



# APORTACIONES GEOLÓGICAS A LAS INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS EN COCA (SEGOVIA)

Andrés DÍEZ HERRERO

Departamento de Investigación y  
Prospectiva Geocientífica  
Instituto Geológico y Minero de España

## 1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, las investigaciones arqueológicas han considerado el medio físico, y en particular el medio físico abiótico (clima, geología, geomorfología, hidrología...) como un factor condicionante en la ubicación de los asentamientos humanos, y la disposición y características de los yacimientos. Pero esta consideración se ha hecho clásicamente tomando dichas variables ambientales como condicionantes estáticos y pasivos, en una foto fija de cuál fue su influencia en el momento de formación de dichos asentamientos o restos. Así, se estudiaba cómo la configuración geomorfológica (cerro, colina, cañón fluvial...) condicionó la ubicación de los asentamientos en uno u otro lugar (Maroto, 1992); cómo el acceso al agua supuso la creación de rutas de tránsito; o cómo la orientación respecto a los vientos o la insolación, pudo suponer un condicionante de los hábitats y modelos de movilidad (García Moreno, 2008).

Sin embargo, en las últimas décadas se ha producido el resurgimiento de una disciplina que profundiza más en las relaciones entre los restos arqueológicos y los condicionantes del medio físico abiótico: la Geoarqueología. En las investigaciones más recientes de esta disciplina, el medio físico abiótico ha pasado de ser un condicionante estático e inerte, fijo en el tiempo, a ser una variable dinámica y activa no sólo en la localización de asentamientos, sino en sus características e incluso en su abandono o traslado. A partir de estudios detallados de las secuencias arqueológicas, en las que la interpretación sedimentológica de facies y estructuras permiten reconstruir paleoambientalmente el registro, se han llegado a detectar y caracterizar procesos geodinámicos activos durante la época en la que se produjo el asentamiento. Incluso se han estudiado eventos extremos ocurridos en esta secuencia de procesos geodinámicos (paleoinundaciones, paleoterremotos, paleotsunamis, paleocolapsos, etc.), que han condicionado sobremano la disposición del yacimiento arqueológico y/o su posterior evolución en el tiempo (Silva *et al.*, 2009; Génova *et al.*, 2011).

Nuestro país y los investigadores españoles no han sido ajenos a estas nuevas tendencias, y en las últimas décadas se ha producido una verdadera eclosión de los estudios geoarqueológicos. Auge que se ha plasmado, no sólo en la publicación de artículos de investigación con esta nueva visión en prestigiosas revistas internacionales centradas en esta



temática, como *Geoarchaeology*, *Journal of Archaeological Science* o *Archaeol Prospect*, sino también en la realización de diversas tesis doctorales sobre esta subdisciplina, la celebración de congresos monotemáticos (Reuniones Nacionales de Geoarqueología, Pérez González *et al.*, 2005; «Primer Encuentro Internacional en Arqueosismología», Baelo Claudia 2009) y sesiones específicas en otras reuniones (como la celebrada dentro de la XII Reunión Nacional de AEQUA, Ávila 2007); la edición de monográficos («Avances en Geoarqueología en la Península Ibérica»; Lario y Baena, 2008); creación de grupos de trabajo en sociedades científicas («Grupo de Geoarqueología» de la AEQUA); etc.

En esta línea de pensamiento moderna de la Geoarqueología, el presente artículo pretende recopilar en un único documento, los resultados y notas fruto de investigaciones llevadas a cabo a lo largo de los últimos 17 años en la villa de Coca (Segovia) y su entorno, sobre aspectos geológicos y geomorfológicos de interés en el estudio y comprensión de algunos de sus yacimientos arqueológicos. Tras una introducción general a la zona de estudio, se estructura en dos grandes conjuntos de aportaciones de la geología a la arqueología, correspondientes a sendas líneas de investigación distintas, aparentemente inconexas, aunque complementarias: la génesis y dinámica del manto arenoso de la Tierra de Pinares; y la evolución reciente de las llanuras aluviales de los ríos Eresma y Voltoya, y su relación con los yacimientos arqueológicos. Cada una de estas dos aportaciones se ha investigado con una metodología y técnicas específicas, que se expondrán detalladamente en cada apartado, así como unos resultados y discusión por separado. Para finalizar, se obtendrán unas conclusiones conjuntas, avanzando cuáles deben ser las líneas que, a juicio del autor, deben seguir las investigaciones en el futuro. Todas las investigaciones y resultados aquí contenidos tienen que considerarse, en todo caso, preliminares y provisionales, ya que a pesar de haber sido recogidos y analizados a lo largo de más de una década y media, precisan en su mayoría de estudios más detallados y empleando técnicas específicas que a día de hoy no se han realizado por limitaciones presupuestarias o técnicas.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO: LA VILLA DE COCA Y SU ENTORNO

La villa de Coca se ubica desde el punto de vista geográfico en ámbito central de la península Ibérica, en el sector centro-meridional de la submeseta Norte, cerca del contacto de las campiñas y planicies de la depresión del Duero (Tierra de Pinares occidental) con las primeras estribaciones de los macizos satélites del Sistema Central, y no muy lejos de los páramos de Íscar y Olmedo. Desde el punto de vista hidrográfico se sitúa en la cuenca del río Duero, discurrendo por las inmediaciones del núcleo de población dos importantes tributarios de este río por su margen izquierda: el río Eresma y su caudaloso afluente el río Voltoya. Ambos confluyen precisamente al pie de la altiplanicie donde se ubica la Villa (Figura 1).

Geológicamente, los materiales y estructuras que afloran en la villa de Coca y su entorno forman parte de una de las tres grandes unidades de la península Ibérica: las cuencas sedimentarias cenozoicas (anteriormente denominadas 'terciarias'). La comarca

de Coca se ubica en el sector sur-central de la cuenca sedimentaria cenozoica intraplaca del Duero, formada fundamentalmente en superficie por materiales sedimentarios pliocenos y cuaternarios de naturaleza detrítica (arenas, con gravas y limos) y origen aluvial con removilización eólica. Estas litologías se encuentran suprayacentes sobre facies conglomeráticas, arenosas, limosas, margosas, yesíferas y calcodolomíticas, que constituyen los depósitos medios y distales de abanicos aluviales paleógenos y miocenos; o sobre materiales propios de los macizos satélites del Sistema Central, tales como: pizarras metamórficas, cuarcitas, granitoides, cuarzoarenitas, areniscas dolomíticas, dolomías, calizas y margas. Buena muestra de todos estos tipos de rocas, utilizados como material de construcción, se encuentra en los edificios y elementos monumentales de la propia Villa, como la muralla, el castillo, las iglesias y viviendas.

En concreto, en la villa de Coca y su entorno aflora una característica sucesión de rocas sedimentarias con disposición subhorizontal en cuya secuencia vertical se sitúan, de abajo a arriba (Figura 1; Pérez González y Elízaga, 1982):

- \* *TBb-Bc1 C11-II*, areniscas fangosas ocre y arcosas blanquecinas ('facies de Puente Runel'), con edad de Astaraciense a Vallesiense inferior (en torno a 13 a 10,7 millones de años); corresponden a facies medias-distales de abanicos aluviales en transición a facies distales ('facies Cuestas'), con la particularidad en Coca de adquirir coloraciones rojizas y frecuentes laminaciones cruzadas de surco, consecuencia de la proximidad del macizo de Santa María. En estas facies es frecuente la aparición de restos fósiles de quelonios (peto, espaldar, vértebras, huesos de miembros y cintura...) de gran tamaño (caparzones que sobrepasan un metro), pertenecientes a los géneros *Cheirogaster* y *Testudo*, y encontrados de forma casual por vecinos de Coca y Villeguillo en 1969, 1970, 1972 y 1988; además aparecieron restos de rinoceronte (*Dicerorhinus sanseniensis*) y suidos (*Listriodon splendens*). Todo este material se puede encontrar depositado en la Sala de las Tortugas de la Facultad de Ciencias (Universidad de Salamanca), creada por el afamado paleoqueloniólogo Emiliano Jiménez Fuentes (Jiménez, 1971, 1984, 1992; Cuesta *et al.*, 1983; Jiménez *et al.*, 1988, 1989 y 1993).
- \* *TBb2-Bc2 ma C11-II*, margas gris-verdosas con ostrácodos, margas y calizas ('facies Cuestas s.l.'). con edad Astaraciense superior y Vallesiense; corresponden a facies distales de abanicos aluviales con abundantísimos ostrácodos salinos, que constituyen a veces niveles de lumaquelas.
- \* *Facies Arévalo Q<sub>1</sub>S<sub>16</sub> y Q<sub>1</sub>S<sub>17</sub>*, arenas arcósicas y subarcósicas, con edad Plioceno y Pleistoceno; corresponden a facies aluviales de corrientes entrelazadas.
- \* *Arenas eólicas de la Tierra de Pinares, Q<sub>2</sub>D*, arenas arcósicas y subarcósicas, con edad Pleistoceno superior a Holoceno; corresponden a una removilización eólica de las facies Arévalo y otras formaciones próximas.
- \* *Depósitos aluviales de fondo de valle*, arenas, gravas, limos y arcillas, con edad Pleistoceno superior a Holoceno; corresponden con las facies de canal, llanura de inundación y aportes coluvionales de ladera, ocupando el fondo de los valles y gargantas de los ríos. También se engloban en este conjunto las facies aluviales de terrazas colgadas encajadas en la superficie de Coca-Arevalo (*Q<sub>2</sub>T<sub>18</sub>*).

Precisamente estos dos últimos conjuntos litológicos más recientes son el objeto de estudio detallado de este artículo, por lo que sus características e implicaciones arqueológicas serán desarrolladas en los siguientes apartados.

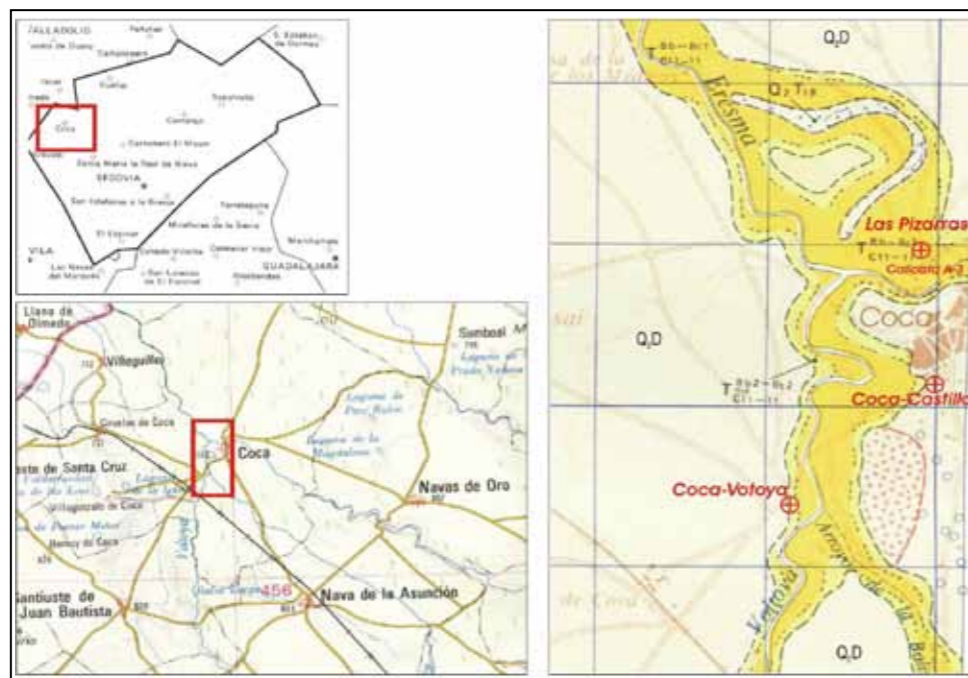


Figura 1. Mapas de situación geográfica de la villa de Coca, en el sector noroccidental de la provincia de Segovia (arriba a la izquierda), en la confluencia de los ríos Eresma y Voltoya (abajo a la izquierda), y mapa geológico de la misma (derecha; Pérez González y Elízaga, 1982; ver explicación de la leyenda en el texto). Los símbolos con las cruces circunscritas marcan la posición de los tres principales afloramientos estudiados.

