

Aproximación al comportamiento geotécnico de las Ignimbritas *ash and pumice* a partir de análisis químico-mineralógicos

A. González Losa¹, F.J. Pérez Torrado² y A. Lomoschitz Mora Figueroa³

1 C/ Olof Palme 45, 7^ºB, 35010 Las Palmas de Gran Canaria. aglosa@servical.net

2 Dpto. Física-Geología, ULPGC, 35080 Las Palmas de Gran Canaria. fperez@dfis.ulpgc.es

3 Dpto. de Ingeniería Civil, Escuela Universitaria Politécnica, ULPGC, 35080 Las Palmas de Gran Canaria. alomoschitz@dic.ulpgc.es

ABSTRACT

Geological factors controlling the engineering properties of the Miocene (ca. 8,3 Ma) ash and pumice phonolitic ignimbrites in Gran Canaria island have been analysed. Emphasis has been placed on the influence of chemical and mineralogical changes on the strength and deformation properties. Optical microscopy, X-ray diffraction and X-ray fluorescence techniques have been used for characterization of the geochemistry and mineralogy of these pyroclastic flow deposits. Several physical and mechanical tests (classification tests, uniaxial compression, etc.) have been carried out to determinate the geotechnical behaviour. The alteration degree of vitreous phase is the most important factor for explaining the decrease of quality in the geotechnical properties of these soft rocks.

Key words: *ash and pumice phonolitic ignimbrites, geochemical alteration, geotechnical behaviour, Miocene, Gran Canaria.*

INTRODUCCIÓN

Los materiales conocidos como tobas fonolíticas (genéticamente ignimbritas tipo *ash and pumice*) pertenecientes a la Formación Fonolítica de edad miocena (Balcells y Barrera, 1990), constituyen uno de los basamentos principales sobre los que se construye una parte de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria y su red de comunicaciones. Estos materiales de tonalidades generalmente claras (blanco, amarillo, beige claro) cuando se hayan en banco y en estado seco, tienen un buen comportamiento como cimiento y en talud. Sin embargo, con presencia de alteración geoquímica adquieren tonalidades más oscuras (naranja, ocre e incluso verde), tacto jabonoso y consistencia semisólida a plástica (Lomoschitz, 1996). Por otro lado, la necesidad de áridos para rellenos de terraplén, en determinadas zonas, ha llevado a comprobar sus propiedades mecánicas mediante ensayos. Los resultados han sido negativos: una vez excavado este material, troceado, regado y apisonado, pierde sus propiedades iniciales y se convierte en un material cohesivo y pastoso, no apto para rellenos de carretera.

El objeto del presente trabajo es aportar nuevos datos sobre las propiedades mecánicas de estas tobas fonolíticas, así como establecer una posible relación causa-efecto entre cambios químico-mineralógicos y variaciones en sus propiedades mecánicas.

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA Y GEOTÉCNICA

El muestreo para los diferentes estudios realizados, se hizo en tres afloramientos representativos en el Norte de la

isla de Gran Canaria (A, B y C de la figura 1), dentro del término municipal de Las Palmas de Gran Canaria. Se tomaron cuatro muestras, dos en superficie (M2 en el punto A y M4 en el punto B) y otras dos mediante sondeos (M1 en el punto B y M3 en el punto C).

Por un lado, se determinó la composición química y mineralógica de las cuatro muestras mediante microscopía óptica, fluorescencia de rayos X y difracción de rayos X, aplicando estas dos últimas técnicas sobre submuestras tomadas de la matriz y de las pómez. Por otra parte, las propiedades geotécnicas se determinaron trabajando con muestras inalteradas (aquellas que conservan la estructura y humedad que poseen en su estado natural) y alteradas mecánicamente (aquellas en que, al realizar la toma, se han variado su estructura y condiciones naturales) mediante granulometrías, determinación de los límites líquido y plástico, densidad relativa de las partículas, proctor normal, proctor modificado, resistencia a compresión uniaxial, resistencia al corte, hinchamiento libre, densidad aparente y porosidad.

Al microscopio petrográfico todas las muestras presentan texturas y componentes similares entre sí, típicas de depósitos piroclásticos tipo ignimbritas *ash and pumice*. Se trata de texturas clásticas en las que las fracciones juveniles, líticos y cristales se encuentran siempre rodeadas por una matriz cinerítica que constituye, por tanto, el armazón de estas rocas. Las proporciones de cada una de estas fracciones oscilan entre un 35-50% para la matriz cinerítica, un 20-45% para los juveniles (pómez), 15-30% para los líticos y 2-8% para los cristales (feldespatos alcalinos, opacos, anfíboles y clinopiroxenos). Los análisis geoquímicos arro-

TABLA 1. Cuadro resumen de resultados de identificación mineralógica deducidos de las láminas delgadas y de la difracción de rayos X.

