, 1975

ANDOSOLES CANARIOS

I. CARACTERISTICAS GENERALES DE ESTOS SUELOS

por

E. FERNANDEZ CALDAS y M. L. TEJEDOR SALGUERO

SUMMARY

ANDOSOLS OF THE CANARY ISLANDS. I. GENERAL CHARACTERISTICS OF THESE SOILS

The authors studied the main characteristics of the andosols, with special reference to the types present in the Canary Islands (Tenerife, Gomera, Hierro).

They describe their main morfological, physical, chemical and mineralogical characteristics.

Considerations on the ecological conditions and age of the soils are given with reference to the main types described.

Climate, topography and age are among the main factors controlling the typology of these soils.

Los andosoles se forman sobre materiales de origen volcánico, y en consecuencia su génesis queda limitada exclusivamente a las diferentes regiones volcánicas mundiales. Las zonas climáticas en que se forman estos suelos son muy variadas y se extienden desde las regiones frías hasta los climas ecuatoriales húmedos y cálidos, siempre que el medio edáfico mantenga unas condiciones de humedad elevada y permanente a lo largo del año. A estos suelos se les ha denominado con una gran variedad de nombres locales.

Suelos húmicos-alofánicos y Kuroboku en Japón y China (Egawa, 1964), limos-amarillos pardos en Nueva Zelanda (Taylor, 1964), Trumaos en Sur América (Luna, 1969; Wright, 1964) y humic latosoles en Hawai (Fox, 1969).

Los primeros estudios sobre estos suelos se iniciaron en Japón, y en el año 1949 Thorp y Smith los clasifican por primera vez bajo el nombre de andosoles.

Esta palabra está formada por la raíz japonesa Ando, que significa suelo negro, y que permite en una primera aproximación definirlos como

suelos de color negro. En esta definición queda reflejada además una característica frecuente en estos suelos: la de acumular grandes cantidades de materia orgánica en su superficie.

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

En el presente trabajo tratamos de precisar las características de un grupo de suelos de las regiones húmedas de las Islas Canarias occidentales, clasificadas por E. Fernández Caldas y A. Guerra Delgado, 1971, con la denominación genérica de andosoles Andepts. El trabajo a que nos referimos (Fernández Caldas, Guerra Delgado, 1971) fue realizado en la Isla de Tenerife, estudiando perfiles de andosoles situados en la zona de condensación del alisio y en regiones de menor humedad a cotas superiores e inferiores próximas.

Nos proponemos hacer un estudio comparativo de los andosoles canarios, teniendo en cuenta no sólo estas diferencias climáticas sino igualmente la cronología de las zonas de estudio.

Con esta finalidad hemos elegido tres de las Islas Canarias occidentales (Tenerife, Gomera y Hierro), donde nos encontramos materiales volcánicos de diferentes edades y características que nos permite estudiar suelos formados en condiciones ecológicas y cronológicas comparables.

De acuerdo con la cronología y clima, es posible comparar la región de las Mercedes de la era terciaria en Tenerife, con el Monte del Cedro en la Gomera, y los andosoles formados sobre materiales de proyección reciente en Tenerife con los desarrollados en estas mismas condiciones en la Isla del Hierro.

Estas islas se han formado a través de un vulcanismo muy complejo, cuyos orígenes se pueden situar probablemente en el período paleozoico para los zócalos basales de la Isla de La Gomera (Hausen, 1958), aunque existe una gran diferencia en el tiempo, entre los complejos basales y las coberteras (Bravo, 1964).

No se registran erupciones volcánicas en esta isla durante todo el cuaternario, no existen malpaíses y las cenizas volcánicas se encuentran profundamente alteradas. La Isla del Hierro, por el contrario, se ha formado en gran parte durante este último período geológico. La Isla de Tenerife, sin embargo, con dos regiones terciarias que corresponden a las penínsulas de Anaga y Teno, tiene una zona central formada en un período geológico relativamente más reciente (Fuster y col., 1968).

La composición de estos materiales volcánicos es variada. En la Isla de Tenerife dominan los basaltos, aunque existen formaciones importantes de traquitas y fonolitas, las corrientes de lavas son muy frecuentes, así como materiales piroclásticos del tipo lapilli o cenizas volcánicas ácidas y básicas.

En la Isla de La Gomera se observan diferentes estructuras litológicas formadas por complejos de rocas basales, aglomerados volcánicos, basaltos antiguos, basaltos horizontales y basaltos subrecientes.

Sobre los basaltos horizontales y los basaltos subrecientes se encuentran los suelos más característicos y bien representados en la actualidad. Los intergrados andosol-tierra parda oligotrófica se han formado sobre basaltos horizontales, de grano fino hipocristalino, plagiocásicos (Bravo, 1964), en los que rara vez domina el olivino, que en ocasiones está sustituido por la augita. Los minerales se encuentran en un grado muy avanzado de alteración.

La Isla del Hierro ha registrado una intensa actividad volcánica durante el cuaternario y en épocas relativamente recientes, que la ha cubierto prácticamente en su totalidad, y las cenizas volcánicas han sido muy abundantes en los últimos episodios efusivos (Coello, 1971).

Los materiales que forman la superficie actual de la isla están constituidos principalmente por basaltos de tipo olivínicos alcalinos de ámbito oceánico. Se observan igualmente rocas ácidas, traquitas, fonolitas, aunque con un carácter subordinado (Coello, 1971).

El carácter reciente de los materiales volcánicos que cubren la superficie actual de la isla hace que se encuentren poco alterados y los suelos son en general de escaso desarrollo.

El clima de estas islas es de tipo subtropical-oceánico e insular.

La influencia de las corrientes marinas frías procedentes del Norte refrescan y regulan la temperatura, y son responsables de la formación abundante de nubes a una altitud media de 600 a 1.800 m. y de la regularidad de la higrometría elevada del aire.

En las zonas bajas (< 400 m.) las temperaturas medias anuales oscilan entre 17 y 21° C. La temperatura media mensual tiene una amplitud en su variación de aproximadamente 7° durante todo el año, con un mínimo de 15° C en enero y un máximo de 22° C en agosto. A una misma altitud la higrometría media anual es elevada, de aproximadamente 81 por 100, y las medias mensuales varían entre 79 por 100 y 84 por 100.

La influencia de la orientación dominante de los alisios septentrionales, del NE al NO según las estaciones, es muy sensible en la distribución geográfica de las nubes y lluvias.

En la región Norte y a cotas bajas (50 a 400 m.) la pluviometría media anual varía entre 300 y 700 mm., según la exposición y altitud. En el SE y a 5 m. de altitud (Punta de Abona) la pluviometría anual apenas alcanza un valor de 100 mm.

Los valores máximos pluviométricos se producen generalmente en los meses de octubre-noviembre y diciembre, mientras que el mínimo, próximo al valor 0, corresponde a los meses de julio y agosto.

La estación seca, sin lluvias, aunque con un grado higrométrico ele-

vado, dura aproximadamente cuatro meses en la vertiente Norte más húmeda, y nueve meses en la zona litoral del Sur más seca.

La distribución climática en la isla de Tenerife, tomada como representativa del conjunto que estudiamos, puede esquematizarse como sigue: las vertientes expuestas al Norte son más frías y más regularmente húmedas y lluviosas, mientras que las vertientes que dan al Sur son mucho más cálidas y secas.