Los principales acontecimientos de la historia geológica reciente (Cenozoico) que tienen su reflejo en los materiales y estructuras aflorantes en Coca, pueden dividirse en cinco episodios principales (Figura 2):

- 1) Durante el Mioceno medio la zona estaba ocupada por paisajes de llanuras de sabana, con charcas efímeras y áreas con aguas limpias, en cuyos alrededores se desarrollaría una vegetación densa, bajo un clima de estaciones contrastadas (húmeda y seca). En ellas vivían los grandes quelonios y mamíferos, cuyos restos se encuentran fosilizados actualmente.
- 2) Durante el Pleistoceno inferior, anchos ríos entrelazados surcaban esta planicie aluvial con un clima alternante de periodos fríos y templados.
- 3) Durante el Pleistoceno medio-superior, los ríos anchos y entrelazados alternan con zonas de removilización eólica con dunas y mantos arenosos.
- 4) Durante el Pleistoceno superior e inicio del Holoceno, los ríos quedan restringidos a

estrechos valles, entre los que predomina la acción de los vientos, removilizando las arenas en grandes campos de dunas.

- 5) A lo largo del Holoceno, los principales ríos excavan sus valles en profundas y estrechas gargantas que atraviesan toda la serie sedimentaria, dejando al descubierto muchas de las rocas formadas en anteriores etapas.

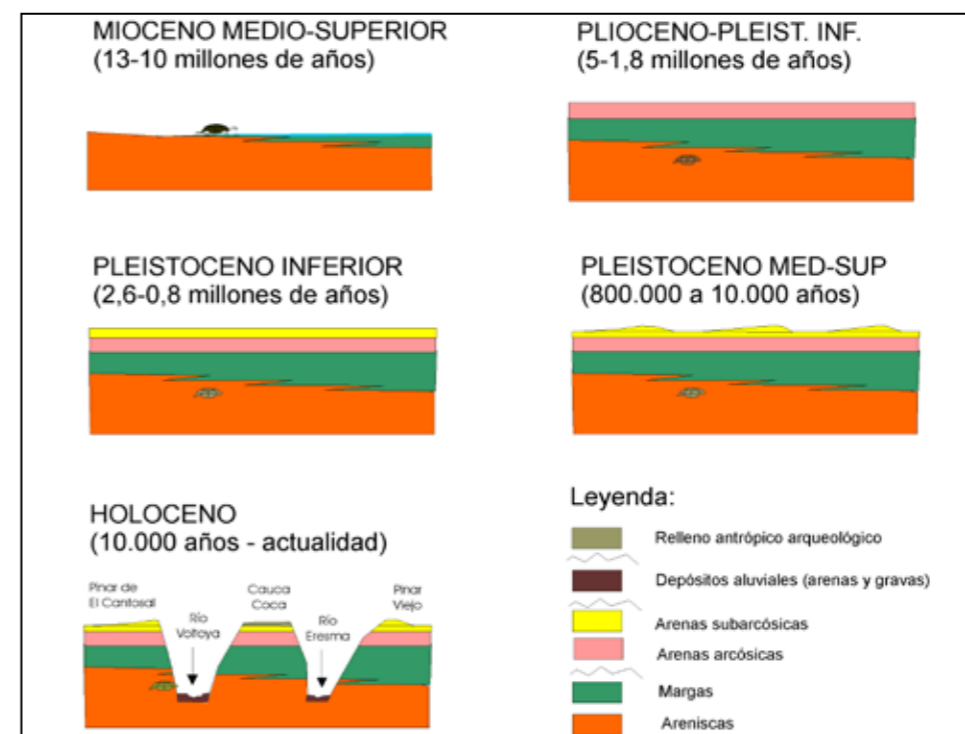


Figura 2. Secuencia de cortes geológicos simplificados de las principales etapas en la historia geológica de la villa de Coca y su entorno. Ver explicación de cada etapa en el texto.

### 3. GÉNESIS Y DINÁMICA DEL MANTO ARENOSO DE LA TIERRA DE PINARES EN COCA Y SU RELACIÓN CON LOS YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS

La Tierra de Pinares es una comarca natural situada en la submeseta septentrional, comprendiendo parte de las actuales provincias de Segovia, Valladolid y Ávila (comunidad autónoma de Castilla y León). Con una extensión de unos 1.780 km<sup>2</sup> (Martín Escorza, 2003-2004 y 2008), presenta cartográficamente una morfología toscamente trapezoidal, elongada en dirección este-oeste, y limitada al este, norte y oeste por los ríos Duratón, Duero y Zapardiel, respectivamente. La característica más relevante de la comarca, y de la cual toma el nombre, es la presencia de una extensa y continua masa forestal de pino resinero (*Pinus pinaster*), junto al que aparece en menor proporción el pino piñonero (*Pinus pinea*).

La mayor parte de la comarca se asienta sobre un manto arenoso discontinuo y de diferente espesor, entre unos pocos centímetros y medio centenar de metros (Burgomillado).

### 3.1. Antecedentes

Los primeros trabajos conocidos de índole geológico-geomorfológica sobre el manto arenoso superficial de la Tierra de Pinares se remontan a mediados-finales del siglo XIX e inicios del XX: Prado (1854) y Cortázar (1877 y 1891) atribuyen su génesis a aguas corrientes y vientos reinantes, asignándole una edad diluvial; Hernández-Pacheco (1923) y Royo (1933) relacionan los mantos con vientos dominantes del NO y SE, ríos y torrentes, con una edad de inicios del Cuaternario (distintas glaciaciones) a la actualidad.

Durante la década de los 60 y 70 los estudios se intensifican y concretan. Así, Bravard (1965, 1966) afirma que son fruto de la erosión de los materiales miocenos (Cuaternario inferior y medio), y de la acción de los ríos y el viento con oscilación de las condiciones climáticas. Aleixandre *et al.* (1971) mencionan el transporte fluvial (Cuaternario medio) seguido por un retoque eólico, pasando por ciclos secos (desprovistos de vegetación) y húmedos (donde se moviliza el hierro). Casas *et al.* (1972) citan como causa la removilización fluvial a una distancia corta de sedimentos eólicos que recubrían el terciario. Por su parte Alcalá del Olmo (1972 y 1974) recurre nuevamente al transporte eólico y posterior removimiento hidrodinámico. García Abad y Rey (1973) las atribuye a removilización eólica de facies fluviales (Pleistoceno medio-superior).

Las interpretaciones más modernas datan de la década de los 80 y principios de los 90. Pérez González (1979b y 1982) menciona una removilización eólica, mediante vientos procedentes del SO, de depósitos de terrazas y arcosas miocenas (Pleistoceno medio-Holoceno). Olivé *et al.* (1982) recurre a la removilización eólica en vientos procedentes del SO (Pleistoceno superior). Calonge (1987) las relaciona con ríos anastomosados y abanicos aluviales (glaciaciones y períodos interglaciares) y una posterior removilización eólica (finiwurmiense), actualmente retocado por vientos holocenos. Otras matizaciones recurren a una removilización eólica por vientos procedentes del SO, con pequeñas fluctuaciones de vientos procedentes del oeste y edad Pleistoceno superior-Holoceno (Fernández, 1987; ITGE, 1989). Por último, Gutiérrez (1994) incide sobre la idea de la removilización eólica en condiciones climáticas no excesivamente secas (Pleistoceno medio-actualidad).

La última generación de trabajos sobre la Tierra de Pinares parten del hecho de haber conseguido la datación absoluta de las fases de removilización eólica de las arenas (Díez y Bateman, 1998; Bateman y Díez-Herrero, 1999 y 2001; Díez Herrero *et al.*, 2002), su cartografía geomorfológica detallada (Calonge y Díez, 2002; Bernat *et al.*, 2003; Bernat y Pérez-González, 2005 y 2008; Martín Escorza, 2003-2004), y la aplicación de diferentes modelos de ambientes sedimentarios (Temiño *et al.*, 1997; García-Hidalgo *et al.*, 2002 y 2007; Desir *et al.*, 2003; Gutiérrez-Elorza *et al.*, 2005).

### 3.2. Materiales y métodos de estudio

Para el estudio del manto arenoso de la Tierra de Pinares en Coca se seleccionaron dos de los escasos afloramientos del entorno de la villa, de interés por las condiciones de acceso y elementos expuestos. Hay que señalar que ambos afloramientos han sido recientemente destruidos por obras de acondicionamiento de un antiguo vertedero y de ajardinamiento de zona próxima a una urbanización; por lo que en la actualidad es imposible repetir su descripción y muestreo.

El primero de ellos, llamado “Coca-Voltoya” (Figura 3), se situaba al SO del casco urbano, como parte culminante de la ladera izquierda en el valle del río Voltoya donde es cruzado por la carretera local en dirección a Santiuste de San Juan Bautista (longitud 4° 31' 59.4" W; latitud 41° 12' 27.9" N; altitud 787 msnm). Presentaba una potencia total de unos 10 m, de los que la parte inferior está constituida por arcillas margosas verde-grisáceas miocenas, sobre las que se sitúan arenas arcósicas gruesas con intercalaciones de arcillas y gravas; la parte superior del talud está ocupada por arenas medias arcósicas con marcadas estructuras sedimentarias de alto ángulo, que se ven interrumpidas por el desarrollo del suelo edáfico actual.



Figura 3. Afloramiento “Coca-Voltoya” del manto arenoso de la Tierra de Pinares en su situación original (izquierda), y aspecto actual una vez destruido (derecha).

El segundo de los afloramientos estudiados, llamado “Coca-Castillo” (Figura 4), se situaba en un pequeño escalón del talud izquierdo de esa misma carretera hacia Santiuste (Carretera de la Estación), pero justo enfrente del Castillo, próximo a una gasolinera (longitud 4° 31' 43.2" W; latitud 41° 12' 48.3" N; altitud 792 msnm). Presentaba una potencia visible de unos 5 m, formado exclusivamente por arenas arcósicas con estructuras sedimentarias especialmente visibles. Parecía corresponder a un pequeño frente para la extracción de arenas dedicado a obras locales.



Figura 4. Afloramiento "Coca-Castillo" del manto arenoso de la Tierra de Pinares en su situación original (izquierda), y aspecto actual una vez tapado (derecha).

Recientemente ha quedado al descubierto un tercer afloramiento de mucho interés, con motivo del derrumbe de parte del graderío del antiguo campo de fútbol próximo al Castillo tras una intensa tormenta en 2007 (Figura 5). Sin embargo, la falta de financiación para realizar nuevos muestreos y dataciones, han impedido su estudio detallado antes de ser tapado.



Figura 5. Afloramiento del talud del parque en el graderío hacia el antiguo campo de fútbol, que quedó al descubierto tras el derrumbe motivado por la tormenta de 2007, donde se pueden distinguir los tres niveles de subarcosas pleistocenas (abajo), arcosas del manto eólico, y el relleno antrópico.

