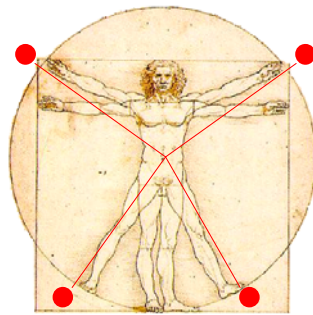


TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

VOLUMEN II. AÑO 2004

SEPARATA



ALTERACIÓN DE LA COBERTURA DE SUELOS POR LA EXPLOTACIÓN DE
ROCAS INDUSTRIALES EN CAMARGO (CANTABRIA)

Julio César Arranz González



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO
Escuela Politécnica Superior
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Julio César Arranz González
Diciembre 2004.

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD04_006.pdf

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*
Escuela Politécnica Superior.
Universidad Alfonso X el Sabio.
28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).
ISSN: 1696-8085

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

Tecnol@ y desarrollo. ISSN 1696-8085. Vol.2. 2004.

ALTERACIÓN DE LA COBERTURA DE SUELOS POR LA EXPLOTACIÓN DE ROCAS INDUSTRIALES EN CAMARGO (CANTABRIA).

Julio César Arranz González

Dr. Ingeniero Agrónomo
Instituto Geológico y Minero de España

Julio César Arranz González. Área de Geoambiente, Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003. Madrid. Tel.: 913495783. jc.arranz@igme.es

RESUMEN: La explotación de rocas industriales en cantera genera importantes alteraciones sobre la fisiografía, la hidrología, el ambiente biológico y la cobertura de suelos. En general, no es posible realizar una completa remodelación de las formas del terreno o el relleno de los huecos originados por este tipo de explotaciones mineras. El suelo sobre las superficies afectadas es destruido, aunque los materiales edáficos originales pueden servir para la creación de nuevos suelos funcionales en bermas y plazas de cantera. La caracterización, desde el punto de vista edafológico, de estos materiales y de las superficies alteradas puede ser útil para diseñar una estrategia de restauración. En Camargo, zona próxima a Santander (Cantabria), se ha realizado una caracterización edafológica de suelos naturales y de muestras tomadas en diversas superficies de canteras de caliza abandonadas.

PALABRAS CLAVE: Canteras, alteración del suelo, Cantabria.

ABSTRACT: Quarrying for stone and crushed rock industry produces severe disturbances in landform, hidrology, biological environment and soil cover. Generally, backfilling or landform restoration is not possible in this kind of surface mines. Soil is destroyed in surface-mined areas, but native soil materials can be useful for the creation of functional new soils in benches and quarry floors, and for respread over fills. Soil, spoils and wastes, if exist, are valuable resources to build landscape in quarry reclamation works. Soil survey and pedological interpretation of these materials as well as the post-quarrying surfaces can be useful for the design of a reclamation strategy. In Camargo, near Santander (northern Spain), native soils and representative sites located in abandoned limestone quarries were sampled for analytical characterisation.

KEY-WORDS: *Quarries, soil disturbance, Cantabria.*

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD04_006.pdf

SUMARIO: 1. Introducción 2. Descripción de la zona. 3. Materiales y métodos 4. Resultados 5. Resumen y conclusiones 6. Bibliografía

1. Introducción

La minería a cielo abierto genera cambios importantes, —a veces drásticos—, en la fisiografía del terreno, y sobre el sistema natural de drenaje. La estructura geológica es también modificada irreversiblemente, aún cuando sea posible reconstruir las formas primitivas o se generen nuevas formas estables semejantes a las originales. El ambiente biológico es completamente destruido, o tremendamente transformado, por lo menos mientras se realizan labores mineras (Tandy, 1979).

Conceptualmente, la rehabilitación de terrenos alterados por minería se refiere a la creación de ecosistemas autosustentables, lo que implica la consecución de formas del terreno estables, suelos funcionales y comunidades biológicas productivas, con ciclos de nutrientes cerrados y un reemplazo de especies a lo largo del tiempo (Wade & Chambers, 1992). Estos objetivos no son casi nunca fáciles de alcanzar, requieren la aplicación de técnicas avanzadas con una importante base científica, una buena dosis de imaginación, y la consideración constante y rigurosa del factor económico. El fracaso de la rehabilitación tiene como consecuencia un derroche de recursos y la posibilidad de que la degradación del medio se perpetúe o se incremente.

En algunos tipos de minería, en los que cabe la posibilidad de realizar un retrorelleno con materiales estériles, puede pensarse en una restauración casi en sentido estricto, siempre y cuando las condiciones de suelo y vegetación se reconstruyan. Sin embargo, en ciertos tipos de explotaciones mineras debe asumirse —ineludiblemente— que esto no es posible (Arranz, 1997). Este es el caso, por ejemplo, de las canteras de roca ornamental y de las canteras destinadas a la extracción de rocas para la fabricación de áridos. Normalmente, en este tipo de explotaciones no es posible realizar rellenos masivos con materiales estériles, ni efectuar remodelaciones de gran envergadura sobre la geometría final de los frentes. Por ello, básicamente, los terrenos afectados por la explotación de rocas industriales ofrecerán una superficie inferior sensiblemente llana limitada por frentes abiertos, banqueados (algunos de gran altura), tallados en roca más o menos sana. En estos casos, la rehabilitación tratará de buscar una integración paisajística y una restauración puntual o parcial del sistema suelo-vegetación, entendida como la consecución de un estado de equilibrio en el que no tengan lugar nuevos procesos degradativos.

