ZUBÍA

REVISTA DE CIENCIAS

29

ier
Instituto de Estudios Riojanos

ZUBÍA
REVISTA DE CIENCIAS.
Nº 29 (2011). Logroño (España).
P. 1-154, ISSN: 0213-4306

DIRECTORA
Purificación Ruiz Flaño

CONSEJO DE REDACCIÓN
Luis Español González
Rafael Francia Verde
Juana Hernández Hernández
Luis Miguel Medrano Moreno
Enrique Requeta Loza
Rafael Tomás Las Heras

CONSEJO CIENTÍFICO
José Antonio Arizaleta Urarte
(Instituto de Estudios Riojanos)
José Arnáez Vadillo
(Universidad de La Rioja)
Susana Caro Calatayud
(Fundación Patrimonio Paleontológico de Enciso)
Eduardo Fernández Garbayo
(Universidad de La Rioja)
Rosario García Gómez
(Universidad de La Rioja)
José Mª García Ruiz
(Instituto Pirenaico de Ecología)
Javier Guallar Otazua
(Universidad de La Rioja)
Teodoro Lasanta Martínez
(Instituto Pirenaico de Ecología)
Joaquín Lasierra Cirujeda
(Hospital San Pedro, Logroño)
Luis Lopo Carramiñana
(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)
Fernando Martínez de Toda
(Universidad de La Rioja)
Juan Pablo Martínez Rica
(Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC)
José Luis Nieto Amado
(Universidad de Zaragoza)
José Luis Peña Monné
(Universidad de Zaragoza)
Félix Pérez-Lorente
(Universidad de La Rioja)
Eduardo Viladés Juan
(Complejo Hospitalario San Millán-San Pedro de Logroño)
Carlos Zaldívar Ezquerro
(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN
Instituto de Estudios Riojanos
C/ Portales, 2
26071 Logroño
publicaciones.ier@larioja.org

Suscripción anual España (1 número y monográfico): 15 €
Suscripción anual extranjero (1 número y monográfico): 20 €
Número suelto: 9 €
Número monográfico: 9 €

INSTITUTO DE ESTUDIOS RIOJANOS

ZUBIA

REVISTA DE CIENCIAS

Núm. 29

Gobierno de La Rioja
Instituto de Estudios Riojanos
LOGROÑO
2011

Zubía –N. 3 (1985)– . –Logroño : Instituto de Estudios Riojanos, 1985-v.; il.; 24 cm. Anual
D.L. Lo 56-1986
Es suplemento de esta publicación : Zubía. Monográfico, ISSN 0213-4306
Es continuación de : Berceo. Ciencias
ISSN 0213-4306 = Zubía
5/6

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse ni transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los titulares del copyright.

© Logroño 2011
Instituto de Estudios Riojanos
C/ Portales, 2
26001-Logroño, La Rioja (España)

© Diseño de cubierta e interior: ICE Comunicación

© Imagen de la cubierta: Bosque en el valle del Najerilla
(Fotografía de David Lasanta Santolaya)

Imprime: INO Reproducciones, S.A.

ISSN 0213-4306
Depósito Legal LO-56-1986

Impreso en España - Printed in Spain

A Jesús Palacios Remondo
In memoriam

ÍNDICE

RUBÉN LADRERA FERNÁNDEZ, ALFREDO RUEDA DIEZ
Estudio del estado ecológico del río Najerilla (La Rioja)
A study on the ecological status of river Najerilla (La Rioja) 9-30

MARÍA MELERO RUBIO, FÉLIX PÉREZ-LORENTE
Huellas en las obras. Reconocimiento y estudio de huellas fósiles de dinosaurio en las obras de la presa de Enciso (La Rioja. España)
Footprints in the public works. Recognition and study of dinosaur footprints in the works of Enciso's dam (La Rioja. Spain) 31-60

IGNACIO DÍAZ-MARTÍNEZ
Generalidades sobre las icnitas ornitópodas de La Rioja (Cuenca de Cameros, España)
Generalities of the ornithopod footprints from La Rioja (Cameros Basin, Spain) 61-84

TOMÁS SANZ, MARCELIANO LAGO, ANDRÉS GIL, ANDRÉS POCOVÍ, TERESA UBIDE, CARLOS GALÉ
Peculiaridades de los afloramientos basálticos del frente Norte de la Sierra de Cameros (La Rioja), dentro del magmatismo alcalino triásico del Rift Ibérico
New contributions to the basaltic outcrops study from the north of the Sierra de Cameros (La Rioja, Spain), included in the upper-triassic alkaline iberian magmatism 85-116

JUAN CARLOS GUERRA VELASCO
La memoria general de repoblación forestal del distrito de Logroño y el primer croquis dasográfico de La Rioja
The general report on the reforestation of the district of Logroño (Spain) and the first forest sketch of La Rioja (Spain) 117-132

SERGIO IBÁÑEZ PASCUAL, JOSÉ LUIS PÉREZ SOTÉS, FERNANDO PEREGRINA ALONSO, ENRIQUE GARCÍA-ESCUDERO DOMÍNGUEZ
La cubierta vegetal como sistema alternativo de mantenimiento de los suelos de viñedo en la D.O.ca. Rioja
Cover crops as alternative soil management system in D.O.ca. Rioja vineyards 133-148

Zubía 29 85-116 Logroño 2011

PECULIARIDADES DE LOS AFLORAMIENTOS BASÁLTICOS DEL FRENTE NORTE DE LA SIERRA DE CAMEROS (LA RIOJA), DENTRO DEL MAGMATISMO ALCALINO TRIÁSICO DEL RIFT IBÉRICO

TOMÁS SANZ[1]
MARCELIANO LAGO[1]
ANDRÉS GIL[1]
ANDRÉS POCOVÍ[1]
TERESA UBIDE[1]
CARLOS GALÉ[1]

RESUMEN

El estudio detallado de los afloramientos de rocas basálticas del frente N de la Sierra de Cameros, ha permitido confirmar su correspondencia con los ubicados más al SE (Sierra del Moncayo). Su homogeneidad petrológica-mineralógica y geoquímica apoya la existencia de un magmatismo único y coetáneo para el área comprendida entre las localidades de Villarroya (La Rioja) hasta Arándiga (Zaragoza). En conjunto, todos los afloramientos formarían parte del Magmatismo alcalino del Triásico superior, asociado al margen NO del Rift Ibérico.

No obstante, las diferencias estratigráficas observadas sugieren que el territorio actualmente comprendido en la Sierra de Cameros pudo experimentar entonces el emplazamiento, en forma de sills intra-estratificados, de un volumen mayor de fundidos basálticos respecto a las áreas circundantes, y en contexto geológico distinto al sector del Moncayo.

Palabras clave: Cameros, magmatismo alcalino, Noriense, Sills, Rift Ibérico.

The detailed study of the basaltic outcrops from the north of Cameros (La Rioja, Spain), has allowed confirm their correspondence with those located further south-east (Sierra del Moncayo). Petrological, mineralogical and geochemical homogeneity supports the existence of a unique and contemporary

1. Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad de Zaragoza, 50009-Zaragoza. E-mail: *tomassanzserrano@gmail.com*

magmatism for the area between the villages of Villarroya (La Rioja) to Arándiga (Zaragoza). All the outcrops belong to the Upper Triassic alkaline magmatism associated with the Iberian Rift western margin.

However, stratigraphic differences between two considered sectors suggest that the territory now included in the Sierra de Cameros, formed by intra-layered sills, is characterized by a larger volume of basalts compared to surrounding areas, and could be developed in different geological context.

Key words: *Cameros, alkaline magmatism, Norian, Sills, Iberian Rift.*

0. INTRODUCCIÓN

En el extremo noroccidental de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica aparecen un conjunto de afloramientos de rocas basálticas, de afinidad alcalina, que afloran de forma discontinua con orientación actual SE-NO. Dichos afloramientos fueron cartografiados en el Mapa Geológico de España (MAGNA, 1:50.000), a lo largo de dos sectores geográficos (ver fig. 1):

1) el frente norte de la Sierra de Cameros, al oeste (La Rioja, hoja 281: "Cervera del Río Alhama"). Comprende dos núcleos aislados al NO de la localidad de Villarroya, y un conjunto de afloramientos en disposición lineal y casi continua desde el norte de Grávalos (parajes como "Peña redonda" o el "Barranco de Corrales de Herrera, "CORR"), hasta Fitero (encontrando los últimos al sur de la localidad). Los basaltos afloran a lo largo del frente de cabalgamiento septentrional que pone en contacto los materiales jurásicos y cretácicos de las secuencias pre-rift y sin-rift con los materiales terciarios sin-tectónicos de la Cuenca del Ebro (Casas y Gil, 1998).
2) la Sierra del Moncayo, al este (ubicado entre las provincias de Soria y Zaragoza), correspondiente a las hojas del MAGNA: "Ólvega" (351), "Tabuenca" (352), "Pedrola" (353), "Illueca" (381), "Épila" (382) y "La Almunia" (410). Abarca un conjunto de materiales que afloran entre las localidades de Ólvega (Soria) hasta Morata de Jalón (Zaragoza).

El estudio de este magmatismo se viene desarrollando desde hace más de veinte años (Lago & Pocovi, 1984; Lago *et al.*, 1988a, 1989, 1992 y 1996; Pocovi *et al.*, 1988; Bastida *et al.*, 1986), estando asociado al margen noroccidental de la apertura del Neothetys (Ziegler, 1988; y Stampfli y Mosar, 1998). El régimen geodinámico extensional (Sopeña *et al.*, 1988) sería el responsable de la reactivación, durante el Triásico Superior, del Rift Ibérico (Salas y Casas, 1993), con el consiguiente ascenso de un volumen de manto astenosférico.

Los dos sectores antes mencionados (Cameros y Moncayo) formarían parte de una unidad mayor, que comprende además: 3) Borde S de las Cadenas Costero-Catalanas (Tarragona), 4) Sierra Norte de Mallorca, 5) Alpes franceses (Encrins-Pelvoux), y 6) Pirineos orientales al S de Francia (Corbières). Sus similitudes en la composición química, petrología-mineralogía y edad (pre-hettangiense) permitieron confirmar la presencia de una provincia magmática alcalina común a todos ellos. (Lago *et al.*, 1996).

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | *Zubía*

Fig. 1. Localización de los dos sectores estudiados en el presente trabajo: "C": Frente norte de la Sierra de Cameros (La Rioja), "M": Sierra del Moncayo, entre Soria y Zaragoza.

El objetivo del presente trabajo es completar y detallar la información preexistente sobre los afloramientos basálticos del frente norte de la Sierra de Cameros (La Rioja), comparando los resultados obtenidos con afloramientos estudiados en la Sierra del Moncayo. Se pretende detectar posibles diferencias estratigráficas, petrológicas y/o geoquímicas entre ambos sectores, dentro de la homogeneidad general demostrada en los trabajos antes mencionados.

1. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo se llevó a cabo, en primer lugar, una revisión y re-cartografiado de los afloramientos a partir del Mapa Geológico del España (MAGNA 1:50.000), utilizando para ello software específico de dibujo vectorial (Adobe Illustrator), representado en las figuras 2 y 5.

El trabajo de campo incluyó la visita a todos los afloramientos comprendidos entre las localidades de Villarroya (La Rioja, ver anexos: tabla I) y Arándiga (Zaragoza, tabla II), procediendo a la recogida de más de 50 muestras de roca y al levantamiento de diez columnas estratigráficas para el sector de Cameros (ver fig. 4) y seis para el sector del Moncayo (fig. 6).

El análisis de laboratorio consistió inicialmente en el estudio petrográfico en lámina delgada de las muestras obtenidas, destinado a discriminar las muestras más representativas, para su posterior estudio mineralógico y de geoquímica elemental. Estas láminas fueron realizadas por el Servicio de preparación de rocas y materiales duros (Universidad de Zaragoza) y el Laboratorio de preparación de muestras minerales (Centro de Instrumentación Científica, Universidad de Granada).

Para los análisis de química mineral de los distintos litotipos se realizaron 25 láminas delgado pulidas con metalizado de carbono. El estudio se llevó a cabo mediante microsonda electrónica modelo JEOL-JXA 8900M, de la Universidad Complutense de Madrid, con las condiciones analíticas establecidas (datos en anexos: tablas III y IV).

