

La necesidad de aplicar diferentes métodos de datación en el yacimiento arqueológico Gran Dolina en la Sierra de Atapuerca, Burgos¹

Necessity of applying different dating methods at the Gran Dolina archaeological site in Sierra de Atapuerca, Burgos

Estela Escolar Serrano

IES Cardenal Sandoval y Rojas, Aranda de Duero, Burgos

En la Sierra de Atapuerca, situada en la provincia de Burgos, encontramos grandes yacimientos que nos muestran los inicios de nuestra historia. Gran Dolina, Sima de los Huesos y Cueva Fantasma son algunos de los yacimientos en los que podemos encontrar las huellas de nuestro pasado. Todo comenzó en el verano de 1896, con las obras del ferrocarril minero en Ibeas de Juarros (Burgos) que dejaron al descubierto un nuevo engranaje en la maquinaria temporal de la humanidad, iniciando así un gran camino que no ha hecho más que comenzar. Se llevaron a cabo relevantes hallazgos que impulsaron todavía más la investigación de esta área. Un ejemplo son los huesos de *Homo antecessor* encontrados en Gran Dolina en 1994 que resultaron cruciales para refutar la corriente científica que afirmaba la llegada del ser humano a Europa hace menos de 500.000 años. Por ello, la datación de los restos y de su entorno era necesaria para precisar con más detalle el camino de la evolución. Se usaron entonces diversos métodos de datación absolutos, como la Termoluminiscencia (TL), la Luminiscencia Estimulada Ópticamente (OSL) o las Series de Uranio-Torio, y métodos relativos como la Magnetoestratigrafía y la Bioestratigrafía. No obstante, no fueron suficientes. Necesitaron métodos innovadores para precisar aún más la edad de los restos encontrados en el estrato TD6 y aportar así luz a la investigación, como la Resonancia Paramagnética Electrónica (ESR). Gracias a ella, establecieron la edad de esos hallazgos en 850.000 años.

Palabras clave: Sierra de Atapuerca, Gran Dolina, métodos de datación, estratigrafía, Pleistoceno medio e inferior, *Homo antecessor*, Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE).

In Sierra de Atapuerca, located in the province of Burgos, we find great sites that show us the beginnings of our history. Gran Dolina, Sima de los Huesos and Cueva Fantasma are some of the sites where we can find traces of our past. It all began in the summer of 1896, after the mining railway works in Ibeas de Juarros (Burgos). These works uncovered a new cog in the time machinery of mankind, starting a great journey that has only just begun. Relevant discoveries were made that gave even more impetus to research in this area. One example of this are the bones of *Homo antecessor* found in Gran Dolina in 1994, which were crucial in refuting the scientific current that affirmed the arrival of humans in Europe less than 500,000 years ago. It was therefore necessary to date the remains and their environment in order to further clarify the path of evolution. Various absolute dating methods were then used, such as Thermoluminescence (TL), Optically Stimulated Luminescence (OSL) or the Uranium-Thorium Series, and relative methods such as Magnetostratigraphy and Biostratigraphy. However, these were not enough. They needed innovative methods to further determine the age of the remains found in stratum TD6 and bring light to the research, such as Electron Paramagnetic Resonance (ESR). Thanks to it, they established the age of these remains at 850,000 years.

Keywords: Sierra de Atapuerca, Gran Dolina, dating methods, stratigraphy, Early and Middle Pleistocene, *Homo antecessor*, Electron Spin Resonance (ESR).

¹ Este trabajo fue seleccionado para participar en URANIA, II Congreso Navarro de Jóvenes Investigadores, celebrado en Tudela los días 13, 14 y 15 de junio de 2022.