En la vertiente Norte, por encima de 600-700 m. de altitud y hasta aproximadamente 2.000 m., se encuentra una franja donde la nubosidad es muy intensa y casi permanente, el aire está saturado de humedad y se producen precipitaciones ocultas de relativa importancia. Este tipo de clima puede ser calificado de perhúmedo.

Para altitudes superiores a 2.000 m. el clima frío y más árido es de tipo subalpino, donde las nieves son frecuentes durante dos o tres meses en invierno.

Por debajo de la cota de 600 m. en la vertiente Norte, el clima es de tipo subtropical contrastado, haciéndose progresivamente menos lluvioso y menos contrastado a medida que nos acercamos al litoral.

En la vertiente Sur, y para altitudes inferiores a 1.600 m., el clima se caracteriza por un régimen pluviométrico de tipo subárido, pero con un grado higrométrico del aire relativamente elevado, por la influencia oceánica.

Considerando la naturaleza de los suelos y su distribución, puede proponerse la hipótesis de que el clima general de las islas ha podido variar durante el cuaternario, con períodos alternantes más secos y más húmedos que en la época actual, y que han favorecido la formación de suelos de tipo tropical, profundos y bien diferenciados, así como fenómenos de geliflujión y erosión de los suelos de las regiones altas superiores a 2.000 m.

La hipótesis de Fernández Caldas y Guerra Delgado, 1971, en relación con el efecto sobre la génesis del suelo, producido por las condensaciones ocultas, provocadas por la elevada humedad del aire y favorecida por la porosidad de las cenizas volcánicas, ha de ser tenida muy en cuenta en la interpretación de los fenómenos edáficos actuales en Canarias, pero puede ser complementada por nociones paleoclimáticas en períodos más cálidos y húmedos para comprender mejor la existencia en estas islas de suelos tropicales antiguos.

En las zonas de altitud media, comprendidas entre 600 y 2.000 m., el clima perhúmedo actual justifica la presencia de andosoles, que constituyen el objeto del presente trabajo, que corresponde a un estudio de génesis, evolución y distribución.

Estas consideraciones anteriormente referidas a la Isla de Tenerife pueden hacerse extensivas a las Islas de La Gomera y Hierro para las mismas coordenadas de orientación y altitud (Huetz de Lempis, 1969).

Las características de la vegetación se corresponden con la varia-

bilidad climática en las diferentes islas, y serán incluidas separadamente en los diferentes grupos de suelos con igual clasificación.

La variabilidad climática y litológica a que nos hemos referido está muy condicionada por los factores topográfico y tiempo de alteración, que juegan un papel muy importante en la formación y evolución de los suelos de estas islas.

El tipo de alteración de los materiales volcánicos, en el medio ecológico de alta humedad que conduce a la formación de andosoles, se caracteriza por la presencia en el perfil de materiales predominantemente alofánicos y amorfos formados por hidróxidos de hierro y aluminio que evolucionan a formas más o menos cristalinas de arcillas caoliníticas y gibsitica.

Las particularidades de estas islas, con un vulcanismo muy prolongado, que da lugar a la existencia de superficies con una cronología muy amplia, bajo una climatología muy diversa, ofrecen ejemplos de suelos recientes y de formaciones más antiguas que han evolucionado bajo condiciones diversas.

La variedad de estos suelos existentes en Canarias, con numerosas posibilidades de confrontación entre los factores y procesos de formación, muestra la dificultad de generalizar explicaciones que pueden ser localmente válidas.

De ahí que hayamos seleccionado tres islas para este estudio que nos permita en cierto modo generalizar nuestras conclusiones con las limitaciones que naturalmente impone la gran variabilidad del medio.

De acuerdo con las observaciones realizadas en función de las características del medio, los suelos estudiados han sido agrupados en cuatro categorías:

1. Intergradados andosoles-tierras pardas oligotróficas.
2. Dystrandeps.
3. Andosoles poco diferenciados, vítricos, fuertemente desaturados.
4. Vitrandeps.

Para ello hemos tenido en cuenta sus propiedades físicas, químicas y mineralógicas, que están íntimamente relacionadas con los factores tiempo, clima, vegetación, topografía y material de origen.

En los mapas I, II y III, correspondientes a Tenerife, Gomera y Hierro, se indican la distribución de los principales suelos existentes en estas islas.

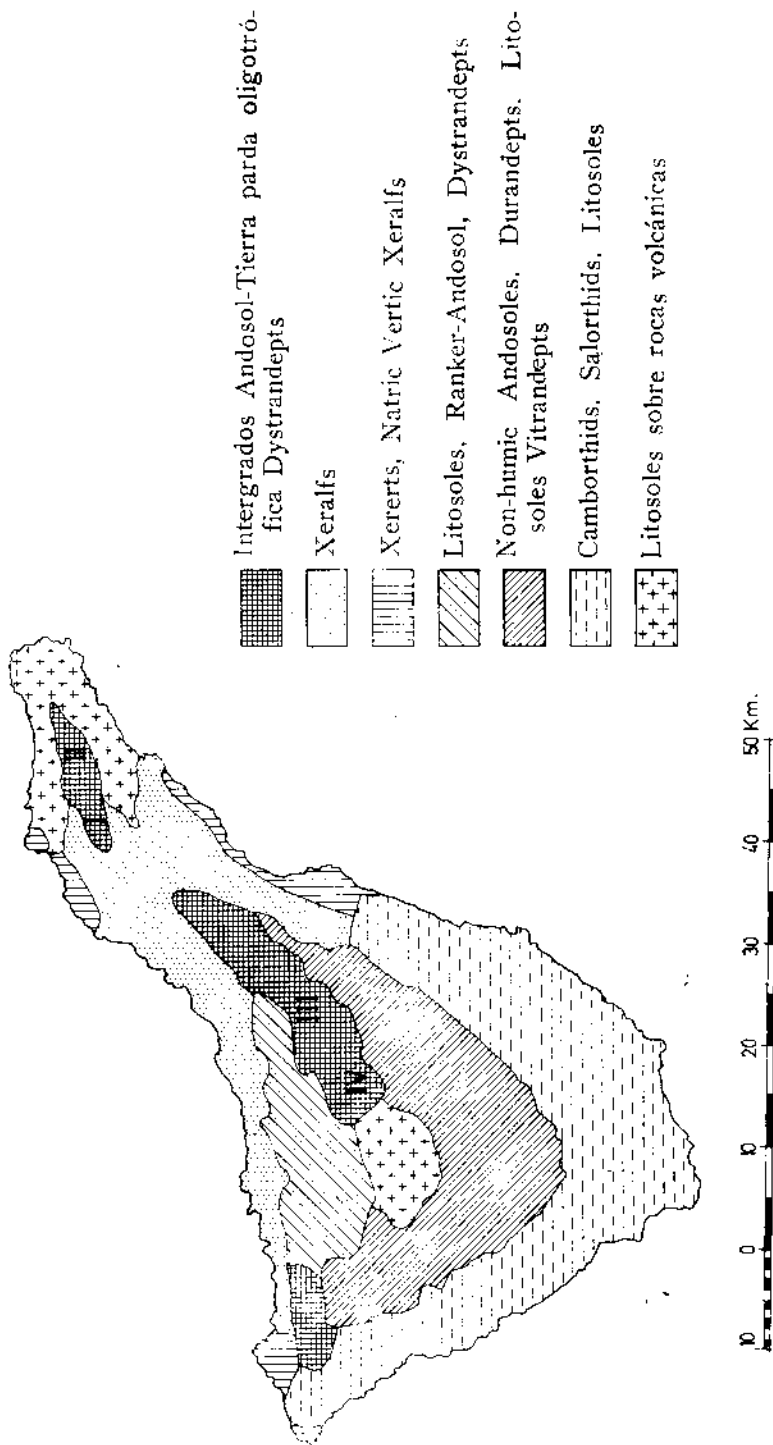
TÉCNICAS EXPERIMENTALES

Las determinaciones de la humedad a diferentes valores de pF se hicieron utilizando placas porosas. Modelo Soil Moisture equipment corp.

