

Caracterización de Andisoles de alta montaña de la isla de La Palma

Characterisation of high-mountains Andisols of the Island of La Palma



Trabajo de Fin de Grado

RUBEN PERESTELO LORENZO

Tutorizado por María Luisa Tejedor Salguero y Carmen Concepción Jiménez
Mendoza. Grado en Biología. Septiembre 2017

Índice

Resumen	1
Abstract	1
Introducción	2
Objetivos	4
Material y Métodos	
Zona de estudio	5
Caracterización y muestreo de campo.....	6
Métodos analíticos.....	7
Resultados y discusión	
Características morfológicas	8
Características físico-químicas.....	11
Clasificación de los Suelos.....	13
Conclusiones:	14
Conclusions:	14
Bibliografía.....	16
Anexos.....	18

Resumen

El objetivo de este trabajo es el estudio de las propiedades morfológicas, físicas y químicas, y la clasificación de cuatro perfiles representativos de los suelos de alta montaña de la isla de La Palma, en la zona del Roque de los Muchachos. Se trata de Andisoles alofánicos cuya superficie se encuentra prácticamente cubierta por fragmentos de colada basáltica de gran tamaño, debido probablemente a fenómenos de crioclastia. Presentan las propiedades típicas de estos suelos, alto contenido en materia orgánica, incluso en los horizontes más profundos, baja densidad aparente, alta retención de fosfato, relación $A_{lo}/A_{lp} > 1$, complejo de cambio pobre en cationes básicos, con presencia de aluminio cambiante. Además, son suelos extremadamente hidrófobos en superficie y no repelentes en el resto de los horizontes. Sin embargo, a diferencia de otros Andisoles canarios, presentan una extremada acidez que se asocia a la vegetación de la zona, leguminosas fijadoras de nitrógeno que contribuyen a la acidificación del suelo.

Abstract

The aim of this work is to study the soil morphological, physical and chemical properties and to classify four representative profiles of the high mountain soils in La Palma island in the zone of El Roque de Los Muchachos. These are allophanic Andisols whose surface is practically covered by large fragments of basaltic flow, probably due to cryoclastic phenomena. They present the typical properties of these soils, high organic matter content, even in the deepest horizons, low bulk density, high phosphate retention, ratios $A_{lo} / A_{lp} > 1$, exchange complex is poor in basic cations, with the presence of exchangeable aluminum. In addition, they are extremely hydrophobic soils in the surface and non repellent in the rest of horizons. However, unlike other canarian Andisols, they present an extreme acidity that is probably associated with the vegetation of the area, nitrogen-fixing legumes that contribute to the acidification of the soil.

Introducción

Introducción

El primer estudio sobre los suelos de la isla de la Palma fue realizado por J.J. Bravo (1974), donde caracteriza trece perfiles en diferentes situaciones de la isla y la fertilidad de los suelos de platanera.

En la Tesis Doctoral de R.E. Díaz (1986) caracteriza cuarenta y ocho perfiles, organizados por secuencias, y la capacidad agrológica de los suelos de la isla.

Los Andisoles ocupan un 1% de la superficie terrestre, se distribuyen en el mundo siguiendo el “anillo de fuego” del Pacífico, constituido por una concentración de zonas tectónicas activas y volcanes a lo largo de la costa oeste de los continentes americano, Norte y Sur; a través de las islas Alautianas, Península Kamchatka en Rusia, Japón, Filipinas e Indonesia, Papúa, Nueva Guinea y otras islas del Pacífico hasta Nueva Zelanda. También se asocian al valle del Rif, costa oeste de Italia y Sicilia, islas Hawai, oeste de la India e Islandia. En España su presencia queda restringida a las Islas Canarias y Galicia. Estos suelos se conocen en Canarias como “suelos de polvillo”.

Leamy (1988) establece el concepto central de Andisol como suelos desarrollados sobre materiales volcánicos, y/o sobre materiales volcanoclásticos, cuya fracción coloidal está dominada por materiales de ordenación de corto alcance o complejos órgano-minerales de Al. El ICOMAND (International Committee on Classification of Andisols) reconoce que, bajo determinadas condiciones ambientales, las alteraciones de aluminosilicatos primarios en materiales de origen no volcánico pueden llevar a la formación de Andisoles. Así García Rodeja et al. (1987) describen la presencia de Andisoles formados a partir de gabros, anfibolitas y esquistos en Galicia, aunque se trata en este caso de Andisoles órgano-minerales. También se ha descrito la presencia de Andisoles formados sobre materiales no volcánicos en el sur de Chile, Alemania y sur de Nueva Zelanda.

El Orden Andisol se incorpora por primera vez en la Taxonomía Americana de Suelos en las Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1990) basado en el cumplimiento de las propiedades de diagnóstico ándicas, debidas a la presencia de cantidades significativas de alofana, imogolita, ferrihidrita o complejos Al-humus. Hasta esa fecha se clasificaban a nivel de Suborden, en el Suborden Andepts (Soil Survey Staff, 1975).

Los perfiles de Andisoles son muy variados: perfiles poco diferenciados (A, C) sobre materiales muy recientes y/o climas áridos; andisoles típicos (A,Bw,C) y perfiles complejos con superposición de suelos.

Se trata de suelos con unas propiedades muy específicas que los diferencian del resto de los suelos del mundo. Entre ellas se encuentran el tener normalmente un horizonte A de color oscuro, % C > 6%, muy friable y baja densidad aparente ($< 0,85 \text{ gcm}^{-3}$).