Justificación

Gran Dolina es uno de los muchos yacimientos que se pueden encontrar en Sierra de Atapuerca, Burgos, España. En septiembre de 1981 comenzó la excavación de esta sierra. Está dividida en 11 niveles estratigráficos que van desde TD1 hasta TD11, siendo TD1 la más profunda. En él encontramos evidencias del modo de vida de antiguos homínidos, de su evolución cultural y, además, de la evolución biológica del ecosistema desde el Pleistoceno inferior al medio. El descubrimiento de *Homo antecessor*, los primeros restos humanos de Gran Dolina, tuvo lugar el 8 de julio de 1994 por Aurora Martín en TD6. De ahí viene que el estrato donde fueron encontrados reciba el nombre de Estrato Aurora. Fue un descubrimiento clave para concretar la llegada del ser humano a Europa y rebatir la hipótesis de que se produjo hace menos de 500.000 años. Es por ello por lo que se usaron métodos de datación más precisos. Se consiguió datar los restos con 850.000 años de antigüedad, mediante la comparación de los resultados obtenidos, aclarando con más detalle el origen del hombre y demostrando la importancia de los yacimientos españoles (Fig. 1, Anexo).

Existen métodos de datación muy diferentes unos de otros en función de los materiales que son capaces de datar y del umbral temporal en el que pueden situarlos. Se pueden dividir en dos grandes grupos: métodos numéricos (absolutos) y métodos relativos.

- Métodos de datación numérica: son aquellos que nos aportan una fecha numérica de un calendario universal.
- Métodos de datación relativa: son aquellos que no nos aportan años, pero que sí que nos permiten ordenar del estrato más antiguo (la capa más profunda) al más reciente (la capa superior) de una misma secuencia.

El objeto de esta investigación es Gran Dolina, los métodos de datación utilizados en el pasado y que se siguen usando en la actualidad y su criterio de aplicación en función de los materiales o el rango temporal que son capaces de datar.

Antecedentes

La sierra de Atapuerca se encuentra a unos 15 km al este de la ciudad de Burgos (España). Esta sierra tiene un gran número de yacimientos arqueológicos tales como Sima del Elefante, Sima de los Huesos, el Portalón y la Gran Dolina, entre otros y en los que se han hallado numerosos restos fósiles y que fueron declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 2000.

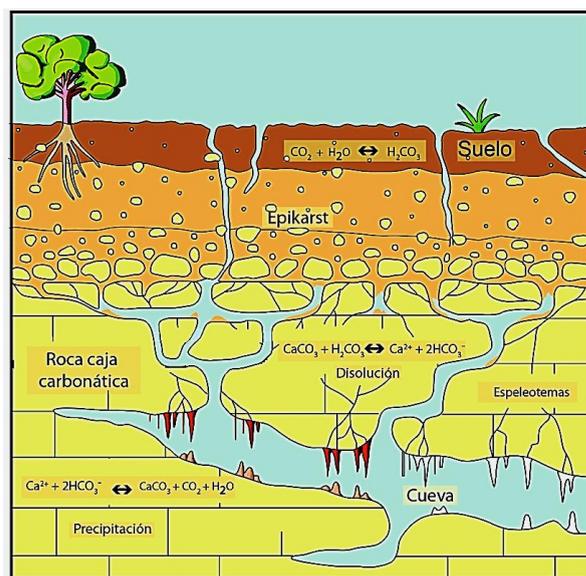
El yacimiento de Gran Dolina, situado en la Trinchera del ferrocarril, es un relleno sedimentario de 18 m de espesor formado en una galería que fue originada por la karstificación de las calizas cretácicas que conformaban la sierra de Atapuerca. Estas cuevas se formaron por la acción erosiva y disolvente del agua en la roca caliza. Esto ocurrió cuando el nivel del suelo estaba a la altura de la actual cumbre y el agua subterránea circulaba por el interior de la sierra disolviendo la caliza. Cuando el nivel freático desciende, las galerías se liberan de agua y pueden abrirse, con el tiempo, al exterior y ser ocupadas por mamíferos, reptiles y homínidos.

El relleno del yacimiento de Gran Dolina se divide en 11

niveles estratigráficos (TD1-TD11), siendo TD1 el más profundo, y antiguo, y TD11 el más joven (las siglas TD corresponden a Trinchera Dolina).