El análisis mecánico de los suelos se realizó por dispersión ultrasónica (Bonfils, Dupuis, 1969).

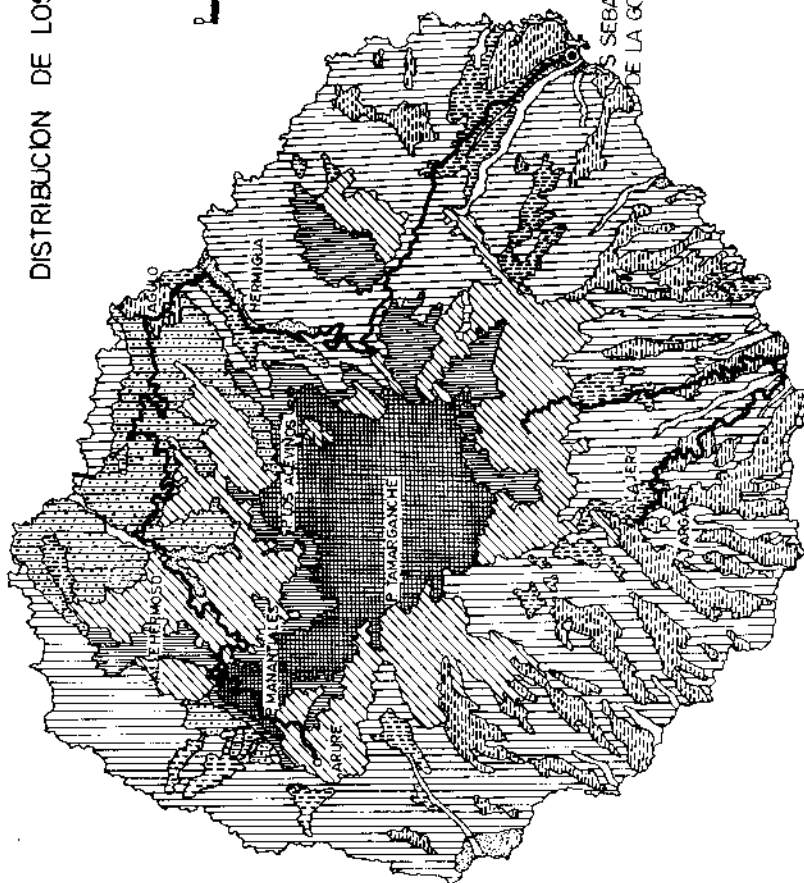
DISTRIBUCION DE LOS SUELOS DE LA ISLA DE TENERIFE

MAPA Nº1












MAPA Nº 2

DISTRIBUCION DE LOS SUELOS EN LA ISLA DE GOMERA

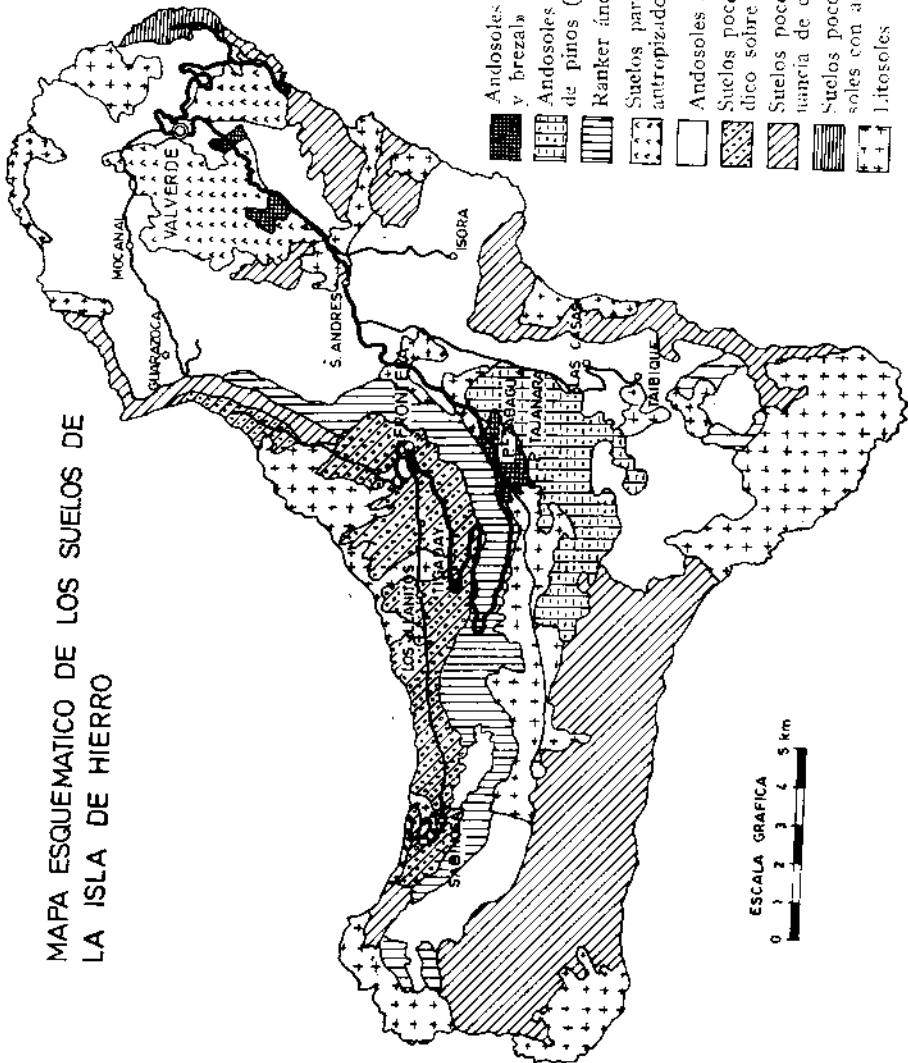


LEYENDA

-  Suelos ándicos con vegetación de eaurisilva y brezal. Intergrados andosol-tierra parda oligotrófica
-  Ranker ándico
-  Tierras pardas ándicas, andosoles rankeriformes y andosoles erosionados
-  Tierras pardas rankeriformes, suelos poco evolucionados y litosoles
-  Suelos poco evolucionados y litosoles
-  Vertisoles
-  Suelos antrópicos vérticos
-  Suelos poco evolucionados de regadío en aluviones recientes
-  Regosoles y litosoles en playas y ramblas

MAPA N° 3

MAPA ESQUEMATICO DE LOS SUELOS DE LA ISLA DE HIERRO



La materia orgánica se determinó por oxidación con $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ en medio sulfúrico, y valoración por retroceso con sulfato ferroso, en presencia de PO_4H_3 y difenil amina como indicador. Para el fraccionamiento de los ácidos húmicos se siguió el método de Kononova (Kononova, 1966).