Con respecto a la metodología, además de los clásicos pasos previos de recopilación bibliográfica, revisión cartográfica y estudio de itinerarios de campo, las técnicas de trabajo se han centrado en dos aspectos: el análisis sedimentológico (levantamiento de columnas estratigráficas, medida de paleocorrientes, análisis granulométrico y petrológico), y la datación de los materiales mediante luminiscencia (toma de muestras, tratamiento químico, estimación de ED por el método de dosis aditiva, y análisis ICP-MS).

El análisis granulométrico se realizó con una torre de 8 tamices Eurotamiz normalizados entre 8 y 0,0625 mm de luz de malla, empleando un agitador analógico CISA

RP.08 (SieveShaker), con intensidad 9/10 durante 20 minutos; las fracciones se pesaron en una báscula granataria de gramo Kern 442-51. Las medidas de paleocorrientes se hicieron con una brújula geológica Silva mod Ranger 15TDCL-L, provista de clinómetro.

Las muestras para datación por luminiscencia fueron tomadas y preparadas mediante procedimientos estandarizados. Se midieron en un lector de luminiscencia Riso ajustado con una fuente beta de  $Sr^{90}$ . Toda la luminiscencia se monitorizó mediante un filtro Hoya U-340, mientras que la estimulación óptica de luz verde (OSL-GLSL) se suministró a través de una lámpara halógena de 75 W con filtros GG420 y de interferencia. Las dosis de radiación acumulada o paleodosi ( $D_e$ ) se determinaron tanto por dosis aditiva multi-alícuota (MAAD) para TL, como alícuota sencilla (SAAD) para GLSL. Las tasas de dosis (dosis anuales de fondo) se calcularon mediante ICP para uranio y torio, y mediante AAS para el potasio.

### 3.3. Resultados

Las columnas sedimentológicas realizadas para ambos afloramientos pueden verse esquematizadas en la figura 6.

En el afloramiento Coca-Voltoya, sobre las areniscas y margas verdosas miocenas de la base del talud, se dispone un nivel inferior de potencia observada de más de 2 metros, de arenas medias subarcósicas con laminación subhorizontal marcadamente ondulada, formada por una alternancia rítmica de niveles con mayor y menor contenido en matriz limo-arcillosa; los niveles con menor cantidad de matriz presentan tonos beige claro, y los de mayor contenido son de color pardo; corresponden a las facies Arévalo en secuencias fluviales características de ríos entrelazados de arenas (*Saskatchewan braided*). Sobre él, un nivel superior de arenas arcósicas gruesas a muy gruesas y gravas, de color anaranjado-beige (10 YR 8/6), con estructuras sedimentarias de laminación cruzada planar de alto ángulo; tienen intercalados cantos subredondeados de cuarzo y cuarcita, y abundante matriz de arcillas y arenas finas; a techo la granulometría es aún más gruesa y con cantos blandos margosos intercalados. Corresponde al desplazamiento de una duna barjánica que removiliza los depósitos fluviales infrayacentes, formando parte de las arenas eólicas de la Tierra de Pinares.

El afloramiento de Coca-Castillo permite reconocer 5 m de arenas medias a gruesas de coloración general amarillo-anaranjada (HUE 2.5 Y 7/4), ligeramente consolidadas por matriz arcillosa (niveles de coloración HUE 10 YR 6/4), con laminación cruzada planar a gran escala orientada hacia el este. Existen diversos *sets* con laminación interna cruzada planar y localmente estructuras *cut and fill*. Tiene pasadas centimétricas de arenas gruesas sin apenas matriz y coloraciones más claras, que se acuñan lateralmente tras un desarrollo

de varios metros. En la parte inferior hay unos niveles de arenas verdosas con matriz arcillosa con un nivel de hierro reducido, que pueden ser resultado de la removilización de los niveles arenosos de las margas miocenas. A techo está truncado por un suelo actual de escaso desarrollo.

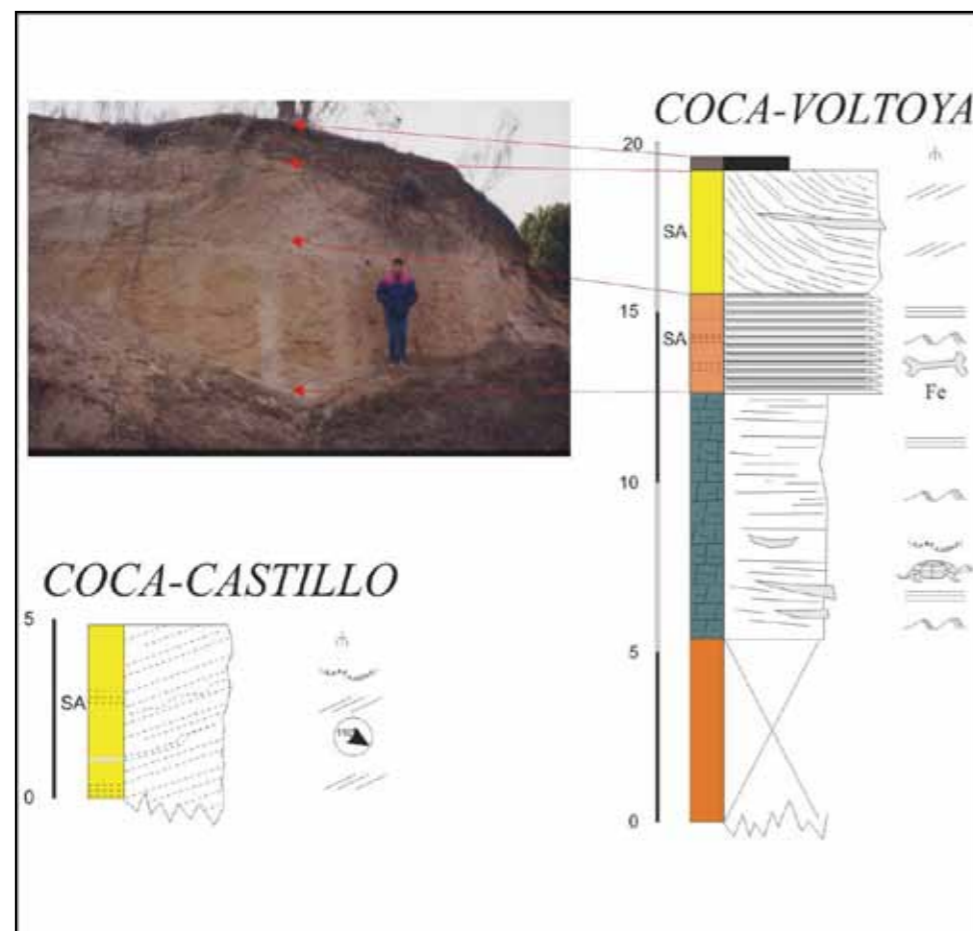


Figura 6. Detalle del afloramiento de Coca-Voltoya correspondiente a las unidades superiores (arriba izquierda), y columnas sedimentológicas del mismo (derecha) y del afloramiento Coca-Castillo (abajo izquierda). Ver leyenda de las columnas sedimentológicas en Díez *et al.* (2002).

Los resultados de los análisis granulométricos de las diferentes muestras recogidas en los dos afloramientos, se muestran en la tabla 1.

MUESTRA	Cantidad de muestra (g) retenida en los diferentes intervalos granulométricos (Ø, mm)										
	TOTAL	> 8	> 4	> 2	> 1	> 0,5	> 0,25	> 0,125	> 0,063	< 0,063	
C V	ib	1179	-	-	0	34	610	1085	1159	1169	10
	ia	1312	-	-	2	163	753	1199	1284	1297	15
	sb	1222	10	47	154	483	768	1062	1156	1195	27
	sa	1100	16	62	200	464	795	999	1059	1079	21
C C	tp	1183	-	-	4	96	530	982	1121	1160	23
	cl	866	-	0	4	65	376	733	835	854	12

Tabla 1. Distribución granulométrica de las muestras recogidas en los niveles de los dos afloramientos estudiados en Coca, expresadas en cantidades retenidas en diferentes intervalos granulométricos. CV, afloramiento Coca-Voltoya; CC, afloramiento Coca-Castillo; ib, nivel inferior bajo; ia, nivel inferior alto; sb, nivel superior bajo; sa, nivel superior alto; tp, nivel típico; cl, nivel claro.

Las direcciones de paleocorrientes medidas en los dos afloramientos se muestran en la tabla 2. Como puede verse, a partir de la restitución con proyección estereográfica, las direcciones de paleoflujo del viento suelen ser SO-NE, aunque con pequeñas desviaciones, entre las que cabe reseñar la gran duna del afloramiento de Coca-Voltoya, con sentido de avance sur a sureste.

MEDICIÓN	PLANO DE MEDIDA	BUZAMIENTO	SENTIDO	COMENTARIOS
CV-26	N180°E	24	S	Gran duna con niveles de gravas finas
CC-16	N110°E	22	E	Laminación general
CC-17	N270°E	12	E	Laminación general: planos ortogonales
CC-18	N186°E	6	N	
CC-19	N072°E	26	E	Laminación general: planos ortogonales
CC-20	N178°E	10	N	
CC-21	N058°E	16	E	Laminación general

Tabla 2. Resultados de las mediciones realizadas en las laminaciones de las caras de avalancha dunares de los dos afloramientos del manto arenoso en Coca.

Las características petrológicas y petrográficas bajo lupa binocular de las formaciones arenosas de ambos afloramientos se encuentran en las tablas 3 y 4.

MUESTRA	Clasificación	% Q (cuarzo)	% Feldespato	% Fragmentos rocas	
CV	CVib	Arcosa-subarcosa	65-68 transparente ahumado	25-27	10 granito, gneis, pizarra
	CVia	Subarcosa-arcosa	70 transparente ahumado	20-24	5-7 metamórficas
	CVsb	Subarcosa	80	15	5 metamórficas
	CVsa	Subarcosa	80	15	5 metamórficas
CC	CCtp	Subarcosa	80 transparente	15	5
	CCcl	Subarcosa	73	25	2 metamórficas

Tabla 3. Características petrológicas composicionales de las muestras recogidas en los niveles de los dos afloramientos estudiados en Coca. CV, afloramiento Coca-Voltoya; CC, afloramiento Coca-Castillo; ib, nivel inferior bajo; ia, nivel inferior alto; sb, nivel superior bajo; sa, nivel superior alto; tp, nivel típico; cl, nivel claro. Análisis realizados por Juana Vegas Salamanca (IGME).

MUESTRA	Redondez	Exoscopia	Posible origen	
CV	CVib	Mezcla de redondeados, subredondeados y subangulosos	Mezcla con superficies limpias mates y otros mates y con picaduras	Fluvial Eólico
	CVia	Subredondeados subangulosos	Los granos de cuarzo tienen restos de cemento carbonático en la superficie. Superficies muy sucias y mates. Hay granos unidos por cementos vadosos. Picaduras y "grooves".	Eólico Formación de un perfil edáfico
	CVsb	Subredondeados	Superficies más sucias que en la muestra CVia e irregulares. Hay granos unidos por cementos carbonáticos vadosos. Los granos están corroídos por alteración química. Algunas picaduras.	Fluvial con algo de removilización eólica. Instalación de un perfil edáfico.
	CVsa	Subredondeados	Superficies más sucias que en la muestra CVsb e irregulares. Hay granos unidos por cementos carbonáticos vadosos. Los granos están corroídos por alteración química. Algunas picaduras.	Fluvial con algo de removilización eólica. Instalación de un perfil edáfico.
CC	CCtp	Subredondeados	Más sucia y más mate que la muestra CCcl. Matriz limosa adherida. Picaduras.	Fluvial Eólico
	CCcl	Subredondeados	Superficies limpias, algo mates y con picaduras	Fluvial Eólico

Tabla 4. Características petrográficas de las muestras recogidas en los niveles de los dos afloramientos estudiados en Coca. CV, afloramiento Coca-Voltoya; CC, afloramiento Coca-Castillo; ib, nivel inferior bajo; ia, nivel inferior alto; sb, nivel superior bajo; sa, nivel superior alto; tp, nivel típico; cl, nivel claro. Análisis realizados por Juana Vegas Salamanca (IGME).

