

# IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES LITOSÍSMICAS CENOZOICAS EN EL ÁREA DE SANTIUSTE DE SAN JUAN BAUTISTA (SEGOVIA), SUR DE LA CUENCA DEL DUERO (ESPAÑA)

*Lithosismic units characterization and interpretation in the Cenozoic subsurface in the Santiuste de San Juan Bautista area (Segovia province, south Duero basin, Spain)*

Colombia Alejandra MORENO MARÍN  
Gaspar ALONSO GAVILÁN

Departamento de Geología. Facultad de Ciencias, Área de Estratigrafía. Universidad de Salamanca. C/ del Parque, s/n. 37008. Salamanca. Correo-e: coloalexa@usal.es, gavilan@usal.es<sup>1</sup>

(FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-7-13) (FECHA DE ADMISIÓN: 2013-10-24)  
BIBLID [0211-8327 (2013) 49 (1); 47-73]

**RESUMEN:** El análisis de las diagráfias de gamma natural, potencial espontáneo y resistividad, obtenidas del estudio geofísico del sondeo de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia), ha permitido definir varias unidades litosísmicas a partir de la identificación de un conjunto de electrofacies cuya asociación permite determinar el carácter grano- y estratocreciente de las sucesiones sedimentarias en el subsuelo. La relación biunívoca, correlación, de las unidades diferenciadas en el sondeo empleando criterios geofísicos con las unidades litoestratigráficas definidas en superficie, basada en criterios litológicos, ha permitido definir los parámetros geofísicos que caracterizan a las unidades litoestratigráficas presentes en este borde de la cuenca del Duero, así como su definición de unidades litoestratigráficas formales al cumplir las normas exigidas por la Guía Estratigráfica Internacional.

Por otro lado, apoyándose en los estudios realizados en superficie se ha realizado la interpretación sedimentológica llegándose a la conclusión de que estas unidades se formaron por un conjunto de abanicos progradantes al observarse,

1. Dirigir la correspondencia a [gavilan@usal.es](mailto:gavilan@usal.es).

en el registro geofísico, la superposición de las diferentes unidades litosísmicas con una marcada arquitectura secuencial granocreciente y asociados, posiblemente, a un frente de sierra en continuo levantamiento durante el Cenozoico.

Palabra clave: Diagrafías; gamma natural; resistividad; potencial espontáneo; unidades litosísmicas; electrofacies; Cenozoico; sur cuenca Duero; España.

**ABSTRACT:** The analysis of natural gamma, spontaneous potential and resistivity survey well logs from the borehole of Santiuste de San Juan Bautista (Segovia), has identified several lithosismic units in the subsurface of this region to be able to differentiate lithology and a set of electrofacies. The correlation of discrete units in the survey using geophysical criteria lithostratigraphic units defined in surface based on lithological criteria, has helped define the geophysical parameters characterizing surface lithostratigraphic underground and the ability to identify the Cenozoic units in the subsurface while one of the conditions required by the International Stratigraphic Guide so that they can be considered as units with formal status is met.

Your sedimentological interpretation defines that formed by a set of prograding to be seen in the well log superimposing different lithosismic units with a sequential architecture marked coarsening upward and partners, possibly a front saw rising continuously during the Cenozoic fans.

Key words: Well logs; gamma ray; resistivity; spontaneous potential; electrofacies; lithosismic units; Cenozoic; south Duero basin; Spain.

## INTRODUCCIÓN

La representación gráfica continua (diagrafía, *well logs*, *wireline well logs*) de los valores obtenidos al medir una propiedad física o química, tal como la conductividad o la resistividad al paso de una corriente eléctrica, la radiactividad, la velocidad de propagación de ondas sonoras, etc., de las formaciones atravesadas por una sonda permiten conocer las propiedades petrológicas, mineralógicas, estratigráficas y estructurales. Su estudio y análisis determinan, de manera relativa, el tamaño de grano, el grado de compactación, la porosidad, la permeabilidad, el contenido en fluido, etc. En consecuencia, la información geológica obtenida será precisa, continua, real y fiel reflejo de los atributos y propiedades (registros geofísicos) de las formaciones presentes en el subsuelo y que esta información es siempre cuantificable y precisa. Además es una herramienta que permite compilar todos los datos obtenidos en el pozo a lo largo de un corte vertical del subsuelo. Por ello, el análisis de la estratigrafía del subsuelo, basándose en diagrafías, ha resultado ser una técnica primordial para complementar el conocimiento de la geología en áreas donde escasean los afloramientos y el gradiente topográfico del área de trabajo es bajo.

Por otro lado, la estratigrafía del subsuelo permite completar y ampliar el conocimiento de las propiedades de las unidades litoestratigráficas equivalentes

en superficie cuando se tiene escaso conocimiento de ellas por su mala exposición, pequeño espesor representado, etc.

El estudio estratigráfico y sedimentológico obtenido a partir de la interpretación y correlación de los datos geofísicos del subsuelo junto con los datos obtenidos en superficie ayudan a paliar, en parte, el problema de la determinación y localización de los depósitos sedimentarios con posibilidades: de constituir trampas que retengan los fluidos, de permitir controlar los accidentes tectónicos detectados en superficie y, por ende, de definir el rango formal de las unidades litoestratigráficas al poder determinar uno de los atributos que exige la GUÍA ESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL (2001): presencia y continuidad en el subsuelo.

En concreto, el sector sur de la cuenca del Duero, comarca de La Moraña, presenta un conjunto de características sumamente interesantes, pues perteneciendo a la depresión de Alba-Peñaranda y hallarse cerca de las sierras del Sistema Central, es una de las áreas más necesitadas de agua, hidrología superficial estacional. Estudios anteriormente realizados indican la presencia de áreas con contenido de fluidos frente a otras con valores casi nulos o escasos, paradójicamente son áreas de acumulación de siliciclásticos presentes todas las granulometrías de arena frente a la de limos/arcillas, entre las que se intercalan estratos o tramos conglomeráticos granosoportados o matriz soportados. Los mapas de isolitos realizados por COLMENERO *et al.* (2001) permiten una cuantificación de los componentes litológicos del subsuelo y, en consecuencia, limitan las áreas hidrológicamente positivas en cuanto a su posible utilidad como trampa de fluidos tanto por su espesor como por su posición espacial.

Por ello, el estudio estratigráfico detallado del subsuelo a partir de las diagrfías resolvería estos problemas aunque sólo sea parcialmente al poder complementar y ampliar el conocimiento sobre las características de las unidades litoestratigráficas de superficie, si se tiene un escaso conocimiento de ellas, como sucede al norte de la provincia de Ávila y suroeste de la provincia de Segovia y, específicamente, en las tierras de Arévalo, comarca de La Moraña, dado su bajo gradiente topográfico y escasez de afloramientos.

## OBJETIVOS

Por ello, se plantea como objetivo general el poder determinar las características estratigráficas y petrológicas, el análisis secuencial (micro-macro-meso-mega) con el fin de poder determinar la ritmicidad de las unidades electrosísmicas. Por otro, se pretende establecer la equivalencia de las unidades litosísmicas con las unidades litoestratigráficas definidas en superficie y se hace un guiño a la interpretación del medio sedimentario teniendo en cuenta los estudios sedimentológicos de superficie. Como objetivo concreto y específico se planteó el estudio del subsuelo a partir del análisis de la diagrfía realizada

en el sondeo Santiuste de San Juan Bautista (Segovia), comarca de La Moraña, poniendo en práctica un protocolo de trabajo que pudiera ser aplicado en estudios posteriores a escala cuencial. En concreto, en este trabajo se expone el avance de los estudios que se están llevando a cabo en el proyecto de relacionar unidades de subsuelo con las de superficie en el borde sur de la cuenca del Duero a partir de los datos de superficie y del subsuelo.

## CONTEXTO GEOGRÁFICO DEL SONDEO DE SANTIUSTE DE SAN JUAN BAUTISTA

El sondeo de Santiuste de San Juan Bautista se halla ubicado en las cercanías de esta localidad a unos 50 km de Segovia capital. Se accede a esta población por la carretera nacional N-601 y la provincial C-605 (figura 1), está situada en el área centro-meridional de la cuenca del Duero (figura 1A) y pertenece a la hoja topográfica n.º 455 (Arévalo) a escala 1/50.000 del MTN (figura 1A). En concreto, el sondeo se ubica en una zona prácticamente llana que forma parte de un amplio valle conformado por la acción fluvial de los ríos Adaja y Arevalillo. Estos dos ríos discurren con un trazado muy rectilíneo en dirección S-N, lo mismo que el río Voltoya presente en los vértices, SE y NE (figura 1B).

La morfología casi rectilínea de la red de drenaje, la actividad casi perenne de todos los ríos y la porosidad/permeabilidad de los depósitos holocenos (eólicos, terrazas, coluviones, etc.) hacen suponer la actividad de una recarga vertical de los acuíferos. Sin embargo, el estudio llevado a cabo para el abastecimiento de agua de riego en la comunidad de Castilla y León pone en entredicho dicha hipótesis al ser La Moraña una de las áreas con mayor déficit de agua y aparentemente estar conectada morfológicamente con los sistemas de montañosos a través de rampas, al constituir la comarca de La Moraña la zona de enlace entre las sierras de Ávila ubicadas al sur (Paramera, Serrata de Ávila, etc.) y el centro de la cuenca del Duero.