El arranque del suelo en las superficies sobre las que se abre un frente de cantera o se amplía una explotación minera supone la destrucción del mismo, entendido como cuerpo

natural que ocupa una posición concreta sobre la superficie terrestre, y que posee unas características morfológicas, estructurales, físico-químicas y biológicas propias y ligadas a sus condiciones de desarrollo. Este daño es inevitable, pero puede verse compensado en parte con la utilización de dichos materiales edáficos como materia prima para la construcción de un nuevo suelo artificial que realice lo mejor posible las necesarias funciones físicas, químicas y biológicas. Por esta razón, el conocimiento de los tipos de suelos, y su interpretación en términos de capacidad productiva, espesor, fertilidad, etc., pueden ser muy útiles para diseñar las labores de restauración. Incluso, si no es posible o no se tiene previsto recubrir completamente el área afectada con materiales edáficos, la interpretación en términos edafológicos de lo que queda en las superficies finales después de la explotación puede ser igualmente aprovechable para el diseño de medidas correctoras.

Los profesionales de la ciencia del suelo pueden proporcionar información susceptible de ser directamente utilizada en un programa de restauración. Para ello, dicha información debe presentarse de modo inteligible: la mayoría de los aspectos de interés pueden deducirse de las descripciones convencionales de suelos y recubrimientos mineros, pero con la mirada de un entendido en la materia que tenga bien presentes los métodos mineros y los objetivos finales de la restauración del terreno (Mc Rae, 1983).

En la provincia de Cantabria, alrededor del cuarenta por ciento de la producción de áridos con destino a la obra civil se concentra en una reducida zona comprendida en los términos municipales de Camargo y Piélagos (véase la Figura 1). La escasa distancia a Santander —unos diez kilómetros— y la cercanía a importantes vías de comunicación —las carreteras nacionales N-611 y N-623 y, más recientemente, la autovía A-67— han propiciado la aparición de canteras en esta zona desde el año 1950.

En la actualidad existen en esta zona cinco explotaciones de calizas y una de dolomías. A pesar de que, en las canteras de mayor producción, la explotación se realiza de una forma que, en general, se puede considerar ordenada y racional, existe actualmente una importante reacción contraria a la continuación de esta actividad en la zona. El origen de este rechazo, además de en una mayor concienciación ambiental, se encuentra en el importante incremento reciente del uso urbano en el entorno de las canteras. A esto hay que añadir que en ninguna de las explotaciones se han realizado todavía labores de restauración de importancia.

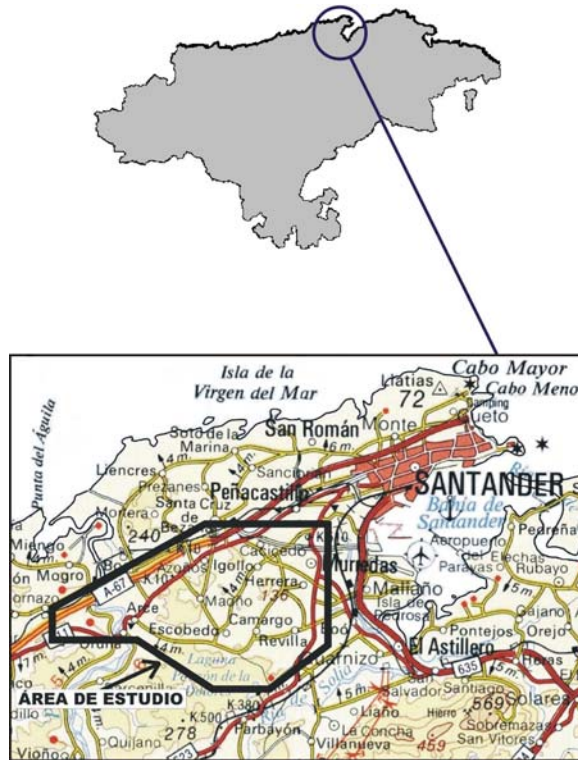


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

Esta situación dio lugar a que la actual Consejería de Industria, Trabajo y Desarrollo Tecnológico del Gobierno de Cantabria encargara al Instituto Geológico y Minero de España la realización de un proyecto denominado «Ordenación Minero-Ambiental de la Explotación de Áridos en Camargo (Cantabria)» (IGME,2002). En estas páginas se quieren dar a conocer los trabajos y resultados de caracterización edafológica llevados a cabo en el marco de dicho proyecto.

2. Descripción de la zona

2.1 Geología

La zona de Camargo se sitúa dentro la Cuenca Vasco-Cantábrica, la cual se compone de una potente serie sedimentaria mesozoica, que se deposita sobre los materiales del substrato paleozoico del macizo asturiano, por el Oeste, y de la Cordillera Pirenaica por

el Este. En ella también se han descrito materiales terciarios, de importancia mucho menor que los materiales mesozoicos.

Los materiales del Jurásico superior y Cretácico inferior constituyen la mayor parte de la cobertura de la Cuenca Vasco-Cantábrica. Poseen gran variedad litológica y una potencia muy grande. La sucesión se puede dividir en tres grandes conjuntos, entre los cuales se encuentra el denominado Complejo Urganiano. Los materiales del Complejo Urganiano en la zona corresponden a materiales del Bedouliense y calizas del Gargasiense-Clansayense, que han sido objeto de explotación en diversas zonas costeras de Cantabria, ya sea por sus depósitos minerales asociados (Minas de Reocín) o para su aprovechamiento como áridos, sillares o para extracción de material dolomítico (Camargo, Puente Arce, Escobedo). Las calizas de la Formación Reocín presentan características físicas y de composición que las hacen muy adecuadas para su uso en la construcción, a lo que se suma su buena canterabilidad y un apreciable volumen de reservas. Se trata de calizas micríticas, de color beige claro en fractura fresca y más oscuras en superficie meteorizada. Presentan abundantes fósiles, envueltos en una matriz carbonatada y pueden describirse como biomicitas.