Para el nitrógeno se siguió el método de Kjeldahl.

La capacidad total de cambio se determinó con acetato sódico de pH 8,2, mientras que los cationes de cambio se extrajeron con acetato amónico 1 N pH 7. Las determinaciones se hicieron en un Perkin Elmer de absorción atómica, modelo 290 (Richards, 1954).

El «Valor Δ » se realizó siguiendo el método de Aomine y Jackson (Aomine, Jackson, 1959).

El pH se midió en suspensión acuosa (1:2,5), en CLK 1 N (1:2,5) y en suspensión de una solución de NaF 1 N (1:50) (Fieldes, Perrot, 1966).

Para obtener los elementos amorfos, se utilizó la técnica de extracción simultánea de los óxidos de hierro y aluminio libres de Duchaufour y Soucier. La sílice se extrajo con NaOH 0,5 N (Duchaufour, Soucier, 1970).

Para el estudio de las arcillas se han seguido técnicas de espectroscopía de absorción infrarroja (Hidalgo, Serratos, 1955), difracción de rayos X (método de Debye-Sherrer) y microscopía electrónica, utilizando el microscopio electrónico Philips M. E. 300 del Instituto de Edafología de Madrid.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ANDOSOLES ESTUDIADOS

Morfológicas

Se observa generalmente una diferenciación muy marcada entre la zona superficial y profunda de estos suelos, especialmente entre los horizontes A y B. La consistencia al estado húmedo varía desde friable a firme, plásticos, de baja adherencia y tixotrópicos. El suelo seco pierde su consistencia, y se convierte en muy friable y pulverulento.

Sus características en cuanto a drenaje y aireación corresponden a valores muy elevados.

Los perfiles presentan formas muy variadas. Se observan suelos poco evolucionados con un horizonte (B) o (B)C que se diferencia de los horizontes A y C por su color y estructura, o suelos con un grado mayor de evolución constituido por un conjunto de horizontes, A, (B), C o A, (B)C, C.

Es también muy característico en los andosoles los perfiles poligenéticos, así como una superposición de secum que corresponden a diferentes depósitos volcánicos producidos por erupciones sucesivas.

El espesor de los andosoles es muy variable, y depende de la importancia de los depósitos de materiales piroclásticos y su edad.

Los horizontes superficiales pueden alcanzar hasta un metro de profundidad y tienen un color muy oscuro e incluso negro. Los horizontes profundos tienen en general tonos cromáticos que oscilan del amarillo al pardo rojizo.

En estos perfiles se observan con relativa frecuencia capas cementadas producidas por procesos de acumulación de sílice, hierro o manganeso. Si existe una alta concentración de coloides amorfos, las facies expuestas del perfil pueden mostrar un agrietamiento muy marcado, tanto horizontal como vertical. Este fenómeno es muy frecuente en los perfiles correspondientes al Grupo de intergradados andosol-tierra parda oligotrófica. El horizonte (B) o (B)C tiene una textura aparentemente línosa o arenosa que está muy influenciada por el tamaño original de los productos piroclásticos de proyección, y la estructura es generalmente gruesa y débilmente coherente. El horizonte (B) es generalmente rico en materia orgánica, aunque su contenido no se corresponde con la coloración.

Se observa una distribución profunda de las raíces, que se corresponde con el contenido de materia orgánica.

Físicas

Los perfiles se caracterizan por un contenido muy elevado de humedad en todos los horizontes, asociado a un valor bajo de la densidad de volumen (tabla I).

Los contenidos de humedad en el subsuelo son comparables a los que se observan en los horizontes superficiales de suelos ricos en materia orgánica, formados sobre materiales no volcánicos (Birrel, 1951).

Las variaciones en el contenido de humedad hasta un pF 4,2 pueden ser reversibles, pero a un pF superior estas variaciones pueden ser irreversibles. Las contracciones volumétricas pueden experimentar estas mismas variaciones reversibles e irreversibles para los mismos valores de pF.

Esta tendencia hacia una desecación irreversible explica la presencia de grietas en los perfiles expuestos a la desecación a que nos referíamos anteriormente.

En nuestros suelos, como se observa en la tabla I, en que se indican los cuatro grupos, representados por los perfiles más característicos, nos encontramos:

Valores superiores al 20 por 100 de retención de humedad a 15 atmósferas, en los Grupos I y II. En los Dystrandpeats, los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera son elevados con relación al porcentaje de arcillas.

T A B L A I

pf, densidades y porosidad

G r u p o	Perfil	Horizonte	% de humedad en volumen (a)			Densidad aparente real gr./cm ³	Volumen real %	Porosidad total %	Macro-porosidad %	Micro-porosidad %			
			Saturación	10 cm. 10% cm.	1/3 atm. 15 atm.								
Intergrado Andosol	Manantiales	A	77.9	60.5	48.4	36.0	25.4	0.72	2.56	28.1	71.9	41.9	30.0
		(B)	101.2	80.8	62.0	49.8	34.2	0.78	2.63	29.8	70.4	51.4	19.0
		(B) C	69.9	53.9	43.8	38.4	29.7	0.91	2.94	30.9	69.1	31.5	37.6
Dystrandeps	Aguamansa III	A	84.9	75.3	44.6	35.4	23.3	0.71	2.50	28.4	71.6	49.5	22.1
		(B) C	80.6	65.1	47.7	38.5	25.7	1.09	3.03	35.9	64.1	42.1	22.0
Andosol poco diferenciado, vitrico, fuertemente desaturado	Izaña	A	43.8	39.6	29.1	20.8	10.6	0.62	1.96	31.6	68.4	23.0	45.4
		(B)	73.1	60.7	35.4	29.5	20.2	1.08	2.43	44.4	55.6	43.6	12.0
		(B) C	69.5	60.8	42.7	37.6	24.7	1.12	2.73	41.4	58.9	31.9	27.0
Vitrandeps	Chío	A	48.7	40.1	26.3	17.1	8.0	0.57	2.50	22.8	77.2	31.6	45.6
		(B) C	45.9	38.7	31.6	25.0	8.5	0.82	2.17	37.8	62.2	20.9	41.3

(a) Las determinaciones se han hecho sobre muestras frescas, que han perdido muy poco de la humedad original.

Este fenómeno es característico de los suelos ricos en alúmina e hidróxidos amorfos. Las diferencias de los valores de pF 2,8 y pF 4,2 que corresponden al agua útil son relativamente elevadas y también características de los andosoles.

En los andosoles poco diferenciados, vitricos, fuertemente desaturados (Grupo III), nos encontramos con valores de retención de humedad a 15 atmósferas relativamente bajos, pero característicos de suelos poco evolucionados, o de suelos que contienen aún pocos productos amorfos en el perfil. Corresponden estos valores a andosoles desarrollados en condiciones climáticas más áridas y sobre materiales volcánicos muy recientes y próximos a los centros eruptivos.

Los valores muy bajos del Grupo IV son significativos de acuerdo con la 7.^a aproximación de la clasificación Americana, para suelos muy jóvenes y poco evolucionados o Vitrandepts.