La geomorfología actual, siguiendo las ideas de HERRERO (1996) y GARZÓN *et al.* (1981), está controlada por el encajamiento fluvial de los ríos Adaja y Arevalillo y Voltoya. Se hallan separados por dos alineaciones de cotas con direcciones, prácticamente, norte-sur y casi paralelas al trazado del río Adaja (figura 1B). La lineación ubicada al oeste se hace corresponder con la curva de 800 m al oeste y la otra, al este, a la de 900. Las diferencias de cotas entre los vértices geodésicos de los 890 m y los 940 es de 50 m (figura 1). Este bajo gradiente de altitud de apenas 50 m se plasma en un paisaje abierto, alomado, casi plano, roto por el encajamiento de los ríos mencionados anteriormente, generando escarpes de más de 20 m casi verticales. En este paisaje actual abierto emergen cerros aislados, desconectados, en los que se pueden reconocer depósitos más antiguos horizontales o subhorizontales y, localmente, deformados.

Identificación y caracterización de las unidades litosímicas cenozoicas en el área de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia), sur de la Cuenca del Duero (España)

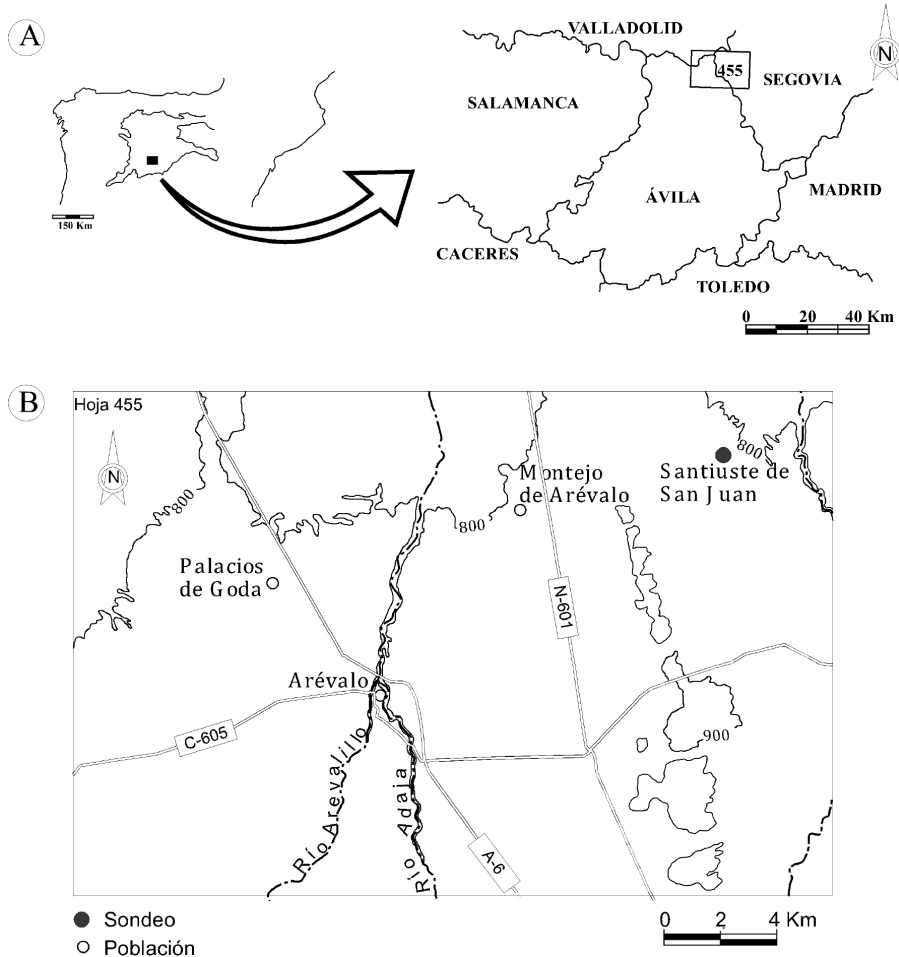


Figura 1. A) Ubicación geográfica del área de estudio en el contexto de la cuenca del Duero y respecto a las provincias de Ávila y Segovia. B) Localización de la población y sondeo de Santiuste de San Juan Bautista.

## ESCENARIO GEOLÓGICO Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO RELATIVOS AL SONDEO DE SANTIUSTE DE SAN JUAN BAUTISTA (ÁVILA)

Geológicamente, la zona donde se perforó y se ejecutó el sondeo de Santiuste de San Juan está situada al sur de la cuenca cenozoica del Duero. Según ALONSO GAVILÁN (1980) y ALONSO GAVILÁN *et al.* (2004) los bordes sur y suroeste de la cuenca del Duero están estructurados siguiendo un patrón de bloques levantados y hundidos generados por la actividad de grandes fallas

tardihercínicas con dirección SW-NE y NW-SE con salto muy variable de unas a otras. Estos sistemas de fracturas se hallan rotos y parcialmente desplazados por otros de dirección E-W, WNW-ESE y NNE-SSW (BABIN *et al.*, 1980). La intersección y conjunción de este enjambre de fracturas da como resultado final un cuarteamiento del zócalo varisco y un basculamiento generalizado hacia el centro de cuenca con dirección SW-NE y buzando hacia el NE. Las áreas deprimidas con subsidencia diferencial actuaron como cuencas sedimentarias independientes en sus primeros estadios de vida y su conexión se realizó, presumiblemente, a inicios del Oligoceno (ALONSO GAVILÁN, 1980). Por otro lado, su evolución y relleno estuvieron íntimamente relacionados con los esfuerzos distensivos y compresivos durante el levantamiento del Sistema Central (ALONSO GAVILÁN *et al.*, 2004). Ello explicaría que el espesor del registro sedimentario sea muy variable de unos puntos a otros a lo largo del borde actual de la cuenca, valor entre 200 y 500 m según el mapa de isobatas (IGME, 1980). Basándose en él y los análisis realizados, COLMENERO *et al.* (2003) definieron varios depocentros en la denominada depresión de Alba-Peñaranda y que las direcciones de dispersión de sedimentos y la composición litológica de los depósitos sedimentarios sean diferentes siguiendo las ideas de CARBALLEIRA *et al.* (1983), ARACIL *et al.* (2001), CORROCHANO & CARBALLEIRA (1983), CORROCHANO *et al.* (1983) y DÍAZ CURIEL *et al.* (1998), entre otros autores que han estudiado esta parte de la cuenca del Duero.

Por otro lado, esta actividad de los bordes está íntimamente relacionada con los movimientos de extrusión del Sistema Central como reflejo de las etapas compresivas y extensivas creadas por la interrelación/interacción entre las placas africana e ibérica (ALONSO GAVILÁN *et al.*, 2004).

En general, el relleno de esta parte de la cuenca se realizó durante el Cenozoico. La composición de los sedimentos cenozoicos estuvo fuertemente controlada por la posición geográfica de las áreas madres (actuales bordes de la cuenca del Duero) y por la naturaleza de las mismas (plutónicas, metamórficas, detríticas, carbonatadas, evaporíticas, etc., con una gran variedad en composición, textura, etc.) (ALONSO GAVILÁN, 1980). Para el borde sur el dominio de las rocas plutónicas (Sistema Central) y la presencia de rocas metamórficas confieren a los depósitos del área de estudio un carácter marcadamente arcósico y los de arcilla/limo como matriz o como sedimentos. Por ello un conjunto de facies, fundamentalmente, siliciclásticas se instalan con cambios laterales en el espacio, de sur a norte y en el tiempo, según las ideas de PORTERO *et al.* (1983) para el subsuelo mientras que CORRALES *et al.* (1978) y CORRALES (1979) las definen en superficie.

La proliferación de nombres durante estos años para designar a las diferentes unidades litoestratigráficas presentes en el área y las continuas apariciones de nuevas clasificaciones (geotécnicas, geomorfológicas, etc.), los cambios en la posición de los límites cronoestratigráficos, genéticos y litológicos y los continuos cambios laterales de facies hacen que sea muy prolijo establecer una

relación biunívoca entre ellas. No obstante existen intentos de equivalencia en los últimos años que resuelven, en parte, la voráGINE bibliográfica y geológica creada.

## METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE TRABAJO

El sondeo de Santiuste de San Juan Bautista forma parte de un grupo de sondeos de exploración llevado a cabo en La Moraña por la empresa TRAGSA, que según DÍAZ CUIEL *et al.* (1998) fueron ejecutados “en la campaña realizada para el abastecimiento de aguas de riego en Castilla y León, entre el IRYDA y la dirección General de Estructuras Agrarias, efectuando la testificación, en su mayor parte por la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid”. Estos sondeos analizados previamente por CUIEL *et al.* (1998), se retoma el estudio del sondeo de San Juan Bautista tomándolo como patrón del comportamiento geofísico de las unidades litoestratigráficas en el subsuelo.

Al iniciar el proceso (figuras 2 y 3) surgieron un número de preguntas referentes a cómo iniciar el proceso de informatización de los datos, programas de escaneados de la preparación de las imágenes, etc. El principal escollo fue dirimir cómo iniciar el proceso analítico de ejecución (metodología) y qué técnicas deberían ser empleadas en cada paso.