El horizonte Bw es de tipo cámbico, con color variable dependiendo del material de origen, que se atenúa mucho al secarse, rico también en materia orgánica, con estructura continua, muy microporosa y consistencia débil.

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas son suelos de carga variable, con pH normalmente poco ácidos (5,5-6,5 en el hor. Bw) en los andisoles más típicos, neutro o alcalino en suelos muy jóvenes sobre rocas básicas o suelos en clima árido. Tanto las bases de cambio como el grado de saturación son muy variables dependiendo del clima y del nivel de evolución. Es característico los problemas de dispersión que presentan estos suelos, su alta estabilidad estructural, su elevada retención de humedad y una baja susceptibilidad a la erosión.

En los estudios realizados hasta el momento sólo se han analizado dos perfiles en esta altitud de la isla. Con el presente trabajo se pretende completar la descripción edáfica de los suelos de alta montaña de la isla de La Palma (Roque de los Muchachos) y contribuir al conocimiento de estos peculiares Andisoles.



Objetivos

Objetivos

En base a lo anteriormente expuesto, se ha propuesto como objetivo general del presente trabajo:

- La caracterización de los Andisoles de alta montaña de la isla de La Palma.

Para la consecución del mismo, se abordarán como objetivos específicos los siguientes:

1. Características generales de la zona de estudio y descripción morfológica de los perfiles seleccionados.
2. Caracterización físico-química, con especial énfasis en las propiedades ándicas.
3. Clasificación según el sistema Soil Taxonomy (USDA-NCRS, 2014) y la Base referencial mundial del recurso suelo (IUSS Working Group WRB, 2015).



Material y métodos

Material y Métodos

Zona de estudio

Se han seleccionado cuatro perfiles en la zona de El Roque de Los Muchachos (La Palma) entre 1995 y 2125 m.s.n.m. en distintas orientaciones, que se han denominado Perfil El Roque 1 a 4 de este a oeste (Figura 1).

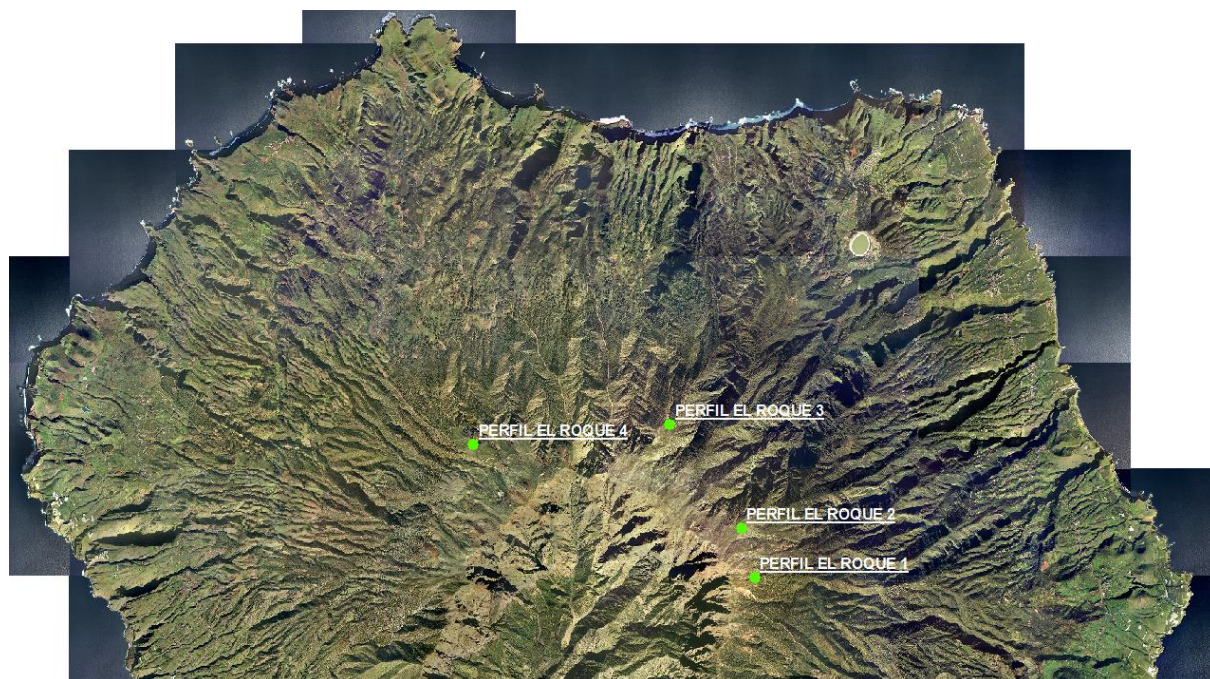


Figura 1.- Situación de los perfiles del estudio

La geología corresponde a coladas basálticas y conos de piroclastos basálticos del Edificio Taburiente Superior datados del Plioceno Medio (IGME, 2015).

La pluviometría media anual no excede los 500 mm y la temperatura media anual es inferior a 10°C. El tipo climático es de clima frío, con cinco meses con menos de 8°C y cinco meses secos (Marzol Jaén, 2000). Además, hay que citar las nevadas anuales periódicas. El edafoclima de la zona ha sido caracterizado por Morillas (2015), definiendo un régimen de humedad xérico (clima muy contrastado) y de temperatura méxico (con temperatura media anual igual o superior a 8°C pero inferior a 15°C, y una diferencia entre la temperatura media de verano y de invierno superior a 6°C medida a 50 cm de profundidad en el suelo).