La porosidad total es muy elevada y uniforme a través del suelo, así como el contenido de poros de gran tamaño (tabla I).

El comportamiento a la compactación puede ser anómalo, y está relacionado con la lentitud que muestran las partículas del suelo para alcanzar un equilibrio hídrico (Birrel, 1951), así como con la presencia de partículas vesiculares de cenizas volcánicas.

En los suelos más evolucionados, donde una parte importante de los materiales amorfos se han transformado en arcillas cristalinas, estas propiedades anormales tienden a desaparecer (Gradwell y Birrel, 1954).

La amplitud en el tamaño de las partículas, que se observa en los andosoles (Birrell, 1951), es mayor que en los restantes suelos, propiedad que se relaciona con la presencia de los materiales amorfos (Birrell, Fieldes, 1952). Es muy frecuente encontrar una gran proporción de partículas de un diámetro inferior a $0,1 \mu$. Como consecuencia estos suelos tienen una superficie específica muy elevada, con valores frecuentemente superiores a los encontrados en suelos montmorilloníticos. La superficie corresponde en gran parte a una superficie interna (Quantin, 1971).

La densidad aparente inferior a $0,85 \text{ gr/cm}^3$ puede llegar a $0,2 \text{ gramos/cm}^3$.

En lo que se refiere al estudio granulométrico de estos suelos, el principal problema consiste en la selección y utilización de métodos de dispersión adecuados para obtener valores representativos de las diferentes fracciones, especialmente de las partículas más finas. Existe una gran unanimidad en cuanto a la dificultad que presenta el estudio granulométrico de un andosol típico. En los andosoles tropicales más característicos es prácticamente imposible de realizar con garantía. En los andosoles de clima templado los resultados difieren mucho según el método de dispersión (Yoshinaga, Aomine, 1962; Aomine, Miyachi, 1962; Park, 1969; Birrell, 1966; Emerson, 1971; Ahmad, Prasad, 1970; Colmet-Daage et al., 1970).

Mediante los análisis granulométricos clásicos, se obtienen valores muy bajos para la fracción inferior a 2μ , que no se corresponde con las características de estos suelos en lo que se refiere a su capacidad de retención de humedad, superficie específica, capacidad de cambio, etc.

La simple dispersión con el hexametáfosfato libera muy poca arcilla, y un tratamiento previo que elimine alófanos permite obtener valores más elevados para esta fracción.

Ultimamente vienen empleándose técnicas de ultrasonidos para la dispersión de estos suelos, utilizando aparatos cuyas frecuencias varían de 10 a 35 Kc. y de 100 a 300 W. (Obo, Kobo, 1965; Saly, 1967).

Con este método se rompen más fácilmente y más rápidamente los agregados cementados por los geles de hidróxidos y alófanos.

Ultimamente se viene empleando también el nitrato de Zirconio como agente dispersante (Ahmad, Prashad, 1970).

Los iones zirconio, por su pequeño radio iónico, pueden sustituir al aluminio isomórficamente en las alófanos, dando lugar a un aumento de las cargas positivas ($Al^{3+} \rightarrow Zr^{4+}$) y, por tanto, a una mejor dispersión en medio ácido.

Las alófanos cuya relación SiO_2/Al_2O_3 es < 2 tienen la propiedad de comportarse como coloides electro-positivos, mientras que las arcillas son electro-negativas. Esta circunstancia introduce también ciertas dificultades en la dispersión, que unas veces ha de realizarse en medio ácido y otras en medio alcalino, según la composición de los productos coloidales (Park, 1969).

En la gráfica I se observa como el contenido en arcilla disminuye al pasar de los suelos más evolucionados a los suelos más recientes, mientras que las arenas aumentan en sentido inverso.

Químicas

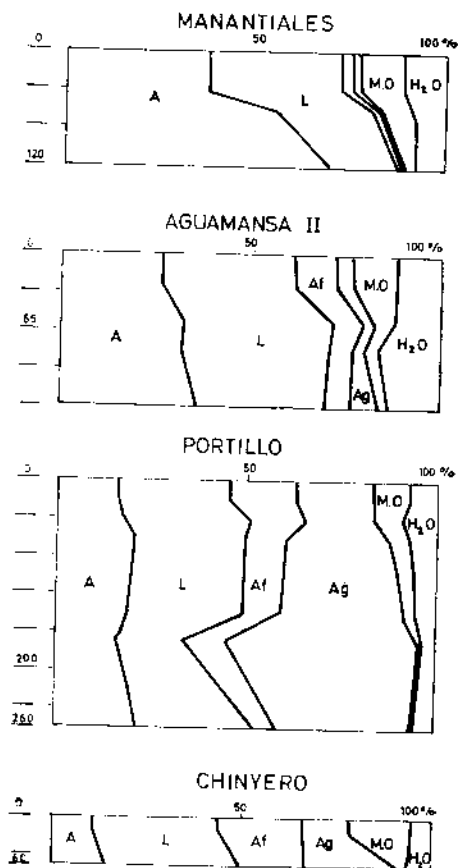
Materia orgánica y humus

Con excepción del horizonte más superficial, la materia orgánica incorporada en el horizonte A, generalmente muy desarrollado en los andosoles, es una materia orgánica muy transformada.

Los compuestos orgánicos solubles, originarios de la materia vegetal, son insolubilizados y adsorbidos por los elementos amorfos, pero de una manera más intensa y más rápida que en otro tipo de suelos, debido a la gran abundancia de estos elementos. En los andosoles, a diferencia de los podsoles la evolución de la materia orgánica se produce incluso en un medio biológicamente activo (Duchaufour, 1968).

Además los compuestos orgánicos solubles están protegidos contra la biodegradación por la gran abundancia de cationes complejantes e insolubilizantes.

Como se observa en la tabla II, los cuatro grupos de andosoles



ANÁLISIS MECÁNICO

A	-	Arcilla
L	-	Limo
Af	-	Arena fina
Ag	-	Arena gruesa
M.O	-	Materia Orgánica

GRÁFICA I

canarios presentan valores elevados de materia orgánica en superficies, y relativamente elevados en profundidad.

El valor máximo aparece en el Grupo III del perfil Izaña con un 30 por 100, que puede hacer pensar en principio en una formación de tipo ranker, pero incompatible con una materia orgánica incorporada íntimamente a la materia mineral y fuertemente humificada.

La relación C/N tiene cierta tendencia a disminuir con la profundidad, los valores más elevados aparecen en el grupo IV Vitrandepts, como es característico de los suelos muy jóvenes, bajo vegetación acidificante.