En la preparación de las muestras para su análisis geoquímico se siguió la metodología estándar para estos casos:

a) reducción del tamaño de las muestras mediante la cortadora con disco de diamante.

b) fragmentación en trituradora de mandíbulas de hierro acerado, previa homogeneización de las mandíbulas.

c) cuarteado de la muestra triturada hasta obtener una fracción de unos 100 gramos.

d) molienda de la fracción resultante en un molino de oscilación con vaso y aros de ágata.

e) tamizado de la muestra con tamiz de luz de malla de 63 m, hasta el paso completo de la muestra. Cada muestra a analizar se cuarteó hasta obtener una fracción de unos 25 g para el análisis geoquímico. Los análisis de elementos mayores y traza se realizaron mediante espectrómetro de masas con fuente de plasma acoplada inductivamente (ICP-MS) en el SARM de Nancy (Francia), correspondiendo 34 análisis al sector de Cameros (ver anexos tabla V) y 15 al sector del Moncayo (Anexos, tabla VI).

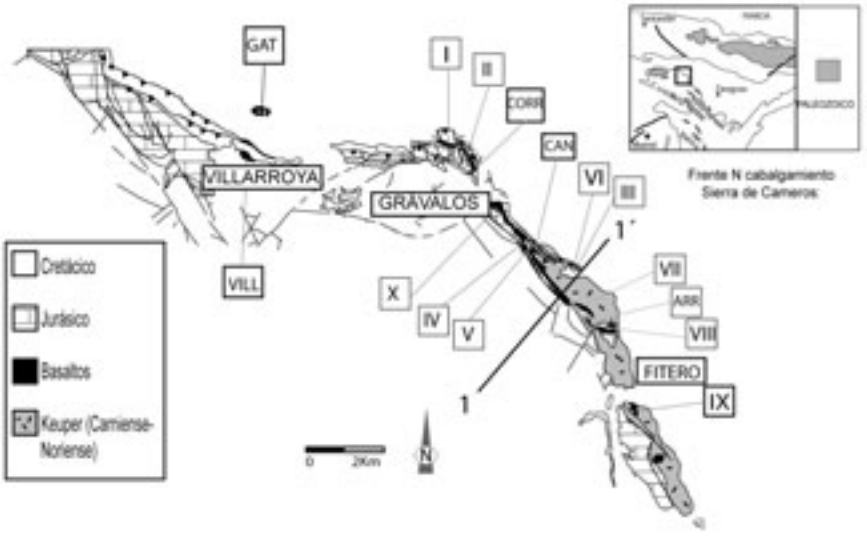


Fig. 2. Cartografía de los afloramientos estudiados en el sector de Cameros, modificado a partir de la hoja 281 del Mapa Geológico de España (MAGNA). Ubicación del corte geológico 1-1'.

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

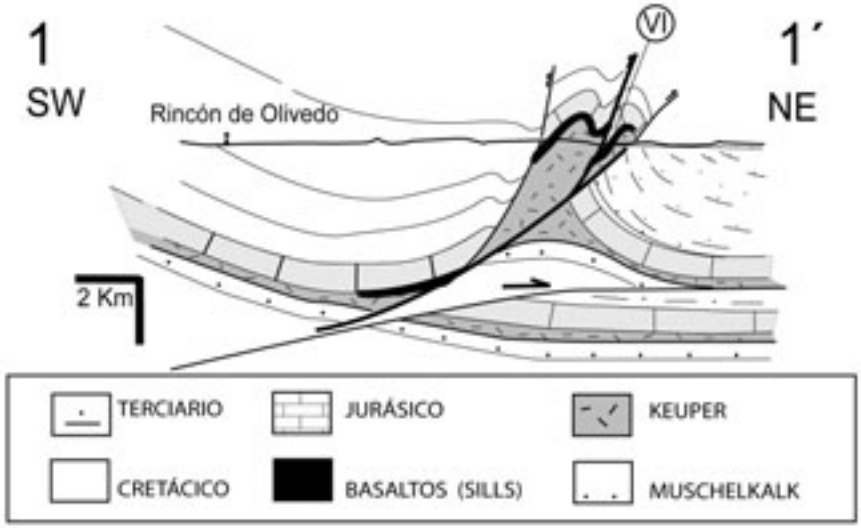


Fig. 3. Corte geológico transversal al frente norte de Cameros, se señalan en negro los afloramientos basálticos. Posición de la columna VI en el perfil.

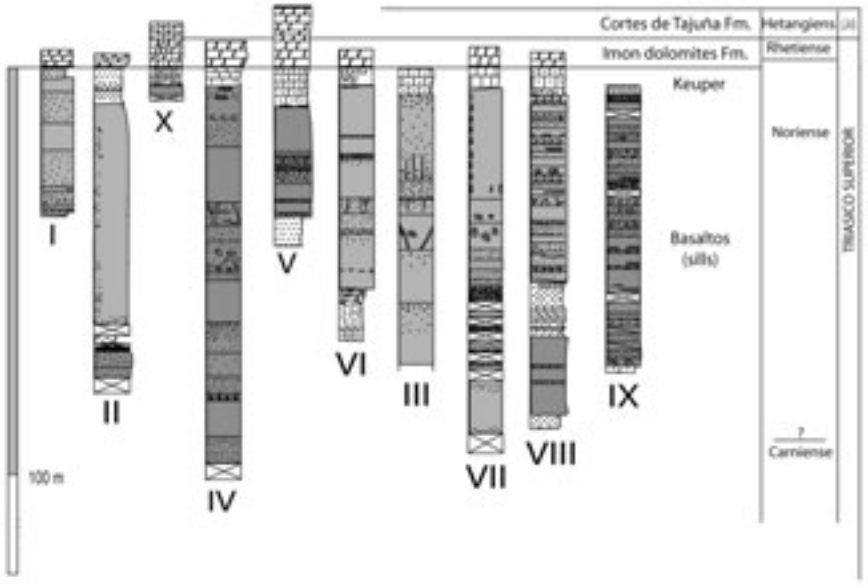


Fig. 4. Columnas estratigráficas levantadas en el sector de Cameros, los niveles basálticos aparecen en gris claro. Se ha utilizado la Dolomía de Imón como nivel de correlación.

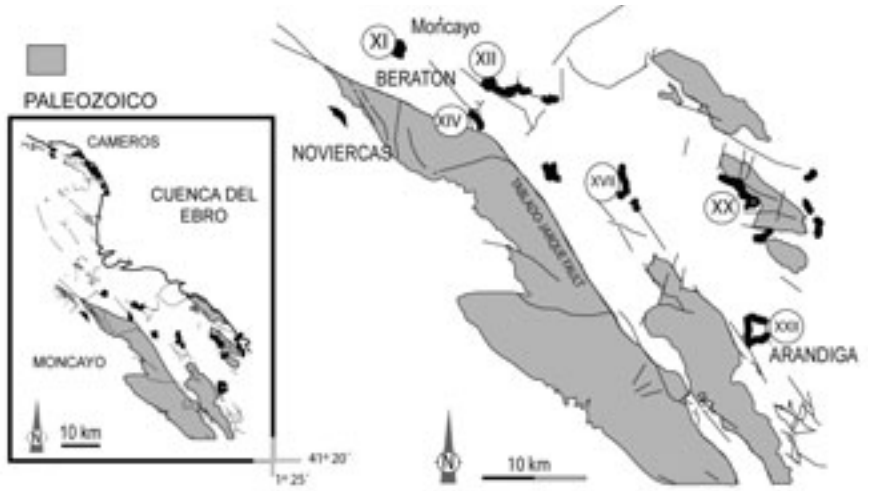


Fig. 5. Mapa de localización de los afloramientos estudiados en el sector del Moncayo, para su comparación con los datos obtenidos para Cameros. Elaborado a partir del MAGNA. Se señala la posición de las columnas estratigráficas levantadas (con números romanos).

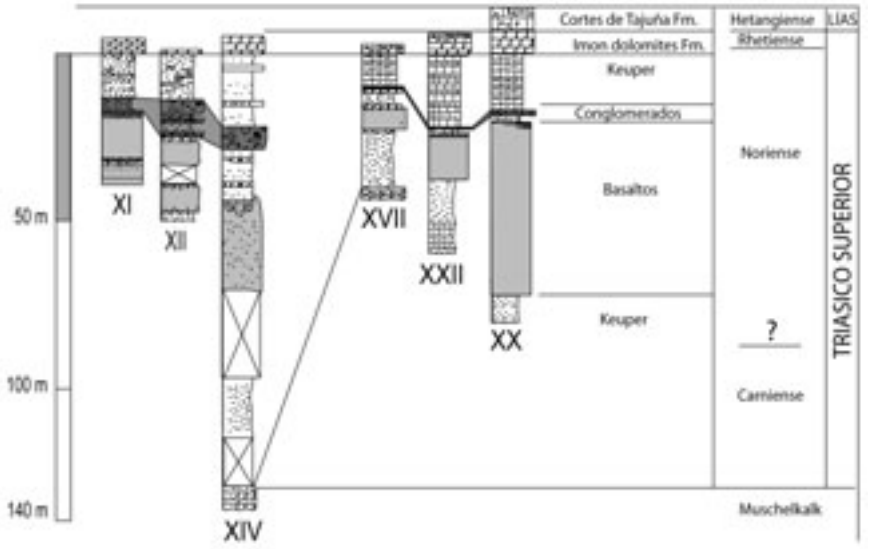


Fig. 6. Columnas estratigráficas levantadas en el sector del Moncayo y referidas en el mapa de la fig. 5. Los niveles basálticos se han representado en gris claro, el nivel de conglomerados en gris oscuro.

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

2. ESTRATIGRAFÍA Y SINGULARIDADES OBSERVADAS

En el extremo noroccidental de la Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica, el tránsito entre el Triásico Superior y el Lías tiene lugar a través de dos unidades estratigráficas principales:

a) Materiales arcilíticos en facies Keuper (correspondiente en este sector a una unidad indiferenciada de edad Carniense-Noriense, Vargas *et al.*, 2009), consta de niveles alternantes de arcilita con margas, limos y arenas, de coloración pardo-rojiza predominante. Entre estos se intercalan, de forma cada vez más frecuente a techo, varios niveles calcáreo-dolomíticos de espesor centimétrico y posible origen fluvio-lacustre.

b) Las Dolomías de la Formación Imón (con edad Rhaetiense, Goy *et al.*, 1976) forman una unidad presente en la práctica totalidad de la estratigrafía regional, apareciendo siempre por encima de las arcilitas antes mencionadas. Constituyen el nivel final del Triásico, Típicamente presenta un aspecto general grisáceo, tableado, con laminación algal, y en ocasiones con superficies ferruginosas visibles. Por lo general forman un límite neto y bien definido con las arcilitas del Noriense, constituyendo un buen nivel guía para la correlación estratigráfica (tal y como se muestra en las figuras 4 y 6).

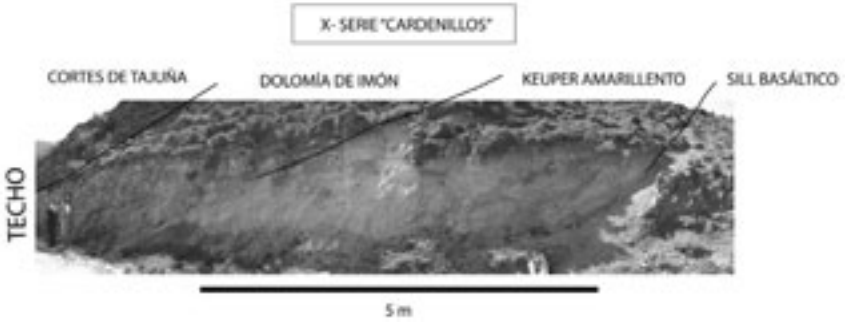


Fig. 7. Afloramiento de "Los Cardenillos" (columna X), en el que se observan las principales unidades litoestratigráficas a techo del sill.

El emplazamiento de los materiales basálticos tiene lugar en forma de sills de espesor variable, homogéneamente ubicados entre los materiales arcilíticos de la facies Keuper, y siempre por debajo de la Formación Imón.