La vegetación corresponde al piso de vegetación supracanario, al que también se ha denominado piso subalpino y alta montaña canaria. La vegetación actual está dominada por codesos (*Adenocarpus viscosus*) con una variedad (*var. spartoides*) exclusiva de estos lugares, suele acompañarle otro arbusto “el retamón” (*Teline benehoavensis*), endemismo palmero en peligro de extinción, debido probablemente al pastoreo (Figura 2). Suelen ser frecuentes un “tomillo” (*Micromeria lasiophylla ssp. palmensis*) y el “pensamiento de cumbre” o “violeta” (*Viola palmensis*) (Santos, 1983).



Figura 2.- Vegetación actual de la zona

Caracterización y muestreo de campo

Se ha realizado en cada uno de los perfiles la caracterización general de la zona y la descripción morfológica según la Guía para la Descripción de Perfiles de Suelos (FAO, 1977). Tomando en cada uno de los horizontes identificados muestra no perturbada para la determinación de la densidad aparente y muestra alterada para el estudio de los parámetros físico-químicos de laboratorio. Dichas muestras fueron recogidas en el mes de abril de 2017.

Métodos analíticos

La densidad aparente se ha calculado sin elementos gruesos mediante la determinación de su peso y el volumen desplazado por los mismos. La muestra perturbada se ha dejado secar al aire y mediante tamizado por 2 mm se ha obtenido el porcentaje de elementos gruesos y la fracción tierra fina. Los análisis se han realizado por duplicado en la fracción inferior a 2 mm. En el caso del carbono y nitrógeno se ha procedido a moler la muestra en mortero de ágata. Se ha determinado pH (H₂O) y KCl (N) en relación 1:2,5, carbono orgánico, nitrógeno, cationes cambiables extraídos con acetato amónico 1N, aluminio cambiable extraído con KCl (N), retención de agua a capacidad de campo y en el punto de marchitamiento, análisis granulométrico por densimetría previa eliminación de la materia orgánica por oxidación con agua oxigenada, según métodos estándar (USDA, 1996). La disolución selectiva de Fe, Al y Si con ácido oxalato-amónico pH=3 y pirofosfato sódico, así como la retención de fosfato según Blakemore *et al.* (1981). El porcentaje de alofana se ha calculado de acuerdo con Parfitt y Wilson (1985). La hidrofobicidad se ha determinado tanto en agua WDPT-Water Drop Penetration, como con etanol MED-Molarity Ethanol Droplet que mide indirectamente la tensión aparente de la superficie de una muestra (Doerr, 1998). Para este parámetro se realizaron cinco repeticiones. Se clasificó la hidrofobicidad al agua según Dekker y Jongerius (1990) y al etanol según King (1981).

Resultados y Discusión

Características morfológicas

Las características generales de las zonas de estudio, así como la descripción de los perfiles se adjuntan en el Anexo I.

Es común a los cuatro perfiles estudiados la presencia de una cubierta de piedras de gran tamaño correspondiente a fragmentos de colada basáltica, debido probablemente a fenómenos de crioclastia. Además, los suelos tienen un elevado contenido en elementos gruesos. El perfil El Roque 1, el de menor altitud, aún se encuentra en una zona de transición en cuanto a la vegetación observándose mezcla de pinar con codesal.

Los suelos presentan características típicas de Andisoles evolucionados, con perfiles complejos en ocasiones, como se indica en las descripciones, reacción positiva al NaF, friables, enraizamiento importante, aspecto flu-fly, estructura migajosa en el hor. A, y presencia de hor. Bw.

El hor. A tiene un espesor entre 10-20 cm, con colores oscuros, abundante enraizamiento (fundamentalmente raíces finas). Textura limo arcillosa. Estructura migajosa. Muy friables. El hor. A del perfil El Roque 4, en orientación oeste, se aleja en cuanto al estado de humedad y estructura, ya que aparece seco, suelto y con aspecto ceniciento.

Los horizontes de alteración (Bw) pueden llegar a alcanzar hasta más de un metro de profundidad, suelen presentar también raíces y elevada pedregosidad. Textura arcillo limosa y estructura granular o masiva.

El hor. BwC del Perfil El Roque 3, se diferencia del resto por encontrarse seco y presentar una estructura masiva que se resuelve en bloques, el horizonte aparece compactado y no se observan elementos gruesos. Es precisamente en este perfil donde existe una de las superposiciones mencionadas definiéndose un hor. 2Bw de color pardo rojizo oscuro en húmedo, más arcilloso que el horizonte anterior, con una estructura masiva, firme, sin elementos gruesos ni raíces. A continuación, se incluyen dos láminas con imágenes de los perfiles estudiados.



Vista general Perfil El Roque 1



Perfil El Roque 1



Perfil El Roque 1. Detalle hor. Bw



Vista general Perfil El Roque 2



Perfil El Roque 2



Perfil El Roque 2. Detalle hor. A



Perfil El Roque 3



Perfil El Roque 3. Detalle hor. BwC



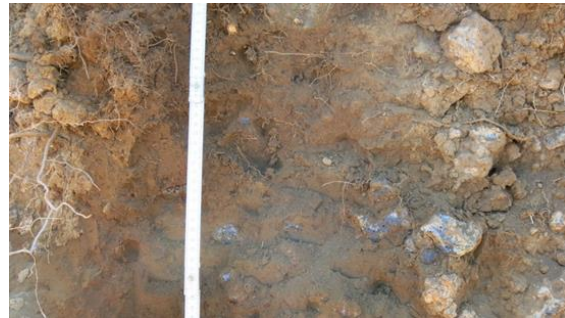
Perfil El Roque 3. Detalle hor. 2Bw



Vista general Perfil El Roque 4



Perfil El Roque 4. Detalle hor. A



Perfil El Roque 4. Contacto hor. Bw₁C – Bw₂C

Características físico-químicas

En el Anexo II se detallan los resultados de los análisis físico-químicos realizados.