### ETAPA 1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SONDEO

a).- Elección del sondeo más representativo. Se eligió el sondeo de Santiuste por encontrarse lo suficientemente cerca del frente de sierra (borde sur de la cuenca de Duero) y a la vez en la parte distal de los pies de monte actuales de las sierras abulenses. El objetivo perseguido fue el de poder atravesar el mayor número de formaciones incluido el zócalo o de poder controlar, si era posible, la influencia de los cabalgamientos existentes que son visibles en superficie.

b).- Características técnicas del sondeo. En concreto, el sondeo alcanzó una profundidad de 450 m siendo testificados 470 m. Es ligeramente telescópico con un diámetro exterior de 22 pulgadas en los 150 primeros metros y pasa a 12 1/4 pulgadas hasta el final del sondeo. La perforación se realizó empleando la rotación inversa utilizando lodos orgánicos con una conductividad de 950 ohmio/cm. El objetivo de esta etapa fue identificar las posibles interferencias antrópicas y técnicas durante la ejecución del sondeo.

c).- Técnicas empleadas en la perforación. Los parámetros geofísicos registrados fueron: el gamma natural (G.N.), potencial espontáneo (P.E.) y de resistividad: normal corta (R.N.C. para AM-0.4 m y R.N.L. para AM-1.6 m), larga lateral (RLAT) con AO-1.8 m y monoelectrónica (RME) (CUIEL *et al.*, 1998). Se cotejaron los movimientos de las gráficas con el fin de localizar las posibles

interferencias tanto antrópicas como técnicas (verticalidad, influencia de los lodos empleados...).

Realizada la lectura de la cabeza de la diagráfia y mitigados los problemas relacionados con su ubicación se procedió a un conocimiento bibliográfico (figuras 2 y 3). En esta etapa se actuó en varias líneas en el mismo sentido.

a).- Confección de un inventario de sondeos indicando características de la perforación, existencia o no de diagráfias, características de los ripios, etc., a partir de la información existente en el IGME (Instituto Geológico y Minero de España), TRAGSA (Transformación Agraria, Sociedad Anónima) y USAL (Universidad de Salamanca).

b).- Vaciado de las fuentes bibliográficas. Esta recopilación fue tanto de tipo sedimentológico, estratigráfico superficial como del subsuelo, hidrogeológicos, etc.

c).- Recopilación de información sobre las características técnicas de la maquinaria utilizada.

d).- Localización de trabajos sobre la interpretación de los registros geofísicos de las propiedades (físicas, químicas, etc.) medidas por la sonda relacionadas tanto con la morfología de la gráfica como de las interferencias. Así mismo, se recopilaron y compilaron las informaciones relacionadas con las interpretaciones de las posibles anomalías, etc. (figura 3).

e).- Se buscó información sobre los posibles fallos antrópicos durante la recogida de los datos y su respuesta en la diagráfia a la hora de su interpretación.

f).- Es de destacar en esta etapa el escaneado de las diagráfias y su "digitalización" redibujado, etc. Esta última se realizó con un programa de Freehand 7.1. para Windows portable para PC.

## ETAPA 2.- RECOGIDA DE INFORMACIÓN DE CAMPO Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

En esta etapa se diversifica la actividad al emprender dos vías paralelas y a la vez, pero no independientes:

a).- Identificación, análisis e interpretación de cada uno de los registros geofísicos. Se procede a cotejarlos con el fin de determinar las litologías, electrofacies, modelos de electrofacies y la identificación de electrobancos. Asimismo se localizaron e interpretaron los puntos aparentemente anómalos o los saltos bruscos que en ellas aparece.



<b>1ª ETAPA</b>	<b>Recopilación de datos</b>	Bibliográficos	– Estratigrafía de Superficie y Subsuelo – Sedimentología, Tectónica – Hidrogeología		
		Diagrafías	Técnicas	– Análisis – Interpretación	
		Inventario de Sondeos	– IGME – TRANGSA – USAL		
		Digitalización de Diagrafías			
<b>2ª ETAPA</b>	<b>Identificación y Análisis</b>	– Litologías – Electrofacies – Paleocorrientes – Unidades geológicas			
		Modelo Estratigráfico			
	<b>Campo</b>	Columnas	– Litologías – Estructuras – Muestras de Roca – Medida de Fracturas		
<b>3ª ETAPA</b>	<b>Gabinete</b>	Conclusiones	Medios Sedimentarios		
		Redacción de Memoria			

Figura 2. Metodología, protocolo proceso que se propone para el estudio del sondeo de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia).

Se definieron *grosso modo* las diferentes unidades sísmicas y se cotejaron los tramos obtenidos en cada registro, así como la posibilidad de determinar las discontinuidades, etc. El carácter secuencial de la megasecuencia y la posibilidad de poder definir el ambiente sedimentario apoyándose en los datos de superficie.

Con las diagrafías digitalizadas, siguiendo el gráfico original, se procedió al análisis, descripción y reconocimiento de las litologías y de las electrosecuencias,

las cuales para ser identificadas e interpretadas se siguieron las ideas de SERRA (1984 y 1985), ASQUITH (1982), ASQUITH & KRYGOWSKI (2004) y RIDER (2011). Definidas las unidades litosísmicas y electrosecuencias se procedió a determinar la secuencialidad y el posible ambiente sedimentario. Siguiendo las ideas de ARACIL (1990) estos análisis no se han realizado a escala muy detallada ya que al tratarse de litologías básicamente muy similares podrían inducir a errores operando a pequeña escala (electrosecuencias) y, en consecuencia, no quedar bien definidas. Sin embargo, cuando se operaba a mayor escala, meso- o megasecuencias disminuían las posibilidades de errores quedando mucho mejor definidas.

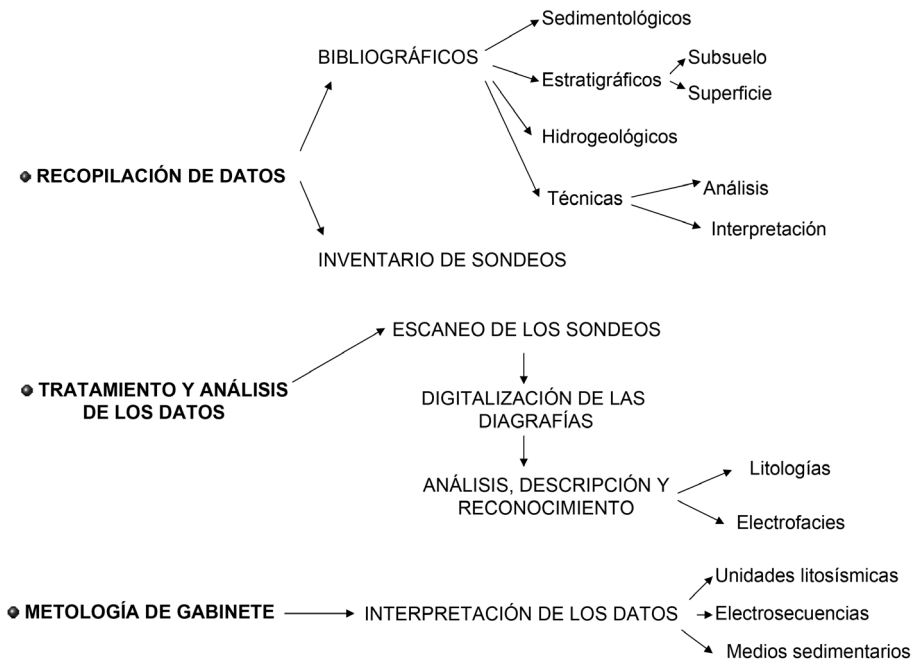


Figura 3. Proceso de seguimiento de técnicas empleadas en el estudio del sondeo de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia).

b).- Se recogen los datos de campo relacionados con el muestreo de las unidades superficiales, la construcción de las columnas estratigráficas, la cartografía de las grandes unidades a escala 1/50.00 y se establecen las relaciones entre ellas, etc. Así mismo, se determinan sus características petrológicas y mineralógicas de campo de las diferentes unidades litoestratigráficas. La arquitectura secuencial, *grosso modo*, debe ser definida así como las discontinuidades y rupturas sedimentarias y todos aquellos datos que permitieran identificar los límites de las unidades litoestratigráficas.

Esta etapa de recogida y estudio de los datos de campo se realizó con el fin de conocer las unidades para su posterior correlación con las unidades del subsuelo. Por ejemplo, dado que todas las unidades miocenas son arcólicas, en su mayor parte en el borde sur de la cuenca del Duero, es de suponer que el registro de los *gamma* siempre dé valores altos y analizar, en consecuencia, con detalle los saltos bruscos o picos con altos valores del *gamma* al implicar ciertas anomalías en el desarrollo normal de la gráfica.

### ETAPA 3.- REDACCIÓN DEL INFORME CORRESPONDIENTE

En ella se plasma la elaboración del informe pertinente cotejando los datos de superficial y del subsuelo y proponiendo soluciones a las hipótesis planteadas.