TD1 y TD2 son los niveles estratigráficos más profundos, con unas características interiores propias de una cueva. La primera está formada principalmente por 1,50 metros de arcilla y barro con menos de un 2-3% de arena. TD2 contiene cantos rodados angulosos, guijarros de caliza y desprendimientos de espeleotemas del techo y de las paredes de lo que antes formaba una cueva. Esos desprendimientos dejaron huecos en el estrato que posteriormente fueron rellenados por arcilla amarilla, todo ello compactado por las grandes presiones que los demás estratos ejercen sobre él. Esto sumado a la mezcla de diversos materiales lo hace muy difícil de datar (Parés y Pérez-González, 1999).

Figura 2. Los mecanismos de karstificación y precipitación de espeleotemas en cuevas.



Fuente. Gázquez y Calaforra, 2016.

Como se muestra en la Fig. 2, la caliza (carbonato de calcio), que es insoluble en agua, es atacada por el ion bicarbonato disuelto en el agua de lluvia. Esto transforma el carbonato de calcio en bicarbonato, que sí es soluble en agua. Después, se produce la disolución del bicarbonato de calcio en el agua: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$

TD3 y TD4 se encuentran sobre la brecha de TD2, rondan los 2 metros de potencia y contienen clastos de caliza. Al igual que en la Sima del Elefante, el nivel 4 de Gran Dolina servía como refugio a los homínidos que merodeaban por allí para cobijarse o alimentarse de manera segura (Díez Fernández-Lomana et al., 2009). En TD5, que alcanza un espesor de 2,50 metros, se hallan rastros de deposición de lodo en los que se encuentran clastos y guijarros angulares (Parés y Pérez-González, 1999).

En TD6 abunda la illita, aunque también podemos encontrar esmectita y la caolinita. El estrato Aurora, en el que se encontraron los restos óseos de *Homo antecessor* y artefactos líticos (Fig. 3), está localizado en la zona sur de TD6 (Parés y Pérez-González, 1999).

Los datos recogidos en TD5 y TD6 nos muestran que *Homo antecessor* estuvo presente en la Península Ibérica durante un período cálido y bastante húmedo, condiciones favorables no solo para ellos, sino que también para la fauna como nos muestran los grandes restos de

numerosas aplicaciones en la arqueología y se puede utilizar en diferentes minerales, tiene dos grandes ventajas:

- Es capaz de datar directamente el material arqueológico y el sedimento que lo contiene; de esta manera podemos determinar si un objeto ha sido arrojado allí posteriormente a la sedimentación del estrato.
- Puede obtener edades *termini post quem* (la fecha más antigua o lejana de la aparición de un objeto) y *ante quem* (la fecha más nueva o cercana de la aparición de un objeto).

En diferentes yacimientos se ha intentado aplicar este método a conchas, vidrios y moluscos, pero los resultados tuvieron un éxito bastante escaso y desigual, aunque en el vidrio algunos resultados han sido positivos. Además, destaca más por su exactitud que por su precisión. Esto quiere decir que los resultados que podemos obtener corresponden con la edad real de la muestra (Sanjurjo Sánchez, 2020).

Otro ejemplo, es la datación por racemización de aminoácidos, otro de los métodos de datación numérica, que se puede aplicar sobre muchos materiales de origen biológico: conchas de moluscos, crustáceos, vertebrados y plantas (De Torres et al., 2020).

La datación por dendrocronología es el método de datación absoluta de madera más exacto que existe en la actualidad. Se basa en el estudio de los anillos anuales de crecimiento de especies leñosas y, gracias a ello, determina las condiciones ambientales y puede datar eventos del pasado (Dominguez Delmás, 2020).

La datación por Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE) es un método paleodosimétrico basado en la evaluación de los efectos de la radioactividad natural sobre los materiales a lo largo del tiempo. Las muestras son medidas con un espectrómetro RPE.