Es frecuente que presenten signos de karstificación, sobre todo en los primeros metros superficiales, aprovechando zonas de diaclasas y otras superficies de discontinuidad. La descalcificación que presentan, da lugar a grandes cubetas rellenas por arcillas rojas con restos de óxidos e hidróxidos. Son frecuentes en esta formación urgoniana las dolinas aisladas, los campos de dolinas, las uvalas, los valles ciegos, etc.

También es característica la existencia de zonas dolomitizadas que en ocasiones constituyen grandes volúmenes dentro de los macizos rocosos. La dolomitización coincide siempre con zonas de gran densidad de diaclasas o fracturas. Se trata de una dolomía de reemplazamiento de color pardo-marrón y cristales de tamaño fino a medio, los cuales son reconocibles, en ocasiones, a simple vista. También se observa un aumento de la porosidad en la roca dolomítica con respecto a la caliza de origen. Este hecho se debe a la pérdida de volumen que se produce en el proceso de dolomitización, creándose así huecos y poros nuevos al producirse el proceso de reemplazamiento.

2.2. *Clima*

La caracterización del clima de la zona puede ser realizada a partir de los datos de diversos observatorios. La estación que ofrece una serie de datos más completa y larga es la de Parayas (Aeropuerto), situada muy próxima a la zona por el Este. Otros

observatorios estudiados fueron: Torrelavega (SNIACE), El Tojo (Revilla), Vioño y Mogro.

La temperatura media anual en la zona puede oscilar entre 13° y 14° C, con un máximo mensual en agosto cercano a los 19° C, y un mínimo en enero o diciembre próximo a los 9° C. El verano es fresco y el invierno benigno. No son esperables máximas excesivas en verano, ni heladas fuertes, por lo que el clima es de invierno templado según los criterios de Emberger. Las heladas son posibles, especialmente en puntos elevados y umbrías durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. En términos generales, toda la zona recibe una influencia moderadora sobre los elementos climáticos térmicos derivada de la proximidad al mar, por lo que el clima es netamente Marítimo.

Las precipitaciones medias oscilan entre los 1.300 y los 1.500 mm anuales, con máximo en noviembre y mínimo en julio, siendo la distribución bastante uniforme. Las precipitaciones en forma de nieve son poco probables y, normalmente, se producen en enero o febrero. Los valores de evapotranspiración potencial son inferiores a los de precipitación salvo en los meses de junio, julio y agosto, dando lugar a una ligera descompensación hídrica en verano, lo que no impide que se produzcan excesos importantes que pueden alimentar a las aguas superficiales y subterráneas durante el resto del año.

El clima de la zona se puede calificar de húmedo a hiperhúmedo y mesotérmico. Es un tipo de clima genuinamente atlántico, en el que la capacidad de retención de agua del suelo (relacionada con su textura y espesor), así como el efecto de la escorrentía, tienen poco efecto a la hora de incidir en las posibilidades de alcanzar el óptimo vegetativo. Esto se traduce, además de en una uniformidad relativa del paisaje vegetal, en que existiendo un mínimo de suelo aceptable la revegetación de las superficies alteradas puede alcanzar teóricamente un cierto grado evolutivo en poco tiempo, lo que puede a su vez permitir el ahorro de fases de intervención para alcanzar una buena implantación de la vegetación natural a corto plazo.

2.3. Vegetación y suelos

Al margen de la vegetación ribereña de alisedas y saucedas, la vegetación potencial a la que le corresponde mayor extensión en la zona de trabajo pertenece a las series:

- Serie colina orocantábrica y cántabro-atlántica mesofítica del fresno o *Fraxinus excelsior* (*Polysticho setiferi-Fraxineto excelsioris* S.)

- Serie termocolina-colina cántabro-euskalduna y ovetense de la encina y carrasca híbrida (*Q. ilex*, *Q. x gracilis*) (*Lauro nobilis-Querceto ilicis* S.).

La serie de la encina es considerada edafoixerófila, y los encinares presentes tienen carácter relicto, estando asociados a los puntos donde el suelo es más delgado y de carácter más calizo. La formación climácica de la serie mesofítica del fresno, llamada así aunque suele ser dominante en ella el roble (*Quercus robur*), ha desaparecido prácticamente, siendo sustituida por prados de siega en su mayor parte. La orla espinosa del bosque, que se compone de especies tales como *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Rubus ulmifolius* o *Rosa sp.*, sigue bien representada en setos y linderos.

En algunos resaltes calizos se conserva el encinar, con especies tales como *Laurus nobilis*, *Arbutus unedo*, *Ruscus aculeatus*, *Smilax aspera*, *Rhamnus alaternus*, etc., las cuales forman un intrincado estrato arbustivo y lianoide. En otros casos se pueden encontrar etapas de sustitución que van desde madroñales a aulagares y pastizales, con presencia de *Genista occidentalis*, *Cytisus cantabricus*, *Ulex europaeus* o *Erica vagans*, entre otras.

Orlando a las masas más puras de encinar se encuentra habitualmente un interesantísimo bosque mixto (figura 2) en el que se mezcla la encina, el madroño, el laurel y otras especies propias del encinar con *Quercus robur*, *Castanea sativa*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna* y otras que son típicas de los robledales.

Según Sánchez Martínez y Valdeolivas (1995), los bosques mixtos existentes en el municipio de Camargo, que aparecen orlando a los encinares, se instalan allí donde la roca caliza comienza a desaparecer —a crecer el espesor de suelo sobre ella—, mientras que los robledales húmedos crecen sobre tierras pardas oligotróficas. Estas orlas deben entenderse aquí como el producto de una transición de los resaltes calizos, en los que la roca aflora o se encuentra muy cerca de la superficie, hacia los suelos profundos, arcillosos y muy lavados de las depresiones y aplanamientos kársticos, donde pueden acumularse hasta espesores de cinco metros, como pudo observarse en algunas excavaciones realizadas para la construcción. Es en esa franja de transición ecotónica donde caben especies de uno y otro tipo de bosque.