## ESTRATIGRAFÍA

### ESTRATIGRAFÍA DE SUPERFICIE



En el presente trabajo se siguen las ideas propuestas por CORRALES *et al.* (1978), CORRALES (1979), POL *et al.* (1983) y PORTERO *et al.* (1983) referentes a las facies descritas en el borde sur de la cuenca del Duero. En la figura 4, tomada de CARRERAS *et al.* (1979) y CARRERAS (1979), se identifican y describen varias litofacies (siliciclásticas, carbonatadas y evaporíticas) teniendo en cuenta su litología y posición estratigráfica. Así mismo, se indica su relación espacial y temporal y se hace una interpretación del ambiente sedimentario en el que se depositaron. Las facies miocenas definidas en la zona y áreas adyacentes son: Pozanco, San Pedro del Arroyo, Peromingo, Puente Runel y Hernansancho, entre otras. Aunque sea iterativo se debe tener en cuenta la variedad de nombres existentes para designar a la misma facies al depender del autor que se siga en el estudio, ya que el cotejarlas, a veces, resulta problemático.

En concreto, para las unidades que presumiblemente pueden estar presentes en el área donde se realizó el sondeo de Santiuste de San Juan Bautista, se ha confeccionado la figura 5 siguiendo las ideas de OLIVÉ & CARRERAS (1979) y OLIVÉ & PORTERO (1979) con algunas modificaciones. Las relaciones laterales y los cambios de unas a otras así como los cambios de nombre son bastante complejos al haberse definido con criterios diferentes en áreas tipo y autores distintos.

En conjunto, se definen, muy someramente, las siguientes unidades:

Escala 1:250.000

## Leyenda

- 6  Fluvio-torrencial  
(U. Hernansancho)
- 5  Fluvio-torrencial  
(F. Puente Runel)
- 4  Fluvio-torrencial  
(U. Peromingo)
- 3  Fluvio-torrencial  
(F. San Pedro del Arroyo)
- 2  Fluvio-torrencial  
(U. Pozanco)
- 1  Precámbrico

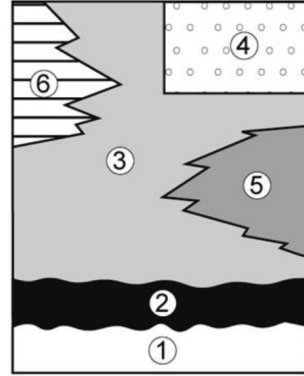


Figura 4. Esquema de litofacies del área de estudio. Conformado a partir de los datos de la hoja geológica, E: 1/50.000 (Carreras et al., 1979), parcialmente modificada.

Esquistos precámbricos: constituidos por esquistos moscovíticos-biotíticos conocidos como Formación San García en la hoja de Mirueña.

Granitoides, aptitas, etc., y granitoides alterados (figura 6.1A y B).

Unidad de Pozanco. Discordante sobre el Precámbrico, la unidad de Pozanco, Mioceno inferior-medio, está constituida por areniscas arcósicas, gris claro, parcialmente cementadas, reconociéndose canales de pequeña envergadura (figura 6.2A y B).

Unidad de San Pedro del Arroyo. Son arenas arcósicas tamaño grueso y fino con matriz arcillosa, de color gris con tonos rojizos, con clastos metamórficos englobados en ellas con centil de 15 cm (figura 6.3A y B).

Unidad Calizas. Son micritas de color gris claro. Forman una sucesión de casi 25 m y cuando alternan con margas alcanzan los 70 m. Al sur son ritmos con fangos ocreos de tonos rojizos (figura 6.4A). Se hacen similares a las facies Cuestas definidas en el centro de la cuenca del Duero. BÀRCENA *et al.* (2004) definen un conjunto de microfósiles, lo que permite aproximar su edad y las relaciones laterales con otras unidades cenozoicas.

Identificación y caracterización de las unidades litosmicas cenozoicas en el área de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia), sur de la Cuenca del Duero (España)

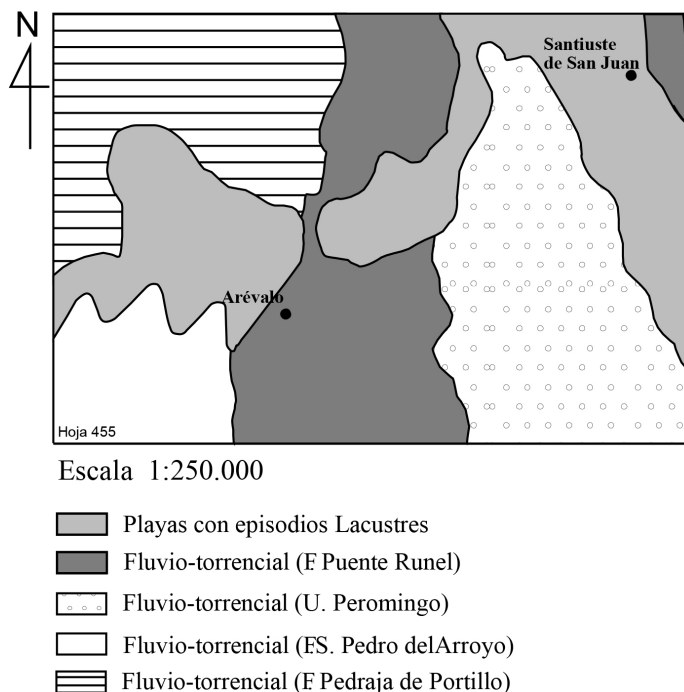


Figura 5. Esquema de litofacias del área de estudio con su correspondiente interpretación sedimentológica. Conformado a partir de los datos de la hoja geológica E: 1/50.000 (Carreras et al., 1979), parcialmente modificada.

Unidad de Pedraja de Portillo. Son fangos arcósicos gris verdoso o rojizos con arenas de grano medio o fino. Se organizan en secuencias granodecrecientes. Pueden estar cementadas por carbonato cálcico (figura 6.4 B).

Unidad de Puente Runel. Son arcosas y arenas arcósicas que ocasionalmente forman ciclos granodecrecientes de color ocre claro, beige. Puede presentar niveles carbonatados. La presencia de estratos de areniscas gris claro cementadas por carbonato cálcico le confiere una característica litológica definitoria para determinar su presencia en el campo (figura 5A y B).

Unidad de Peromingo. Son básicamente fangos arcósicos rojizos-gris claro. Se hallan discordantes con el resto de las unidades y recubren una gran superficie. Presenta canales muy amplios con relleno de arenas de grano grueso o medio con matriz arcillo-limosa. Presenta clastos metamórficos y plutónicos (figura 6.6A y B).

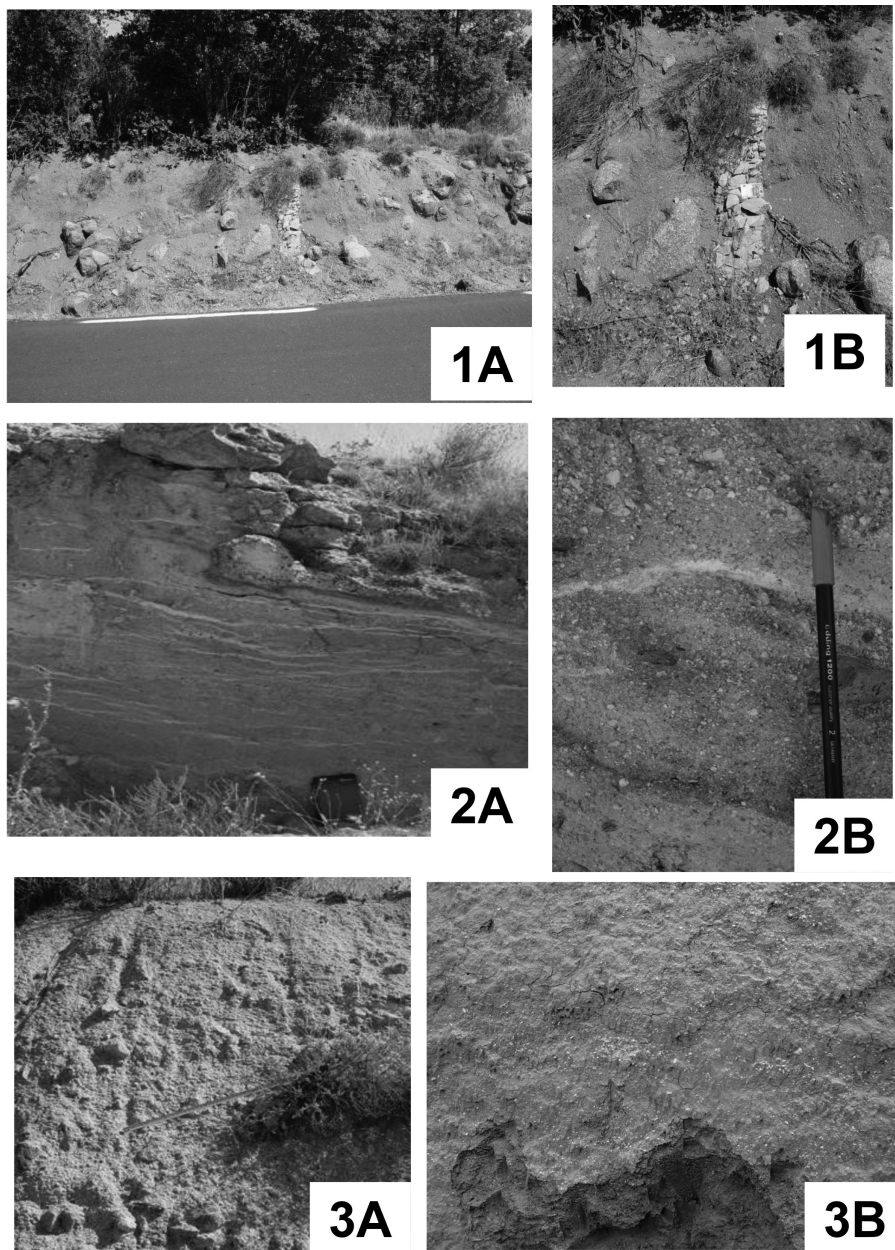


Figura 6. Unidades del sustrato precámbricas/paleozoicas y cenozoicas más representativas presentes en el área de estudio. 1, Granitoides y diques de aptitas: afloramiento (A) y textura (B); 2, Unidad de Pozanco: afloramiento (A) y textura (B), y 3: Unidad San Pedro del Arroyo: afloramiento (A) y textura (B).