En la Sierra del Moncayo se definió además un nivel sedimentario incluido dentro de las arcilitas anaranjadas de facies Keuper, situado pocos centímetros por encima del techo de los sills y siempre bajo las dolomías de Imón. Este nivel está formado por conglomerados con clastos sub-redondeados de basaltos y presenta espesor variable (5 a 50 cm). A dicho nivel se atribuyó la importancia de constituir el criterio estratigráfico que data el emplazamiento, con edad pre-dolomías de Imón (Lago *et al.*, 1996).

Observando la correlación estratigráfica de los 16 perfiles elaborados en el presente estudio (fig. 4 y 6), comparando ambos sectores, es posible establecer algunas diferencias importantes:

1) En el sector de Cameros destaca la ausencia del nivel sedimentario de conglomerados que fue definido para el Moncayo y utilizado como criterio de edad pre-Rhaetiense del emplazamiento ígneo.

2) Los materiales argilíticos situados sobre los sills y bajo las dolomías de Imón, presentan una potencia media considerablemente inferior en el sector de Cameros (4-10 m) frente al definido en el Moncayo (8-20 m). Esto supone una ubicación estratigráfica de los basaltos más "alta dentro de la serie normal", siendo más cercana a la Formación Imón, frente a los del Moncayo. Además, también en Cameros, estos materiales argilíticos son con frecuencia sustituidos por unidades calcáreo-dolomíticas masivas grises, y niveles carbonatados oquerosos y de coloración amarillenta, con los que puede llegar a interaccionar el material ígneo, en forma de contactos netos (columna "III-La Cantera", fig. 8).

3) La potencia de los sills definidos en el Moncayo (10-50 m para Trasobares y Arándiga, respectivamente) es considerablemente inferior a la encontrada en los materiales basálticos de Cameros (entre un mínimo de 25 m en la columna "I" al norte de Grávalos, y los casi 100 m de la columna "IV", entre Grávalos y Fitero).

4) Un estudio detallado de los sills en Cameros permite distinguir una serie de niveles internos y paralelos entre sí, con diferente coloración, textura, vesicularidad y espesor. Los contactos entre dichos niveles son mayoritariamente graduales, siendo netos únicamente si presentan entre sí niveles calcáreos no asimilados. La presencia de estos sills "intraestratificados" o "multicapa" sería exclusiva de Cameros, a diferencia de los encontrados en el Moncayo (que como mucho presentan uno o dos niveles de facies central, limitados superior e inferiormente por bordes enfriados). Destacan en Cameros sills con más de 15 de estos niveles, como sucede en la columna "II- Barranco de Corrales de Herrera", fig. 9.

Los procesos de interacción magma-sedimento, observados en la Cordillera Ibérica, tienen lugar mediante procesos de interacción plástica (con interdigitaciones o "fingering") y/o asimilación parcial de los materiales encajantes. Las argilitas, más blandas, suelen incorporarse parcialmente en el interior de la masa basáltica, algo que no suele suceder con los niveles carbonatados y dolomíticos, que quedan sin asimilar (ver fig. 9-a).

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

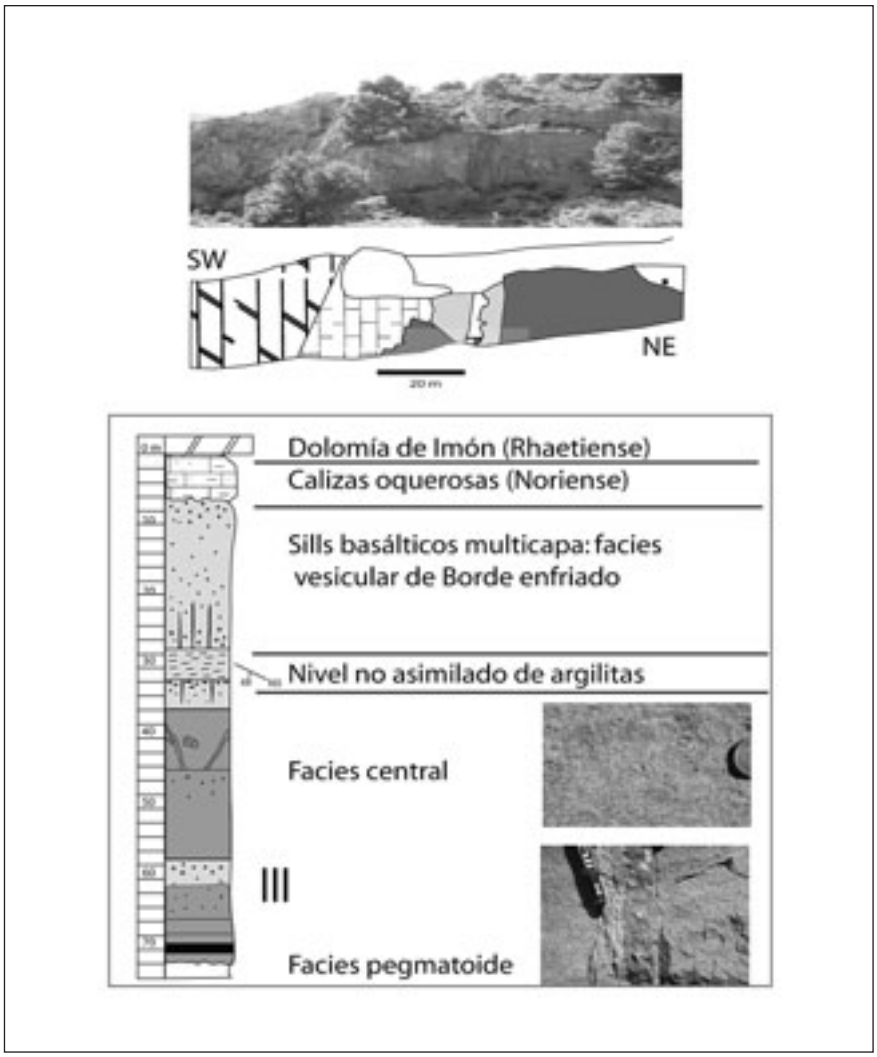


Fig. 8. Croquis de afloramiento y columna estratigráfica "III", correspondiente al paraje "La Cantera", cerca de Grávalos, en el sector de Cameros. En el dibujo se diferencian los niveles correspondientes a las 3 facies características dentro de los sills, también en foto.

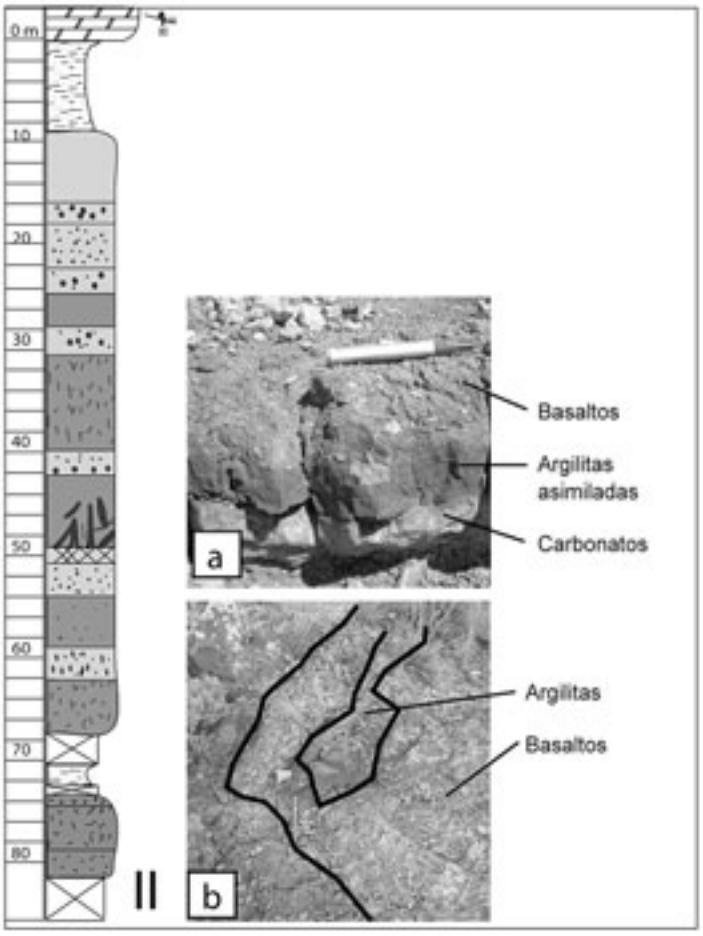


Fig. 9. Columna estratigráfica y fotografías correspondientes a la columna "II" en el paraje "Corrales de Herrera", al norte de Grávalos. Destaca la existencia de múltiples niveles basálticos, así como: a) niveles sedimentarios calcáreos no asimilados por los basaltos; b) procesos de interacción plástica entre los basaltos y las argilitas en la base del sill.

3. CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA

Petrológicamente los basaltos presentan 3 facies características, definidas en Bastida *et al*. (1989) para el sector del Moncayo, en función de sus características mineralógicas y texturales: Borde enfriado, Facies Central y diferenciado pegmatoide.

En el campo, los basaltos tienen un aspecto general grisáceo, con variaciones de tonalidad entre el gris claro de las rocas de grano más fino, y el gris

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

oscuro-púrpura de las vesiculares, las cuales están rellenas de burbujas de coloración rojiza intensa (correspondientes a asimilación incompleta de argilitas), blanco-amarillenta (rellenos de carbonatos y/o cuarzo) y/o verde esmeralda (cloritas y otros minerales secundarios).

Las secuencias de cristalización estudiadas para cada una de las 3 facies al microscopio petrográfico permiten definir las siguientes características generales:

1) *Facies de Borde enfriado o altamente vesicular:* (Asociación mineral: [Olivino]+Plagioclasa+Titano-Magnetita)

   Con mayor interacción con los sedimentos y portadoras de una importante cantidad de volátiles, que forman vesículas de tamaño y forma variable, desde aisladas hasta coalescentes. A veces estas presentan orientación paralela a los contactos con otras capas. La textura de esta facies es a menudo vítrea, aunque en general es porfídica, con fenocristales de ferromagnesianos alterados.

2) *Facies central o de grano fino:* (Asociación mineral: [Olivino] con Titano-augita + Plagioclasas mayoritarias, junto a Ti-Mtt ± Titanita ± Apatito)

   Niveles con textura microdolerítica, equigranular, con piroxenos más frecuentes que en las otras facies, olivino fuertemente alterado, y desarrollo de opacos idiomorfos. Puede presentar vesicularidad, pero suele ser poco abundante y con diámetros reducidos.

3) *Diferenciado pegmatoide:* (Asociación mineral: Olivino accidental, Plagioclasa+Ilmenita ± Titanita ± Ap)

   Presenta textura dolerítica, con buen desarrollo de plagioclasas acompañadas de ilmenita acicular intersertal. Los ferromagnesianos se encuentran muy alterados, y sólo en ocasiones presenta vesículas.

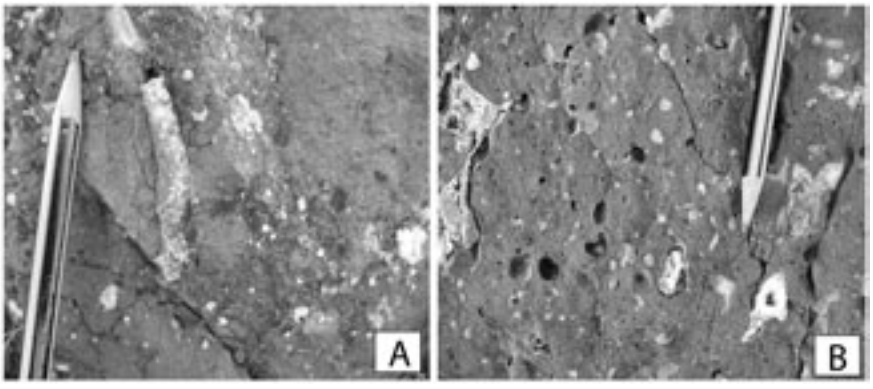


Fig. 10. Facies de borde enfriado, altamente vesicular, a techo de los sills, en el afloramiento "IX", cerca de Fitero. A- detalle de vesícula tubular. B- detalle de vesículas ovaladas y esféricas rellenas de cuarzo y carbonatos, a la izquierda de esta imagen se observan fenómenos de coalescencia o unión de varias vesículas.