Los pH (H₂O) son inferiores a 5 a excepción de los hor. profundos del Perfil El Roque 1, siendo los más bajos determinados hasta la fecha en los suelos de la isla de La Palma, clasificándose como muy fuertemente y extremadamente ácidos según el USDA (Porta *et al.*, 2003). En Canarias, los suelos más ácidos están asociados a los materiales más antiguos. Por otra parte, las leguminosas y en general las plantas fijadoras de nitrógeno contribuyen a la acidificación del suelo. En estos casos se atribuye el mecanismo de acidificación a la absorción por las plantas de un exceso de cationes sobre aniones (debido a que toman amonio frente a nitrato) y la producción de H⁺ (Tang, 1999; Tang *et al.*, 1997). Fernández Caldas y Tejedor Salguero (1975) en el Perfil Izaña, situado a 2400 m.s.n.m. en la isla de Tenerife, observaron también suelos ácidos bajo vegetación de retama (*Spartocytisus supranubius*). En un estudio realizado en bosque de laurisilva (Aboal *et al.*, 2015) se observó con *Morella faya* este mismo comportamiento. El ΔpH es muy bajo entre 0,2-0,4, a excepción del Perfil El Roque 1 donde oscila entre 1,5-0,9 y el hor. 2Bw del Perfil El Roque 3 que es de 0,6.

El contenido en C orgánico es muy alto en todos los perfiles estudiados, incluso en los horizontes profundos. Los valores de nitrógeno oscilan entre 2,9-0,2%.

Los valores de bases cambiables son muy bajos, no superando la suma de bases los 5 cmol_ckg⁻¹, a excepción del Perfil El Roque 1 donde los horizontes profundos son más ricos en bases, llegando a tener 7,3 cmol_ckg⁻¹. En cuanto al orden de prioridad, con algunas excepciones, es Ca²⁺>Mg²⁺>Na²⁺>K⁺

El aluminio cambiante oscila entre 0,23-3,44 cmol_ckg⁻¹, asociado con los bajos valores de pH. La capacidad de cambio efectiva (CICE), no supera los 7,9 cmol_ckg⁻¹, observándose los valores más elevados en el Perfil El Roque 1.

Los perfiles estudiados cumplen las propiedades ándicas típicas de andisoles evolucionados, se trata en todo caso de andisoles alofánicos, ya que la relación Alo/Alp >1. Las densidades aparentes con alguna excepción son inferiores a 0,90 gcm⁻³, al igual que la retención de fosfato ≥85%. La suma de Alo+1/2Feo es ≥2% en todos los horizontes estudiados, destacando el hor. 2Bw del Perfil El Roque 3 que presenta el máximo valor, con un 6,8%.

Los valores de alofana varían entre 3 y 15%, sete valor máximo corresponde al hor. Bw₁C del Perfil El Roque 4.

Los datos relativos a la textura del suelo, determinados a partir de los porcentajes de clase de tamaño de partícula, muestran en general texturas más finas que las definidas en campo, esto es característico de los Andisoles, donde la existencia de microagregados de alta estabilidad forman partículas tamaño limo o arena denominados generalmente pseudolimos o pseudoarenas. Al eliminar la materia orgánica y dispersar con hexametafosfato se rompen estos microagregados obteniendo texturas de laboratorio que de alguna manera son engañosas con respecto al comportamiento ambiental del suelo.

Las retenciones de agua son elevadas, tanto a capacidad de campo como en el punto de marchitamiento, fundamentalmente en los horizontes más profundos, con máximos de 72 y 47 % respectivamente para el hor. 2Bw del Perfil El Roque 3.

Todos los horizontes superficiales son muy hidrófobos, siendo extremadamente repelentes al agua con el método WPDT y de repelencia muy severa si utilizamos el método MEB, a excepción del hor. A₁ del Perfil El Roque 2 que muestra una repelencia moderada con MED. Esta elevada hidrofobicidad puede estar asociada a los altos contenidos en materia orgánica. El resto de los horizontes se clasifican como no repelentes por ambos métodos.

Clasificación de los Suelos

Según la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff. 1999; USDA-NCRS, 2014), se clasifican en el Orden Andisol, por cumplir las propiedades de diagnóstico ándicas para Andisoles evolucionados, según los siguientes requisitos:

Los materiales de suelo con propiedades ándicas deberán tener una fracción de tierra-fina que cumplan:

- Menos de 25 por ciento de carbono orgánico (por peso) y

1. Todas las siguientes características:

a. Una densidad aparente, medida a una retención de agua de 33 kPa, de $0,90 \text{ gcm}^{-3}$ o menos;

y

b. Una retención de fósforo de 85 por ciento o más; y

c. Un contenido de $\text{Al} + \frac{1}{2} \text{Fe}$ (por oxalato de amonio) igual a 2,0 por ciento o más

Se incluyen en el Suborden Xerands, por tener un régimen de humedad xérico, Gran Grupo Haploxerands y a nivel de Subgrupo como Typic Haploxerands.

Según la WRB (IUSS Working Group WRB, 2015) se clasificarían como Andosoles silándicos, por tener dentro de ≤ 100 cm de la superficie del suelo, una o más capas con un espesor combinado de ≥ 15 cm con propiedades ándicas y una relación $\text{Al}_p/\text{Al}_o < 0,5$.