MUESTRAS MINERAL	MUESTRAS DE SONDEOS				MUESTRAS SUPERFICIALES			
	M-1 POMEZ	M-3 POMEZ	M-1 MATRIZ	M-3 MATRIZ	M-2 POMEZ	M-4 POMEZ	M-2 MATRIZ	M-4 MATRIZ
ALBITA	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO
SANIDINA	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
ANORTOCLASA	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI
ANFÍBOLES	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
OPACOS (ÓXIDOS DE Fe)	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
CLINOPIROXENOS	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
PHILIPSITA	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO
SERICITA	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
CHABACITA	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
MONTMORILLONITA	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
CAOLINITA	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO

jan valores similares tanto en la matriz como en los juveniles de todas las muestras. Se observa una fuerte pérdida por ignición (correspondiente a fases volátiles, H₂O y CO₂) del orden de un 10 a 15%, incluso en las muestras más frescas tomadas en los sondeos. Asimismo, muestran valores de Na₂O y K₂O por debajo de los normales para magmas fonolíticos. Todo ello indica que todos estos depósitos muestran una cierta alteración geoquímica, ligeramente mayor en las muestras M-2 y M-4 recogidas en superficie que en las muestras M-1 y M-3 de los sondeos.

Por lo que respecta a la difracción de rayos X (Tabla 1), se observa la existencia de minerales secundarios pertenecientes a los grupos de las zeolitas (phillipsita y chabacita) y las arcillas (sericita, montmorillonita y caolinita) tanto en la fracción matriz como en los juveniles (pómez). Sin embargo, es importante destacar la existencia de asociacio-

nes paragenéticas diferentes entre las muestras superficiales (M-2 y M-4), con mayor grado de alteración geoquímica, y las muestras tomadas en sondeo (M-1 y M-3), más frescas.

Los resultados de los ensayos físico-mecánicos realizados se resumen en la tabla 2. Como cabría esperar, existe una gran diferencia entre los resultados de las muestras alteradas e inalteradas mecánicamente, según la definición descrita anteriormente. Asimismo, se observa que los resultados indican un peor comportamiento mecánico en las muestras superficiales que en las obtenidas mediante sondeos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los altos valores de fases volátiles (H₂O y CO₂) en las muestras, los valores bajos en los álcalis y la presencia de minerales de los grupos de las zeolitas y arcillas, permiten

TABLA 2. Cuadro resumen de resultados de los ensayos geotécnicos tanto en muestras inalteradas como alteradas mecánicamente.

ENSAYOS	MUESTRAS	Muestras inalteradas mecánicamente				Muestras alteradas mecánicamente	
		M-1	M-3	M-2	M-4	M-2	M-4
Granulometría	% Pasa tamiz UNE 5	-	-	-	-	86	99
	% Pasa tamiz UNE 0.080	-	-	-	-	66	65
Plasticidad	Límite líquido	-	-	-	-	126	110
	Límite plástico	-	-	-	-	58	58
	Índice de plasticidad	-	-	-	-	68	52
Densidad relativa de las partículas (kg/m ³)	-	2642	2620	2600	2601	2600	2601
Ensayo Proctor normal	Densidad seca máx. (kg/m ³)	-	-	-	-	1162	1128
	Humedad óptima (%)	-	-	-	-	42,2	38,9
Ensayo Proctor modificado	Densidad seca máx. (kg/m ³)	-	-	-	-	1302	1314
	Humedad óptima (%)	-	-	-	-	32,2	33,3
Resistencia a compresión (MPa)		5,2	4,8	2,5	2,1	0,3	0,3
Resistencia al corte	Angulo de rozamiento (°)	28	29	22	23	18	16
	Cohesión (MPa)	0,05	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
Hinchamiento libre (%)	-	0,5	0,5	0,7	0,6	1,2	1,3
Densidad aparente (kg/m ³)	-	2250	2233	2119	2090	-	-
Porosidad (%)	-	15,1	14,8	18,5	19,7	40	40,3