Las rocas estudiadas en Cameros presentan % modal de Olivino variable: 3-4 % en los pegmatoides, 7-8 % en bordes enfriados y 15-17% en facies centrales, en apariencia en distribución similar a las encontradas en el sector del Moncayo. No obstante en Cameros (afloramiento "III") destaca la existencia de sectores ricos en Olivino: fenocristales de Olivino con un tamaño medio muy superior y un grado menor de alteración, frente al resto de muestras recogidas en el Moncayo (fig. 11).

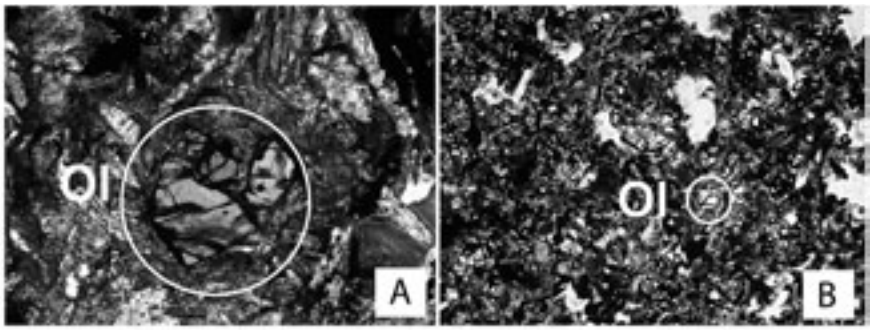


Fig. 11. Imágenes a microscopio petrográfico de dos láminas delgadas obtenidas en este trabajo, ambas correspondientes a facies de borde enfriado: A- asociación glomeroporfídica de olivinos alterados en el centro de la imagen (Muestra 281-1TS1, columna "III" en Cameros, Nicoles cruzados 4x). B- Facies de borde enfriado perteneciente al Moncayo (Noviercas, muestra NOV-1, Nicoles cruzados 4x).

4. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

4.1. Química mineral

Del conjunto de minerales estudiados, son los clinopiroxenos y plagioclasas los que permiten la obtención de datos más valiosos de cara a la interpretación de las rocas estudiadas (ver Tablas III y IV en anexos).

Los análisis de clinopiroxenos, mediante el uso de Microsonda electrónica, muestran un rango composicional de Fs_{49}-Fs_{38}, correspondiendo a Ti-Augitas (0,98-1,6 % TiO_2, dentro del grupo Piroxenos Fe-Ca-Mg o "Quad", fig. 12-izq). La afinidad de estas rocas es alcalina, atendiendo a los resultados obtenidos a partir de la fórmula estructural. Los cristales presentan una cierta zonación normal en su cara más externa, correspondiente con un incremento de Fe^{2+}, y empobrecimiento en Mg^{2+}. Su enriquecimiento final en la relación Fe^{2+}/Fe^{3+} indica condiciones reductoras en su etapa final.

Las plagioclasas (fig. 12-dcha) constituyen cristales no zonados, analizados en facies central del afloramiento "II" de Cameros (muestra 281-1-C9). Su rango composicional es de Anortita: An_{64}-An_{14}, con una marcada pauta de diferenciación alcalina: Labradorita-Oligoclasa.

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | Zubía

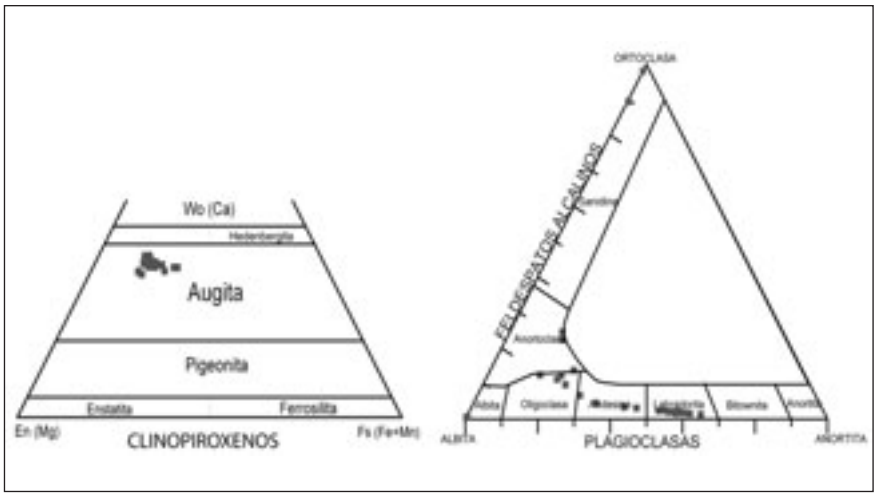


Fig. 12. Representación gráfica de la composición química de cristales de clinopiroxenos (izquierda) y plagioclasas (derecha), pertenecientes a la muestra "281-1-C9", afloramiento "II" al norte de Grávalos. Se observa la existencia de pautas de diferenciación propias de afinidades alcalinas.

4.2. Roca total

En general se trata de rocas que presentan un importante grado de alteración por hidratación e interacción con los sedimentos (proceso de espilitización: Lago *et. al*, 1989) con LOI ("Loss On ignition", pérdida al fuego de contenidos volátiles, considerado como índice de procesos de alteración) entre 3-13 % (datos en anexos, tablas V y VI).

Los diagramas de clasificación de rocas ígneas (fig. 13-b) nos muestran un conjunto de rocas poco diferenciadas (basaltos, con evolución hacia traquiandesitas y traquitas por parte de las facies más diferenciadas o pegmatoides), y con afinidad alcalina (fig. 13-a). En dichos diagramas se observa: a) alta dispersión de datos; b) clara incidencia del tipo de facies en el comportamiento geoquímico de las rocas; y c) la geoquímica común de las rocas de Moncayo y Cameros, siendo este último ligeramente más alcalino.

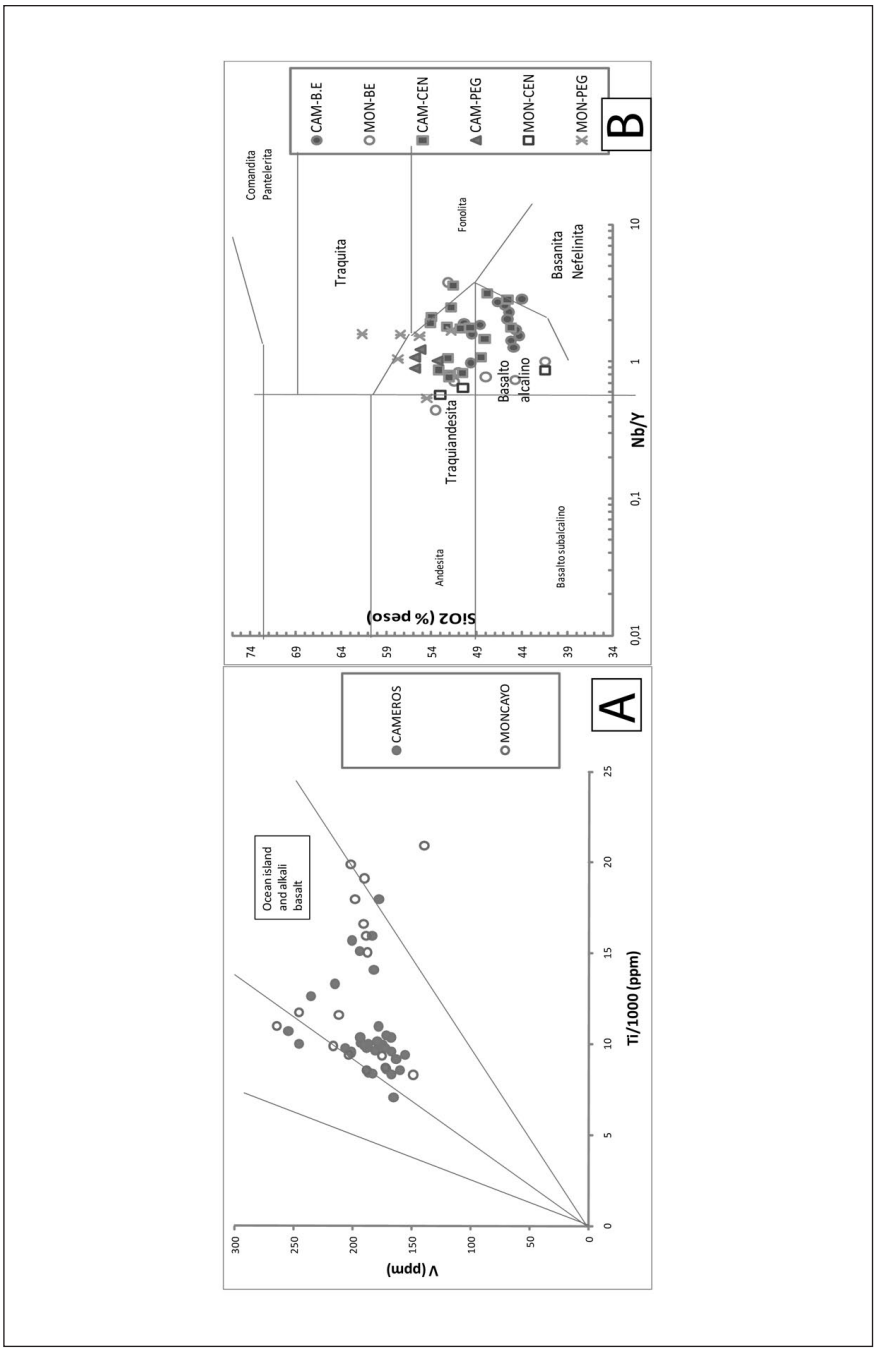


Fig. 13. A- Diagrama de afinidad Ti/1000 vs. V.; B- Diagrama de clasificación de las rocas estudiadas SiO2 vs. Nb/Y. Se diferencian ambos sectores (Cameros y Moncayo) así como las diferentes facies (BE = Bordes enfriados; CEN= centrales; PEG=pegmatoides).

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

4.3. Diagramas multielementales

Se presentan (fig. 14-a y b) los diagramas construidos con los elementos traza normalizados frente a Manto Primitivo (McDonough & Sun, 1995), ordenados según Palme & O´Neill (2008), y por separado para cada sector (Cameros y Moncayo). Se han simbolizado por separado las diferentes facies (círculos: bordes enfriados, y cuadrados: facies centrales. Se han omitido los pegmatoides por su comportamiento especial, más diferenciado).

Las rocas de Cameros y Moncayo mantienen pautas paralelas entre sí. Queda patente, en este sentido, su escasa pendiente de enriquecimiento en incompatibles (carácter menos alcalino, asociado a tasas de fusión algo mayores), y su elevada interacción cortical y/o interacción sedimentaria (asimilación y espilitización), siendo difícil separar ambos procesos. Destacan sus enriquecimientos en Rb, U y K, y su empobrecimiento en Sr y Zr.

4.4. Tierras Raras (REE)

Los diagramas de Tierras Raras (fig. 14-c y d) normalizadas a Manto Primitivo (Mc Donough & Sun, 1995), manifiestan la existencia de comportamientos geoquímicos similares entre Cameros y Moncayo con perfiles alcalinos de escasa pendiente.