Así pues, se puede anticipar que el contenido en caliza, o la mayor o menor influencia de esta roca parental sobre el suelo que se desarrolla sobre ella, puede ser un elemento

de gran influencia sobre el tipo de vegetación potencial que vaya a ser empleada en la rehabilitación de los espacios degradados.

El clima de la zona permite suponer que, de forma generalizada, el edafoclima de los suelos es méxico y údico según los criterios de la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1995). Por otro lado, las características climáticas favorecen una rápida intemperización de las rocas y un elevado grado de evolución y lavado de los suelos. Tanto es así que sobre materiales de carácter más ácido y más permeables que los explotados en las canteras, como son algunos tipos de areniscas que aparecen en la zona de estudio, se aprecian claramente procesos de podsolización.



Figura 2. Típico paisaje de la zona de Camargo. Al fondo, bosque mixto. En primer término, un *hum* recubierto de hiedra ilustra sobre las posibilidades de empleo de dicha especie vegetal en la cubrición de caras vistas de banco en frentes de cantera.

Los suelos dominantes en los resaltes calizos son de los tipos Lithic Udorthent, Lithic Ruptic-Alfic Hapludoll, Lithic Rendoll, Dystric Eutrochrept, Typic Hapludalf o Typic-Hapludult en función del grado de degradación o la pendiente. Sobre dolomías suelen ser más rojos: Typic Rhodudalf, Lithic Rhodudalf.

En las depresiones deben dominar en general suelos muy evolucionados, como Typic Paleudult, Typic Hapludult, Typic Hapludalf, estando menos saturados en bases y con pH_s inferiores. Donde el drenaje se ve dificultado puede aparecer Aquic Dystric Eutrochrept.

3. Materiales y métodos

Para obtener una idea aproximada de las características de los suelos que pueden interesar desde la perspectiva de la rehabilitación e integración paisajística de los terrenos se analizaron algunas muestras representativas de diversas situaciones. Se tomaron muestras en perfiles de suelos situados en las proximidades de frentes de canteras. En la tabla 1. se describen las muestras y se informa sobre su situación mediante las coordenadas. Tres de ellas corresponden a tres horizontes de un Dystric Eutrochrept erosionado que corona un talud de una cantera abandonada denominada Mazaloma. Estas muestras fueron etiquetadas CAM-01-1, CAM-01-2 y CAM-01-3. Otras dos pertenecen a un Lithic Rendoll próximo a las instalaciones de la misma cantera (etiquetas CAM-06-1 y CAM-06-2). También se analizó una muestra superficial de un Lithic Rendoll tomada en las cercanías del frente de la cantera llamada La Verde (CAM-10-1) y otras dos correspondientes a horizontes argílicos de un Typic Rhodudalf situado cerca del frente norte de la explotación CANDESA (CAM-11-1 y CAM-11-2).

Imaginando superficies residuales de cantera en las que no se realicen recubrimientos con tierra, es posible esperar que en breve plazo se generen unas características del substrato semejantes a las que ya se dan en algunas canteras abandonadas. Para obtener una idea de lo que ocurre en estas superficies se tomaron también algunas muestras después de la visualización de cortes verticales como los tradicionalmente empleados para la descripción de perfiles de suelos, los cuales fueron realizados hasta dónde fue posible excavar con un pico corriente de obra (a veces pocos centímetros). En la plaza de la cantera Mazaloma se observa, por un lado, un pavimento pedregoso de pocos centímetros de espesor extendido sobre la roca sana, en el que se aprecia una matriz de finos procedentes de la alteración mecánica (representado por la muestra CAM-4-1). Por otro lado, existe una importante superficie de montones o acopios de materiales de arranque, irregulares, formados por bloques, cantos y arenas, sobre los que se da un mayor desarrollo vegetal y se aprecian procesos incipientes de formación de suelos (muestras CAM-02-1, CAM-05-1, CAM-05-2). Para ilustrar algunas de las diferencias que se presentan entre alguno de estos tipos de perfiles de suelos artificiales con alguno natural, se reproducen ejemplos en la tabla 3.2 y en las fotos 3.1 y 3.2. Por último, se tomó una muestra sobre un acopio de arena procedente de trituración y cribado que no llegó a comercializarse (CAM-03-1).

MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM	
		X	Y
CAM-01-1	Hor. A (Dystric Eutrochrept)	427.836	4.808.337
CAM-01-2	Hor. Bw (Dystric Eutrochrept)		
CAM-01-3	Hor. BC (Dystric Eutrochrept)		
CAM-02-1	Pila de arena, gravas y bloques	427.832	4.808.369
CAM-03-1	Acopio de arena	427.928	4.808.339
CAM-04-1	Superficie de plaza de cantera	427.912	4.808.428
CAM-05-1	Pila de arena, gravas y bloques, muestreo a dos profundidades fijas 0-20 y 0-40cm.	427.912	4.808.429
CAM-05-2			
CAM-06-1	Hor. A (Lithic Rendoll)	427.904	4.808.288
CAM-06-2	Hor. C (Lithic Rendoll)		
CAM-07-1	Vaciado para cimentación	428.649	4.806.453
CAM-08-1	Vaciado para cimentación	426.585	4.807.178
CAM-09-1	Banco de cantera ornamental	425.830	4.806.352
CAM-10-1	Hor. A (Lithic Rendoll)	428.526	4.807.997
CAM-11-1	Hor. Bt1 (Typic Rhodudalf)	428.707	4.807.788
CAM-11-2	Hor. Bt2 (Typic Rhodudalf)		

Tabla 1. Descripción y coordenadas de las muestras.

En algunos antiguos bancos de canteras de caliza ornamental de la misma formación se pudieron observar acumulaciones de materiales finos, en espesores variables, que aparecen bien estabilizados por vegetación de musgos y hierbas, aunque a veces se da una colonización arbustiva y arbórea en las proximidades de grietas. En uno de ellos se tomó la muestra CAM-09-1.