Identificación y caracterización de las unidades litosímicas cenozoicas en el área de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia), sur de la Cuenca del Duero (España)

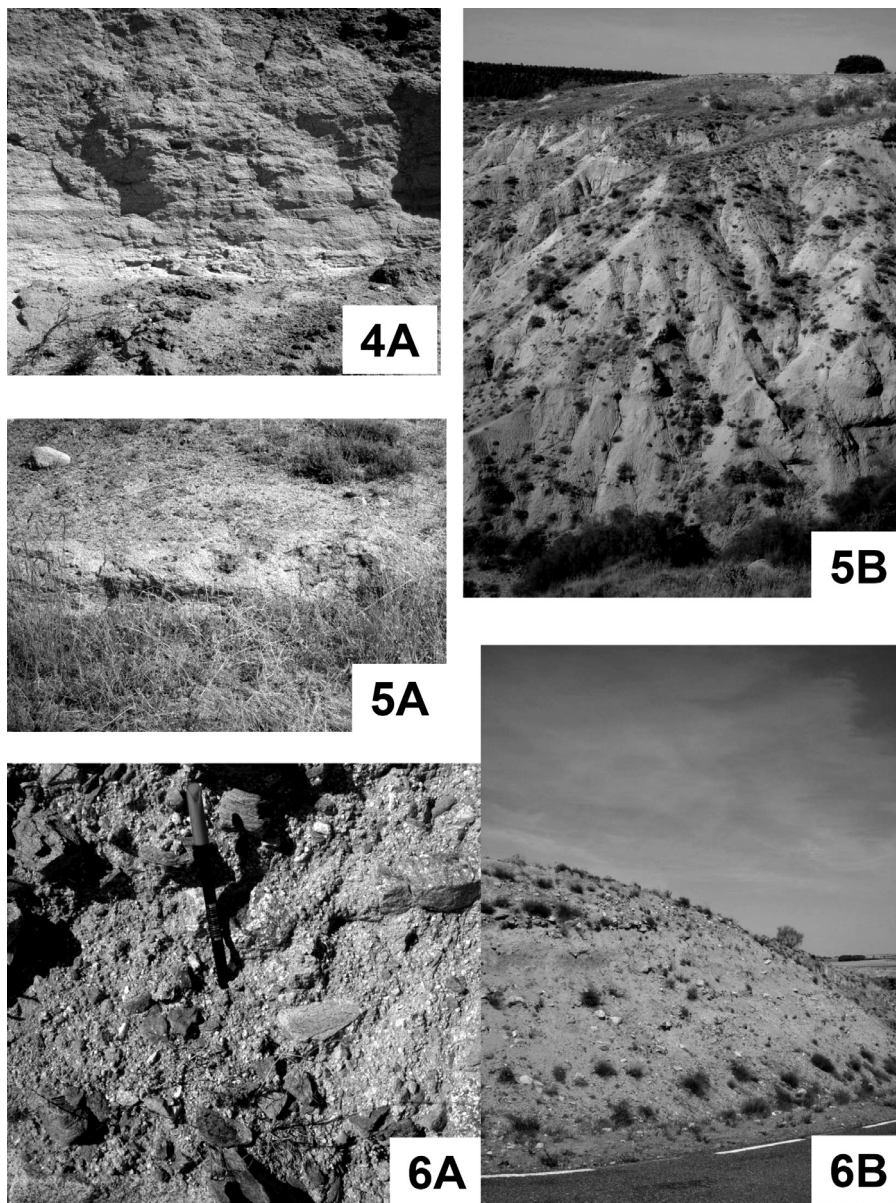


Figura 6. Unidades del sustrato precámbricas/paleozoicas y unidades cenozoicas más representativas en el área de estudio. 4, Limolitas y arenas de grano fino de Arévalo: textura (4A). Unidad de Pedraja de Portillo: textura (4B); 5, Unidad de Puente Runel: afloramiento (A) y textura (5B), y 6, Unidad de Peromingo: afloramiento (A) y textura (B).

Aunque se considere iterativo es preciso y necesario no desatender la idea del elevado número de facies, los frecuentes cambios laterales y verticales entre ellas y la variabilidad de nombres para designar a la misma unidad litoestratigráfica al cambiar de una hoja geológica a otra, a escala 1:50.000. Por ello y dado el elevado número de facies, relaciones laterales, etc., se consideró sólo describir y de forma somera aquellas unidades litoestratigráficas que hipotéticamente pudiesen estar presentes en el subsuelo basándose en la bibliografía de superficie.

## ESTRATIGRAFÍA DEL SUBSUELO

Como se indicó en los apartados anteriores en el sondeo Santiuste de San Juan Bautista realizado por TRAGSA en 1986, los parámetros registrados fueron: el gamma natural, el potencial espontáneo, la resistividad normal corta, larga lateral y monoelectrónica. La omnipresencia de feldespatos y su alto contenido en todas las fracciones que puede llegar a superar, ocasionalmente, el 50% (CARRERAS, 1979), motivó que se ejerciese un control detallado de la diagrafía de los rayos gamma con el fin de detectar con mayor precisión las posibles anomalías o cambios que pudiesen existir.

Las diagrafías originales escaneadas y redibujadas se muestran en la figura 7. Se realizó la interpretación individual de cada una y luego se cotejaron con el fin de precisar y resolver/interpretar las anomalías que se observaron.

Se obtuvo la siguiente información general:

Morfología de las diagrafías. En general, todas las diagrafías presentan una morfología aserrada y se mantienen paralelas entre ellas a lo largo del todo el sondeo aunque se aprecia un paulatino acercamiento del muro al techo de las tres diagrafías: *gamma ray* y el potencial espontáneo. Este hecho podría ser interpretado como una homogeneidad relativa de la composición de las formaciones del subsuelo a la vez que se determina un aumento de las fracciones de arena mas con matriz arcillosa.

Límites de los Tramos. Los límites entre las unidades están registrados por saltos bruscos en los valores de las diagrafías. Estos saltos se ubican a los 27, 145, 270 y 395 m respectivamente, coincidiendo con un cambio en los valores de los parámetros geofísicos y en la morfología de la diagrafía.

Litología. Es, fundamentalmente, siliciclástica, estando presentes todas las fracciones: gravas, arenas, linos y arcillas (figura 7) en mayor o menor proporción. Al relacionar estos porcentajes se observó un dominio de la fracción arena frente al resto. Ello permitió dividir la columna estratigráfica general en varios Tramos situando los límites donde se daban saltos bruscos de las diagrafías. Estas litologías mostraban una estructuración vertical que permitió diferenciar cuatro-cinco Tramos en la columna litológica del sondeo.



Identificación y caracterización de las unidades litosímicas cenozoicas en el área de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia), sur de la Cuenca del Duero (España)

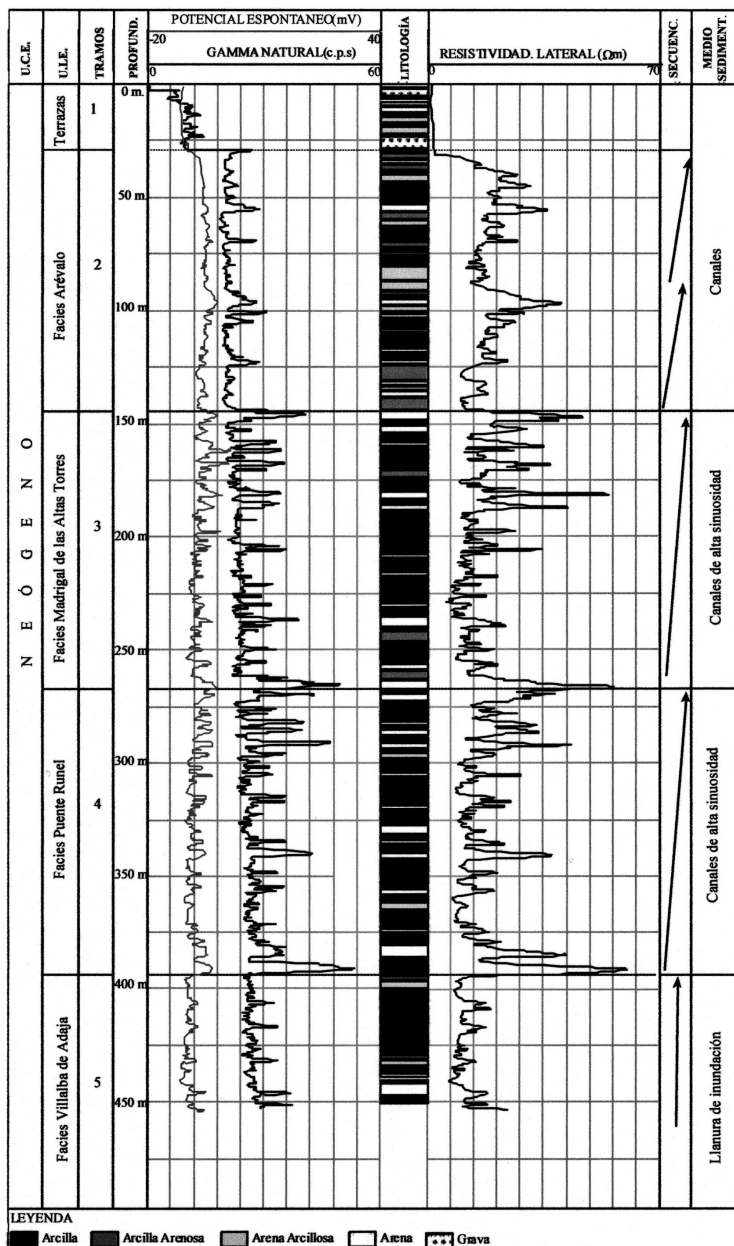


Figura 7. Representación estratigráfica del sondeo Santiuste de San Juan Bautista y características más sobresalientes. Representación de la digitalización de las diagrfías del gamma ray, potencial espontáneo y de resistividad a partir de los datos de las diagrfías originales.