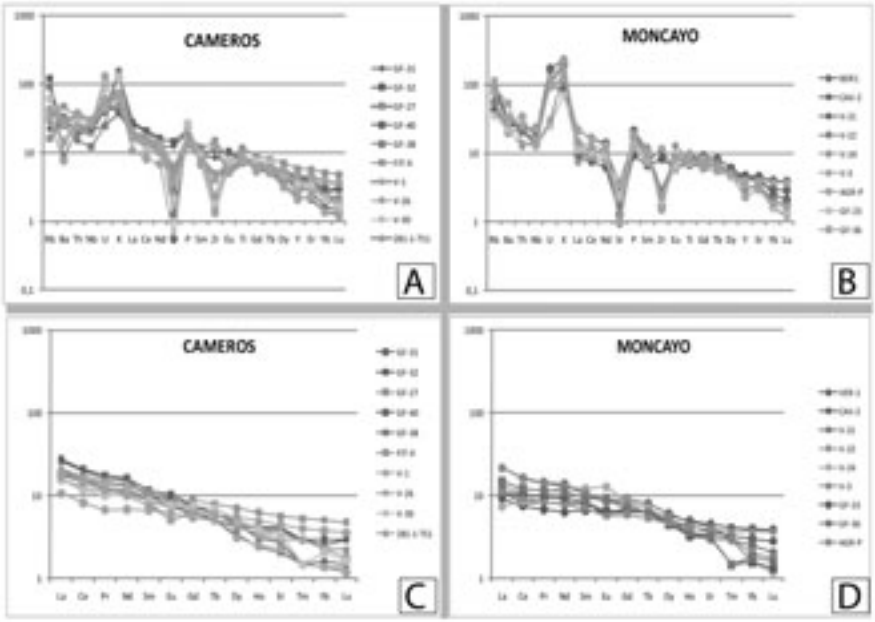


Fig. 14. Diagramas multielementales normalizados a Manto Primitivo, Mc Donough & Sun (1995) para A: Cameros y B: Moncayo. Diagramas de Tierras Raras (REE) para C: Sierra de Cameros y D: Sierra de Moncayo.

5. DISCUSIÓN

El estudio estratigráfico realizado confirma el emplazamiento de todos los materiales estudiados por debajo de las dolomías de la Formación Imón, dentro de paquetes arcillosos del Triásico superior (Carniense-Noriense), en facies Keuper. Esta posición es común a los afloramientos estudiados en la Sierra del Moncayo, e implican una misma edad de emplazamiento.

Se observa una uniformidad petrológica general en el conjunto de afloramientos estudiados en Cameros (desde la localidad de Villarroya hasta Fitero), también similar a la que presentan las rocas del sector del Moncayo. En todos los casos las rocas presentan tres facies características: bordes enfriados, facies centrales y pegmatoides. Dichas facies pueden asociarse a diferentes velocidades de enfriamiento del magma: los bordes enfriados se corresponderían con los volúmenes de emplazamiento más temprano, ricos en volátiles y con gran interacción con el sedimento. Las facies centrales, corresponderían con volúmenes de enfriamiento más lento, protegidos por los bordes enfriados, al emplazarse inmediatamente después. Por último, los volúmenes minoritarios y tardíos, que aprovechan espacios existentes entre las facies anteriores formando niveles centimétricos con contactos netos, formarían las facies pegmatoides, las más diferenciadas.

Los datos de química mineral (basados en clinopiroxenos y plagioclasas) confirman la existencia de pautas de diferenciación propias de la afinidad alcalina, para las rocas estudiadas.

Los datos de roca total comprenden muestras entre basaltos alcalinos y traquiandesitas, y confirman la uniformidad de composición de las rocas estudiadas en Cameros, así como para el margen NO de la Cordillera Ibérica (Moncayo). Las pautas paralelas de elementos trazas reflejan una petrogénesis común para todos los afloramientos ígneos mencionados, constituyendo el Magmatismo alcalino triásico del margen NO del Rift Ibérico.

Desde el punto de vista mineralógico, las asociaciones minerales son también comunes en ambos sectores, estando formadas por: olivino alterado, Ti-augita, plagioclasa, y Ti-magnetita.

Sin embargo, la potencia media del material basáltico, para el sector de Cameros (30-100 m) es muy superior a la de los sills estudiados en el Moncayo (5-52 m) (Sanz et. al, 2011), lo que sugiere un emplazamiento ígneo con volumen creciente en sentido SE-NO, máximo en el sector de Cameros.

El tamaño y % modal de fenocristales de ferromagnesianos decrece en sentido NO-SE, siendo mínimo en el sector del Moncayo y máximo en Cameros. Este hecho podría sugerir un mayor tiempo medio de enfriamiento en el territorio riojano, compatible con la intrusión de un volumen ígneo mayor frente al Moncayo.

Dentro de los sills intra-estratificados, la ausencia de contactos netos y/o asimilación entre los distintos niveles basálticos observados, junto con la homogeneidad petrológica y geoquímica, descartan la existencia de varios pul-

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

sos (con temporalidad distinta) en la génesis de estos cuerpos. El emplazamiento sí podría haber mostrado mayor duración total en Cameros frente al Moncayo, mediante episodios sucesivos o "inyección múltiple" del material basáltico, por un ascenso lento pero continuado del mismo.

Las diferencias observadas en los materiales argilíticos suprayacentes a los sills, y situadas bajo las dolomías de Imón, podrían indicar una historia sedimentaria, posterior al emplazamiento, ligeramente distinta. Las diferencias de espesor pueden explicarse mediante diferentes tasas de erosión/sedimentación, posteriores al emplazamiento. La ausencia del conglomerado basáltico en Cameros, unido a las diferencias volumétricas de los sills, puede suponer la existencia de contextos geodinámicos diferentes para los dos sectores geográficos comparados. Este hecho manifiesta la necesidad de ampliar el presente trabajo concretando aspectos tectónicos y paleogeográficos entre ambos sectores considerados.

ANEXOS

TABLA I.

Localización exacta de los afloramientos estudiados en la Sierra de Cameros

Afloramiento	Paraje	hoja MAGNA	UTM	
			X	Y
I	PEÑA REDONDA	281	584558	4665566
II	CORRALES DE HERRERA	281	585032	4665513
III	BCO. VALDERRAMA	281	589242	4661239
IV	BCO. TORRECILLA	281	587499	4662197
V	BCO. TORRECILLA	281	587533	4661983
VI	LA CABAÑA	281	589147	4661267
VII	BAÑOS DE FITERO	281	589572	4659814
VIII	"HERRADURA"	281	590334	4659078
IX	FITERO	281	591707	4656005
X	CARDENILLOS	281	586505	4663144
VILL	VILLARROYA	281	576728	4665024
GAT	GATUN	281	577392	4666764
CORR	CORRALES DE HERRERA	281	585431	4664913
CAN	PEÑAS DEL CAN	281	587867	4661901
ARR	ARROYO DEL BAÑO	281	589854	4659231
POR	EL PORTILLO	281	584558	4665566

TABLA II.

Localización de los afloramientos de donde se extrajeron las muestras de roca en la Sierra del Moncayo

Afloramiento	Paraje	hoja MAGNA	UTM X	UTM Y
XI	CUEVAS DE AGREDA	351	592583	4624491
XII	HORCAJUELO-BERATÓN	352	602702	4620305
XIII	HORCAJUELO	352	601793	4620363
XIV	BERATÓN-PURUJOSA	352	599129	4618610
XV	PURUJOSA	352	600210	4616910
XVI	PURUJOSA	352	600210	4616910
XVII	TRASOBARES	381	613552	4611412
XVIII	TRASOBARES PUEBLO	381	613564	4611079
XIX	VALDEARCOS	382	624500	4610200
XX	MORTERUELO	382	625800	4609750
XXI	ARANDIGA-Bco. Blanquizares	382	625241	4599695
XXII	ARANDIGA-Bco. de la Iglesia	382	625082	4599543
RO	RODANAS	382	629655	4586436
XXIII	MORATA DE JALÓN	410	629655	4586436
XXIV	NOVIERCAS	351	584334	4620934

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

TABLA III.

Análisis mineral para cristales de plagioclasas contenidas en las rocas estudiadas en la Sierra de Cameros

MUESTRA	281-1-C9				281-1-C9				281-1-C9			
Mineral	Plagioclase 1				Plagioclase 2				Plagioclase 3			
Type	ring	<<	<<	core	ring	<<	<<	core	ring	<<	<<	core
SiO2	56,90	55,03	55,40	53,87	64,13	63,27	64,26	52,76	64,78	61,65	62,55	63,05
TiO2	0,18	0,11	0,12	0,10	0,16	0,16	0,15	0,07	0,07	0,19	0,14	0,11
Al2O3	26,85	27,55	27,92	28,84	21,40	23,24	21,71	29,90	21,59	23,13	23,67	22,55
Cr2O3	0,04	0,05	0,02	0,03	0,06	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,05	0,04
MgO	0,07	0,12	0,09	0,10	0,54	0,05	0,04	0,15	0,22	0,23	0,04	0,05
FeOt	0,64	0,64	0,44	0,57	0,57	0,49	0,41	0,49	0,49	0,58	0,56	0,57
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,05
MnO	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
CaO	9,56	11,20	10,92	11,79	3,22	4,26	3,03	12,52	3,01	4,84	4,77	4,17
Na2O	5,92	5,13	5,27	4,59	7,08	7,81	7,02	4,20	8,47	7,31	7,80	8,08
K2O	0,56	0,43	0,41	0,36	3,88	2,16	4,30	0,27	2,19	2,43	1,71	2,01
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2O5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Total	100,74	100,26	100,63	100,28	101,05	101,49	100,97	100,38	100,87	100,42	101,34	100,67
Real	100,74	100,26	100,62	100,26	101,05	101,49	100,97	100,38	100,86	100,42	101,33	100,67
Si	2,55	2,49	2,49	2,44	2,84	2,78	2,85	2,39	2,86	2,75	2,76	2,80
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Al	1,42	1,47	1,48	1,54	1,12	1,20	1,13	1,59	1,12	1,22	1,23	1,18
Mg	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
Fet	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,46	0,54	0,53	0,57	0,15	0,20	0,14	0,61	0,14	0,23	0,23	0,20
Na	0,51	0,45	0,46	0,40	0,61	0,67	0,60	0,37	0,72	0,63	0,67	0,70
K	0,03	0,02	0,02	0,02	0,22	0,12	0,24	0,02	0,12	0,14	0,10	0,11
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sum Z	4,00	3,98	3,99	4,00	3,99	4,01	4,01	4,00	4,00	4,00	4,01	4,00
sum X	1,01	1,02	1,01	1,00	1,02	0,99	1,00	1,00	1,00	1,02	0,99	1,01
Total	5,01	5,01	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,02	5,00	5,01
An	45,67	53,36	52,14	57,45	15,59	20,33	14,53	61,24	14,40	23,08	22,78	19,69
Ab	51,17	44,23	45,52	40,48	62,03	67,41	60,92	37,20	73,18	63,14	67,49	69,04
Or	3,16	2,41	2,34	2,08	22,38	12,25	24,55	1,56	12,43	13,79	9,73	11,27

An= anortita; Ab= Albita; Or= Ortoclasa.

TABLA IV.

Datos representativos de análisis de clinopiroxenos procedentes de los basaltos estudiados en la Sierra de Cameros

Sample	281-1-C9									
Mineral	Clinopyroxene 1									
Type	Core	>	>	>	>	>	>	>	>	Ring
SiO2	50,51	51,37	51,22	51,13	51,14	51,05	51,77	51,23	51,27	50,87
TiO2	1,54	1,51	1,21	1,23	1,18	1,19	1,29	1,08	1,24	1,51
Al2O3	2,23	2,36	2,57	2,72	2,73	2,72	2,68	2,56	2,71	1,45
Cr2O3	0,07	0,13	0,30	0,35	0,48	0,51	0,58	0,39	0,42	0,05
MgO	14,69	15,43	16,19	15,71	15,54	15,62	15,77	16,04	16,03	13,45
FeOt	11,59	9,89	8,94	8,60	8,22	8,02	7,58	7,79	7,96	13,43
NiO	0,05	0,05	0,01	0,00	0,00	0,07	0,05	0,00	0,09	0,03
MnO	0,15	0,14	0,12	0,03	0,05	0,11	0,09	0,13	0,10	0,17
CaO	18,42	19,01	19,34	19,39	19,53	19,78	20,00	19,85	19,97	18,96
Na2O	0,32	0,26	0,33	0,28	0,32	0,28	0,29	0,29	0,31	0,26
K2O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2O5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,01	0,05	0,02	0,05	0,00	0,06	0,00	0,03	0,08	0,09
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,58	100,19	100,27	99,49	99,19	99,41	100,11	99,40	100,18	100,26
Real	99,57	100,17	100,26	99,47	99,19	99,38	100,11	99,39	100,15	100,23
Si	1,90	1,91	1,89	1,90	1,91	1,90	1,91	1,90	1,89	1,92
Al IV	0,10	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,11	0,06
Fe3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
sum T	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Al VI	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00
Fe3+	0,03	0,00	0,06	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00
Cr	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
Ti	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
Mg	0,82	0,85	0,89	0,87	0,86	0,87	0,87	0,89	0,88	0,76
Fe2+	0,10	0,08	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,20
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sum M1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe2+	0,23	0,22	0,21	0,21	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,21
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ca	0,74	0,76	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79	0,79	0,79	0,77

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

Sample	281-1-C9									
Mineral	Clinopyroxene 1									
Type	Core	>	>	>	>	>	>	>	>	Ring
Na	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sum M2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Q	1,89	1,91	1,87	1,90	1,89	1,90	1,89	1,89	1,88	1,93
J	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
GROUP	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad	Quad
En	42,57	44,45	46,03	45,56	45,42	45,41	45,79	46,16	45,93	38,76
Fs	19,08	16,20	14,46	14,04	13,56	13,26	12,50	12,79	12,95	21,98
Wo	38,36	39,36	39,51	40,40	41,03	41,33	41,71	41,05	41,12	39,26
mg*	69,05	73,29	76,10	76,44	77,01	77,40	78,55	78,31	78,01	63,81

En = Enstatita; Fs= Ferrosilita; Wo= Wollastonita.