Los resultados del análisis por luminiscencia realizados en el laboratorio de la Universidad de Sheffield (Inglaterra), para la muestra tomada en el nivel superior del afloramiento

de Coca-Voltoya (código de laboratorio Shfd 95100), a 2,4 m de profundidad desde la superficie, aportó una tasa de dosis de  $4,254 \pm 0,238 \mu\text{Gy/ka}$ , una paleodosis TL de  $43,50 \pm 7,99 \text{ Gy}$ , y una paleodosis OSL de  $42,66 \pm 8,04$ . Estos valores suponen una edad para la última exposición a la luz solar de  $10,2 \pm 2,0 \text{ ka}$  mediante termoluminiscencia y  $10,0 \pm 2,0 \text{ ka}$  mediante luminiscencia de estimulación óptica, correspondientes al tránsito entre el Dryas reciente y el periodo Preboreal holoceno.

### 3.4. Interpretación de los resultados en clave arqueológica

La asignación cronológica de la época en la que se produjo la última removilización eólica significativa en el manto arenoso de la Tierra de Pinares en Coca, y su comparación y correlación con otros sectores de la comarca y depósitos equivalentes en el resto de Europa, permite extraer interesantes conclusiones sobre los periodos de actividad y estabilización. Dichos periodos de mayor o menor intensidad de la actividad eólica, podrían estar relacionados con etapas en las que las comunidades humanas hubieran establecido asentamientos en la comarca o no, ya que el avance de los mantos arenosos y sistemas dunares podrían haber interferido con las actividades recolectoras, cazadoras y agropecuarias incipientes, y con la propia integridad de las edificaciones. Incluso la datación de dichos periodos de actividad que supusieron depósito masivo de mantos arenosos podría ser la clave para interpretar qué yacimientos arqueológicos y de qué épocas pueden localizarse actualmente en superficie y cuáles estarían enterrados bajo estos niveles sedimentarios.

Desde este punto de vista se podría explicar por qué en el entorno de Coca, a pesar de ser una zona aparentemente favorable al poblamiento desde época remota (Paleolítico inferior), no existen demasiadas citas a yacimientos arqueológicos prehistóricos, y los que están recogidos en las cartas arqueológicas tan sólo se remontan al Calcolítico precampaniforme (2.500-2.000 a.C.; Blanco, 2005).

Podría darse la circunstancia de que los yacimientos anteriores estuvieran enterrados por los mantos arenosos de removilización eólica durante el Pleistoceno superior-Holoceno inferior; motivo por el cual, junto a las dificultades de prospección arqueológica en la masa de pinares, aparecen extensos vacíos en los mapas de yacimientos paleolíticos en esta comarca (Blanco, 2005). Tan sólo se han citado restos posiblemente del Paleolítico inferior, achelenses, en este sector de la Tierra de Pinares, en los yacimientos y hallazgos aislados de Fuente del Cura (Lavajos), Narros (Sta. María de Nieva-Tabladillo) o La Cruz y Prado Seco, los dos últimos en término de Chañe (Blanco, 2005). Algo semejante ocurre con los yacimientos atribuibles al Paleolítico medio, Paleolítico superior, e incluso el Epipaleolítico.

Incluso sería posible que la continua actividad eólica detectada hasta inicios del Holoceno, supusiera un impedimento a la estabilización de los grupos humanos durante todo el Paleolítico, más allá de estancias temporales próximas a zonas encharcadas, por lo que no habría restos reseñables de este periodo en el entorno de Coca. Una visión novelada de esta

interferencia entre las comunidades humanas y la actividad eólica, forzando a los grupos a desplazarse hacia otras zonas de la provincia con cavidades y abrigos donde resguardarse, puede verse en el documental “Vientos y arenas” (Tribaldos y Sánchez, 2008), y el folleto de presentación de la videograbación (Martín Escorza, 2008).

A la vista de los resultados de datación obtenidos para las muestras de Coca, su correlación con otras dataciones realizadas por otros autores, la interpretación de ambientes sedimentarios y la definición de fases recogida en la bibliografía más reciente (García Hidalgo *et al.*, 2007; Bernat y Pérez González, 2008), se podrían establecer los siguientes periodos de actividad eólica reciente:

- **Periodo de actividad eólica muy intensa y generalizada** al final del Pleistoceno superior e inicios del Holoceno (desde hace 14.000 a 7.000 años antes del presente), con formación de dunas y mantos arenosos. A su vez se puede dividir en dos subperiodos separados por una etapa en la que parece que predominó el desarrollo de suelos y horizontes A, hace unos 10.200 años. Esta fase, que tiene correspondencia en otras zonas interiores de la península Ibérica (Llanura Manchega; Bernat y Pérez González, 2006a y b) y otras zonas de Europa (Bateman y Díez, 2001), se asocia inicialmente al Dryas reciente (estadial GS-1) y otros periodos fríos del inicio del Holoceno. Desde el punto de vista arqueológico habría supuesto que todos los yacimientos arqueológicos anteriores (Paleolíticos inferior y medio), de haber existido, habrían quedado enterrados bajo los mantos y dunas arenosas. Como el manto no es continuo y su espesor es enormemente variable, las cartografías detalladas de sus formas y depósitos (Bernat y Pérez-González, 2005) se podrían utilizar para corroborar esta hipótesis de trabajo y ser de utilidad en tareas de prospección de restos arqueológicos paleolíticos, allí donde no se produjo depósito, predominó la erosión (cubetas de defacción o *blowouts*; Desir *et al.* 2003 y Gutiérrez-Elorza *et al.* 2005), o se ha excavado y movilizado artificialmente estos depósitos (areneras, graveras y explotaciones de arenas feldespáticas y silíceas).

- **Periodo de estabilización generalizado** de los mantos arenosos en torno a hace 6.200 años antes del presente, con formación de suelos y desarrollo de horizontes ricos en materia orgánica, que supondría una menor actividad eólica, y la posibilidad de que se produjeran asentamientos humanos, al menos en las zonas menos expuestas (áreas interdunares, valles fluviales...) con suelos más fértiles y acceso al agua. La finalización de este periodo estable podría estar relacionada con la detección de presencia de grupos humanos en la comarca durante el Neolítico (yacimiento de La Cuesta de la Madre, Fuente el Olmo de Íscar; y yacimientos de Pedrajas de San Esteban, Almenara de Adaja y Las Cotarrillas de Íscar).

- **Etapa de actividad eólica moderada** del periodo Subboreal del Holoceno (hace unos 3.000 años); se trató de un evento no generalizado, sólo afectando localmente a sectores de la Tierra de Pinares, y con menor intensidad que el anterior periodo, aunque con las mismas formas de dunas arenosas y sobre todo mantos. En otras zonas, como la Llanura Manchega, se encuentra mejor representado y formó dunas arenosas (Bernat

y Pérez González, 2008). Supondría que muchos yacimientos anteriores, por ejemplo calcolíticos y del Bronce antiguo y medio, habrían sido también enterrados bajo estos segundos depósitos. Igualmente podría tener relación con esta actividad eólica holocena, el hecho de que no se pueda detectar un poblamiento estable en el entorno de Coca (Los Azafranales; Pérez González y Blanco García, 2000; Cuesta del Mercado) hasta los últimos compases de la Edad del Bronce (750 a 780 a.C.; Blanco, 2000, 2005 y 2006).

- **Etapa de estabilización moderada** de los mantos arenosos en torno a hace unos 1.200 años respecto al presente, aunque también restringida espacio-temporalmente, lo que supondría facilitar los asentamientos en la Alta Edad Media desde la época visigoda, entre otros sitios en Las Pizarras (Pérez González y Reyes, 2003, 2005 y 2006).

- **Etapa de actividad eólica restringida**, en los últimos 500 años, llegando incluso a la actualidad, coincidiendo con la Pequeña Edad de Hielo; afecta sólo a zonas desprovistas de vegetación y áreas elevadas, con removilización local de mantos en temporales y tormentas. También se ha detectado en la Llanura Manchega afectando a las dunas arenosas. El máximo de la removilización podría relacionarse con los periodos más secos y fríos de la Pequeña Edad de Hielo (siglos XVI al XIX). No habría supuesto el enterramiento de ninguna población ni edificio significativo, aunque sí podría tener efecto en la producción agrícola y haber condicionado el forzar el abandono de algún des poblado actual.

Esta hipótesis parece corroborarse con algunos hallazgos de yacimientos arqueológicos en la Tierra de Pinares, como el enterramiento datado como Edad del Bronce (1.500 a.C.) localizado en unas antiguas areneras de Sanchonuño (Domiciano Vega, com. pers.), y que estaba constituido por una cavidad subelipsoidea excavada a unos 30 cm bajo el nivel actual de la superficie, de la que tan sólo la separaba un nivel de suelo edáfico. Correspondería a una zona donde las etapas de actividad eólica moderada y restringida no supusieron depósito significativo de mantos arenosos, probablemente por encontrarse ya en un alto como consecuencia del depósito del primer periodo de actividad eólica intensa; de ahí la ubicación allí de la arenera para aprovechar esta acumulación de áridos.

Martín Escorza (2003-2004) aporta otros dos hallazgos arqueológicos en comarcas limítrofes, que corroborarían esta correlación entre los yacimientos prehistóricos e históricos y las etapas de actividad eólica: una parte de los petroglifos de los yacimientos de Domingo García, asignados al Solutrense y al Magdalenense, se encuentran grabados sobre un pulimento milimétrico originado por la acción erosiva de las arenas eólicas en las fracturas de las pizarras (Martín Escorza, 1999), por lo que debió existir una etapa de actividad eólica muy intensa previa a esos periodos; y en una explotación de arenas cercana a San Miguel del Arroyo (Valladolid), se reconocen al menos dos conjuntos de arenas separados por un nivel con restos visigodos, enterrados por cerca de un metro de arenas, lo que corroboraría la existencia de actividad eólica reciente, pero de alcance restringido, tras la estabilización acontecida hace unos 1200 años.



#### 4. EVOLUCIÓN RECIENTE DE LAS LLANURAS ALUVIALES DEL SISTEMA ERESMA-VOLTOYA Y SU RELACIÓN CON LOS YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS

Las llanuras aluviales de los principales ríos del entorno de Coca, fundamentalmente el río Eresma y Voltoya, se formaron con anterioridad y simultáneamente al poblamiento humano de este territorio. Por ello, su génesis y evolución pueden estar directamente relacionadas con los patrones de poblamiento y haber condicionado los asentamientos, su abandono y la posición y conservación de los yacimientos arqueológicos.

El sistema fluvial del Adaja-Eresma-Voltoya-Moros es una cuenca hidrográfica de compleja historia evolutiva, donde son frecuentes los fenómenos de captura y cambios en el trazado de los ríos debido a basculamientos y fenómenos neotectónicos recientes (Fernández, 1987; Garzón y Fernández, 1993; Fernández y Garzón, 1994; Díez y Martín-Duque, 2005). Ello ha tenido notable influencia en los sistemas de terrazas de estos ríos y en los fenómenos de aluvionamiento en los fondos de valle (Pérez González, 1979a; Fernández, 1987 y 1988; Tortosa *et al.*, 1997).