TABLA II

Materia orgánica

Grupo	Perfil	Horizonte	M. O. total del suelo				M. O. Humificada				
			C %	M. O. %	N %	C/N	CH %	% C Ach	% C AcF	G. H. AH/AF	
Intergrados Andosol Tierra parda oligotrófica	Aceviños	A ₀	14.07	24.20	0.99	14.21	10.38	4.47	5.91	73.8	0.75
		A ₁	8.71	14.98	0.69	12.62	5.54	2.54	3.00	63.6	0.84
		(B) ₂	1.58	2.71	0.11	14.36	1.00	0.13	0.87	63.3	0.14
Dystrandepsis	Aguamansa II	A	6.68	11.48	0.40	16.70	2.40	1.20	1.20	35.95	1.00
		(B) ₁	2.66	4.57	0.18	14.77	0.98	0.46	0.52	36.84	0.88
		(B) ₂	2.21	3.80	0.19	11.63	0.32	0.15	0.17	14.47	0.88
		(B) ₁ C	1.42	2.44	0.11	12.90	0.25	0.10	0.15	17.60	0.66
Andosoles poco diferenciados vitricos, fuertemente desaturados	Izaña	A	14.47	30.04	1.54	11.34	10.40	6.35	4.05	59.53	1.56
		(B)	3.78	6.50	0.38	9.94	1.66	0.12	1.54	43.90	0.07
		(B)C	0.92	1.58	0.11	8.86	0.25	—	0.25	27.17	—
Vitrandepsis	Chinyero	A	9.46	16.17	0.37	25.50	4.93	2.96	1.97	52.11	1.50
		(B)C	1.12	1.91	0.04	24.80	0.28	0.10	0.18	25.00	0.55

El porcentaje de ácidos fúlvicos es superior al de los ácidos húmicos, con excepción de los horizontes A de los Grupos III y IV.

La relación AH/AF tiene sus valores más bajos en el Grupo I de los suelos más antiguos, y los más altos en el Grupo III, característico de suelos de clima más seco y especialmente situados en altitudes que corresponden a un clima subalpino.

COMPLEJO ABSORBENTE

El complejo absorbente de los andosoles presenta también propiedades particulares. Muchos autores han insistido sobre el valor elevado de la capacidad de cambio de las alofanas. Un valor de capacidad total de cambio de 100 m.e./100 gr., a pH 7, no es raro en algunos andosoles. No obstante, es muy interesante la gran variabilidad de estos valores. Esto se debe, de una parte, a la gran variedad de alofanas existentes, y de otra a la técnica seguida para medir la capacidad de cambio.

En lo que se refiere al primer caso (Giménez, Jaritz, 1966; Colmet-Daage et al., 1967), han indicado que la capacidad de cambio elevada para las alofanas en suelos permanentemente húmedos, baja rápidamente para las alofanas que han sido sometidas a fases de desecación, que las hace evolucionar a formas criptocristalinas. En cuanto al segundo aspecto, no debemos olvidar que las cargas de las alofanas son de tipo variable de poca importancia en medio ácido, pero muy importantes en medio neutro y alcalino.

Estas consideraciones permiten explicar las características del complejo absorbente de los andosoles. La capacidad de cambio a pH = 7 tiene un valor medio que no suele ser superior a 40 meq/100 gr. Por otra parte, el tanto por ciento de saturación medido a este pH parece anormalmente bajo, lo que puede explicarse por la importancia de las cargas variables tanto para los compuestos húmicos como para las alofanas. Cuando la capacidad total de cambio se mide al pH del suelo, su valor es mucho más bajo, lo que hace elevar considerablemente el tanto por ciento de saturación.

Es muy característico de los andosoles la gran variación de la capacidad de cambio catiónica en función del pH de la solución extractora.

Teniendo en cuenta esta amplia variación de la capacidad de cambio, se ha propuesto determinar la diferencia entre el valor máximo obtenido a pH = 10,7 y el valor mínimo a pH = 3,5.

Este valor que se denomina «Valor Δ » es más seguro para estudiar este tipo de suelos que el valor determinado a pH = 7, y también más característico (Aomine, Jackson, 1959; Jackson, 1968).

En los andosoles canarios, como se indica en la tabla III, se obser-

van «Valores Δ » muy elevados en el Grupo II de los Dystrandeps, que se corresponden con los suelos más ricos en alofanos.

En el Grupo III, aunque los valores de la capacidad de cambio son elevados, son, sin embargo, mucho más pequeños que en los Grupos I y II.

TABLA III

Capacidad total de cambio «Valor Δ » meq/100 gr.

(Tratamiento previo con H_2O_2 , $Na_2S_2O_4$ y Na_2CO_3)

Grupo	Perfil	Horizonte	Tratada con Na_2CO_3 2 0/0	Tratada con NaOAc pH 3.5	A/B	Valor Δ
Intergradados Andosol Tierra parda oligotrófica	Pico del Inglés	A ₁₁	44.1	27.7	1.6	16.4
		A ₁₂	40.9	26.6	1.5	14.3
		(B) ₁	43.7	29.0	1.5	14.7
		(B) ₂	45.9	28.9	1.6	17.0
Dystrandeps	Aguamañasa II	A	69.0	34.5	2.0	34.5
		(B) ₁	90.5	48.5	1.9	42.0
		(B) ₂	96.4	54.7	1.8	41.7
		(B) C	81.5	38.6	2.1	42.9
Andosoles poco diferenciados, vitricos, fuertemente desaturados	Izaña	A	30.6	19.5	1.6	11.1
		(B)	35.8	18.5	1.9	17.3
		(B) C	35.5	22.0	1.6	13.5
Vitrandeps	Chío	A	20.4	10.8	1.9	9.6
		(B) C	47.7	19.7	2.4	28.0

Se observa en general que el «Valor Δ » baja en los horizontes (B) C, donde las arcillas están mejor representadas.

Los valores de la capacidad de cambio en el grupo IV son elevados a pesar de que los materiales del suelo tienen un bajo grado de evolución, fenómeno que está de acuerdo con las características de los andosoles formados sobre cenizas volcánicas.

pH

El pH de los andosoles generalmente indica una reacción ácida con valores que oscilan de 4,0 a 6,0. Los suelos más jóvenes suelen tener unos

TABLA IV

III. capacidad total de cambio (pH = 7), bases cambiables y grado de saturación

Grupo	Perfil	Horizonte	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	S	T	S/T %
			H ₂ O	ClK							
Intergrado Andosol Tierra parda oligotrófica	Manantiales	A	5.60	4.52	3.13	0.57	0.95	0.22	4.87	55.7	8.7
		(B)	5.55	4.53	2.68	0.46	0.90	0.17	4.21	48.9	8.6
		(B)C	5.40	4.45	1.74	0.57	1.34	0.10	3.75	31.9	11.7
Dystrandepts	Aguamansa II	A	6.15	5.10	6.12	4.05	0.73	1.09	11.99	49.0	24.5
		(B) ₁	6.00	5.51	3.09	2.59	0.62	0.88	7.18	41.0	17.5
		(B) ₂	6.40	5.55	3.22	3.35	1.32	0.28	8.17	44.1	18.5
		(B)C	6.40	5.85	3.88	3.29	1.04	0.11	8.32	44.7	18.6
Andosol poco diferenciado, vitríco, fuertemente desaturado	Izaña	A	4.90	4.31	7.46	1.53	0.41	0.33	9.73	58.2	16.7
		(B)	5.15	4.45	1.53	0.47	0.30	0.46	2.76	33.1	8.3
		(B)C	5.50	4.41	5.65	2.05	0.56	0.56	8.82	25.3	34.9
Vitrandepts	Chinyero	A	6.75	5.90	9.85	4.57	0.35	1.23	31.40	51.3	61.2
		(B)C	7.40	6.15	13.20	3.68	0.50	1.97	19.35	33.0	58.6

S = Suma de bases cambiables

T = Capacidad total de cambio (pH = 7)

S/T = Grado de saturación

valores próximos a 6, mientras que los más evolucionados se sitúan en las zonas más ácidas.