Se pensó que una opción posible para incrementar los recursos de tierra con la que poder recubrir superficies finales de cantera es la importación de materiales edáficos desde áreas externas a las explotadas. Esta posibilidad es interesante siempre y cuando no sea interpretada como una justificación para extender las alteraciones de forma indiscriminada, y aun cuando es difícil fijar el volumen de recurso que pudiera estar disponible. En especial, existen posibilidades de obtener tierras en los numerosos

vaciados que se generan por la construcción de viviendas, normalmente en las zonas de aplanamiento kárstico, en las que se intensifica la actividad constructiva. Dado que parece inevitable por el momento frenar el desarrollo urbanístico en la zona, por lo menos parte de lo que pudiera llamarse un subproducto de esta actividad (los vaciados para las cimentaciones) puede convertirse en un recurso valioso para la recuperación de superficies inactivas de cantera.



Figuras 3 y 4. Perfil de un suelo natural (izquierda) y de un suelo en desarrollo sobre materiales fragmentados calizos en la Cantera Mazaloma (Igollo). Pueden observarse grandes diferencias en textura, color, contenido en elementos gruesos, estructura y espesor a simple vista. El contenido en CO_3CA del suelo natural no alcanza el 1% en ningún horizonte, mientras que en el otro se supera el 80% a cualquier profundidad.

Las muestras CAM-07-1 y CAM-08-1 representan a este tipo de materiales de excavación en vaciados para cimentaciones de obra. Se trata de muestras compuestas superficiales tomadas siguiendo las recomendaciones de Smith et al. (2000) para el muestreo de escombreras y se consideran representativas de las características medias de toda la masa de suelo movilizadada por las excavadoras.

PERFIL CAM-01			PERFIL CAM-02		
Clasificación: Dystric Eutrochrept			Clasificación: Typic Udorthent.		
Fecha de la observación: 6 de marzo de 2001			Fecha de la observación: 6 de marzo de 2001.		
Autor: Julio C. Arranz			Autor: Julio C. Arranz		
Localidad más próxima: Igollo.			Localidad más próxima: Igollo.		
Situación: Borde de frente en la cantera Mazaloma.			Situación: Plaza de la cantera Mazaloma.		
Posición fisiográfica: Escarpe.			Posición fisiográfica: Acopio abandonado de material suelto.		
Forma del terreno: Suavemente inclinado.			Forma del terreno: Alomado.		
Pendiente: Ondulado.			Pendiente: Moderadamente escarpado.		
Vegetación o uso del suelo: <i>Cortaderia selloana</i> .			Vegetación o uso del suelo: Herbácea muy dispersa.		
Material de origen: Calizas urgonianas			Material de origen: Gravas bloques y arenas procedentes del arranque de roca caliza.		
Drenaje: Moderado			Drenaje: Bueno		
Pedregosidad superficial: Ninguna. Clase 0.			Pedregosidad superficial: Abundante. Clase 4.		
Afloramientos: No			Afloramientos: No		
Erosión: Laminar intensa.			Erosión: No.		
Estado hídrico: Húmedo.			Estado hídrico: Húmedo.		
Hor.	Prof.(cm)	Descripción	Hor.	Prof. (cm)	Descripción
A	0-53	7'5 YR 8/6 (amarillo rojizo en húmedo); Fr-Ac-Ar; bloques subangulares medios a gruesos, débil, a suelta; friable (húmedo); adherente, plástico; sin fragmentos gruesos; frecuentes poros, intersticiales; abundantes raíces finas y muy finas, alguna media; neutro; límite ondulado gradual.	A	0-17	10 YR 5/3 (pardo en húmedo); Fr-Ac-Ar; de bloques subangulares medios a gruesos, débil, a suelta; friable (húmedo); no adherente, no plástico; muy abundantes cantos y gravas calizas; algunas manchas irregulares, pequeñas y medianas de color 7'5 Y 6/8 (amarillo rojizo en húmedo); muy abundantes poros, intersticiales; frecuentes raíces finas y muy finas; muy fuertemente alcalino; límite brusco.
Bw	53-117	10 YR 5/6 (pardo amarillento en húmedo); Fr-Ar; de granular fina a masiva; friable (húmedo); ligeramente adherente, plástico; muy pocos fragmentos gruesos pequeños, esquirlas calizas; pocos poros, intersticiales; frecuentes raíces finas y muy finas, alguna gruesa; ligeramente alcalino; límite ondulado difuso.		17-32	Gran bloque que secciona todo el corte, aunque no se continúa en paredes laterales de la calicata. Parte superior del mismo algo arenizada
BC	117-150+	10 YR 6/8 (amarillo pardusco en húmedo); Fr-Ar; masivo; friable (húmedo); no adherente, ligeramente plástico; abundantes manchas medianas y alguna grande, irregulares, de color 10 YR 8/6 (amarillo en húmedo); muy pocos fragmentos gruesos pequeños, esquirlas calizas; pocos poros, intersticiales; pocas raíces finas y muy finas; neutro.	C	32-85	10 YR 6/4 (pardo amarillento claro en húmedo);Fr-Ac-Ar; suelta; ligeramente duro friable (húmedo); no adherente, no plástico; muy abundantes cantos y gravas calizas; abundantes poros, intersticiales; alguna raíz fina y muy fina.

Tabla 2. Descripción de un perfil de suelo natural y un perfil de suelo artificial que se está desarrollando sobre una apilamiento de estériles de cantera en la explotación Mazaloma.

Los parámetros analizados en todas las muestras fueron: análisis granulométrico (tamizado en seco y método de sedimentación (UNE 103102), y elementos gruesos, contenido en materia orgánica (porcentaje de materia orgánica fácilmente oxidable), pH (en agua 1:2.5 y en CLK 1:2.5), capacidad de intercambio catiónico, bases de cambio, contenido en carbonato cálcico y prueba previa de salinidad (MAPA, 1994).