Para el estudio de esta relación entre los rellenos aluviales y los yacimientos arqueológicos se ha elegido un paraje de especial relevancia histórica en el entorno de Coca, como es el pago de la Tierra de las Pizarras, o “Las Pizarras”. En él se han descubierto desde antiguo importantes restos desde época prerromana hasta época medieval, con yacimientos emblemáticos como Los Cinco Caños, u otros hallazgos romanos y visigodos (Pérez González y Reyes, 2003, 2005 y 2006; Blanco, 2008). En concreto, se eligió la excavación arqueológica situada en un solar sobre terrenos sedimentarios detríticos, de granulometría arcillo-arenosa, que forman replanos escalonados de la margen derecha del río Eresma correspondientes al complejo de terrazas bajo del sistema Eresma-Voltoya, con edad cuaternaria (Pleistoceno-Holoceno).

Dicho sistema ocupa el fondo de un valle fluvial excavado por el progresivo desplazamiento del cauce del río Eresma hacia el S, encajándose en materiales detríticos (areniscas) y mixtos (margas) de edad Mioceno medio-superior (Cenozoico). El encajamiento del río Eresma en el fondo del valle tras un proceso de captura fluvial, dejó un tramo meandriforme abandonado del antiguo valle, cuya orilla interna hoy en día constituye el paraje de la Cuesta del Mercado.



Figura 7. Izquierda: situación de la excavación arqueológica en el pago de las Pizarras, próxima al yacimiento de los Cinco Caños. Derecha: aspecto de la calicata A-3 en la que se realizaron los estudios sedimentológicos y geoarqueológicos.

#### 4.1. Descripción de los trabajos realizados

Las labores consistieron en el levantamiento de una columna sedimentológica y toma de muestras en el sondeo de profundización ubicado en la calicata A-3 del polígono 4 de la parcela 1, en la excavación arqueológica llevada a cabo en las proximidades de Los Cinco Caños (Díez Herrero, 2000 y 2001; Pérez González y Reyes, 2003, 2005 y 2006).

La toma de datos sedimentológicos se hizo por la clásica técnica de: reconocimiento de niveles, medida de espesores (potencias), toma de datos petrológicos (litología, granulometría, textura, composición mineralógica, color Munsell...), identificación de estructuras sedimentarias, y determinación de presencia de elementos reseñables (restos cerámicos, bioturbaciones, etc.). De los cuatro perfiles abiertos en el sondeo, de planta rectangular, se seleccionó por su desarrollo y excelentes condiciones de exposición, el ubicado en el lateral oriental (este).

Para estas labores se precisó únicamente del empleo de: un metro de madera, una cinta métrica de aluminio, espátula y brocha, tabla de colores estandarizada (*Munsell Soil Color Charts, 1998 Revised Washable Edition*), soporte milimetrado, y bolsas para muestras. Los resultados se representaron sobre columna sedimentológica clásica, empleando el programa de dibujo *CorelDraw!*

Adicionalmente se procedió al muestreo de dos de los principales niveles en cantidad suficiente como para proceder a su análisis granulométrico mediante tamización en laboratorio. Para la tamización se empleó la torre de ocho tamices normalizados con tamaño de luz entre 8 y 0,0625 mm, agitados con vibrador automático analógico; cada muestra se tamizó durante 20 minutos a una intensidad de nueve sobre diez. Las proporciones se calcularon mediante pesado en báscula granataria con precisión de décima de gramo. Los resultados se representaron en un histograma de frecuencias y un gráfico acumulado empleando el programa de hoja de cálculo *Microsoft Excel*.

#### 4.2. Resultados: la columna sedimentológica y la distribución granulométrica

Se diferenciaron cinco niveles dentro de la columna sedimentológica, con un espesor total de 136 cm, desde la base del sondeo hasta la superficie del suelo. De abajo (base) a arriba (techo), son (Figuras 8 y 9):

- **Nivel 1.-** Arenas gruesas a medias, masivas, con cantos y gravas dispersas (fragmentos de pizarras y filitas) con morfología planar y discoidal; presenta niveles más consolidados centimétricos a milimétricos por mayor presencia de matriz arcillosa, con disposición lenticular y aspecto convexo; color seco HUE 2.5 Y 6/3; espesor aflorante, 19 cm.
- **Nivel 2.-** Arenas medias a gruesas, masivas, con contenido intermedio de matriz arcillosa; color seco HUE 2.5 Y 7/2; espesor 21 cm, en contacto progresivo con el nivel 1 infrayacente.
- **Nivel 3.-** Arenas medias a gruesas, masivas, con intercalaciones lenticulares más consolidadas por la presencia de arcillas con óxidos de hierro (tonalidades pardorrojizas); color seco HUE 2.5 Y 7/2; espesor 20 cm, en contacto progresivo con el nivel 2 infrayacente.
- **Nivel 4.-** Arenas medias, masivas, con abundante matriz arcillosa; hileras de cantos discoidales de pizarras y granitoides, aparentemente imbricados; hacia techo se localizó un fragmento de cerámica entre una de las hileras de cantos; color seco HUE 2.5 Y 6/2; espesor 39 cm, en contacto progresivo con el nivel 3 infrayacente.
- **Nivel 5.-** Arenas medias a gruesas, masivas, con abundante matriz rica en materia orgánica, muy bioturbadas y con restos de cerámica, conchas y huesos; color seco HUE 2.5 Y 4/1; espesor 36 cm, en contacto neto con el nivel 4 infrayacente.

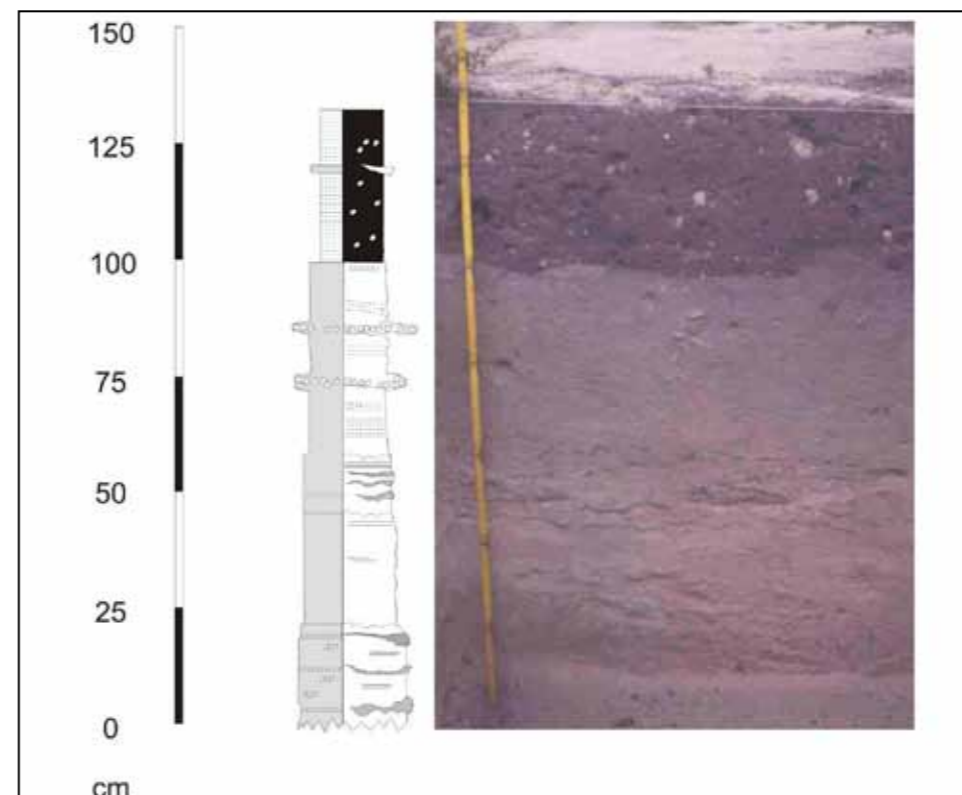


Figura 8. Columna sedimentológica de la calicata del pago de Las Pizarras y los correspondientes niveles en una fotografía del perfil arqueológico. Ver leyenda de la columna en la Figura 9.

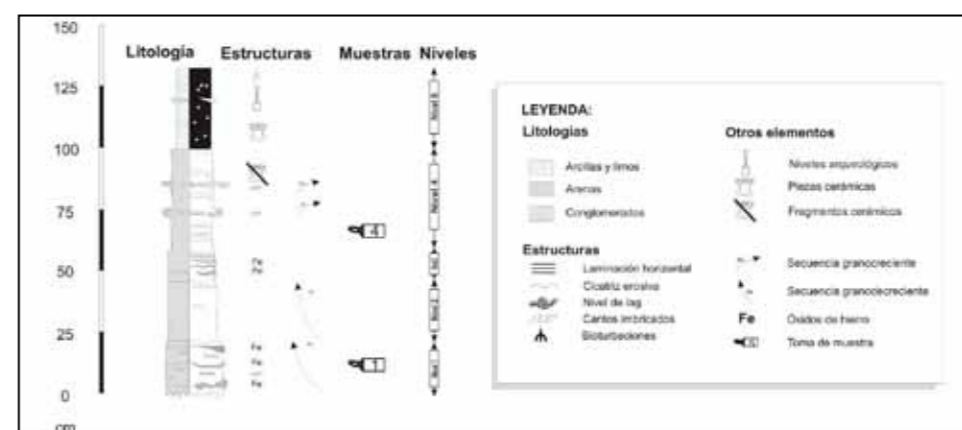


Figura 9. Definición de niveles y lugares muestreados en la columna sedimentológica de la calicata arqueológica en el pago de Las Pizarras.

Por lo que respecta al análisis granulométrico de las arenas, las dos muestras analizadas, correspondientes a los niveles 1 (CA3-1) y 4 (CA3-4), tienen recogidos los resultados en las tablas 5 y 6, y representados gráficamente en la figura 10.

	Cantidad de muestra (g) retenida en los diferentes intervalos granulométricos, Ø (mm)								
	> 8	> 4	> 2	> 1	> 0,5	> 0,25	> 0,125	> 0,063	< 0,063
CA3-1	13	39	107	302	655	869	903	917	10
CA3-4	-	4	22	87	261	515	615	661	18

Tabla 5. Distribución granulométrica de las muestras (1 y 4) de la calicata CA3, expresadas en cantidades retenidas en diferentes intervalos granulométricos.

Intervalo	Porcentajes de muestra en cada intervalo granulométrico								
	Gravas y cantos			Arenas					Limos y arcillas
	M	P	MP	MG	G	M	F	MF	
CA3-1	1,4	2,8	7,3	21,0	<b>38,1</b>	23,1	3,7	1,5	1,1
CA3-4	-	0,6	2,6	9,6	25,6	<b>37,4</b>	14,7	6,8	2,6

Tabla 6. Distribución granulométrica de las muestras (1 y 4) de la calicata CA3, expresadas en porcentajes en cada clase de tamaño de grano de gravas, arenas y limos y arcillas.