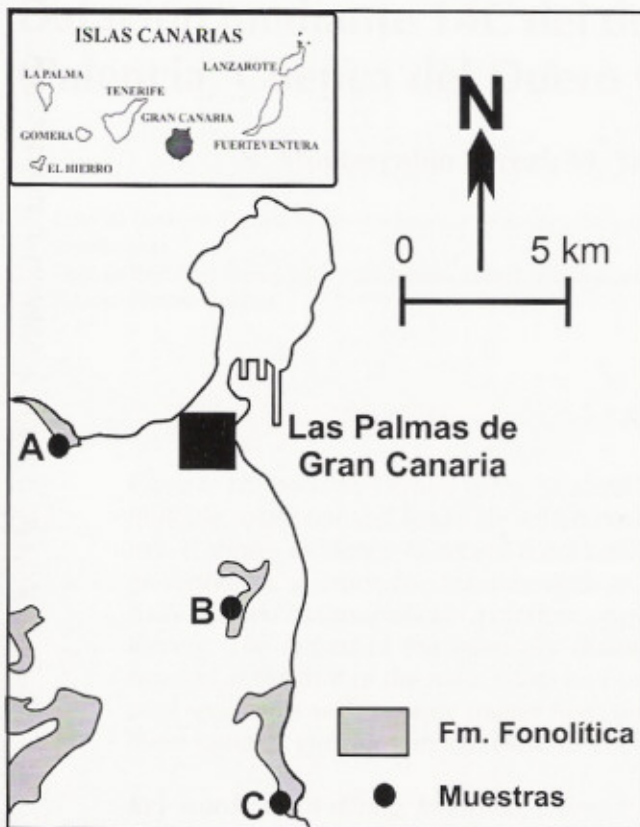


FIGURA 1. Mapa geológico simplificado (modificado de Balcells y Barrera, 1990) de la Formación Fonolítica en el área NE de Gran Canaria y localización de las muestras estudiadas. En A, muestra M-2; en B, muestras M-1 y M-4; en C, muestra M-3.

pensar en un proceso de desvitrificación y neoformación de minerales secundarios a costa del componente vítreo original volcánico (presente en la matriz cinerítica y en los fragmentos pumíticos) de composición fonolítica. La existencia de paragénesis diferentes de esos minerales neoformados en muestras de diferente procedencia indica que, o bien la alteración química del componente vítreo original se desarrolló en dos etapas (en la primera con neoformación de phillipsita y sericita, y en la segunda de chabacita, montmorillonita y caolinita), o bien el grado de meteorización química en muestras superficiales y profundas (sondeos) es diferente.

En cuanto a los resultados de los ensayos geotécnicos, las tobas pumíticas se pueden clasificar como Roca Blanda R_1 (resistencia a compresión simple, $5 < \sigma_c < 25$ MPa), según la clasificación del I.S.R.M. (International Society on Rock Mechanics, 1980), cuando no se produce ningún tipo de modificación física de su estructura. Sin embargo, cuando se modifica esa estructura por alteración mecánica pasan a pertenecer al tipo CH (arcillas inorgánicas de alta plasticidad) según la clasificación U.S.C.S. (Lambe y Whitman, 1981). Conviene destacar que el grado de hinchamiento, superior en muestras

superficiales, es aún mayor cuando la estructura de la roca se modifica con medios mecánicos. Este hinchamiento es debido a la presencia de montmorillonita, con una gran capacidad de intercambio iónico. La naturaleza expansiva de su red cristalina influye mucho en la viscosidad, el hinchamiento, la plasticidad y otras propiedades físico-químicas.

Los resultados de los ensayos de corte directo indican que, una vez alcanzada la tensión tangencial máxima, la resistencia movilizada disminuye de forma muy marcada. Esto supone que para deformaciones elevadas disminuye la tensión tangencial de pico, por lo que bajo carga pueden producirse roturas a cortante del suelo, por ejemplo, bajo cimentaciones próximas a taludes.

Por todo ello, puede concluirse que a medida que la muestra está más alterada (en términos químico-mineralógicos), los valores geotécnicos obtenidos indican un descenso en la calidad de la roca: menor resistencia a compresión, ángulos de rozamiento y cohesión más bajos, menor densidad de las partículas, mayor plasticidad y mayor hinchamiento y porosidad.

Para finalizar, en cuanto al posible uso de las tobas pumíticas como relleno de terraplén, tienen propiedades de suelo marginal a inadecuado, según la clasificación del PG3 (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1975; Ministerio de Fomento, 2002). Por ello, su uso debe ser controlado y las recomendaciones establecidas por este Pliego han de ser seguidas.

REFERENCIAS

Balcells, R. y Barrera, J.L. (1990): Plan MAGNA. Memorias y mapas geológicos de España a escala 1:25.000. Hoja nº: 1101-I-II (Las Palmas de Gran Canaria). ITGE, Madrid.

International Society on Rock Mechanics (1980): Basic geotechnical description of rock masses. Commission on classification of Rocks and Rock Masses, 92-93.

Lambe, T.W. y Whitman, R.W. (1981): Características de los conjuntos de partículas – Clasificación de suelos. En: *Mecánica de Suelos*. Limusa, México, 46-48.

Lomoschitz, A. (1996): *Caracterización geotécnica del terreno, con ejemplos de Gran Canaria y Tenerife*. E.T.S. de Arquitectura de Las Palmas, Dpto. de Construcción Arquitectónica, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 36 p. (inédito).

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1975): *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y de Puentes (PG3/1975)*

Ministerio de Fomento (2002): *Modificación del Artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y de Puentes por OM 1382/2002*.