Conclusiones

Conclusiones:

1. Los suelos estudiados se caracterizan por presentar su superficie prácticamente cubierta por fragmentos de colada basáltica de gran tamaño generados probablemente por fenómenos de crioclastia. Además son suelos muy pedregosos.
2. Morfológicamente los perfiles presentan las características típicas de Andisoles en cuanto a color, textura, estructura, etc..., definiéndose incluso dos perfiles complejos.
3. Son suelos muy ácidos, desaturados en bases, con presencia de aluminio cambiante asociado a los bajos valores de pH, ricos en materia orgánica incluso en los horizontes profundos.
4. Se observa una discordancia entre las texturas de campo y de laboratorio, hecho característico de estos suelos, por presentar microagregados muy estables. Presentan valores elevados de retención de agua tanto a capacidad de campo como en el punto de marchitamiento.
5. Son suelos muy hidrofóbicos en superficie, y no repelentes en el resto de los horizontes.
6. Cumplen las propiedades de diagnóstico ándicas de Andisoles, alofánicos. Se clasifican como Typic Haploxerands según la Soil Taxonomy y como Andosoles silándicos en la WRB.

Conclusions:

1. The studied soils are characterized by their surface practically covered by fragments of large basaltic castings probably generated by cryoclastic phenomena. They are also a very stony soils.

2. Morphologically the profiles present the typical characteristics of Andisols in terms of color, texture, structure, etc..., even defining two complex profiles.
3. They are very acid soils, desaturated in bases, with the presence of exchangeable aluminum associated to the low pH values, rich in organic matter even in the deeper horizons.
4. A discrepancy is observed between the field and laboratory textures, which is a characteristic of these soils, because they present very stable microaggregates resistant to dispersion. They show high values of water retention both at field capacity and at the wilting point.
5. They are very hydrophobic soils on the surface, and non repellent in the rest of the horizons.
6. They fulfill the diagnostic Andic properties of allophanic Andisols. They are classified as Typic Haploxerands according to the Soil Taxonomy and as Silandic Andosols by the WRB.

Bibliografía

Bibliografía

- Aboal, J.R.; Saavedra, S., Hernández-Moreno, J.M.** 2015. Edaphic heterogeneity related to below-canopy water and solute fluxes in a Canarian laurel forest. *Plant and Soil*, Volume 387, Issue 1–2: 177-188.
- Blakemore, L.C., Searle, P.L., Daly B.K.** 1981. New Zealand Scientific Report 10A. Department of Scientific and Industrial Research, New Zealand.
- Bravo, J.J.** 1974. Estudios agrobiológicos de la isla de La Palma. Islas Canarias. Tesis Doctoral. Centro de Edafología y Biología de Tenerife. Sección de Edafología de La Palma, CSIC, Cabildo Insular de La Palma, 277 p.
- Dekker, L.W y Jungeriur, P.D.** 1990. Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands, *Catena Supplement*, 18:173-183.
- Díaz Ríos, R.E.** 1986. Suelos de la isla de la Palma. Tipología y Capacidad de utilización agronómica. Tesis Doctoral Universidad de La Laguna, 430 p.
- Doerr, S.H.** 1998. On standardizing the “water drop penetration time” and “the molarity of an ethanol droplet techniques to classify with depth soil hydrophobicity. A case study using medium textured soils. *Earth Surface processes and Landforms*, 23 (7):663-668.
- FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).** 1977. Guías para la descripción de perfiles de suelos, Roma.
- Fernández Caldas, E., Tejedor Salguero, M.L.** 1975. Andosoles de las Islas Canarias. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias, nº 29, 210 p.
- García Rodeja, E., Silva, B.M., Macías, F.** 1987. Andosols developed from nonvolcanic materials in Galicia, NW Spain, *J. Soil Sci.* 38: 573-591.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España).** 2015. Mapa geológico de España 1:25.000. Isla de La Palma. San Juan de Puntallana.
- IUSS Working Group WRB,** 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106.FAO, Roma.
- King P.M.** 1981. Comparison of methods for measuring severity of water repellence of Sandy soils and assessment of some factors that affect measurements. *Australian Journal of Soil Research* 19 (4):275-285.
- Leamy, M.L.** 1988. International Committee on the Classification of Andisols (ICOMAND) Circular letter No. 9. New Zealand Soil Bureau, DSIR, Lower Hutt.
- Marzol Jaén, V.** 2010. El clima, p. 87-106. *En: Morales, G. y Pérez, R. (eds.), Gran Atlas Temático de Canarias Tomo 2.* Editorial Interinsular Canaria.
- Morillas, G.J.** 2014. Regímenes de humedad y temperatura de los suelos de la isla de La Palma. Tesis Doctoral Universidad de La Laguna,
- Parfitt, R.L. y Wilson, A.D.** 1985. Estimation of allophane and halloysite in three sequences of volcanic soils, New Zealand. *Catena Supplement* 7, Volcanic Soils (fernández-Caldas y Yaalon Eds.), 1-8.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C.** 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 929 p.
- Santos, A.** 1983. Vegetación y flora de La Palma. Editorial Interinsular Canaria. Santa Cruz de Tenerife.
- Soil Survey Staff.** 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. Agr. Hand. No. 436. USDA. Washington D.C.
- Soil Survey Staff.** 1990. Keys to Soil Taxonomy, 4th edition. AID, USDA-SMSS, Technical Monograph , No. 19, Blacksburg, Virginia.

Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436. **USDA**, 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Invest.Rep. 42. USDA-NRCS, Natl. Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Soil Survey Staff, 2006. Keys to Soil Taxonomy, 10th ed. USDA-NRCS

USDA-NCRS, 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos. Décimo segunda edición, 410 p.