Los valores de pH, que generalmente no se corresponden con el estado de saturación de bases, se explican teniendo en cuenta el valor elevado del punto isoeléctrico de las alofanas: 5,5 a 6,5 (M. Fieldes y R. K. Schofield, 1960).

Esta hipótesis viene confirmada por las pequeñas diferencias que se observan en las medidas de pH hechas en medio acuoso o en KCl normal (tabla IV).

En relación con el pH de estos suelos (Egawa et al., 1960), mostró que las alofanas en contacto con una solución saturada de FNa elevan rápidamente (dos minutos) la alcalinidad del medio (pH = 9,5 a pH = 11).

Este ensayo ha sido utilizado por M. Fieldes y K. W. Perrot, 1960, para establecer un método de identificación de andosoles en el laboratorio y campo.

Esta elevación de la alcalinidad se debe a una reacción de cambio de los grupos OH^- de la alofana con los iones F^- , aumentando la concentración de NaOH en la solución y consecuentemente la alcalinidad.

A m o r f o s

En estos suelos son muy abundantes los elementos amorfos, formados especialmente por Al_2O_3 , SiO_2 y Fe_2O_3 .

En los grupos que hemos hecho de los andosoles canarios (tabla V) encontramos los valores más elevados de Al_2O_3 y SiO_2 en el Grupo II, como es típico de suelos ricos en alofanas e hidróxidos amorfos.

El contenido de 3-6 por 100 de SiO_2 corresponde solamente a un 5-10 por 100 de alofana, por tanto habrá probablemente cantidades muy importantes de hidróxidos de Al y Fe libres, lo que explica la fuerte reacción al ensayo del NaF.

La mayor parte del Al_2O_3 en este grupo se encuentra en estado amorfo, lo que indica una alteración profunda del material de origen y una pequeña cristalización del aluminio.

En los suelos rejuvenecidos del Grupo I y Grupo III se observa una disminución del contenido de Al_2O_3 en el horizonte (B) C, donde aparecen las cantidades mayores de arcillas.

En los Grupos III y IV los valores de elementos amorfos son mucho más bajos que en los grupos anteriores. En los suelos del Grupo IV, si bien el contenido en SiO_2 no es muy elevado de una manera absoluta, sí lo es al compararlo a las cantidades de productos de alteración mineral de estos suelos. La relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ próxima a 1 es característica de suelos muy poco evolucionados.

TABLA V

Elementos amorfos

Grupo	Perfil	Horizonte	Al ₂ O ₃ %/o	Fe ₂ O ₃ %/o	SiO ₂ %/o	SiO ₂ Al ₂ O ₃
Integrados	Manantiales	A	6.40	15.30	2.66	0.70
Andosol		(B)	6.88	16.40	3.88	0.95
Tierra parda oligotrófica		(B)C	6.22	17.70	5.55	1.49
Dystrandepts	Aguamansa II	A	15.35	8.24	2.80	0.30
		(B) ₁	16.17	8.84	6.21	0.65
		(B) ₂	16.79	13.82	5.30	0.53
		(B)C	16.77	9.68	5.20	0.52
Andosoles poco diferenciados vitricos, fuertemente desaturados	Izaña	A	3.14	3.44	1.71	0.93
		(B)	4.24	5.53	3.40	1.36
		(B)C	2.39	7.27	4.20	3.04
Vitrandepts	Chio	A	3.63	2.81	1.90	0.88
		(B)C	5.45	6.24	4.41	1.37

Mineralógicas

En los andosoles se encuentran diferentes tipos de minerales: minerales primarios y vidrios inalterados, minerales primarios y vidrios parcialmente alterados e hidratados; sustancias secundarias amorfas formando geles complejos, compuestos de sílice, alúmina, hierro y en algunas ocasiones titanio; minerales secundarios más o menos hidratados y cristalizados: arcillas, hidróxidos y óxidos (Quantin, 1971).

La fracción arena contiene gran parte de los minerales primarios presentes en el material de origen, y especialmente una gran abundancia de vidrios volcánicos. Son frecuentes los feldespatos, piroxenos, hornblenda, cuarzo y magnetita.

La abundancia de estos minerales primarios está íntimamente relacionada con el grado de alteración y evolución del suelo.

La fracción limo contiene algunos de los minerales primarios presentes en la arena, además de minerales secundarios. Cuando estos últimos corresponden a formas amorfas, esta fracción puede también contener agregados de partículas, formados por materiales coloidales.

La fracción arcilla está constituida casi exclusivamente por minerales secundarios, formados por procesos de transformación o neoformación.

La alteración de los minerales primarios para formar haloisita y alofana ha sido estudiada por diferentes autores: Sudo, 1956; Aomine, Wada, 1962; Granwell, Birrell, 1954; Sieffermann et al., 1968).

Las alofanas se encuentran en abundancia, principalmente en los andosoles poco evolucionados, mientras que los minerales de la familia de la caolinita aparecen preferentemente en los suelos más antiguos.

Además de las alofanas y minerales de la familia de la caolinita también se observa la formación de montmorillonita y gibbsite en estos suelos.

Como hemos podido apreciar a lo largo de este trabajo, las diferencias entre los distintos grupos de suelos se manifiestan de una manera acusada en sus propiedades morfológicas, físicas y químicas. Pero estas diferencias, desde un punto de vista mineralógico, son también muy características, observándose secuencias mineralógicas que van desde los suelos más evolucionados hasta los suelos más recientes.

El Grupo I, intergrados andosol-tierra parda oligotrófica, presenta una gran abundancia de filosilicatos del tipo haloisita glomerular y tubular, las alofanas no son muy abundantes y los minerales primarios fácilmente alterables están prácticamente ausentes de estos perfiles.

En el Grupo II, Dystrandeps, solamente aparecen minerales caoliniticos (haloisita) en los horizontes profundos del perfil Aguamansa I. En el resto de los horizontes y perfiles de este grupo no se observan estos filosilicatos, hay una gran abundancia de alofanas y minerales primarios (feldespatos).

En el Grupo III, andosoles poco diferenciados, vítricos, fuertemente desaturados, existen minerales caoliniticos (haloisita) en todos los perfiles, aunque en una proporción menor que en el Grupo I. Su formación viene favorecida por los contrastes climáticos del clima subalpino, donde se encuentran estos perfiles. Las alofanas son abundantes, aunque en una proporción menor que en los Dystrandeps. Existe también una gran abundancia de minerales primarios, especialmente de feldespatos y vidrios volcánicos.

En el Grupo IV, Vitrandeps, no se observan filosilicatos del tipo de la haloisita. Se encuentran en este perfil formas irregulares, pero en muy pequeña proporción, que hemos considerado como alofanas. Entre los minerales primarios más abundantes dominan los feldespatos, que aparecen en gran cantidad en todos los horizontes y perfiles, en cantidad muy superior a los encontrados en los otros grupos. Son muy abundantes también los vidrios volcánicos, augitas y hornblendas.