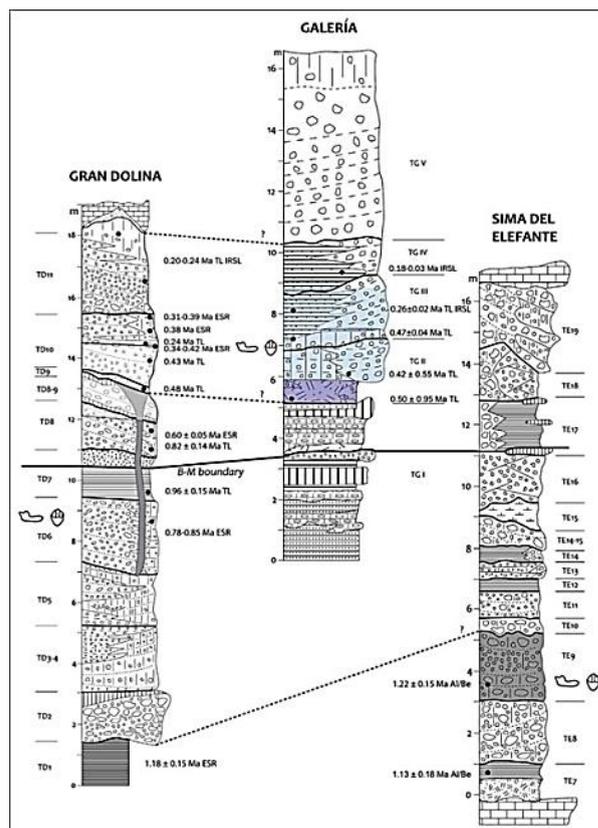
Hipótesis y objetivos

El objetivo de este proyecto es comprender el razonamiento científico que siguieron los investigadores para datar Gran Dolina y señalar la importancia de aplicar y desarrollar diversos métodos de datación de los que hablaremos a lo largo de este proyecto.

Además, con este trabajo quiero darles a conocer lo importante que es seguir confiando y apoyando a la investigación, porque nuestro futuro no solo depende del presente, sino que necesita también descubrir nuestras raíces. Al mostrar los hallazgos producidos en Gran Dolina y conocer la gran variedad de profesionales que han trabajado en ella, quiero destacar la importancia del conocimiento y la pasión por seguir aprendiendo.

Para poder situar al ser humano y su evolución en una línea del tiempo más precisa, es necesario saber con una cierta exactitud su antigüedad. Esto se puede averiguar a través de diferentes métodos de datación que, dependiendo de su especialización, pueden datar los propios restos *in situ* y el contexto geológico en el que se hallan.

Figura 6. Correlación geocronológica de los tres rellenos que conforman los yacimientos de Gran Dolina, Galería y Sima del Elefante.



Fuente. Falguères et al., 2013.

Metodología

Para llevar a cabo este proyecto, primero se buscó información sobre el contexto geológico de Gran Dolina y su historia. De esta manera, podría comprender mejor por qué se utilizaron varios métodos de datación y por qué esos y no otros.

Después, el siguiente paso era ahondar aún más en esa serie estratigráfica. Para ello, acudí a artículos científicos y académicos que trataban acerca de los métodos de datación utilizados en Gran Dolina y de su historia geológica. Sin embargo, necesité la ayuda de expertos en la materia para aclarar ciertos aspectos.

Además, después de todo ello, investigadores como José María Bermúdez de Castro, María Martín Torres y Davinia Moreno García me invitaron a acudir a las excavaciones de los yacimientos de Sierra de Atapuerca. Una vez allí me explicaron todo lo descubierto hasta el momento, mostrándomelo al mismo tiempo en los yacimientos. Entonces vi en primera persona cómo realizaban su trabajo y sus hallazgos, lo que me ayudó a realizar mejor el proyecto.

El objetivo siempre se mantuvo constante y las conclusiones de este proyecto reflejan la respuesta tras haber realizado el proyecto y comprendido la importancia de los métodos de datación y de su combinación.

Resultados

Los análisis paleomagnéticos permitieron localizar un cambio en la polaridad que corresponde con el límite Matuyama-Brunhes. De esta manera, se dividieron las secuencias estratigráficas en el Pleistoceno Medio (TD8-

TD₁₁) y Pleistoceno Inferior (TD₁-TD₇) (Parés y Pérez-González, 1995). Estos estudios fueron corroborados por aquellos realizados posteriormente por varios investigadores (Falguères et al., 1999, 2013; Berger et al., 2008; Arnold et al., 2014).