4. Resultados

En las tablas 3 y 4 se describen los tipos de muestras y se exponen los resultados analíticos.

MUESTRA	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	E.G. (%)
CAM-01-1	46'9	28'6	24'5	Fr-Ac-Ar	0'62
CAM-01-2	68'2	16'7	15'1	Fr-Ar	0'12
CAM-01-3	63'4	17'8	18'8	Fr-Ar	0'60
CAM-02-1	71'4	23'3	5'3	Fr-Ar	41'79
CAM-03-1	90'9	4'9	4'2	Ar	25'44
CAM-04-1	72'5	18'8	8'7	Fr-Ar	63'91
CAM-05-1	61'2	29'1	9'7	Fr-Ar	24'80
CAM-05-2	53'3	35'2	11'5	Fr-Ar	18'62
CAM-06-1	68'3	23'8	7'9	Fr-Ar	60'53
CAM-06-2	43'7	42'4	13'9	Fr	10'43
CAM-07-1	54'0	35'3	10'7	Fr-Ar	2'72
CAM-08-1	51'1	37'5	11'4	Fr	8'42
CAM-09-1	65'3	27'1	7'6	Fr-Ar	3'89
CAM-10-1	65'0	28'0	7'0	Fr-Ar	10'62
CAM-11-1	52'4	22'7	24'9	Fr-Ac-Ar	3'87
CAM-11-2	53'9	23'4	19'1	Fr-Ar	2'04

Tabla 3. Descripción de las muestras y resultados de los parámetros físicos.

Puede verse que el contenido en elementos gruesos es muy elevado (superior al 60%) en el horizonte superficial de un suelo calificado como Lithic Rendoll, situado en las inmediaciones de las viejas instalaciones de la cantera Mazaloma.

El contenido en fragmentos rocosos es también bastante elevado en todas las muestras tomadas en zonas alteradas, a excepción de la muestra CAM-09-1. Esto se debe a que la mayoría son situaciones en las que el material de origen ha sido fragmentado por las labores de explotación, salvo en el caso del banco de la cantera ornamental, en el que sobre una superficie originalmente horizontal, limpia y tallada en roca, se han ido depositando materiales finos, procedentes seguramente de las grietas rellenas con residuos de la descalcificación situadas en bancos superiores y de la coronación del frente. Salvo en las superficies en las que se sitúan los amontonamientos de materiales fragmentados, el espesor de *suelo* útil es muy limitante para el desarrollo vegetal.

MUESTRA	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	% CO ₃ CA	M.O. (%) (oxid.)	C.I.C. (cmol(+)/kg)	Saturación de bases (%)	C.E. dS/m
CAM-01-1	7'28	6'63	0'15	1'032	9'04	84	0'10
CAM-01-2	7'58	6'76	0'39	0'556	6'52	96	0'08
CAM-01-3	6'90	6'55	0'08	0'418	5'04	93	0'06
CAM-02-1	9'12	8'48	66'15	0'749	4'87	10	0'16
CAM-03-1	8'96	8'73	90'55	0'990	0'62	100	0'16
CAM-04-1	8'41	8'30	42'17	1'760	2'74	47	0'17
CAM-05-1	8'77	8'65	89'01	1'162	2'61	11	0'12
CAM-05-2	8'89	8'81	87'70	0'824	2'70	9	0'16
CAM-06-1	7'91	7'63	5'57	7'915	33'43	88	0'39
CAM-06-2	8'02	7'33	2'12	1'086	22'35	64	0'17
CAM-07-1	6'71	6'55	0'46	4'417	19'48	92	0'03
CAM-08-1	6'76	6'28	0'23	3'204	15'52	49	0'23
CAM-09-1	8'22	7'86	14'13	1'720	8'00	11	0'19
CAM-10-1	6'76	6'40	1'32	1'320	38'78	77	0'38
CAM-11-1	6'73	6'15	0'48	1'700	19'82	90	0'20
CAM-11-2	6'47	5'77	0'46	1'020	20'17	83	0'25

Tabla 4. Resultados de los parámetros químicos.

Las texturas de los materiales recogidos en superficies alteradas son siempre Franco-arenosas, salvo la de la muestra denominada CAM-05-1, que es netamente arenosa. A excepción de la muestra tomada en el acopio de arena, todas las demás tienen importantes cantidades de limo. Con respecto a los suelos que poseen un mayor grado

de evolución, las muestras obtenidas en superficies alteradas por la explotación minera son menos arcillosas en general, aunque llama la atención el relativamente elevado contenido en arcilla del perfil CAM-05. Este perfil, correspondiente a un acopio bastante revegetado, denota una ligera evolución en profundidad por el mayor contenido de limo y arcilla en el horizonte situado entre 20 y 40 cm de profundidad con respecto al superficial. Presenta igualmente un color 2'5 YR (débilmente rojo en húmedo) que contrasta con los de las demás muestras tomadas en superficies alteradas, los cuales son más pardos o pardo amarillentos (de matiz 10 YR en general).

Como era de esperar, sólo en la muestra correspondiente al suelo natural más influenciado por el material de origen, debido a su delgadez y la presencia de abundantes elementos gruesos en la matriz (CAM-06), se alcanzan valores de pH moderadamente alcalinos. En el resto, a pesar del material de origen, los pH_s son generalmente neutros o ligeramente ácidos por efecto del intenso lavado, que además condiciona los bajos contenidos en caliza activa de todos ellos (menos de 1% en todas las muestras de suelos más evolucionados). Sin embargo, todas las muestras procedentes de superficies alteradas por la actividad minera son fuertemente alcalinas o, incluso, muy fuertemente alcalina en algún caso. Los contenidos en caliza activa son muy elevados: hasta 90% en el caso del acopio de material calizo seleccionado, como es lógico. Esto supone una trascendental modificación del quimismo de la superficie del suelo en toda el área implicada con respecto al entorno natural, que podría seguir siendo significativa incluso después de efectuar hipotéticos recubrimientos con tierra si los espesores aportados fueran pequeños.