Llama la atención que en los 27 primeros metros del sondeo sólo se observa la organización granocreciente de las litologías dada por el *gamma ray*. En el resto de las diagrfías desaparece la organización. Este hecho permite precisar la existencia de un entubado del pozo en estos metros durante las medidas geofísicas. Que la respuesta del *gamma ray* sea tan brusca quizás sea debido a un cambio drástico en la composición litológica o de las propiedades texturales de la formación y, en consecuencia, un cambio de unidad litoestratigráfica, puesta de manifiesto la presencia de una discontinuidad estratigráfica a la profundidad de 27 m.

El análisis de los datos de campo permitió que, en detalle, se observara una ordenación granodecreciente de las litologías aunque el *gamma ray* indica una disminución del contenido en arcillas. Son arenas de grano más fino más limpias con escasa matriz

Las secuencias pueden ser simples o compuestas y, en muchos casos, se hallan truncadas. Su espesor es muy variable oscilando entre 1 y 3 m. La identificación de la ordenación interna en los gráficos no se ha observado, no así en el campo, donde se aprecian estratificaciones cruzadas y lineaciones de los clastos mayores.

En general, se aprecia un aumento del valor tanto del potencial espontáneo como de la resistividad coincidiendo con una disminución de los valores del *gamma ray*.

#### *Diagrafía del potencial espontáneo (S.P.)*

Mantiene sus valores entre 0 y -10 mV. Se observan cuatro cambios bruscos coincidiendo con los 395, 270, 145 y 27 m, lo que permite diferenciar, de muro a techo, cinco Tramos denominados 5, 4, 3, 2 y respectivamente. El Tramo 5, con un espesor registrado de 50 m, se caracteriza por mostrar una megasecuencia granodecreciente constituida por cuatro mesosecuencias. Muestra una morfología acampanada con borde irregular aunque entre los 450 y los 420 m (tres primeras mesosecuencias) podría ser considerada casi cilíndrica.

La unidad siguiente (Tramo 4), con un espesor de aproximadamente 125 m, muestra una tendencia granodecreciente, en conjunto, aumentando el contenido de las fracciones finas. Los 125 m se ordenan en una megasecuencia granodecreciente constituida por varias mesosecuencias estrato- y granodecreciente. Su morfología acampanada queda enmascarada en los primeros 20 m al observarse un aumento del valor (mV) hasta los -3 mV, a los 395 m. Este último valor se mantiene durante 20 m y decae a los -10 mV a la profundidad de 375 m, aproximadamente. A partir de este punto decae paulatinamente hasta los 0 mV. Este Tramo se construye con electrosecuencias granodecrecientes de espesor variable, aunque hacia el techo se aprecia un predominio de la fracción arcillosa.

A partir de los 265 m se inicia el Tramo 3, que se desarrolla con un espesor de 125 m constituyendo una megasecuencia granodecreciente con morfología de campana de borde irregular y está formada por electrosecuencias con valores que varían entre 0 y 10 mV y un espesor entre 0 y 3 m. En la base del Tramo las electrosecuencias son más arenosas mientras que en el techo son más finas con aumento de la fracción arcillosa. Se aprecia una diferenciación de las electrosecuencias reconociéndose mejor las superficies de estratificación.

El Tramo 2 se inicia a los 145 m de profundidad con un salto a valores más altos no siendo nunca inferiores a los -10 mV, aunque ello no implica una disminución continua de los valores del potencial que tienden cada vez más a 0. Constituido por 95 m muy bien definidos ya que a partir de los 50 m hacia el techo se mantiene en una línea paralela al valor de -10 mV y desaparece reflejando el carácter entubado de los primeros metros del sondeo (Tramo 1).

En general, el Tramo 2 está formado por dos mesosecuencias granodecrecientes que conforman una megasecuencia granodecreciente. Con morfología no muy bien definida aunque los bordes no son tan zigzagueantes como en los Tramos anteriores.

#### *Diagrafía del gamma ray (GR)*

La escala empleada en la diagrafía del *gamma ray* durante su realización fue en unidades c.p.s. lo que lleva, gráficamente y visualmente, a dar valores más altos. Por ello, en muchos casos para reforzar la imagen se ha tomado la relación 0,3366 c.p.s./1 API como factor de reconversión de las unidades c.p.s. a unidades API.

En general, la diagrafía del S.P. mantiene un carácter granocreciente definido por una disminución de la radiactividad, de muro a techo. Presenta cuatro valores máximos remarcados por ser un salto brusco y una disminución del valor del pico. Estos saltos se dan a las profundidades de los 395, 270, 145 y 27 m, respectivamente, lo que permite definir claramente cinco Tramos y un ajuste con los límites de los Tramos de las diagrafías tanto del potencial espontáneo como de la resistividad. Los valores del *gamma ray* decaen de 52 a 7 c.p.s., primer salto registrado en los 400 hasta techo del sondeo, respectivamente. Quizá lo más característico de toda la diagrafía es el cierre, techo, de las electrofacies con saltos bruscos hacia un aumento de valores mayores de las c.p.s. y, en consecuencia, nivel de concentración de elementos radiactivos.

El Tramo 5, con el que se inicia a los 450 m de profundidad, tiene un espesor de 52 m, manifestando un cierto carácter granocreciente aunque se observa, claramente, un dominio de la fracción arcillosa que engrosa el espesor de las electrosecuencias. Su marcado paralelismo con la línea de 25 c.p.s. hace pensar en un marcado dominio de esta litología.

El Tramo 4 comienza con un salto que alcanza los valores máximos de 45 c.p.s., siendo el mayor de toda la diagráfia. El espesor de unos 125 m muestra continuos y marcados saltos hacia valores altos de c.p.s. Las electrosecuencias se presentan en rápida sucesión y siempre con marcados valores en el techo. Son de espesor pequeño y van aumentando su contenido en arena hacia el techo de la mesosecuencia. Aparentemente se aprecian tres mesosecuencias con un carácter estratodecreciente y un aumento de las fracciones finas en cada electrofacies aunque aumente el contenido total en fracciones más gruesas.

En el Tramo 3 el contenido en arena se mantiene más o menos uniforme a lo largo de los 125 m al mantenerse la gráfica paralela al valor de los 20 c.p.s. Entre ellas se intercalan niveles de arcillas con alto contenido en elementos radiactivos, marcando picos que resaltan en la diagráfia. Las electrosecuencias con ese marcado carácter granodecreciente con arenas limpias y arcillas bien diferenciadas, el espesor y la morfología aserrada sugieren medios y ambientes muy concretos como sistemas de alta sinuosidad.

El Tramo 2, entre los 147 y 28 m, se define por un dominio de la fracción arena sin apenas arcilla como matriz y por los saltos bruscos de la gráfica coincidiendo con los niveles de arcillas de escaso espesor y envergadura. Estas litologías se ordenan en electrofacies, electrosecuencias, que pueden ser reinterpretadas como granocreciente y estratocreciente. El carácter cilíndrico de las electrofacies corrobora la presencia de cuerpos arenosos separados por niveles de arcillas. Estos bancos de arena muestran niveles de arcillas que rompen la continuidad de las arenas, pero no su estructuración general. Se diferencian dos mesosecuencias al observarse un pico marcado que parte la gráfica de este Tramo en dos a la profundidad de los 100 m. Llama la atención que este punto coincide con un aumento de la resistividad lateral y una ruptura de la mesosecuencia de ese parámetro. Ello hace que permita definirse cuatro mesosecuencias que se organizan en una megasecuencia estratocreciente y granocreciente. El límite de este Tramo se define por un salto brusco y rápido hacia valores bajos de c.p.s.

El Tramo 1 sólo es definido en esta técnica ya que el sondeo está entubado. Estos bajos valores de c.p.s. que traducidos a unidades API llegan a ser de 3.3 indican que pudieran ser calizas. La ausencia de valores de resistividad no puede ser confirmada en dicha litología aunque existe esa posibilidad.