TABLA V.

Mayores (% en peso) y elementos traza (ppm) analizados en el frente Norte de la Sierra de Cameros

Análisis		GF-31	GF-32	GF-25	GF-27	GF-05	GF-06	GF-41	GF-28
Muestra	lim. detec.	281-1-C9	281-1-D2	281-1-F3	281-1-F2	281-1-D9	281-1E3	281-1-D6	281-2-B7
Afloramiento		II	II	III	III	IV	IV	IV	IX
SiO2	0,50	50,60	52,20	54,00	53,20	45,60	45,20	50,80	51,60
TiO2	0,00	1,63	1,67	1,44	1,41	1,83	2,22	1,66	1,39
Al2O3	0,02	15,36	14,66	13,44	14,72	14,14	14,11	13,99	14,02
Fe2O3	0,01	8,62	8,48	8,77	8,23	9,28	6,97	9,00	4,73
MnO	0,00	0,03	0,05	0,02	0,03	0,08	0,03	0,08	0,03
MgO	0,02	7,63	7,19	9,61	10,30	6,63	8,42	7,36	6,15
CaO	0,04	5,85	5,82	1,67	1,69	6,65	7,25	3,37	8,19
Na2O	0,03	2,30	2,52	2,25	2,86	4,31	2,19	3,71	3,24
K2O	0,01	1,07	1,19	3,72	1,41	1,13	2,15	1,22	1,69
P2O5	0,05	0,40	0,43	0,23	0,37	0,72	0,39	0,30	0,28
LOI		5,94	5,76	6,11	6,81	9,01	10,64	7,21	9,56
mg*		0,67	0,66	0,71	0,74	0,62	0,73	0,65	0,75
TOTAL		99,43	99,97	101,26	101,03	99,38	99,57	98,70	100,88
Li		51,88	62,18	271,66	372,36	140,41	318,98	99,18	310,66
Rb	0,30	13,30	20,30	42,00	9,60	8,60	16,20	15,70	24,20
Cs	0,15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Be	0,40	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sr	1,40	247,00	292,00	157,50	105,00	208,00	99,10	257,80	124,80
Ba	1,50	158,00	219,00	258,60	215,00	181,40	239,90	131,40	105,30

Análisis		GF-31	GF-32	GF-25	GF-27	GF-05	GF-06	GF-41	GF-28
Muestra	lim. detec.	281-1-C9	281-1-D2	281-1-F3	281-1-F2	281-1-D9	281-1E3	281-1-D6	281-2-B7
Afloramiento		II	II	III	III	IV	IV	IV	IX
Sc		22,30	19,80	20,50	20,40	20,90	22,60	20,30	20,40
V	0,45	206,50	187,10	171,70	186,80	178,50	215,40	174,50	167,50
Cr	4,00	216,30	240,10	206,20	226,90	188,40	269,40	207,70	226,60
Co	0,35	64,20	59,60	57,00	54,90	47,60	45,60	56,70	31,90
Ni	4,50	157,30	154,30	141,10	149,40	138,50	85,00	144,10	130,70
Cu	4,50	29,00	15,50	6,80	30,10	47,00	17,50	40,80	9,50
Zn	14,00	42,30	39,50	32,60	140,10	42,00	30,90	58,80	19,60
Ga	0,20	16,00	19,00	0,00	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y	0,40	17,00	18,00	14,20	15,00	19,40	23,10	17,30	14,20
Nb	0,06	14,00	19,00	30,00	13,00	55,00	41,00	30,00	51,00
Ta	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zr	0,80	89,00	119,00	97,40	51,00	132,50	164,10	123,00	100,10
Hf	0,03	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mo	0,30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sn	0,40	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tl		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Pb	0,90	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
U	0,03	0,50	0,90	n.a.	0,90	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Th	0,02	1,90	2,50	n.a.	1,50	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
La	0,06	12,10	16,90	n.a.	9,90	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ce	0,10	24,80	33,00	n.a.	21,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Pr	0,01	3,10	4,10	n.a.	2,80	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nd	0,03	14,50	19,20	n.a.	13,80	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sm	0,01	3,50	3,90	n.a.	3,40	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Eu	0,00	1,12	1,42	n.a.	0,76	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gd	0,02	3,30	4,10	n.a.	3,60	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tb	0,00	0,50	0,60	n.a.	0,50	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Dy	0,01	2,90	3,30	n.a.	2,80	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ho	0,00	0,60	0,62	n.a.	0,52	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Er	0,00	1,70	1,80	n.a.	1,50	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tm	0,01	0,20	0,20	n.a.	0,20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Yb	0,00	1,10	1,30	n.a.	1,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Lu	0,00	0,20	0,20	n.a.	0,15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

Análisis	GF-34	GF-39	GF-40	GF-43	GF-08	GF-10	GF-38	GF-29	GF-FIT-X
Muestra	281-1-D4	281-2-C3	281-2-C4	281-2-C5	281-2-A7	281-2-A4	281-4-C3	281-2-B9	FIT-X
Afloramiento	VI	VII	VII	VII	VIII	VIII	VILL	VILL	IX
SiO2	54,10	49,70	48,50	51,80	52,30	48,10	51,90	47,80	52,08
TiO2	1,60	1,73	1,68	1,75	1,57	1,79	1,63	1,63	2,35
Al2O3	12,69	13,70	13,41	14,49	13,99	15,11	14,07	13,40	12,84
Fe2O3	7,05	14,24	8,23	6,07	6,29	8,37	10,42	9,79	9,16
MnO	0,03	0,03	0,05	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02
MgO	5,09	6,00	8,70	13,25	3,23	10,13	10,50	9,19	8,08
CaO	6,02	2,60	4,96	2,08	11,79	4,58	1,12	4,23	2,99
Na2O	3,00	0,09	0,02	0,03	2,66	2,46	0,17	1,98	2,73
K2O	3,43	4,36	4,12	2,63	0,95	2,00	4,44	4,19	2,00
P2O5	0,35	0,34	0,38	0,32	0,34	0,34	0,34	0,45	0,32
LOI	7,54	6,46	10,66	7,77	7,54	6,99	5,62	7,73	6,59
mg*	0,62	0,49	0,71	0,83	0,54	0,73	0,70	0,68	0,67
TOTAL	100,90	99,25	100,71	100,21	100,70	99,89	100,23	100,43	99,15
Li	126,26	120,68	204,48	368,91	55,98	426,54	125,21	174,82	n.a
Rb	57,00	88,40	72,20	42,40	14,70	19,00	54,00	47,60	22,92
Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,48
Be	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,02
Sr	182,90	32,10	54,00	16,30	227,80	214,40	25,00	142,20	126,30
Ba	193,10	56,10	57,00	35,50	128,60	383,50	166,00	335,00	311,10
Sc	19,20	18,60	19,10	17,90	21,80	30,90	22,40	20,20	n.a
V	167,50	167,80	193,20	171,50	155,80	254,60	173,20	188,40	182,20
Cr	218,10	196,10	195,50	237,40	204,60	304,80	210,80	248,00	141,10
Co	42,10	66,40	37,30	57,20	41,80	71,60	50,40	64,80	29,29
Ni	118,10	119,50	124,50	189,10	110,30	215,30	134,20	172,50	104,30
Cu	7,70	8,10	8,70	16,70	12,10	11,90	8,30	7,60	6,47
Zn	17,00	23,90	18,60	28,60	28,50	40,20	28,50	33,70	21,60
Ga	0,00	0,00	19,00	0,00	0,00	0,00	19,00	0,00	16,49
Y	14,70	15,70	14,00	12,90	17,80	25,40	10,00	16,90	24,93
Nb	28,00	27,80	15,00	32,00	32,00	37,00	8,00	53,00	19,06
Ta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,41
Zr	134,00	111,50	17,00	110,70	107,80	223,50	23,00	171,70	156,50
Hf	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,99
Mo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,47
Sn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,68
Tl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00
Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,60
U	n.a.	n.a.	0,80	n.a.	n.a.	n.a.	0,50	n.a.	1,02
Th	n.a.	n.a.	1,70	n.a.	n.a.	n.a.	1,20	n.a.	2,64
La	n.a.	n.a.	17,80	n.a.	n.a.	n.a.	12,90	n.a.	13,30
Ce	n.a.	n.a.	34,90	n.a.	n.a.	n.a.	26,50	n.a.	28,68
Pr	n.a.	n.a.	4,50	n.a.	n.a.	n.a.	3,50	n.a.	3,78

Análisis	GF-34	GF-39	GF-40	GF-43	GF-08	GF-10	GF-38	GF-29	GF-FIT-X
Muestra	281-1-D4	281-2-C3	281-2-C4	281-2-C5	281-2-A7	281-2-A4	281-4-C3	281-2-B9	FIT-X
Afloramiento	VI	VII	VII	VII	VIII	VIII	VILL	VILL	IX
Nd	n.a.	n.a.	20,30	n.a.	n.a.	n.a.	17,50	n.a.	16,70
Sm	n.a.	n.a.	4,70	n.a.	n.a.	n.a.	4,10	n.a.	4,41
Eu	n.a.	n.a.	1,59	n.a.	n.a.	n.a.	1,14	n.a.	1,25
Gd	n.a.	n.a.	4,20	n.a.	n.a.	n.a.	3,40	n.a.	4,78
Tb	n.a.	n.a.	0,60	n.a.	n.a.	n.a.	0,50	n.a.	0,79
Dy	n.a.	n.a.	3,10	n.a.	n.a.	n.a.	2,30	n.a.	4,78
Ho	n.a.	n.a.	0,46	n.a.	n.a.	n.a.	0,36	n.a.	0,93
Er	n.a.	n.a.	1,20	n.a.	n.a.	n.a.	0,90	n.a.	2,47
Tm	n.a.	n.a.	0,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,10	n.a.	0,36
Yb	n.a.	n.a.	0,70	n.a.	n.a.	n.a.	0,60	n.a.	2,23
Lu	n.a.	n.a.	0,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,09	n.a.	0,32