Tang, C. 1999. Soil acidification under legumes – an Australian viewpoint. <http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp43/1681-t.pdf>

Tang, C., McLay C.D.A., Barton, L. 1997. A comparison of proton excretion of twelve pasture legumes grown in nutrient solution. Australian Journal of Experimental Agriculture 37, 563- 570

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado con fondos del Grupo de Investigación consolidado de la Universidad de La Laguna de “Recursos de Suelos y Aguas”. Al Dr. José Gregorio Morillas Cabrera por su inestimable colaboración en el trabajo de campo.

Anexos

ANEXO I. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y DESCRIPCION MORFOLÓGICA

PERFIL EL ROQUE 1

Situación: Carretera de acceso al Roque de los Muchachos LP 4 entre el km 26 y 27.

Término municipal: Puntallana

Coordenadas: x: 223644 y: 3182429

Altitud: 1995 m.s.n.m.

Posición fisiográfica: Ladera

Material de origen:

a) *Tipo petrográfico:* Coladas y conos de cenizas basálticas

b) *Serie y/o edad:* Pleistoceno Medio

Pendiente: 10-20 %

Vegetación:

a) *Tipo:* Pinar con matorral de alta montaña

b) *% recubrimiento:* 80-90%

c) *Especies:* *Pinus canariensis*, *Adenocarpus viscosus*

Pedregosidad superficial:

Naturaleza: Fragmentos de colada basáltica

% de recubrimiento: 50-60%

Afloramientos rocosos: No se observan

Evidencias de erosión: No se observan

Influencia antrópica: No se observa

Usos: Vegetación natural

HORIZONTE (Prof.cm)	DESCRIPCION MORFOLOGICA
A ₁ (0-15 cm)	Color: 7.5YR 3/4 (pardo oscuro), húmedo. Textura limo arcillosa. Estructura migajosa. Muy friable. Raíces finas muy abundantes. Reacción NaF + y lenta. Límite con el horizonte inferior difuso.
B _w (15-65)	Color: 5YR 3/4 (pardo rojizo oscuro), húmedo. Textura arcillo limosa. Estructura granular. Abundantes elementos gruesos y raíces finas. Friable. Algunas raíces finas y medias. Reacción NaF +, lenta. Límite con el horizonte inferior neto.
2B _w (65->150)	Color: 7.5YR 3/3 (pardo oscuro), húmedo. Textura arcillo limosa. Estructura granular. Abundantes elementos gruesos. Algunas raíces finas y medias. Friable, Reacción NaF +, más rápida e intensa que en los horizontes anteriores.
Observaciones:	Se trata de un suelo muy pedregoso, con fragmentos basálticos de gran tamaño en superficie y en todo el perfil.

PERFIL EL ROQUE 2

Situación: Carretera de acceso al Roque de los Muchachos LP 4 entre los km 28 y 29.

Entrada al camino de acceso al monumento de César Manrique

Término municipal: San Andrés y Sauces

Coordenadas: x: 223330 y: 3183603

Altitud: 2125 m.s.n.m.

Posición fisiográfica: Ladera

Material de origen:

a) **Tipo petrográfico:** Coladas y conos de cenizas basálticas

b) **Serie y/o edad:** Pleistoceno Medio

Pendiente: 10-20%

Vegetación:

a) **Tipo:** Matorral

b) **% recubrimiento:** 90-100%

c) **Especies:** *Adenocarpus viscosus*

Pedregosidad superficial:

a) **Naturaleza:** Fragmentos de colada basáltica

b) **% recubrimiento:** 80-90%

Evidencias de erosión: No se observan

Influencia antrópica: No se observa

Usos: Vegetación natural

HORIZONTE (Prof.cm)	DESCRIPCION MORFOLOGICA
A ₁ (0-20 cm)	Color: 7.5YR 3/4 (pardo oscuro), húmedo. Textura limo arcillosa. Estructura grumosa. Muy friable. Raíces finas abundantes. Reacción NaF + rápida e intensa. Límite con el horizonte inferior brusco y plano.
B _w (20-50 cm)	Color: 7.5YR 4/4 (pardo), húmedo. Textura arcillo limosa. Estructura grumosa. Friable. Raíces finas y medias menos abundantes que en el horizonte superficial. Reacción NaF +, pero más lenta y menos intensa que en el horizonte A ₁ .
Observaciones:	Se trata de un suelo muy pedregoso.

PERFIL EL ROQUE 3

Situación: Desde la carretera de acceso al Roque de los Muchachos LP 4, tomamos la pista de tierra que une la zona del Roque con el camino de las Mimbreras.

Término municipal: Barlovento

Coordenadas: x: 221649 y: 3186030

Altitud: 2060 m.s.n.m.

Posición fisiográfica: Ladera suave

Material de origen:

a) *Tipo petrográfico:* Coladas y conos de piroclastos basálticos

b) *Serie y/o edad:* Pleistoceno Medio

Pendiente: 5-10 %

Vegetación:

a) *Tipo:* Matorral

b) *% recubrimiento:* 95-100%

c) *Especies:* *Adenocarpus viscosus*

Pedregosidad superficial:

a) *Naturaleza:* Fragmentos de colada basáltica

b) *% de recubrimiento:* 80-90%

Afloramientos rocosos:

a) *Naturaleza:* Colada basáltica

b) *% de roca expuesta:* 60-70%

Evidencias de erosión: No se observan

Influencia antrópica: No se observa

Usos: Vegetación natural

HORIZONTE (Prof.cm)	DESCRIPCION MORFOLOGICA
A ₁ (0-15 cm)	Color: 7.5YR 4/4 (pardo), húmedo. Textura limo arcillosa. Estructura grumosa. Muy friable. Abundantes piedras y raíces finas. Reacción NaF + lenta pero intensa. Límite con el horizonte inferior neto
BwC (15-27 cm)	Color: 7.5YR 4/4 (pardo), seco. Textura arcillo limosa. Estructura masiva que se resuelve en bloques. Horizonte compactado, parece el material alterado. Firme. Raíces finas y medias. Se observan menos elementos gruesos que en el hor. anterior. Reacción NaF +, lenta.
2Bw (27->87 cm)	Color: 5YR 3/6 (pardo rojizo oscuro), húmedo. Textura arcillo limosa, aunque más arcilloso que el horizonte anterior. Estructura masiva. Firme. No se observan elementos gruesos ni raíces. Reacción NaF + y lenta.

PERFIL EL ROQUE 4

Situación: Carretera de acceso al Roque de los Muchachos LP 4 km 37. Próximo al nuevo centro de visitantes

Término municipal: Garafía

Coordenadas: x: 217024 y: 3185571

Altitud: 2085 m.s.n.m.

Posición fisiográfica: Ladera

Material de origen:

a) *Tipo petrográfico:* Coladas y conos de cenizas basálticas

b) *Serie y/o edad:* Pleistoceno Medio

Pendiente: 10-20 %

Vegetación:

a) *Tipo:* Matorral

b) *% recubrimiento:* 40-50%

c) *Especies:* *Adenocarpus viscosus*

Pedregosidad superficial:

a) *Naturaleza:* *Fragmentos de colada basáltica*

b) *% de recubrimiento:* 90-100 %

Afloramientos rocosos: No se observan

Evidencias de erosión: No se observan

Influencia antrópica: No se observa

Usos: Vegetación natural

HORIZONTE (Prof.cm)	DESCRIPCION MORFOLOGICA
A ₁ (0-10 cm)	Color: 10YR 2/3 (negro parduzco), seco. Textura limo arcillosa. Suelto, sin estructura bien definida. Aspecto ceniciento. Muy friable. Abundantes raíces finas. Reacción NaF + lenta y débil. Límite con el horizonte inferior brusco.
Bw ₁ C (10-44 cm)	Color: 7.5YR 4/4 (pardo), húmedo. Textura arcillo limosa. Raíces finas y medias. Abundantes elementos gruesos. Firme. Raíces finas y medias. Reacción NaF +, rápida e intensa.
Bw ₂ C (44->100 cm)	Color: 7.5YR 4/4 (pardo), húmedo. Textura arcillo limosa en las bolsas de suelo que rodean las escorias. Mayor pedregosidad que el horizonte anterior, aumentando a medida que se profundiza en el perfil. No se observan raíces. Reacción NaF +, lenta pero intensa.
Observaciones	El suelo en el hor. BwC aparece en bolsas entre las escorias que aumentan al ir descendiendo en el perfil. Del hor. inferior fue imposible tomar la densidad aparente debido a la pedregosidad.

ANEXO II. Características físico-químicas

PERFIL EL ROQUE 1

Hor.	Prof. (cm)	pH		C %	N %	Complejo de cambio (cmol _c kg ⁻¹)						CICE cmol _c kg ⁻¹
		H ₂ O	KCl			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	
A1	0-15	4,9	4,0	11,9	0,4	2,40	0,61	0,62	0,63	4,26	2,14	6,40
Bw	15-65	5,9	4,5	2,4	0,2	4,35	1,52	0,75	0,70	7,32	0,57	7,89
2Bw	65- >150	6,2	4,8	4,0	0,3	4,36	1,15	0,31	0,76	6,59	0,23	6,82

S= Suma de cationes básicos cambiables; CICE: Capacidad de Cambio catiónica efectiva

Hor.	ρ _a gcm ⁻³	Acido-oxalato pH=3 (%)			Pirofosfato sódico (%)			Alofanos	Retención de P
		Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Sip	%	%
A1	0,92	1,7	1,5	0,43	0,7	0,1	0,05	3	80
Bw	0,49	1,9	1,6	0,64	0,8	0,3	0,06	5	90
2Bw	0,52	3,4	1,5	1,35	0,9	0,1	0,06	10	95

Hor.	Elementos gruesos (%)	Análisis granulométrico (%)						Retención de agua (%)	
		A.gruesa	A.fina	L.grueso	L.fino	Arcilla	Textura	-33kPa	-1500kPa
A1	49,7	8,1	12,5	16,0	40,1	23,3	F-L	43,8	23,8
Bw	66,6	24,6	6,0	14,1	35,3	20,0	F	39,9	21,3
2Bw	49,6	17,6	7,6	16,3	40,9	17,7	F-L	61,0	31,1

F= franca; L= limosa

Hor.	Hidromorfía (WDPT)	Hidromorfía (MED)
A1	Extremadamente repelente al agua (> 3600 s)	Repelencia muy severa (> 3,2)
Bw	No repelente al agua (< 5 s)	No repelente (0 M)
2Bw	No repelente al agua (< 5 s)	No repelente (0 M)

PERFIL EL ROQUE 2

Hor	Prof. (cm)	pH		C %	N %	Complejo de cambio (cmol.kg ⁻¹)						CICE (cmol.kg ⁻¹)
		H ₂ O	KCl			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	
A ₁	0-20	4,6	4,5	3,4	0,8	0,69	2,14	0,44	0,57	2,05	0,77	2,82
B _w	20-50	4,7	4,3	3,3	0,2	0,94	0,57	0,98	0,88	3,24	1,91	5,15