### *Diagrafía de resistividad (R)*

La diagráfia de la resistividad lateral se sitúa en valores de moderado a bajo existiendo varios picos con valores altos. Estos puntos donde alcanza los máximos valores se dan en los 390, 257 y 150 m de profundidad. Estos picos permiten diferenciar cuatro Tramos y el Tramo 5 no es posible por hallarse el sondeo entubado a partir de los 27 m hasta la superficie.

El Tramo 5 se define por sus bajos valores de resistividad dando morfologías aserradas en las electrosecuencias entre 2 y 4 m organizadas en 4 macrosecuencias con carácter estratodecreciente y granodecreciente comprendidos los valores de resistividad entre 5 y 12 ohmios/m, separadas por saltos de pequeña intensidad, no superan los 15 ohmios/m. En conjunto, la megasecuencia se caracteriza por mostrar una morfología tubular, cilíndrica, con el borde aserrado y prácticamente paralelo al valor de 5 ohmios/m ya que sólo se separa cuando la fracción arena disminuye en el sedimento.

Tramo 4, el espesor de 125 se organiza en una megasecuencia única constituida por cinco mesosecuencias, formada cada una de ellas por varias secuencias. Los valores de resistividad van creciendo hacia el techo del Tramo indicando la disminución de contenido en arenas. Se hallan, como en el Tramo 5, separadas por saltos, excursiones, rápidos y bruscos hacia valores altos de la resistividad que pueden alcanzar valores de hasta 80 ohmios/m, permitiendo definir con precisión los límites de las electrosecuencias.

Tramo 3, el límite inferior se sitúa en los 220 m, punto de máximo valor y ruptura de la gráfica con el límite superior situado a los 145 m, con otro salto máximo se limitan los 125 m de este Tramo. En general la megasecuencia es granodecreciente. Se inicia con una morfología cilíndrica aserrada que se rompe a los 180 m de profundidad y decae rápidamente en los 50 m finales formando dos mesosecuencias granodecrecientes y estratodecrecientes.

Tramo 2.- A partir del límite inferior, bien definido a los 145 m de profundidad, se desarrollan dos mesosecuencias granodecrecientes muy bien definidas conformando una megasecuencia, no estando definidos los 30 m finales al hallarse entubados.

## ANÁLISIS SECUENCIAL Y AMBIENTE SEDIMENTARIO

La sucesión estratigráfica general que resulta al cotejar las diferentes diagrfías denota que todas las diagrfías presentan, de muro a techo, cuatro Tramos, denominados 1, 2, 3 y 4, pudiendo ser definido un quinto, 5, al observar la continuidad de la diagrfía del *gamma ray*.

Al correlacionar las gráficas del GR, potencial espontáneo y resistividad en los puntos donde se delimitan las unidades (30, 145, 260 y 390 m de profundidad), existe un gran problema, ya que las dos primeras gráficas indican un material arcilloso, mientras la resistividad aumenta bruscamente a valores altos de hasta 57  $\Omega$ m.

Esta anomalía puede ser causada por la presencia de materia orgánica o bien por el alto porcentaje de cantos blandos en un cuerpo arenoso donde hay concentración de fluidos o bien por la presencia de una superficie de discontinuidad.

En general las electrosecuencias son grano- y estratocrecientes, con electrofacies con formas aserradas y dominio de la morfología embudo, que presentan una ritmicidad a lo largo de la perforación (Fig. 7).

El **Tramo 1** (0-27 m), mesosecuencia de 27 m granocreciente constituida por 5 secuencias granodecrecientes, pero marcando un claro carácter estratocreciente. Se inicia con un estrato conglomerático, aparentemente clastosoportado o con matriz arenosa. Pudiera corresponder con las terrazas de depósitos aluviales. Las corrientes de fluidos poseían la suficiente energía cinética como para mantener el transporte de los materiales de granulometría fina y depositar las fracciones gruesas limpias de partículas menores. La sucesión de dos electrosecuencias granodecrecientes creando una mesosecuencia estratocreciente indica reactivación y decaimiento de la energía de los agentes de transporte.

El **Tramo 2** (27-145 m de profundidad), la electrofacies de bordes aserrados, describe claramente la morfología cilíndrica con espesores mayores hacia muro. Las secuencias se amalgaman constituyendo la macrosecuencia al tener en el techo un aumento de arcillas, paleosuelos. El S.P. y resistividad definen bien las dos mesosecuencias, pero es el G.R. el que define cinco cuerpos arenosos separados por arcillas. En general se puede indicar que el Tramo 2 es una megasecuencia estratodecreciente con un aumento del contenido en arena a la vez que disminuye el contenido general de arcilla. La megasecuencia se constituye con tres mesosecuencias estratodecrecientes. Estas últimas se conforman con electrosecuencias granocrecientes y estratodecrecientes. Los valores del gamma natural oscilan entre 26 y 35 c.p.s., evidenciando el bajo contenido de arcilla, mientras que la resistividad presenta tres anomalías, de 35, 39 y 44,8  $\Omega\text{m}$  hacia muro, que diferencian la base y techo del tramo así como la secuencialidad. Estos intervalos podrían ser considerados como paleosuelos.

En resumen, el Tramo 2 se identifica con la Facies Arévalo en sus facies de limos y arenas de grano fino limosas, organizada por la alternancia de arenas con fangos y arcillas, depositadas en canales, amplios y poco profundos, sobre las que se hallan superpuestos discordantemente depósitos de 30 m de espesor correspondientes a depósitos de terrazas aluviales (Tramo 1).

El **Tramo 3**, con un espesor de 125 m, presenta un mejor desarrollo de la fracción arena con respecto a la de arcilla. Los altos valores de la resistividad hasta 60,2  $\Omega\text{m}$  indican la presencia de fluidos encerrados en los cuerpos arenosos; sin embargo, el gamma natural refleja un aumento de picos que se saltan hacia valores de arcillas (paleosuelos), lo cual puede indicar que este tramo es un secuencia compuesta por arenas arcósicas, básicamente, con

matriz arcillosa y con niveles de arcilla intercalados con procesos de edafización desarrollados, cementaciones.

El Tramo 3, en conjunto, constituye una megasecuencia, cilíndrica, muy aserrada y con rápidas excursiones hacia las arcillas, saltos muy marcados. El leve carácter granocreciente que muestra la megasecuencia entre los 145 y los 200 m de profundidad, remarcada por el G. R., contrasta con el aumento de arcilla que anuncian el S.P. y la resistividad. Este hecho, aparentemente paradójico, puede estar indicando un contenido en niveles de arena más limpios separados por niveles arcillosos.

El espesor de las secuencias y mesosecuencias, el contenido en arena, el carácter granodecreciente y el desarrollo de paleosuelos a techo de la secuencia, etc., pudieran ser interpretados como sistemas arenosos de mediana a alta sinuosidad.

En resumen, en este Tramo 3 la presencia de arenas bien lavadas, cantos blandos, arcosas, dispuestos de manera granocreciente, curvas aserradas, morfología de electrofacies acampanadas permiten asimilarlo a depósitos formados por un sistema fluvial con sinuosidad relativamente alta, el cual es identificado con la Facies de Madrigal de las Altas Torres.

El **Tramo 4**, el límite superior se sitúa a una profundidad de 270 m y el inferior a 395 m, entre ellos se desarrolla una megasecuencia, cilíndrica y aserrada, de 125 m, constituida por tres mesosecuencias estratodecrecientes formada cada una por macrosecuencias granodecrecientes separadas por planos de estratificación muy bien definidos.

En general, la similitud de las del S.P., G.R. y resistividad con las del Tramo 3 es tal que parecen casi iguales. Se diferencian tan solo en los valores de los parámetros con los saltos bruscos de la resistividad inferior a 33  $\Omega$ m.

La morfología de las electrosecuencias se caracteriza por ser cilíndricas aserradas diferenciándose bien las granulometrías finas de las gruesas. La persistencia de los saltos de la resistividad hacia valores altos, rápidos y fugaces, hace pensar en niveles parcialmente endurecidos dando características aparentes de paleosuelos. Por otro lado, el inicio de las secuencias que parece irse hacia altos valores de la resistividad hace sospechar la posibilidad de la presencia de abundantes cantos blandos en la base.

El hecho de aparecer secuencias constituidas por granulometrías de arenas, formando cuerpos separados por niveles de arcillas con valores altos de resistividad, podría ser interpretado como depósitos de sistemas fluviales con sinuosidad relativamente alta, bien confinados con desarrollo de llanuras de inundación correspondientes o bien al relleno de los canales al abandonarse o bien a los desbordamientos. Estas características permiten asimilar este Tramo 4 a la Facies de Puente Runel.



Si se considera que el Tramo 4 fuese una repetición del Tramo 3 o viceversa implicaría la presencia de una falla que hace repetir la unidad. Aparentemente que el espesor sea el mismo y la morfología de las gráficas muy similar hacen pensar en esta posibilidad. Sin embargo, la continuidad de la gráfica en el punto donde se supone que debería estar la falla no aboga por esta hipótesis. Por ello se ha decidido, dado el espesor de las unidades en superficie, que estas coincidencias en los espesores y similitudes se deben más a los cambios, de facies, etc., que a la existencia de una deformación frágil.

El **Tramo 5** se diferencia del anterior por presentar valores de resistividad muy bajos, inferiores siempre a los 15, los del S.P. inferiores a los -10 mV y los del G.R. inferiores a los 30 c.p.s. Muestra una mesosecuencia de 60 m de espesor, cilíndrica con bordes aserrados, limitada en el techo por un salto del *gamma ray* muy alto, el mayor de toda la diagráfia. El límite inferior se desconoce al terminar la diagráfia en los 450 m.