Análisis	PG-07	PG-14	PG-35	PG-33	V-281-1-TS1	V-46	V-48	V-01	V-02
Muestra	281-2-C1	281-2-C0	281-2-C0	281-4-C7	281-1-TS1	281-1-C8	281-1-C6	281-1-FO	281-1-E8
Afloramiento	IX	IX	IX	VILL	III	II	II	III	III
SiO2	55,80	55,80	53,30	55,20	49,62	44,30	45,40	45,20	45,90
TiO2	2,66	2,52	2,62	3,00	1,69	1,66	1,43	1,63	1,40
Al2O3	11,13	10,98	11,09	12,95	14,76	13,76	12,63	14,84	12,70
Fe2O3	8,59	9,16	7,99	9,37	7,36	9,96	8,46	8,48	13,38
MnO	0,05	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,06	0,03	0,03
MgO	3,85	3,73	4,57	6,10	11,04	9,46	9,57	11,46	7,82
CaO	5,59	4,88	6,09	1,81	2,65	2,46	4,48	4,44	4,07
Na2O	2,91	2,85	2,53	1,06	1,89	1,13	0,66	3,28	0,32
K2O	3,23	3,03	3,19	5,90	2,10	3,75	4,13	1,94	4,88
P2O5	0,44	0,29	0,68	0,59	0,27	0,34	0,26	0,28	0,35
LOI	6,02	5,72	7,27	3,65	8,51	9,13	12,44	9,19	8,10
mg*	0,51	0,48	0,57	0,60	0,77	0,68	0,72	0,75	0,57
TOTAL	100,27	99,00	99,38	99,65	99,90	95,98	99,52	100,77	98,95
Li	143,41	138,92	154,44	71,66	n.a	201,55	195,40	463,38	288,76
Rb	47,10	49,10	45,90	52,30	25,26	39,10	35,50	20,70	45,90
Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,94	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Be	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,07	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sr	160,90	163,80	175,20	65,40	75,98	40,40	64,00	75,00	38,60
Ba	167,90	180,90	160,90	356,80	173,50	123,10	142,60	94,00	105,10
Sc	18,40	18,40	19,10	19,20	n.a	19,20	17,90	17,70	15,60
V	183,60	194,00	200,80	177,80	179,40	190,70	160,20	172,90	183,30
Cr	46,50	46,30	46,50	53,60	278,10	197,10	187,20	224,70	181,00
Co	44,10	45,70	56,50	54,10	29,11	57,10	487,50	46,20	39,50
Ni	70,10	72,00	81,90	105,70	142,50	127,90	303,90	120,60	115,20

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

Análisis	PG-07	PG-14	PG-35	PG-33	V-281-1-TS1	V-46	V-48	V-01	V-02
Muestra	281-2-C1	281-2-C0	281-2-C0	281-4-C7	281-1-TS1	281-1-C8	281-1-C6	281-1-FO	281-1-E8
Afloramiento	IX	IX	IX	VILL	III	II	II	III	III
Cu	15,90	12,90	17,60	5,70	5,91	54,90	236,00	15,80	29,80
Zn	28,50	29,20	34,20	25,40	140,20	32,90	33,10	36,40	103,60
Ga	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	20,12	n.a.	n.a.	18,00	0,00
Y	32,60	31,30	32,50	25,30	19,71	19,50	15,30	12,00	12,50
Nb	35,00	28,00	33,00	31,00	19,23	30,00	35,00	17,00	32,00
Ta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,40	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zr	215,80	248,80	240,70	247,30	131,20	157,00	136,60	43,00	125,60
Hf	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,84	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,62	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,56	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
U	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,21	n.a.	n.a.	0,90	n.a.
Th	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,93	n.a.	n.a.	2,00	n.a.
La	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	11,23	n.a.	n.a.	12,50	n.a.
Ce	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	24,19	n.a.	n.a.	24,80	n.a.
Pr	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,97	n.a.	n.a.	3,50	n.a.
Nd	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	12,53	n.a.	n.a.	16,20	n.a.
Sm	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,03	n.a.	n.a.	3,60	n.a.
Eu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,80	n.a.	n.a.	1,15	n.a.
Gd	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,31	n.a.	n.a.	3,80	n.a.
Tb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,58	n.a.	n.a.	0,60	n.a.
Dy	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,73	n.a.	n.a.	3,00	n.a.
Ho	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,73	n.a.	n.a.	0,50	n.a.
Er	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,93	n.a.	n.a.	1,30	n.a.
Tm	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,27	n.a.	n.a.	0,20	n.a.
Yb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,67	n.a.	n.a.	1,00	n.a.
Lu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,24	n.a.	n.a.	0,12	n.a.

Análisis	V-12	V-18	V-17	V-16	V-37	V-19	V-26	V-30
Muestra	281-1-D7	281-1-E4	281-2-B8	281-1-B2	281-1-D5	281-2-A3	281-4-C1	281-4-C4
Afloramiento	IV	IV	IX	POR	VI	VIII	VILL	VILL
SiO2	48,6	45,6	44	46,7	44,7	49,5	50,4	44,9
TiO2	1,18	2,11	1,73	1,59	1,53	1,67	1,61	1,6
Al2O3	13,52	14,1	12,95	12,9	14,36	14,28	12,75	14,83
Fe2O3	10,98	8,32	8,95	9	9,37	10,22	11	14,51
MnO	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
MgO	9,2	8,68	10,83	8,75	10,17	9,05	15,04	8,31
CaO	3,16	5,63	5,47	5,21	4,56	2,68	0,55	2,8
Na2O	3,34	2,29	1,29	1,93	0,56	3,07	0,12	2,39

Análisis	V-12	V-18	V-17	V-16	V-37	V-19	V-26	V-30
Muestra	281-1-D7	281-1-E4	281-2-B8	281-1-B2	281-1-D5	281-2-A3	281-4-C1	281-4-C4
Afloramiento	IV	IV	IX	POR	VI	VIII	VILL	VILL
K2O	1,79	2,26	2,97	3,3	5,4	1,68	1,91	3,61
P2O5	0,34	0,42	0,51	0,62	0,33	0,23	0,48	0,54
LOI	7,68	10,04	10,76	10,23	8,62	7,89	6,96	5,94
mg*	0,66	0,7	0,73	0,69	0,71	0,67	0,76	0,57
TOTAL	99,84	99,48	99,51	100,26	99,63	100,29	100,84	99,46
Li	197,07	348,03	397,71	224,1	255,74	323,78	191,83	129,58
Rb	22,1	15,5	27	33,9	37,4	17,4	17,2	37
Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Be	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sr	194,4	89,5	78,6	180,6	55,9	84,3	11	42
Ba	218,1	219,3	219,3	190,7	121,8	125,6	50	170
Sc	21,9	21,5	17,2	18	18,6	22	16,9	15,8
V	165,5	235,6	193,8	201,5	163,5	245,5	181,4	201,3
Cr	192,2	224,1	237,1	173,3	205,7	240,3	219,6	221,3
Co	59,6	47,6	55,2	43,9	47,4	59,2	57,4	57,6
Ni	148,5	103,2	167,8	131,1	108,7	165,7	147,7	166,7
Cu	37,9	16,4	20,4	18,5	16,7	18,2	7	9,6
Zn	49	29,4	35,2	49,8	82	29,5	30,1	42,2
Ga	0	0	0	0	0	0	17	18
Y	17,3	20,7	15,4	17	14,7	18,3	9	15
Nb	32	42	44	46	25	29	17	19
Ta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zr	123,3	155,3	183,9	139,6	84,5	137,9	14	19
Hf	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
U	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,6	1,7
Th	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,9	2,5
La	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6,9	9,9
Ce	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	13,7	19,4
Pr	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,7	2,5
Nd	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	8,5	12,8
Sm	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,7	3,5
Eu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,95	1,19
Gd	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,9	4,1
Tb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	0,7
Dy	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,1	3,5
Ho	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,37	0,59
Er	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1,5
Tm	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,1	0,1
Yb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,6	0,9
Lu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,08	0,11

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

TABLA VI.

Elementos mayores (% en peso) y elementos traza (ppm) analizados en rocas de la Sierra del Moncayo

Análisis	GF-23	GF-36	GF-AGR-P	PG-13	PG-09	PG-11	PG-20	PG-44	PG-15
Afloramiento	XI	XI	XI	XI	XIII	XIII	XIII	XIII	XXI
SiO2	53	50,5	41,43	54,5	51,8	55,3	61,6	57,4	57,7
TiO2	1,45	1,57	1,837	2,51	2,77	3,19	3,32	3	2,66
Al2O3	15,05	14,33	14,955	11,37	13,36	13,11	11,8	12,59	10,79
Fe2O3	7,91	10,41	11,27	13,75	7,91	7,05	6,65	10,34	9,04
MnO	0,02	0,03	0,0225	0,02	0,01	0,01	0,01	0,12	0,05
MgO	10,75	8,96	11,357	7,05	13,68	10,1	5,6	8,15	0,17
CaO	0,86	1,8	3,404	0,97	0,75	1,05	0,91	0,89	5,43
Na2O	2,98	1,87	0,082	3,62	0,39	1,42	2	2,7	0,47
K2O	2,04	4,48	6,445	1,91	2,79	3,42	4,2	1	7,74
P2O5	0,3	0,35	0,26	0,68	0,64	0,33	0,42	0,44	0,3
LOI	5,11	5	7,9	3,98	6,44	5,08	3,17	3,3	5,22
mg*	0,76	0,66	0,7	0,54	0,8	0,77	0,66	0,64	0,04
TOTAL	99,47	99,3	98,96	100,36	100,54	100,06	99,68	99,93	99,57
Li	141,84	76,38	n.a.	68,42	164,27	137,82	79,55	72,95	19,29
Rb	21,2	54,3	67,96	22,1	34,3	40,7	45,4	40,9	109,9
Cs	0	0	0,228	0	0	0	0	0	0
Be	0	0	0,523	0	0	0	0	0	0
Sr	48	75	41,52	84	23	32	68	53	77
Ba	140	350	222,6	146	150	162	264	250	189
Sc	22,5	23,3	n.a.	18,3	19,2	23,9	18,3	20	13,8
V	172,7	203,8	264,7	187,5	191	190,1	201,9	198,2	188,8
Cr	197	257,7	280,5	32,6	107,9	48,9	32,1	155,3	32,1
Co	56,3	56,6	36,77	59,8	59,1	54,5	54,3	81,7	35,6
Ni	134	155,9	139,6	107,3	159,3	122	90,4	346,7	6,4
Cu	6,2	6,3	6,505	41,7	6,5	8	10,2	150,2	10,9
Zn	26,7	24,9	21,98	31,8	20	20,1	17,7	116,8	17,5
Ga	20	19	17,32	18	21	19	14	13	5
Y	14	14	17,16	13	12	17	12	14	24
Nb	8	9	14,74	7	20	26	19	22	25
Ta	n.a.	n.a.	1,099	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zr	21	24	122,6	23	16	22	29	37	157
Hf	n.a.	n.a.	3,128	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mo	n.a.	n.a.	0,876	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sn	n.a.	n.a.	1,344	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Pb	n.a.	n.a.	1,9312	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
U	0,5	0,6	2,489	0,3	2	2,5	1,9	2,3	5,9
Th	1,1	1,1	1,993	1,5	2,6	2,8	2,6	3	4,7

Análisis	GF-23	GF-36	GF-AGR-P	PG-13	PG-09	PG-11	PG-20	PG-44	PG-15
Afloramiento	XI	XI	XI	XI	XIII	XIII	XIII	XIII	XXI
La	7,2	9,6	7,248	15,3	11	21,1	17,5	31,9	19,6
Ce	17,2	20,4	15,35	30,5	20,7	40,5	34	61,8	36,5
Pr	2,5	2,9	2,131	4,3	2,9	5,4	4,6	8,1	4,7
Nd	11,4	14	9,681	20,2	13,8	24,5	21,3	36,6	21,3
Sm	3,4	3,7	2,858	4,9	3,5	6,2	5,1	8	4,9
Eu	0,99	1,41	0,874	1,43	0,84	1,5	1,31	1,94	1,28
Gd	3,7	3,7	3,183	4,3	4	6,3	5	6,4	4,9
Tb	0,6	0,6	0,529	0,6	0,6	0,8	0,6	0,8	0,8
Dy	3	3,3	3,151	3	3	4,4	3,2	3,3	4,7
Ho	0,5	0,54	0,621	0,52	0,5	0,69	0,5	0,52	0,85
Er	1,4	1,4	1,721	1,3	1,3	1,8	1,1	1,4	2,4
Tm	0,1	0,1	0,252	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3
Yb	0,7	0,8	1,647	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,9
Lu	0,09	0,11	0,248	0,09	0,1	0,13	0,09	0,1	0,26