S= Suma de cationes básicos cambiabiles; CICE: Capacidad de Cambio catiónica efectiva

Hor.	ρ _a gcm ⁻³	Acido-oxalato pH=3 (%)			Pirofosfato sódico (%)			Alofanos %	Retención de P (%)
		Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Sip		
A ₁	0,60	3,2	1,6	1,55	0,8	0,1	0,07	11	92
B _w	0,62	3,8	1,7	1,54	1,3	0,3	0,26	11	97

Hor.	Elementos gruesos (%)	Análisis granulométrico (%)						Retención de agua (%)	
		A.gruesa	A.fina	L.grueso	L.fino	Arcilla	Textura	-33kPa	-1500kPa
A ₁	32,7	32,4	20,8	8,3	20,8	17,8	F-Ar	26,0	18,1
B _w	30,9	6,6	7,7	13,0	32,7	40,0	A-L	67,2	42,7

F= Franca; Ar= Arenosa; A= Arcillosa; L= Limosa

Hor.	Hidromorfía (WDPT)	Hidromorfía (MED)
A ₁	Extremadamente repelente al agua (> 3600 s)	Repelencia moderada (1,2-2,2 M)
B _w	No repelente al agua (< 5 s)	No repelente (0 M)

PERFIL EL ROQUE 3

Hor.	Prof. (cm)	pH		C %	N %	Complejo de cambio (cmolckg ⁻¹)						CICE (cmolckg ⁻¹)
		H ₂ O	KCl			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	
A ₁	0-15	4,33	4,19	6,19	1,3	0,83	2,24	0,39	0,66	4,12	1,79	5,91
BwC	15-27	4,24	4,05	2,77	0,2	0,89	0,43	1,02	1,03	3,37	3,44	6,81
2Bw	27->87	4,52	3,93	2,19	0,2	1,16	0,59	0,15	1,72	3,62	0,70	4,32

S= Suma de cationes básicos cambiables; CICE: Capacidad de Cambio catiónica efectiva

Hor.	ρ _a gcm ⁻³	Acido-oxalato pH=3 (%)			Pirofosfato sódico (%)			Alofanos %	Retención de P (%)
		Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Sip		
A ₁	0,57	2,2	1,2	0,62	0,9	0,2	0,14	4	90
BwC	0,57	1,8	1,1	0,40	1,8	0,5	0,39	3	93
2Bw	0,82	3,7	6,3	1,66	1,4	0,8	0,39	12	97

Hor.	Elementos gruesos (%)	Análisis granulométrico (%)						Retención de agua (%)	
		A.gruesa	A.fina	L.grueso	L.fino	Arcilla	Textura	-33kPa	-1500kPa
A ₁	52,8	12,9	13,1	10,6	26,5	37,0	F-A	31,5	24,8
BwC	23,8	3,2	4,4	8,7	22,0	61,7	A	56,3	39,1
2Bw	4,0	1,4	8,4	16,0	40,1	34,1	F-A-L	71,7	47,2

F=Franca, A=Arcillosa, L=Limosa

Hor.	Hidromorfía (WDPT)	Hidromorfía (MED)
A ₁	Extremadamente repelente al agua (> 3600 s)	Repelencia muy severa (> 3,2)
BwC	No repelente al agua (< 5 s)	No repelente (0 M)
2Bw	No repelente al agua (< 5 s)	No repelente (0 M)

PERFIL EL ROQUE 4

Hor.	Prof. (cm)	pH		C %	N %	Complejo de cambio (cmol.kg ⁻¹)						CICE (cmolckg ⁻¹)
		H ₂ O	KCl			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	
A ₁	0-10	4,7	4,4	11,0	2,9	1,02	0,47	0,42	0,62	2,53	1,68	4,21
Bw ₁ C	10-44	4,5	4,2	5,7	0,2	0,68	0,34	0,75	0,65	2,42	2,40	4,82
Bw ₂ C	44- >100	4,5	4,2	2,2	0,4	0,78	0,35	0,82	1,15	3,09	1,70	4,79

S= Suma de cationes básicos cambiables; CICE: Capacidad de Cambio catiónica efectiva

Hor.	ρ _a gcm ⁻³	Acido-oxalato pH=3 (%)			Pirofosfato sódico (%)			Alofanas %	Retención de P (%)
		Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Sip		
A ₁	1,20	1,95	0,86	1,02	0,83	0,13	0,08	7	71
Bw ₁ C	0,79	5,59	1,34	2,05	1,74	0,36	0,33	15	95
Bw ₂ C	n.d.	3,06	1,17	1,48	1,40	0,29	0,37	10	96

Hor.	Elementos gruesos (%)	Análisis granulométrico (%)						Retención de agua (%)	
		A.gruesa	A.fina	L.grueso	L.fino	Arcilla	Textura	-33kPa	-1500kPa
A ₁	32,2	47,2	12,2	6,6	16,5	17,6	F-Ar	21,8	16,5
Bw ₁ C	70,8	13,7	7,0	13,7	34,5	31,0	F-A	55,8	38,6
Bw ₂ C	74,2	16,8	10,5	12,4	31,2	29,1	F-A	55,9	32,9

F= Franca; Ar= Arenosa; A= Arcillosa

Hor.	Hidromorfía (WDPT)	Hidromorfía (MED)
A ₁	Extremadamente repelente al agua (> 3600 s)	Repelencia muy severa (> 3,2)
Bw ₁ C	No repelente al agua (< 5 s)	No repelente (0 M)
Bw ₂ C	No repelente al agua (< 5 s)	No repelente (0 M)