Los contenidos en materia orgánica de los horizontes superficiales de los suelos naturales son elevados, salvo en los perfiles truncados CAM-01 y CAM-11. El caso de CAM-10 es extraño, dada la apariencia del material (color 10 YR 2/2 en húmedo y textura grumosa) y la elevada capacidad de intercambio catiónico, lo que induce a pensar en un error analítico. Los niveles de materia orgánica en los materiales procedentes de áreas alteradas son relativamente altos para el nivel de colonización vegetal que se pudo observar.

La capacidad de intercambio catiónico es buena y la saturación de bases es elevada en general en los suelos naturales, salvo en el perfil CAM-01. Este último perfil es el de peores características químicas y de mayor espesor. En general, el arranque de los suelos y la mezcla que puede suponer el tratamiento conjunto de las tierras supondría una disminución de la capacidad productiva por incremento del volumen obtenido de horizontes inferiores lavados y exentos de aportes orgánicos superficiales, lo que haría aconsejable enriquecer estas tierras con enmiendas orgánicas. La capacidad de

intercambio catiónico es muy inferior en las muestras tomadas en terrenos alterados por la explotación minera, siendo la saturación de bases extrañamente baja en la mayoría de ellos.

La medida de la conductividad eléctrica permite calificar a todas las muestras como no salinas, a excepción de CAM-06-1 y CAM-10-1 que son ligeramente salinas. Debido al ambiente climático, se puede afirmar que no existirán nunca problemas derivados de la concentración de sales.

5. Resumen y conclusiones

Los datos obtenidos de caracterización edafológica, unidos al conocimiento de las características morfológicas de las explotaciones, de la climatología, de la vegetación natural, junto a las observaciones sobre envejecimiento de la roca en frentes de cantera y sobre colonización espontánea, han permitido proponer recomendaciones sobre rehabilitación y el diseño de secuencias de actuación que podrán servir de guía a la futura restauración de los espacios alterados en Camargo (IGME, 2002), puesto que todavía hoy no se han realizado labores en este sentido.

Se ha comprobado que las áreas afectadas por la explotación de roca caliza para la fabricación de áridos quedan como superficies en las que aflora la roca prácticamente sana en frentes y bancos de trabajo o, como mucho, recubiertas de capas de material mineral fragmentado o pulverizado por el paso de la maquinaria sobre la base rocosa de las plazas de canteras y bermas. Esporádicamente —o intencionadamente— se producirán acumulaciones mayores de materiales fragmentados que proporcionarán un mayor espesor útil para el establecimiento de vegetación, lo que puede favorecer una evolución más rápida en climas donde la humedad no es un impedimento —como es el caso de Camargo en Cantabria—. Se ha visto que las características de estos materiales, independientemente del espesor en el que se presenten sobre la roca sana, poseerán un elevado contenido en elementos gruesos, una baja CIC, ausencia de estructura y un contenido en materia orgánica inicialmente bajo. Se ha observado también que los contenidos en caliza activa pueden ser muy elevados y los pH_s fuertemente alcalinos, lo que supone una trascendental modificación del quimismo de la superficie del suelo en toda el área implicada con respecto al entorno natural. No es posible saber cuanto tiempo será necesario para que el lavado asociado a las altas precipitaciones equilibre las condiciones con las propias de los suelos naturales. Por ello, en general, las áreas que no puedan ser suficientemente recubiertas de tierras obtenidas en labores de desmonte o importadas deberán recibir aportes importantes de materia orgánica, o ligeros aportes de tierras a modo de material enmendante e inoculante. Las primeras fases de vegetación

introducida tendrán que ser calcícolas o indiferentes a la presencia de caliza activa y mejorantes del medio. En fases posteriores la selección de especies habrá de inspirarse en la vegetación propia de los resaltes calizos presentes en la zona, como por ejemplo la encina y algunas de las especies que la acompañan (*Laurus nobilis*, *Arbutus unedo*, *Ruscus aculeatus*, *Smilax aspera*, *Rhamnus alaternus*, *Genista occidentalis*, *Cytisus cantabricus*, *Ulex europaeus*), entre otras.

Por otro lado, aún siendo evidente que la roca excavada y que quedará expuesta a la intemperie, una vez finalizada la explotación de una cantera, es un medio inhóspito para la vegetación, se observa una rápida colonización vegetal en aquellos puntos en los que la intemperización se ve acelerada por el diaclasado o en aquellos otros en los que, por cualquier razón, ha quedado en superficie una capa de material suelto. Por ello, en las áreas donde más interese promover la introducción de vegetación, el aporte de tierras o cualquier clase de materiales edáficos obtenidos en labores de desmonte o importados, y después conservados, es posiblemente la medida más importante a tomar en el proceso de restauración. Ciertos autores (Coppin & Bradshaw, 1982) estiman que sobre roca dura es necesario aportar entre 0,5 y 1 m de espesor de suelo para poder obtener un crecimiento de la vegetación razonable, mientras que sobre rocas blandas o rocas disgregadas bastaría con 10 ó 15 cm. Estos valores pueden ser orientativos para las zonas sobre las que se considere prioritario establecer una rápida y densa cubierta. En términos generales, la tierra que pudiera obtenerse deberá destinarse a los lugares donde las dificultades para el establecimiento de vegetación o las necesidades de integración paisajística sean mayores. En algún momento se deberá tomar la decisión de dónde debe ser destinada la tierra que pudiera estar disponible. En principio, parece razonable dar preferencia a los frentes, por sus mayores dificultades y el elevado impacto paisajístico que generan, dejando algunas de las superficies llanas (plataformas o fondos de cantera) sin cubrir.