Análisis	V-BER-1	V-CAV-2	V-21	V-22	V-24	V-03
Afloramiento	XIV	XI	XI	XI	XI	XIII
SiO2	44,77	53,51	51	48	51,5	41,4
TiO2	1,934	1,385	1,65	1,43	1,56	1,96
Al2O3	14,97	12,828	12,93	13,3	14,6	14,3
Fe2O3	10,133	13,873	8,54	14,22	7,64	16,54
MnO	0,0102	0,0215	0,04	0,03	0,03	0,02
MgO	10,227	8,533	10,27	11,68	11,41	13,55
CaO	3,088	0,455	2,96	0,5	1,09	0,83
Na2O	0,063	0,289	1,78	0,82	0,78	1,54
K2O	6,584	5,606	2,38	3,42	4,95	3,72
P2O5	0,34	0,19	0,44	0,35	0,26	0,39
LOI	7,2	4,34	7,51	5,67	6,01	5,94
mg*	0,7	0,58	0,73	0,65	0,77	0,65
TOTAL	99,33	101,04	99,5	99,42	99,83	100,19
Li	n.a.	n.a.	150,37	140,36	131,31	123,99
Rb	55,74	54,79	25,5	33,2	49,9	45,8
Cs	0	0,224	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Be	0,442	0,513	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sr	52,75	25,39	37	21	18	21
Ba	210	200,1	165	134	145	181
Sc	n.a.	n.a.	21,4	20,1	22	18,7
V	211,9	148,8	216,8	188,3	175,3	245,7
Cr	599	218,4	207,4	172,4	200,9	244
Co	32,82	35,2	55,5	60,7	56,6	51,6

Núm. 29 (2011), pp. 85-116
ISSN 0213-4306 | ***Zubía***

Análisis	V-BER-1	V-CAV-2	V-21	V-22	V-24	V-03
Afloramiento	XIV	XI	XI	XI	XI	XIII
Ni	120,6	138,1	129,8	170,2	140,4	166,1
Cu	21,71	5,539	7,4	9,4	4,7	9,6
Zn	31,98	23,28	20,9	34,3	26,9	25,6
Ga	17,13	15,66	18	19	20	21
Y	18,58	19,97	18	13	14	10
Nb	13,54	8,788	15	10	10	10
Ta	0,943	0,646	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Zr	113,7	86,17	18	30	20	16
Hf	3	2,271	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mo	0,979	0,789	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sn	1,408	1,128	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tl	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Pb	0,9372	1,1116	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
U	3,428	2,02	1,9	2	0,5	1,9
Th	1,85	1,661	1,9	1,7	1	2,7
La	7,056	5,977	14	8,4	4,8	14
Ce	13,86	12,63	27,3	18,2	14,2	26,8
Pr	2,142	1,726	3,7	2,4	2,7	3,6
Nd	10,01	7,904	17,4	12,1	16	16,1
Sm	3,317	2,696	4,4	4,2	4,9	4,3
Eu	0,907	0,949	1,36	1,28	1,98	1,29
Gd	3,845	3,474	5	4,6	4,7	4,4
Tb	0,596	0,617	0,8	0,7	0,7	0,6
Dy	3,446	3,828	4,1	3,2	3,5	3,1
Ho	0,629	0,74	0,71	0,52	0,53	0,48
Er	1,631	1,985	1,9	1,5	1,3	1,3
Tm	0,222	0,278	0,2	0,2	0,1	0,2
Yb	1,324	1,746	1,1	0,9	0,7	0,7
Lu	0,191	0,261	0,14	0,12	0,08	0,09

mg* = mol%Mg/(Mg+Fe2+) asumiendo 10% total Fe como Fe2O3; LOI = Loss on ignition; n.a. = no analizado; V = Facies de Borde enfriado; GF = Facies Central; PG = Diferenciado pegmatoide.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo aquí expuesto ha sido realizado gracias al apoyo del Instituto de Estudios Riojanos (IER) del Gobierno de la Rioja. Forma parte de la edición 2010 de Becas a la Investigación, asignada al proyecto: "*Los magmatismos triásicos del frente Norte de la Sierra de Cameros (La Rioja): implicaciones paleoambientales*".

BIBLIOGRAFÍA

Bastida, J., Besteiro, J., Reventos, M.M., Lago, M. y Pocovi, A. (1989). Los basaltos alcalinos subvolcánicos espilitizados de Arándiga (provincia Zaragoza): estudio mineralógico y geoquímico, *Acta Geol Hispánica* 24, 2/1: pp. 15-130.

Casas, A. y Gil Imaz, A. (1998). Extensional subsidence, contractional folding and thrust inversion of the eastern Cameros Basin, northern Spain. *Geologische Rundschau*, 86: pp. 802-818.

Goy, A., Gómez, J.J. y Yébenes, A. (1976). El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (mitad Norte). Unidades litoestratigráficas. *Estudios Geológicos*, 32: pp. 391-423.

Lago, M. y Pocovi, A. (1984). Las espilitas del área del Moncayo (Zaragoza-Soria): carateres geológicos y petrológicos, *I Congreso español Geología*. Segovia, 2: pp. 161-176.

Lago, M., Pocovi, A., Bastida, J. y Amigo, J.M. (1988a). The alkaline magmatism in the Triassic-Liassic boundary of the Iberian Chain: geological characters, *II Congr. Esp. Geol*., Granada, 1988a, II: pp. 31-34.

Lago, M., Vaquer, R., Zachmann, D., Pocovi, A., Torres, J.A. y Enrique, P. (1989). Estudio Geoquímico de procesos de espilitización afectando a basaltos alcalinos, Keuper terminal-Rhetiense, en la Cadena Ibérica, Cadenas Costeras Catalanas y Sierra Norte de Mallorca, *II Congr. Esp. Geol*., Soria, I: pp. 139-150.

Lago, M., Pocovi, A., Vaquer, R., Bastida, J. y Arranz, E. (1992). Petrología y geoquímica del magmatismo alcalino en zonas del antepaís mesozoico de la Cadena Pirenaica y zonas asociadas, *III Gongr. Geol. España*, Salamanca,Vol. Simpos. 2: pp. 107-116.

Lago, M., Pocovi, A., Bastida, J., Arranz, E., Vaquer, R., Dumitrescu, R., Gil-Imaz, A. y Lapuente, M.P. (1996). El magmatismo alcalino, hettangiense, en el dominio nor-oriental de la Placa Ibérica". *Cuadernos de Geología Ibérica*, nº 20: pp. 109-138.

McDonough, W.F. y Sun, C.C. (1995). Composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120, pp. 223 253.

Palme, H. y O'Neill, H.ST.C. (2008). Cosmochemical Estimates of Mantle composition. *Treatise on Geochemistry*, vol. 2: 2.1-The Mantle and core.

Pocovi, A., Lago, M. y Bastida, J. (1988). Características del emplazamiento del magmatismo alcalino, del tránsito Trías-Lías, de la Cadena Ibérica, *III Coloq. Estratigr. Paleogeograf.* Del Jurásico de España, Logroño, Vol. Resúm.: pp. 77-79.

Salas, R. y Casas, A. (1993). Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy and crustal evolutionduring the Alpine cycle of the eastern Iberian basin. *Tectonophysics* 228, pp. 33-55.

Sanz, T., Lago, M., Gil, A., Pocovi, A., Ubide, T., Galé, C., Larrea, P. y Tierz, P. (2011). Evidence of crust-doming in the Mesozoic rifting of the northwestern Iberian Chain (Spain). *European Geoscience Union General Assembly*, Vienna.

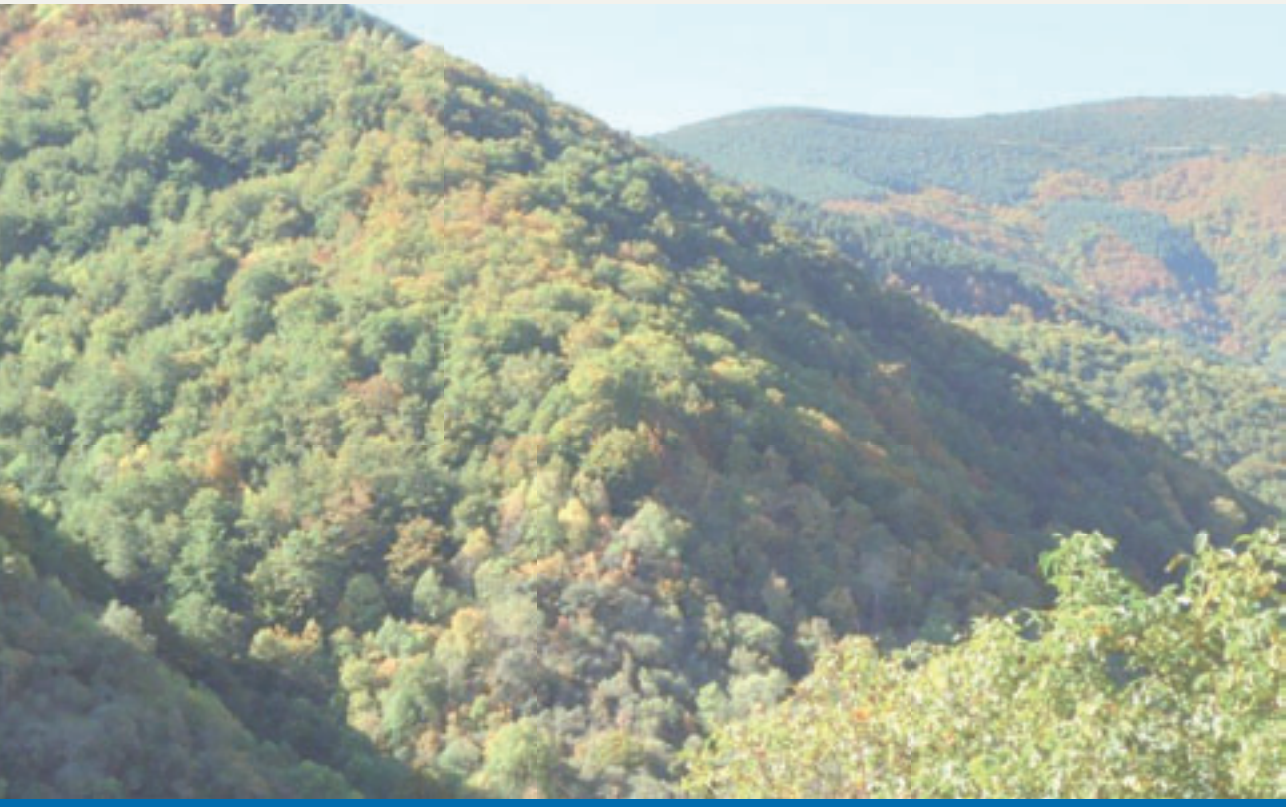
Sanz, T. (2011). *Sistema sub-volcánico pre-Liásico Cameros-Moncayo: Modelo de emplazamiento*. Tesis de Máster. Universidad de Zaragoza, 125 pp.

Sopeña, A., López-Gómez, J., Arche, A., Pérez-Arlucea, M., Ramos, A., Virgili, C. y Hernando, S. (1988). Permian and Triassic rift basins of the Iberian peninsula. In: Manspeizer, W. (ed.) Triassic-Jurassic Rifting. Continental Break-up and Origin of the Atlantic Ocean and Passive Margins. *Developments in Geotectonics*, Volume 22B. Elsevier, Amsterdam, pp. 757-786.

Stampfli, G.M., Mosar, J., Marquer, D., Marchant, R., Baudin, T. y Borel, G. (1988). Subduction and obduction processes in the Swiss Alps. *Tectonophysics* 296, pp. 159-204.

Vargas, H., Gaspar-Escribano, J.M., López-Gómez, J.,Vanwees, J.D., Cloetingh, S., de la Horra, R., Arche, A. (2009). A comparison of the Iberian and Ebro Basins during the Permian and Triassic, eastern Spain: A quantitative subsidence modeling approach. *Tectonophysics* 474, pp. 160-183.

Ziegler, P.A. (1988). Post-Hercynian plate reorganization in the Tethys and Artic-North Atlantic domains. In: Manspeizer, W. (Ed.), Triassic-Jurassic rifting. Continental Breakup and teh Origin of the Atlantic Ocean and Passive Margins. *Developments in Geotectonics*, vol. 22B. Elsevier, Amsterdam, pp. 711-755.



ZUBÍA

29

9 770213 430000 00029

Gobierno de La Rioja
www.larioja.org

Instituto de Estudios Riojanos