La mesosecuencia se conforma por cuatro macrosecuencias con desarrollo muy marcado de la fracción arena alternando con los de arcilla también marcados, rápidos y bruscos. Hace pensar en una uniformidad litológica, arcosas, con un tamaño de arena medio o grueso, ordenadas en cuerpos arenosos con matriz y niveles arcillosos limitados por superficies erosivas remarcadas sobre los niveles más arcillosos.

Todo el conjunto (carácter de las electrofacies, espesores, secuencialidad, etc.) hace interpretarlo como sistemas canalizados trenzados con o sin desarrollo de llanuras de inundación. Estas características llevan a hacerlo similar a las facies canalizadas de las Facies de Villalba de Adaja.

## CONCLUSIONES

Las diagráfias muestran depósitos con un valor más o menos constante de elementos radiactivos (feldespatos, arcillas...), lo que corrobora el desmantelamiento de áreas madres granitoides y metamórficas. Lo que confiere a las diagráfias un carácter litológico, textural, petrológico, etc., muy similar, traducido en la similitud de las gráficas en las unidades litosísmicas diferenciadas.

Las características morfológicas de las curvas permiten definir varias unidades litosísmicas (Tramos 1, 2, 3, 4 y 5, definidas de techo a muro), que se hacen asimilables a las unidades de terrazas aluviales, Facies de Arévalo, Facies de Madrigal de las Altas Torres, Facies de Puente Runel y Facies de Villalba de Adaja, respectivamente definidas por autores anteriores

Es difícil determinar la posición de los niveles carbonatados dado que el tipo de cementación existente es por carbonato cálcico.

Los cuerpos arenosos intercalados entre las arcillas representan los entrapamientos de los fluidos y constituyen, en la mayoría de los casos, los acuíferos de la región.



## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de la investigación llevada a cabo con la financiación del Proyecto I+D, CGL2004-07066-CO2-01 BTE.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO GAVILÁN, G. (1980): *Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno en el borde suroccidental de la cuenca del Duero, provincia de Salamanca*. Fac. Ciencias. Univ. Salamanca. Inédita, 430 pp.
- ALONSO GAVILÁN, G.; ARMENTEROS, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; HUERTA, P.; & RODRÍGUEZ, J. M. (2004): Cuenca del Duero. *In: Geología de España* (edit. VERA, J. A.). SGE-IGME, Madrid, 550-554 pp.
- ARACIL, E. (1990): El empleo de las diagracias para la identificación del Cretácico entre la cordillera Ibérica y la sierra de Altomira. *Geogaceta*, 8: 79-80.
- ARACIL, E.; LÓPEZ MENDIETA, F.; LILLO RAMOS, F. J.; ALONSO GAVILÁN, G. & COLMENERO, J. R. (2001): El agua en la Armuña Chica (Salamanca), estudio geológico y estructural para conocer la problemática. Asociación Española de Hidrogeólogos. Ed. A. FERNÁNDEZ URÍA. *Comunicaciones de VII Simposio de Hidrología*, Murcia.
- ASQUITH, G. (1982): Basic well log analysis for geologist. A.A.P.G. *Methods in Exploration*, Series n.º 5. 198 pp.
- ASQUITH, G. & KRYGOWSKI, D. (2004): Basic well log analysis. A.A.P.G. *Methods in Exploration*, Serie n.º 16. 2.ª edición. 255 pp.
- BABIN VICH, R. & GÓMEZ ORTIZ, D. (1997): La tectónica alpina en el borde norte del Sistema Central español y su enlace con la cuenca del Duero. *Estudios Geol.*, 53: 221-228.
- BÁRCENA, M. A.; ARMENTEROS, I.; BLANCO, J. A. & SUÁREZ, M. (2002): Quistes de Chrysophyta y diatomeas en la unidad carbonatada de Arévalo (cuenca del Duero, Vallesiense): interpretación paleontológica. *XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. II Congreso Ibérico de Paleontología. Libro de Resúmenes*. Interim Colloquium R.C.A.N.S. Regional Committee on Atlantic Neogene Stratigraphy. Salamanca, 2002.
- CARBALLEIRA, J.; CORRALES, I.; CORROCHANO, A. & POL, C. (1983): Los sistemas deposicionales terciarios de la depresión de Peñaranda-Alba y sus relaciones con la fracturación. *Stud. Geol. Salmant.*, 16: 187-199.
- CARRERAS, F. (1979): Memoria de la hoja 481 (Nava de Arévalo). Mapa Geológico de España E 1:50,000. IGME. Minist. Industria, Madrid.
- CARRERAS, F.; OLIVÉ, A. & FERNÁNDEZ CARRASCO, I., (1979): Cartografía Geológica de la hoja 481 (Nava de Arévalo). Mapa Geológico de España E 1:50,000. IGME. Minist. Industria, Madrid.
- COLMENERO, J. M.; RODRÍGUEZ, J. R.; GÓMEZ, J. J. & CARRASCO, P. (2001): Estratigrafía del subsuelo y evolución sedimentaria del sector sur de la cuenca terciaria del Duero. *Geotemas*, 3 (1): 129-132.

- CORRALES, I. (1979): El Mioceno al sur del río Duero (sector occidental de la cuenca del Duero). *I Reunión Regional Geol. Cuenca del Duero. Libro Guía de Excursiones*: 25 pp.
- CORRALES, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; POL, C. & ARMENTEROS, I. (1978): Las facies miocenas del sector Sur de la cuenca del Duero. *Publicaciones del Departamento de Estratigrafía*. Universidad de Salamanca, p. 15.
- CORROCHANO, A. & CARBALLEIRA, J. (1983): Las depresiones del borde suroccidental de la cuenca del Duero. *In: Libro Jubilar J. M. Ríos Geología de España*, tomo II. ITGM, pp. 517-521.
- CORROCHANO, A.; CARBALLEIRA, J.; POL, C. & CORRALES, I. (1983): Los sistemas deposicionales terciarios de la depresión de Peñaranda-Alba y sus relaciones con la fracturación. *Stud. Geol. Salmant.*, XIX: 187-199.
- DÍAZ CURIEL, J. M.; MIGUEL, M. J.; DOMÍNGUEZ, S. & CAPARRINI, N. (1998): Correlación automática de sondeos mediante diagráfias en el sur de la cuenca del Duero. *Bol. Geol. Min.*, 109 (3): 227-242.
- GARZÓN, G.; UBANELL, A. G. & ROSALES, F. (1981): Morfoestructura y sedimentación terciarias en el valle de Amblés (Sistema Central español). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 7: 655-665.
- GUÍA ESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL (2001): Guía Estratigráfica Internacional: versión abreviada. Ed. S. Reguant y R. Ortiz. *Bol. Geol. Soc. España*, 14 (3-4): 270-293.
- IGME (1980): *Investigación hidrogeológica de la cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12*. (Plan Nac. de Inv. de Aguas Subterráneas). Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
- HERRERO MATÍAS, M. (1996): *La sierra de Ávila, geomorfología del área de contacto del Sistema Central y de la cuenca del Duero entre los ríos Adaja y Tormes*. Diputación Provincial de Ávila, Institución Gran Duque de Alba, 223 pp.
- OLIVÉ, A. & CARRERAS, F. (1979): Cartografía de la hoja 455, Arévalo. IGME, Madrid.
- OLIVÉ, A. & PORTERO, J. M. (1979): Memoria de la hoja 455 Arévalo a escala 1/50.000. Serie Magna. IGME. Minist. Industria, Madrid.
- POL, C.; CORRALES, I., CORROCHANO, A. & CARBALLEIRA, J. (1977): Las facies detríticas del Mioceno del sector sur de la cuenca del Duero. *VII Congr. Nac. Sedimentología*. Oviedo-León.
- PORTERO GARCÍA, J. M & AZNAR AGUILERA, J. M. (1984): Evolución morfotectónica y sedimentación terciarias en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tajo). *I Congreso Español de Geología*, tomo III: 253-263.
- PORTERO GARCÍA, J. M.; DEL OLMO ZAMORA & P. OLIVÉ, A. (1983): El Neógeno de la transversal Norte-Sur de la cuenca del Duero. *In: Libro Jubilar J. M. Ríos Geología de España*, tomo II. ITGM, pp. 494-502.
- RIDER, M. H. (2004): *The geological interpretation of well logs*. Whittles Publishing, 174 pp.
- SERRA, O. (1984): The acquisitions of logging data. *In: Petroleum Science*, vol. 15A, 423 pp., 497 figs., 45 tables, 7 appendices with 32 figs, index and glossary. Elsevier, Amsterdam.

Identificación y caracterización de las unidades litosísmicas cenozoicas en el área de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia), sur de la Cuenca del Duero (España)

SERRA, O. (1985): *Diagraphies différées. Bases de l'interprétation. Tome 2 Interprétation des données diagraphiques*. Bull. Centres Rech. Explor-Prod. Elf- Aquitaine, 630 pp.

SERRA, O. & SAMSULPICE, O. (1975): *Sedimentological analysis of shale sand series from well logs transitions*. SPWLA, 16 TH. Ann. Log Symp. Trans., paper W, 23 pp., 13 figs, Houston, Texas.