Para minimizar los daños durante el arranque de los suelos, lo deseable es que se realicen las labores en épocas secas. Aunque esto es relativamente difícil en esta zona, esta premisa puede incluirse entre los criterios que hayan de ser considerados para la planificación de las operaciones y reservar la retirada para los meses de julio y agosto. Las labores de extendido deberán hacerse un corto espacio de tiempo antes de las épocas favorables para la implantación de la vegetación. Con respecto al manejo de la tierra vegetal que pueda ser retirada en futuras áreas a afectar se recomienda lo siguiente:

- Será aconsejable la realización de estudios previos para reconocer los volúmenes que pueden obtenerse en las zonas en las que vayan a ser retirados. Esta información permitirá la planificación del arranque, mantenimiento y reinstalación.
- En general, no parece recomendable intentar separar los horizontes superficiales más ricos en materia orgánica de los profundos, por razones de operatividad. La presencia de piedras incluidas en la matriz, o de fragmentos arrancados de los afloramientos rocosos durante la retirada del suelo, no ha de tener incidencia negativa considerando el futuro aprovechamiento del terreno y el efecto favorable de los elementos gruesos durante el tiempo que dure el almacenamiento mejorando la permeabilidad.
- No se deben superar en los acopios alturas de 1,5 m para minimizar la destrucción de la estructura y el deterioro biológico.
- Se deben planificar las diferentes labores de modo que los acopios de tierra vegetal permanezcan como tales el mínimo de tiempo posible.

Los datos obtenidos corroboran que, desde que el momento en que finaliza la explotación minera y en ausencia de prácticas de restauración, sobre las superficies afectadas por la explotación comienzan a actuar los factores de formación de suelos. En un plazo relativamente corto es posible alcanzar situaciones semejantes a las que aquí se han descrito, las cuales —y esto no debe perderse de vista—, sin ser excesivamente desfavorables para el establecimiento de vegetación difieren de las que pueden estar presentes cuando se considera la cobertura de suelos del entorno inmediato. Cuando se emplean materiales procedentes de suelos nativos para recubrir superficies de cantera, el nuevo suelo conservará una impronta marcada por la herencia edafogenética acumulada en dichos materiales, pero no será el mismo. Difícilmente conservará un perfil idéntico al que tenía antes y, casi con toda seguridad, su posición, su espesor y las capas más profundas serán diferentes. Empezará para él un nuevo ciclo de desarrollo que tal vez lo convierta en un suelo maduro semejante a los que le rodean en el entorno inalterado, o tal vez no.

Como conclusión final, es oportuno confirmar lo expresado por Hargis & Redente (1984): el interés que puede tener anticiparse a las situaciones futuras mediante la adquisición de datos como los aquí presentados —al margen del estrictamente científico—, estriba en que los conocimientos que se adquieren sirven claramente, mediante

retroalimentación de la información, a mejorar la toma de decisiones durante las primeras fases de restauración, permitiendo realizar mejores pronósticos sobre la viabilidad de las diferentes opciones sobre el terreno, y planificar técnicas de manejo más refinadas.

6. Bibliografía

ARRANZ GONZÁLEZ, J. C. (1997). *Posibilidades de rehabilitación paisajística de zonas mineras en la zona atlántica*, en: Asociación Española de Ingeniería del Paisaje (ed.). *Libro de ponencias del II Congreso Nacional de Ingeniería del Paisaje*. (1997: 147-154).

COPPIN, N.J. and BRADSHAW, A. D. (1982). *Quarry Reclamation*. Mining Journal Books. 112 p.

HARGIS, N. E. and REDENTE, E. F. (1984). *Soil handling for surface mine reclamation*. In *Journal of Soil and Water Conservation*, 39(5): 300-305.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (2002). *Ordenación minero-ambiental de la explotación de áridos de Camargo (Cantabria)*. Informe inédito. Servicio de Documentación del IGME. Madrid. 4 tomos.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1994). *Métodos oficiales de Análisis, Tomo III*. Dirección General de Política Alimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 662 p.

Mc RAE, S. G. (1983). *The soil scientist's contribution to quarry design and reclamation*, en: *Conference Proceedings Reclamation 83. International Sand Reclamation Conference and Exhibition*, Grays, Essex. (1983: 29-34).

SÁNCHEZ MARTÍNEZ, C. y VALDEOLIVAS BARTOLOMÉ, G. (1995). *Guía de la fauna y flora de un municipio cantábrico: Camargo*. Elabra Ediciones-Ayuntamiento de Camargo. 283 p.

SMITH, K. S., RAMSEY, C. A. and HAGEMAN, P. L. (2000). *Sampling Strategy for the Rapid Screening of Mine-Waste Dumps on Abandoned Mine Lands*, en *Proceedings from the Fifth International Conference on Acid Rock Drainage*. Denver, Colorado, May 21-24, 2000. Society for Mining Metallurgy and Exploration, Inc., V.II. (2000: 1453-1461).

TANDY, C. (1979). *Industria y paisaje*. Instituto de Estudios de la Administración Local. 386 p.

SOIL SURVEY STAFF. (1995). *Claves para la Taxonomía de Suelos, versión de 1994*. Traducción de: C. A. Ortiz Solorio, M^a del Carmen Gutiérrez Castorena y J. L. García Rodríguez. Primera Edición en Español. 1995. Publicación Especial 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo, México. 306 p.

WADE, G. and CHAMBERS, J. (1992). *Introduction*, en Chambers, J. and Wade, G. (eds.). *Evaluating Reclamation Success: the Ecological Consideration*. General Technical Report NE-164, Radnor, PA. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North-eastern Forest Experiment Station. (1992: 1-2).