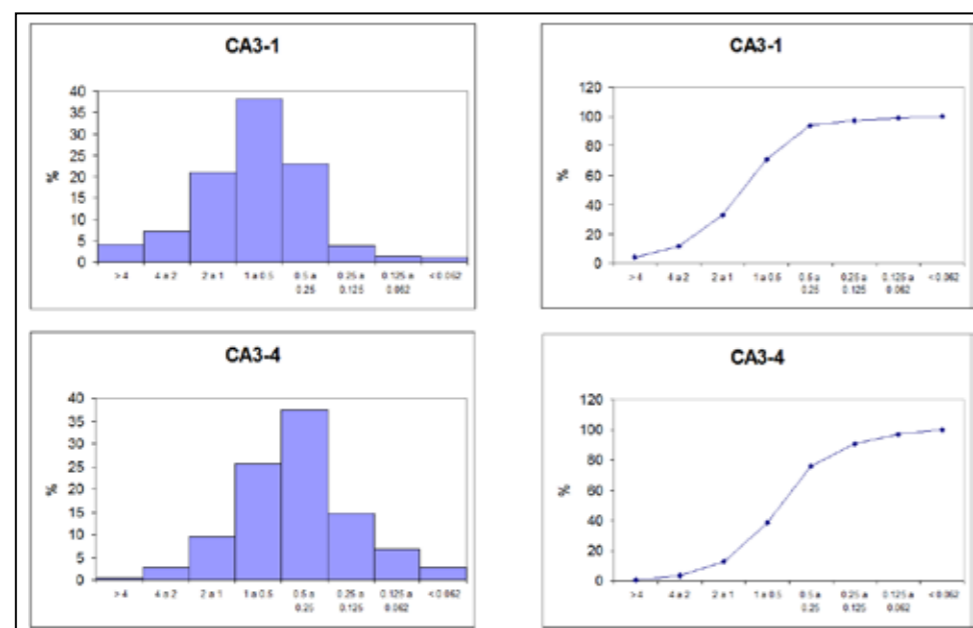


Figura 10. Diagramas de barras de la distribución porcentual de los intervalos granulométricos (izquierda) y gráfico de granulometrías en porcentajes acumulados (derecha), para las dos muestras tomadas en los niveles 1 y 4 (filas) de la calicata del pago de Las Pizarras (CA-3).

### 4.3. Interpretación de los resultados en clave arqueológica

Los depósitos que constituyen la base de la excavación corresponden a sedimentos fluviales, en concreto a la deposición de materiales detríticos en llanuras de inundación de ríos rectos a meandriformes. Buena prueba de ello es la ausencia de estructuras sedimentarias que indican medios tractivos con mayores velocidades (canales), y la presencia de importantes cantidades de matriz limo-arcillosa, consecuencia de la decantación en áreas de flujo poco efectivo. Por lo tanto, la deposición de las arenas se produjo durante los eventos de encharcamiento de la llanura durante crecidas fluviales, donde la deposición se producía por abandono de carga y decantación; tan sólo pequeñas zonas que concentran mayores velocidades (surcos) presentaron algo de carga de fondo (gravas), eso sí, de elementos de bajo radio hidráulico equivalente (baja densidad y alta tensión superficial por ser cantos plano-discoidales de pizarra). Al no reconocerse superficies de reactivación netas, o niveles de exposición, no pueden diferenciarse distintos episodios de crecida. Por ello, cabe suponer que la mayor parte del depósito se formó durante un único evento, o al menos durante varios episodios apenas distanciados en el tiempo.

La naturaleza pizarrosa y granitoidea de algunos de los niveles de gravas intercalados parece indicar que la procedencia de los depósitos se corresponde con el río Eresma, y no con el también próximo río Voltoya. Ello se debe a que el primer río discurre inmediatamente aguas arriba por una garganta excavada en pizarras y cuarcitas (sector Tabanera de la Luenga-Bernardos), de la cual proceden estos clastos. También el río Voltoya tiene en su cuenca afloramientos pizarrosos, o facies neógenas con clastos de pizarras, pero están más distantes de Coca, disminuyendo la probabilidad de aportes de este río. Este aspecto es importante, puesto que el sector excavado se encuentra en el ramal abandonado de una captura fluvial, posiblemente holocena, entre ambos ríos. Sin embargo, estos depósitos no parecen corresponder al periodo previo a la captura, sino al depósito y encajamiento posterior del río Eresma, una vez capturado por el río Voltoya.

Por otra parte, estos depósitos fluviales son muy recientes, entendiéndose por tales holocenos y, probablemente, con una edad inferior a 3000 años, como lo demuestra el que tengan incorporados como clastos fragmentos cerámicos que han sido provisionalmente datados como Bronce final (c.a. 1000 BC; E. Illarregui, com. pers.). Esta datación relativa debería completarse mediante datación por radiocarbono o termoluminiscencia, y correlacionarse con secuencias polínicas de la época.

Esta datación provisional y la reconstrucción de la evolución geomorfológica del entorno, permite realizar un modelo de evolución de este sector de la confluencia Eresma-Voltoya desde el Holoceno antiguo a la actualidad (Figuras 11, 12 y 13; Díez-Herrero, 2001). En general, el valle del Voltoya y su cauce no ha cambiado significativamente de posición, si bien su trazado ha evolucionado hacia más meandriforme en su encajamiento final. Por el contrario, el río Eresma sí que ha variado significativamente su trazado, desde un patrón más rectilíneo y paralelo al Voltoya, que hacía que la confluencia de ambos se produjera aguas abajo de la actual posición; hasta un aumento de la amplitud de los

meandros finales por migración progresiva de las orillas hacia la posición de la villa de Coca y el Pinar Viejo. En esta migración y aumento de amplitud se habría producido la captura del Eresma por el Voltoya, al desmantelarse el interfluvio entre sendos meandros de ambos ríos. Este fenómeno de captura brusca y relativamente reciente modificó sustancialmente el tramo inferior del Eresma antes de la confluencia. Primero dejando abandonado el antiguo meandro que trazaba circunvalando la Cuesta del Mercado; y en segundo lugar sufriendo un proceso de incisión importante por erosión remontante desde la nueva confluencia, al haberse modificado el nivel de base. Ello significa que el actual nivel del Eresma bajo la villa de Coca es resultado de un proceso de incisión muy reciente, quizás en buena parte durante tiempos históricos. De forma que edificaciones como los Cinco Caños estaban situadas originalmente más próximas en planta y altitudinalmente al cauce del río Eresma, lo que justificaría su relación, no sólo con fuentes y manantiales de aguas subterráneas, sino también con esta corriente superficial (Figura 14). Esta incisión activada por la captura ha debido tener también repercusión en la circulación de las aguas subterráneas de los acuíferos detríticos del entorno de Coca, de forma que el descenso del nivel de base del cauce al que drenaban (río Eresma), ha hecho que algunas zonas de manantiales pasasen de estar al mismo nivel del río y su llanura de inundación, a quedar colgadas varias decenas de metros respecto al actual canal (p.e. fuente de los Cinco Caños).

Otra implicación arqueológica de esta captura fluvial fue que durante un tiempo tras el cambio de trazado del Eresma, el lecho del antiguo valle en la zona del meandro abandonado quedaría periódicamente encharcado, formando un rosario de lagos semilunares (*ox-bow lakes*), llamados *galachos* en algunas zonas de España. Este anegamiento periódico, en una primera fase se produciría por desbordamiento del Eresma en los periodos de importantes crecidas, superando el umbral que quedó en la zona de la captura; y posteriormente por acumulación del agua de las precipitaciones y la arroyada desde las laderas de la Cuesta del Mercado y el Pinar Viejo. Los encharcamientos y los materiales en suspensión que arrastraba el agua, fueron formando unos niveles de decantación de arcillas y limos, depositados sobre los materiales más groseros del antiguo lecho del Paleoesma (migración de barra de meandro o *point-bar*), conformando una secuencia característica de relleno y abandono de canal fluvial meandriforme. Por ello, esta zona no podría ser edificable y prácticamente aprovechable para actividades agrícolas desde el momento de la captura hasta bien avanzado el citado encajamiento del Eresma y descenso del nivel freático, que permitiera que la zona estuviera suficientemente seca y compacta para la cimentación. Esta circunstancia pudo no darse hasta inicios del primer milenio a.C., por lo que los primeros asentamientos y restos encontrados en Las Pizarras se restringirían al Bronce final y Edad de Hierro. Incluso tuvo implicaciones en que la zona de primera ocupación fuera la más elevada, próxima a los Cinco Caños. Durante la época de dominación romana, sobre todo en la etapa tardorromana, como coincidió un periodo de clima cálido generalizado, esta zona pudo ser ocupada por edificaciones incluso monumentales, ya que se produjo el secado definitivo y casi completo del antiguo cauce del meandro abandonado.

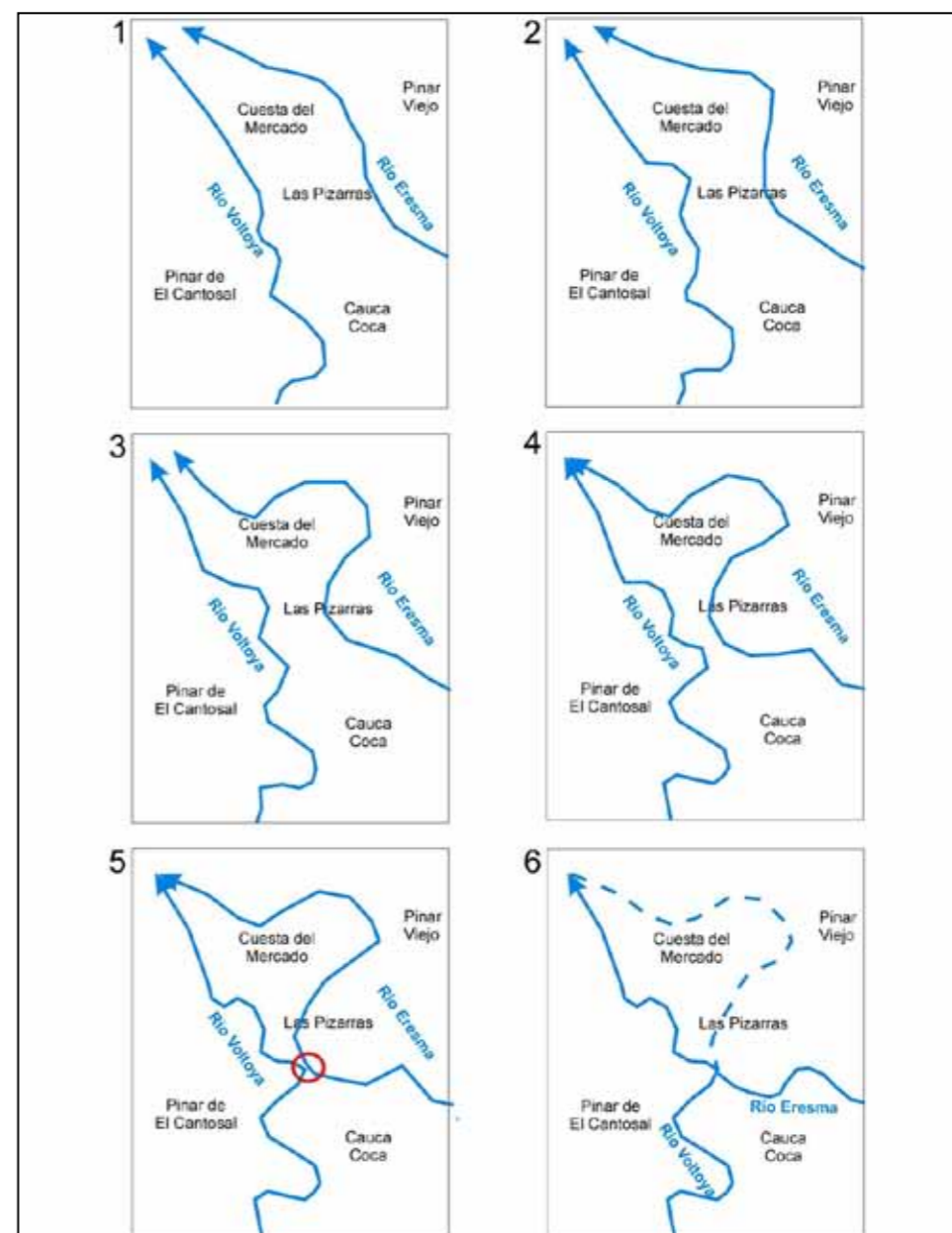


Figura 11. Hipótesis de la evolución en planta de los cauces de los ríos Eresma y Voltoya en las inmediaciones de Coca, desde el Holoceno inferior (1) a la actualidad (6). El círculo representa el lugar y momento de la captura fluvial.