BIBLIOGRAFÍA

- AHMAD, N., PRASHAD, S. (1970). Dispersión mechanical composition, and fractionation of West Indian Yellow Earth. Soils (Andepts). *J. Soil Sci.*, 21, 1, 63-71.
- AOMINE, S., WADA, K. (1962). Differential weathering of volcanic ash and pumice resulting in formation of hydrated halloisite. *Am. Mineral*, 47, 1024-48.
- AOMINE, S. and JACKSON, M. L. (1959). Allophane determination in Ando Soils by cation exchange capacity «delta value». *Soil Science Soc. Amer. Proc.*, 210-214.
- AOMINE, S., MIYAUCHI, S. (1962). Clay mineral from diallage in warm and humid climats. *Soil Sc. Plant Nutr. Japan* 8, núm. 5, 186-190.
- BIRRELL, K. S. (1966). Determination of clays content in soils containing allophane. *N. Z. J. Agr. Res.*, 9, núm. 3, 554-564.
- BIRRELL, K. S., FIELDS, M. (1952). Allophane in volcanic ash soils. *J. Soil Sci.*, 3, 156-66.
- BIRRELL, K. S. (1951). Some physical properties of New Zealand volcanic ash soils. Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. World Soil Resources Reports. Tokyo. Japan 11-27 June 1964. Food and Agriculture organization of the Unites Nations.
- BONFILS, P. y DUPUIS, M. (1969). Etude de la Dispersion des colloides du sol à láide de vibrations ultra-sonores (modificada). *Bulletin de l'Association Francaise pour l'etude du sol*, núm. 1.
- BRAVO, T. (1964). Estudio geológico y petrográfico de la isla de La Gomera. *Estudios geológicos*, Vol. XX, 1-56.
- COELLO, J. (1971). Contribución a la tectónica de la isla del Hierro (Canarias). *Estudios geológicos*, Vol. XXVII, 335-340.
- COLMET DAAGE, F., GAUTHEYROU, J. et M., KIMPE, C., FUSIL, G. (1970). Dispersion et études des fractions fines des sols á allophane des Antilles et d'Amérique Latine. *O. R. S. T. O. M., Antilles, repp. multigr.*
- COLMET DAAGE, F., CUCALON, F., DELAUNE, M., GAUTHEYROU, J. et MOREAU, B. (1967). *Cahiers O. R. S. T. O. M., Pédologie*, V, 4, 363-391.
- DUCHAUFOUR, PH., SOUCIER. (1970). *Précis de Pédologie*, 442, Masson Cie.
- DUCHAUFOUR, PH. (1968). L'évolution des sols. *Essai sur la dynamique des profils*. 40, Masson & Cie., París.
- EGAWA, T., SATO, A. et NISHIMURA, T. (1960). Release of OH ions from clays minerals treated with various anions with special reference to the structure and chemistry of allophane. *Adv. Clay. Sc.*, 2, 252-262.
- EGAWA, T. (1964). Mineralogical properties of volcanic ash. *World soil Resources Reports*. Tokyo. Japan 11-27 June 1964. Food and Agriculture organization of the United Nations.
- EMERSON, W. W. (1971). Determination of the contents of clay-sized particles in soils. *Journal of Soil Science*, Vol. 22, núm. 1.
- FIELDS, M., SCHOFIELD, R. K. (1960). Mechanism of ion absorption by inorganic soil colloids. *N. Z. J. Sci.*, 3, 563-579.
- FIELDS, M., PERROT, K. W. (1966). The nature of Allophane in soils. 3. Rapid field and laboratory test for allophane. *N. Z. J. L. Sci.*, 9, 623-629.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E., GUERRA DELGADO, A. (1971). Condiciones de formación y evolución de los suelos de Tenerife. *Anales de Edafología y Agrobiología*. Tomo XXX, núm. 5-6.
- FOX, R. L. (1969). Fertilization of volcanic ash soils in Hawaii. *Training and Research Center of the IAAIS, Turrialba, Costa Rica, 1969.*
- FUSTER, J. M. y colaboradores (1968). *Geología y vulcanología de las Islas Canarias*. Tenerife. Instituto «Lucas Mallada», Madrid.
- GIMÉNEZ, F. A. et JARITZ, G. (1966). *Zeitsch F., Pflanz D. Bod.*, 114 (1), 27.

- GRANWELL, M., BIRRELL, K. S. (1954). Physical properties of certain volcanic clays. *N. Z. J. Sci., Tech. B.*, **36**, 108-22.
- HAUSEN, H. (1958). On the geology of Fuerteventura. *Sec. Scient. Fennica. Comm. Phys. Math.*, Vol. XXII, núm. 1, Helsingfors.
- HIDALGO, A. y SERRATOSA, J. M. (1955). Espectros de absorción infrarroja de minerales de la arcilla, obtenidos mediante la técnica de comprimidos de Br. K. *An. Eda.*, 269-292.
- HUETZ DE LEMPS. (1969). Le climat des îles Canaries. Publication de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Paris. Sorbonne. Serie «Recherches», Tome 54.
- JACKSON, M. L. (1968). Weathering of primary and secondary minerals in soils. 9th Int. Soil Sci. Cong. Vol. IV, 231-292.
- KONONOVA, M. M. (1966). Soil organic matter. Pergamon Press. Oxford.
- LUNA, C. (1969). Genetic aspects of Colombian Andosols. Volcanic Ash Soils in Latin America. Training and Research Center of the IAAIS. Turrialba Costa Rica 1969. A-3.
- ORO, Y., KABA, K. (1965). 1.º Agregates in fine sand fraction of volcanic ash soils. 2.º Dispersion of clay fraction of volcanic ash soils by sonic traitement. *J. Sc. Man.*, Tokyo, **36**, 203-210.
- PARK, R. G. (1969). The electrophoretic separation of mixture of pura clays and the electrophoretic and characterization of a soil allophane. These Univ. Idaho (U.S.A.).
- QUANTIN, P. (1971). Les Andosols. *Revue bibliographique des connaissances actuelles*. Octubre, 13.
- RICHARDS, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agricultural Handbook*, núm. 60, 100, U. S. D. A.
- SALY, R. (1967). Use of ultra-sonic vibration for dispersing soils samples. *Soviet Soil Science*, núm. 11, 1547-59.
- STIEFFERMANN, G., JEHL, G., MILLOT, G. (1968). Allophane et minéraux argileux des alterations récentes des basaltes du Mont Cameraun. *Bull. Gr. Fr. Argiles*, XX, 109-129.
- SUDO, T. (1956). X ray and thermal data for clay minerals formed by alteration of volcanic materials, *Sci. Rep. Geol. and Min. Inst. Tokyo Univ. of Education Sec. C.*, núm. 43.
- TAYLOR, N. H. (1964). The classification of volcanic ash soils in New Zealand. Meeting on the clasification and correlation of soils from volcanic ash. *World Soil Resources Reports*. Tokyo, Japan 11-27 June 1964. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- THORPE, J. y SMITH, G. D. (1949). Higher categories of soil classification: order, suborder and great soil. *Soil Sci.*, **67**, 117-126.
- WRIGHT, A. C. S. (1964). The andosols or humic allophane soils of South America. Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. *World Soil Resources Reports*. Tokyo, Japan, 11-27 June 1964. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- YOSHINAGA, N., AOMINE, S. (1962). Imogolite in some Ando Soils. *Soil Sc. Nut. Jap.*, **8**, núm. 3, 114-121.

Recibido para publicación: 18-IX-74