Figura 12. Idealización de los movimientos de migración por extensión y amplitud de meandros en planta que han sufrido los cauces de los ríos Voltoya y Eresma a lo largo del Holoceno reciente.



Figura 13. Vistas aéreas (arriba desde el oeste y debajo desde el sur) del sector de la Cuesta del Mercado y Las Pizarras, donde el cauce antiguo del río Eresma trazó un meandro previamente a la captura por el Voltoya, en cuyo arco abandonado se ubican numerosos yacimientos arqueológicos que guardan relación con la dinámica reciente de ambos ríos.

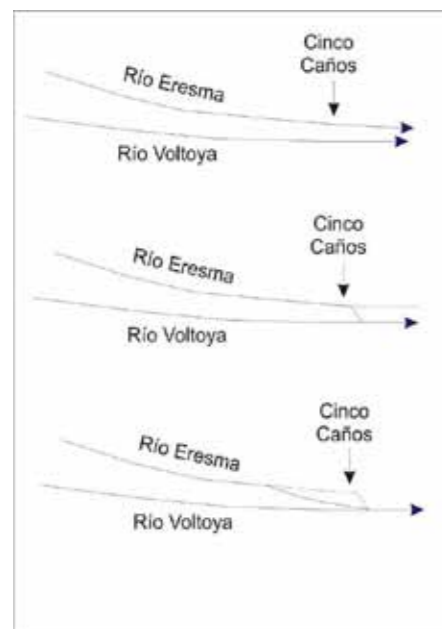


Figura 14. Izquierda: perfiles longitudinales idealizados de los ríos Eresma y Voltoya en el entorno de Coca, desde el momento en el que la confluencia se producía lejos de la villa, hasta el efecto que tuvo la captura, produciendo un escalón en el trazado final del perfil del río Eresma, que por erosión remontante ha hecho desplazarse el punto de inflexión (*knickpoint*) aguas arriba, dejando descolgado a varias decenas de metros de altura, yacimientos arqueológicos como Los Cinco Caños (foto superior).

## 5. CONCLUSIONES GENERALES

Las investigaciones geológicas pueden aportar a los estudios arqueológicos algo más que un simple marco o soporte estático sobre el que se establecieron los asentamientos. El estudio de la génesis y evolución de los depósitos cuaternarios y de la dinámica de los procesos geológicos que los dieron lugar, permiten explicar el establecimiento o no de poblaciones, el abandono de las mismas, la conservación de los yacimientos, y ayudar en el proceso de prospección arqueológica e interpretación de los indicios. De esta forma, la moderna geoarqueología puede aportar interpretaciones paleoambientales y datos paleogeográficos que en ocasiones serán la clave en el entendimiento de los yacimientos, y la base de nuevas hipótesis o la validación de otras existentes.

En el caso de la villa de Coca y su entorno inmediato, se ha demostrado cómo dos investigaciones geológicas aparentemente inconexas y muy específicas, pueden aportar luz a los lugares de asentamiento y periodos favorables para el hábitat en la Prehistoria, y la dinámica de las vegas y su relación con los yacimientos arqueológicos romanos. Pero incluso, las aplicaciones de la geología a la investigación arqueológica pueden ir más allá de la geoarqueología, ya que el análisis de los materiales de construcción o decorativos, como los mármoles y otras rocas ornamentales romanos importados encontrados en Las Pizarras (Díez, 2006), puede ser de enorme interés en los estudios de las rutas de transporte en la antigüedad y las tipologías y procedencias más empleadas, que no tienen por qué ser las mismas para estos yacimientos del centro peninsular que para otros bien conocidos y estudiados del litoral mediterráneo (p.e. Tarraco o Cartago Nova).

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar las gracias a Francisco Blanco (Universidad Autónoma de Madrid), por trasladarme todos sus muchos conocimientos y entusiasmo por las investigaciones en Coca, y por darme todo tipo de facilidades para acceder a la información arqueológica. A Javier García Guinea del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) por incitarme a comenzar mis estudios sobre el manto arenoso de la Tierra de Pinares segoviana, allá por el año 1994; y a Mark D. Bateman (*Sheffield Center for International Drylands Research*, Reino Unido) por los análisis de termoluminiscencia y luminiscencia óptica de estimulación láser realizados a las muestras de Coca. A Juana Vegas por sus magníficos estudios petrográficos de los materiales de la Tierra de Pinares. A Paloma Fernández (UCM), Alfredo Pérez González (CENIEH), Manuel Bernat (IGME), José García-Hidalgo, Javier Temiño y Manuel Segura (Universidad de Alcalá), Guillermo Calonge (Universidad de Valladolid) y Carlos Martín Escorza (CSIC), por tener la oportunidad de intercambiar publicaciones con ellos sobre la Tierra de Pinares, y permitirme aprender de sus trabajos. A Luis Galán, colega geólogo caucense y compañero en el IGME, por servirme de nexo con otros colegas. A Alonso Zamora (Museo de Segovia) por ofrecerme estudiar las muestras rocosas procedentes de Coca depositadas en el Museo. A María de Andrés por revisar los aspectos cronoculturales de Prehistoria. A Ignacio Gutiérrez Pérez por mejorar las fotografías para su publicación en grises. Al equipo del proyecto de investigación arqueológica Cauca, inicialmente en la Universidad SEK y actualmente en IE University, por darme la oportunidad de colaborar con ellos en las excavaciones en el pago de Las Pizarras durante las campañas de los años 1999 y 2000; los informes inéditos que elaboré desinteresadamente para ellos han sido la base de muchas de las notas aquí recogidas. Un sentido recuerdo para ‘Godo’, mi martillo de geólogo, que me acompañó y sirvió en el campo durante casi dos décadas, hasta que una tarde de verano ‘decidió’ quedarse enterrado extraviado en un afloramiento de Coca, para descansar en paz, hasta que un futuro arqueólogo lo desentierre. Finalmente, pero no menos importante, agradecer al Ayuntamiento de Coca por invitarme a dar una conferencia dentro del Curso de Verano del año 2000, cuyas notas fueron el germen inicial de esta idea de recopilarlo; y a Juan Manuel Moreno, la Real Academia de Historia y Arte de San Quirce, y la Asociación Histarco por darme la oportunidad de publicarlo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALCALÁ DEL OLMO, L. (1972): “Estudio sedimentológico de los arenales de Cuéllar (Segovia)”, *Estudios Geológicos*, XXVIII, 345-358.
- ALCALÁ DEL OLMO, L. (1974): *Estudio edáfico-sedimentológico de los arenales de la Cuenca del Duero*, Tesis Doctoral, U.C.M.
- ALEIXANDRE, T., BENAYAS, J y GUERRA, A. (1971): “Procesos de movilización del hierro en algunos suelos de la región central española”, *Anales de Edafología y Agrobiología*, 30, 1095-1111.
- BATEMAN, M.D. y DÍEZ, A. (1999): “Thermoluminescence dates and palaeoenvironmental

- information of the late Quaternary sand deposits, Tierra de Pinares, Central Spain". *Catena*, 34, 277-291.
- BATEMAN, M.D. y Díez, A. (2001): "The timing and relation of aeolian sand deposition in central Spain to the aeolian sand record of NW Europe". *Quaternary Science Reviews*, 20, 779-782.
- BERNAT REBOLLAL y M., PEREZ-GONZÁLEZ, A. (2005): "Campos de dunas y mantos eólicos de Tierra de Pinares (Sureste de la cuenca del Duero, España)". *Boletín Geológico y Minero*, 116, 23-38.
- BERNAT REBOLLAL, M. y PEREZ-GONZÁLEZ, A. (2006a): "Procesos de erosión eólica en la Llanura manchega". *Tierra y Tecnología*, 28, 47-56.
- BERNAT REBOLLAL, M. y PEREZ-GONZÁLEZ, A. (2006b): "Actividad eólica actual y procesos erosivos en la Llanura manchega". En A. Pérez Alberti y J. López Bedoya (eds.) *Geomorfología y Territorio: Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*, Cursos e Congresos da Universidade de Santiago de Compostela, 171, 147-162.
- BERNAT REBOLLAL, M. y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (2008): "Inland aeolian deposits of the Iberian Peninsula: Sand dunes and clay dunes of the Duero Basin and the Manchega Plain. Palaeoclimatic considerations". *Geomorphology*, 102 (2), 207-220.
- BERNAT REBOLLAL, M., PÉREZ-GONZÁLEZ, A. e IGLESIAS LÓPEZ, A. (2003): "Una aproximación a la distribución de dunas y mantos eólicos de Tierra de Pinares (sureste de la cuenca del Duero)". En G. Flor (ed.), *Actas de la XI Reunión Nacional de Cuaternario*, Oviedo, 111-116.
- BLANCO GARCÍA, J.F. (2000-2006): *El primer milenio a.C. En la zona noroccidental de la provincia de Segovia: hacia la formación de Cauca (Coca) (siglos XI-V a.C.)*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 598 pp.
- BLANCO GARCÍA, J.F. (2005): "Aproximación al poblamiento prehistórico en el noroeste de la provincia de Segovia (Del Paleolítico al Bronce medio)". *Oppidum*, 1, 7-58.
- BLANCO GARCÍA, J.F. (2006): "El paisaje poblacional segoviano en época prerromana: ocupación del territorio y estrategias de urbanización". *Oppidum*, 2, 35-84.
- BLANCO GARCÍA, J.F. (2008): "Aportación al conocimiento del área arqueológica de Las Pizarras (Coca, Segovia)". *Oppidum*, 4, 173-184.
- BRAVARD, Y. (1965, 1966): "Notas morfológicas sobre la Tierra de Pinares segoviana". *Estudios Geográficos*, 27, 107-124, Publicaciones extranjeras sobre temas de geografía española, traducción de Eduardo Martínez del original "Notes morphologiques sur la Tierra de Pinares (province de Ségovie, Espagne)", publicado en la *Revue de Géographie Alpine*, LIII (2), 245-260.
- CALONGE, G. (1987): *El complejo ecológico y la organización de la explotación forestal en la Tierra de Pinares segoviana*. Excm. Diputación Provincial de Segovia, Segovia, 347 pp.
- CALONGE, G. y Díez, A. (2002): "Páramos, valles y arenales al sur del Duero y Hoces del Duratón (Valladolid-Segovia)". En E. Serrano, J.A. Blanco, G. Calonge, A. Díez, A. Gutiérrez, E. Molina, C. Pol, A. Sánchez del Corral, *Geomorfología y Paisaje. Guía de excursiones. VII Reunión Nacional de Geomorfología*, SEG-Dpto. de Geografía (UVA), Valladolid, 13-55.
- CASAS, J., LEGUEY, S. y RODRÍGUEZ J. (1972): "Mineralogía y sedimentología de los

- arenales que recubren el Terciario entre los ríos Pirón y Voltoya (Segovia)". *Estudios Geológicos*, XXVIII, 287-296.
- CORTÁZAR, D. de (1877): "Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valladolid". *Mem. Com. Mapa Geol. de España*, 5, 9-211.
- CORTÁZAR, D. de (1891): "Descripción física y geológica de la provincia de Segovia". *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, XVII (1890), 190-198.
- CUESTA, M.A., MORALES, J. y JIMÉNEZ, E. (1983): "Vertebrados del Aragonense superior de Coca (Segovia)". *Studia Geológica Salmanticensis*, XIX, 161-185.
- DESIR, G., GUTIÉRREZ-ELORZA, M. y GUTIÉRREZ SANTOLALLA, F. (2003): "Origen y evolución de playas en una zona semiárida con arenas eólicas (región de Coca, Cuenca del Duero, España)". *Boletín Geológico y Minero*, 114, 395-407.
- DÍEZ HERRERO, A. (2000): *Informe sobre el estudio sedimentológico en el sondeo del ángulo SE de la calicata A-3, perteneciente a la excavación Cauca 2000 (Coca, Segovia)*. Proyecto integral Cauca, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad SEK, Segovia, 6 pp.+ gráficos + mapas (inédito).
- DÍEZ HERRERO, A. (2001): *Informe complementario sobre el estudio sedimentológico en el sondeo del ángulo SE de la calicata A-3, perteneciente a la excavación Cauca 2000 (Coca, Segovia)*. Proyecto integral Cauca, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad SEK, Segovia, 5 pp. con gráficos y mapas (inédito).
- DÍEZ HERRERO, A. (2006): *Notas sobre los fragmentos pétreos de "Las Pizarras" (Coca), depositados en el Museo de Segovia*. Museo de Segovia, Segovia, 6 pp. (inédito).
- DÍEZ, A. y BATEMAN, M.D. (1998): "Interpretación paleoambiental y datación mediante luminiscencia del manto arenoso de la Tierra de Pinares oriental (Segovia)". *Geogaceta*, 24, 107-110.
- DÍEZ, A., BATEMAN, M.D., LÓPEZ, J.A. y VEGAS, J. (2002): "Procesos eólicos tardiglaciares en la submeseta septentrional: cronología del manto arenoso de la Tierra de Pinares". En A. Pérez-González, J. Vegas y M.J. Machado (eds.) *Aportaciones a la Geomorfología de España en el inicio del Tercer Milenio*, 167-175, Madrid.
- DÍEZ, A. y MARTÍN-DUQUE, J.F. (2005): *Las raíces del Paisaje. Condicionantes geológicos del territorio de Segovia*, Colección "Hombre y Naturaleza", VII, Valladolid, Junta de Castilla y León, 464 pp.
- FERNÁNDEZ, P. (1987): *Geomorfología del sector comprendido entre el Sistema Central y el Macizo de Santa María la Real de Nieva*, Tesis Doctoral, U.C.M., 336 pp.
- FERNÁNDEZ, P. (1988): "Evolución cuaternaria y sistemas de terrazas en la subfosa terciaria de Valverde del Majano y el Macizo de Sta. M<sup>a</sup> Real de Nieva (Segovia)". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 84 (1-2), 69-83.
- FERNÁNDEZ, P. y GARZÓN, G. (1994): "Ajustes en la red de drenaje y morfoestructura en los ríos del centro-sur de la cuenca del Duero". *III Reunión de Geomorfología de España*, Logroño, Comunicaciones, 1, 471-484.
- GARCÍA ABBAD, F. y REY, G. (1973): "Cartografía geológica del Terciario y Cuaternario de Valladolid". *Boletín Geológico y Minero*, 84, 213-227.
- GARCÍA-HIDALGO, J.F., TEMIÑO, J. y SEGURA, M. (2002). "Holocene eolian sediments on the southern border of the Duero basin (Spain): origin and development

- of an eolian system in a temperate zone”, *Journal of Sedimentary Research*, 72, 30–39.
- GARCÍA-HIDALGO, J.F., TEMIÑO, J. y SEGURA, M. (2007): “Holocene aeolian development in Central Spain; chronology, regional correlations and causal processes”, *Quaternary Science Reviews*, 26, 2661–2673.
- GARCÍA MORENO, A. (2008): “Insolación y hábitat paleolítico en el valle del Asón (Cantabria, España)”, *Cuaternario y Geomorfología*, 22(3-4), 93-105.
- GARZÓN, G. y FERNÁNDEZ, P. (1993): “Las capturas fluviales de los ríos Voltoya, Zorita, Moros y Eresma. Sus implicaciones geológicas”. En *El Cuaternario de España y Portugal*, IGME, Madrid, 2, 849-859.
- GÉNOVA, M., BALLESTEROS-CÁNOVAS, J.A., DÍEZ-HERRERO, A. y MARTÍNEZ-CALLEJO, B. (2011): “Historical Floods and Dendrochronological Dating of a Wooden Deck in the Old Mint of Segovia, Spain”, *Geoarchaeology*, 26(5).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M.(coord.) (1994): *Geomorfología de España*, Ed. Rueda, Madrid.
- GUTIÉRREZ-ELORZA, M., DESIR, G., GUTIÉRREZ-SANTOLALLA, F. y MARÍN, C. (2005): “Origin and evolution of playas and blowouts in the semiarid zone of Tierra de Pinares (Duero Basin, Spain)”, *Geomorphology*, 72, 177–192.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1923): “Las arenas voladoras de la provincia de Segovia”, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XXIII, 211-217.
- ITGE (1989): *Mapa del Cuaternario de España, escala 1:1.000.000*, Mapa y Memoria, Madrid.
- JIMÉNEZ, E. (1971): Nuevos yacimientos de quelonios fósiles en Coca (Segovia), y su significado estratigráfico. *Studia Geológica* II, 57-82.
- JIMÉNEZ, E. (1984): “Chéloniens Géants Fossiles de L’Espagne”. *Studia Geologica Salmanticensia*, volumen especial 1, 159-167.
- JIMÉNEZ, E. (1992): «Quelonios fósiles de Castilla y León». En E. Jiménez-Fuentes (coord.), *Vertebrados fósiles de Castilla y León*, Museo de Salamanca, Junta de Castilla y León, Salamanca, 71-100.
- JIMÉNEZ, E., MARTÍN, S., MULAS, E., PÉREZ, E. y JIMÉNEZ, S. (1988): *Guía de la Sala de las Tortugas*, Universidad de Salamanca e Iberduero, Salamanca. 28 pp.
- JIMÉNEZ, E., MARTÍN, S., MULAS, E., JIMÉNEZ, S., PÉREZ, E., GIL, S. y GUILLÉN, A. (1989): «La tortuga gigante de Coca-Villeguillo», *Notas informativas*. 11. Universidad de Salamanca-Iberduero y Fundación Ramón Areces, Salamanca. 4 pp.
- JIMÉNEZ, E., ORTEGA, F.J., GIL, S., MARTÍN, S. y DEL VAL, J. (1993): *Excavaciones paleontológicas del Mioceno en Castilla y León. El mastodonte de Villavieja y las tortugas gigantes de Coca y Arévalo*. Junta de Castilla y León, Valladolid, 16 pp.
- LARIO GÓMEZ, J. y BAENA PREYSLER, J. (eds.)(2008): «Avances en Geoarqueología en la Península Ibérica». *Cuaternario y Geomorfología*, 22 (3-4), número especial, 187 pp.
- MAROTO, J. (1992): «La geología aplicada a la prehistoria». En I. Rodà (ed.) *Ciencias, metodologías y técnicas aplicadas a la arqueología*. Fundació «la Caixa», Barcelona, Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 19-29.
- MARTÍN ESCORZA, C. (1999): «Factores geológicos en los grabados rupestres de Domingo García». En S. Ripoll y J. Municipio González (dirs.), *Domingo García. Arte rupestre Paleolítico al aire libre en la meseta castellana*: 31-40. Junta de Castilla y León

- y UNED.
- MARTÍN ESCORZA, C. (2003-2004): «Distribución de las arenas eólicas de la Cuenca del Duero (Meseta Ibérica)». *Zona Arqueológica*, 4, Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre, vol. I (Geología), 85–91.
- MARTÍN ESCORZA, C. (2008): *Vientos y Arenas*. Sociedad de Amigos del Museo Nacional de Ciencias Naturales y Asociación Española de Cine e Imagen Científicos. Folleto informativo, Madrid, 20 pp.
- OLIVE, A., PORTERO, J.M., GUTIERREZ ELORZA, M y MOLINA, E. (1982): *Memoria del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, hoja 455 (Arévalo)*, Segunda Serie, IGME, Madrid.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1979a): «Terrazas abandonadas por cambios en la primitiva red del sistema fluvial del río Eresma», *I Reunión de Geología de la Cuenca del Duero*, Salamanca, Guía de excursiones. *Temas Geológico-Mineros*, 6, 777-780.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1979b): «El Cuaternario de la región central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos». *Temas Geológico-Mineros*, 6, 717–740.
- PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1982): «El Cuaternario de la región central de la cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos», *10 Reunión sobre la geología de la cuenca del Duero*, IGME, Salamanca 1979, 717-740.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. y ELÍZAGA, E. (1982): *Mapa geológico de España E 1:50.000, Olmedo (428)*, Madrid, Segunda Serie, Primera edición, Instituto Geológico y Minero de España, mapa y memoria, 56 pp.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A., SANTONJA GÓMEZ, M. Y MACHADO, M.J. (2005): *Geoarqueología y Patrimonio en la península Ibérica y el entorno mediterráneo*. Reunión Nacional de Geoarqueología, Soria 2002.
- PÉREZ GONZÁLEZ, C. y BLANCO GARCÍA, F.J. (2000): «Nuevas investigaciones arqueológicas en Cauca», *Revista de Arqueología*, 228, 38-47.
- PÉREZ GONZÁLEZ, C. y REYES, O. (2003): «Cavca: el pago de la Tierra de las Pizarras. Avance de la campaña de excavaciones del año 2000», *Sautuola*, IX, 213-227.
- PÉREZ GONZÁLEZ, C. y REYES, O. (2005): «Las Pizarras. Coca, Segovia», *Oppidum*, I, 375-384.
- PÉREZ GONZÁLEZ, C. y REYES, O. (2006): «Proyecto Integral de Investigación Cauca: Campaña Arqueológica del año 2004», *Oppidum*, II, 7-34.
- PRADO, C. DE (1854): «Note sur la constitution geologique de la province de Segovia», *Bull. Soc. Geol. Fra.*, 11, 330-338.
- ROYO, J. (1933): «Sobre el mal llamado Diluvial de la cuenca del Duero», *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 33, 271-272.
- SILVA, P.G., REICHERTER, K., GRÜTZNER, C., BARDAJÍ, T., LARIO, J., GOY, J.L., ZAZO, C. y BECKER-HEIDMANN, P. (2009): «Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roman City of Baelo Claudia and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain)». En K. Reicherter, A. Michetti, P.G. Silva (eds.) *Paleoseismology: Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazard assessment*. “Geological Society of London Spec. Vol.” 316. London, Geological Society of London, 93–121.



- TEMIÑO, J., GARCÍA-HIDALGO, J.F. y SEGURA, M. (1997): “Caracterización y evolución geológica del sistema dunas-humedales de Cantalejo (Segovia)”, *Estudios Geológicos*, 53, 135–143.
- TORTOSA, A., ARRIBAS, J. GARZÓN, G., FEMÁNDEZ, P. y PALOMARES, M. (1997): “Análisis petrológico de depósitos de terrazas aplicado al estudio de los procesos de captura en los ríos Adaja, Voltoya y Eresma (provincias de Segovia y Valladolid)”, *Rev. Soc. Geol. España*, 10 (1-2), 131-145.
- TRIBALDOS, C. y SÁNCHEZ, R. (2008): *Vientos y Arenas*. Sociedad de Amigos del Museo Nacional de Ciencias Naturales y Asociación Española de Cine e Imagen Científicos. Película documental, duración 40 minutos.