Debido a la antigüedad, a las características del yacimiento y a las limitaciones de los métodos de datación, no se habían conseguido fechas numéricas para la base de Gran Dolina (TD₁ a TD₅) que apoyasen la cronología propuesta para estos niveles mediante métodos relativos. En el año 2007 se comenzó un estudio para datar todos los niveles desde la base (TD₁) al techo (TD₁₁) aplicando la datación por Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE) en cuarzos ópticamente blanqueados y extraídos de sedimentos.

Se recogieron muestras de todos los niveles a excepción del nivel TD₂. El motivo fue su compactación y brechificación. Para ello, se tomaron 39 muestras en total, de las cuales primaban aquellas que pertenecía a TD₆ a TD₁₀ debido a su importancia arqueológica.

Con los resultados obtenidos se pudo establecer una edad a los niveles basales que antes no habían podido ser datados.

A continuación, describiré de manera esquemática el proceso seguido, el cual cumplía los protocolos descritos en Voinchet et al. (2007):

- Primero se tamizaron las muestras para obtener una fracción de sedimento entre 100 y 200 μm .
- Después, fueron expuestas a un ataque químico con HCl, H₂O₂ y HF (durante 30 minutos) para disolver los carbonatos, eliminar la materia orgánica y excluir los feldspatos y la superficie exterior de los granos de cuarzo, respectivamente. Posteriormente, mediante la utilización de líquidos densos se separaron los minerales ligeros de los pesados, obteniendo así el cuarzo puro.
- El siguiente paso fue separar dichas muestras en 12 alícuotas proporcionales, de las cuales 10 fueron irradiadas con una fuente de rayos γ y panorámica de ⁶⁰Co. De las restantes, una muestra se expuso a la luz producida por un simulador óptico durante alrededor de 1500 horas. Con ello pudieron precisar el componente no blanqueable de la señal de RPE y la otra muestra se devolvió a su estado natural.
- Las medidas de RPE que tuvieron lugar después se llevaron a cabo a una temperatura aproximada de 100K mediante un sistema de nitrógeno gas conectado a un espectrómetro de banda X. La dosis equivalente (DE) es la dosis absorbida por una muestra desde que se produjo el blanqueo. La tasa de dosis (D) es la dosis absorbida por la muestra en un año. Si D es constante, se expresa de la siguiente manera, siendo T la edad de la muestra: $T=DE/D$. Finalmente, la edad RPE se calculó con esta fórmula.

Las edades obtenidas con este método confirmaron aquellas proporcionadas por la bioestratigrafía y el paleomagnetismo, las cuales sugerían unos 900.000 años para el TD₆ y 1.2 millones de años para el estrato basal (TD₁).

Sin embargo, nuevos estudios realizados en 2018 precisaron aún más las fechas de dos de los estratos más representativos del yacimiento Gran Dolina: TD₁ y TD₆. En TD₆, se realizó la primera datación directa por RPE a un diente de *Homo antecessor*, proporcionando una edad para ese estrato de entre 624.000 y 949.000 años (Duval et al., 2018). En TD₁ se repitió el proceso anterior, pero esta vez midiendo el centro de titanio de la muestra y se

combinó con nuevos análisis del centro de aluminio (Parés et al., 2018; Moreno, 2020). En el estrato TD₁₁, arqueológicamente estéril, acaba la secuencia estratigráfica de Gran Dolina, con la capa de *terra rossa* cubriéndola. Esta última capa 20 fue datada mediante análisis realizados con el método de datación de Luminiscencia y estableció una edad de entre 50.000 y 20.000 años (Moreno et al., 2015).

Para precisar todavía más la cronología del yacimiento, se analizaron muestras de dientes de ungulados por los métodos de RPE y Series de Uranio-Torio tanto de forma independiente como combinándolos (Falguères et al., 2001). Se utilizaron tres dientes coetáneos de cada estrato elegido: TD₆, TD₈, TD₁₀ y TD₁₁.

La mayoría de las muestras son molares de équidos formados por esmalte, cemento y dentina conservados en muy buen estado. Los diferentes tejidos fueron separados de manera mecánica y la capa superficial de esmalte se quitó con un taladro eléctrico. Se descartaron los efectos provocados en él por la radiación alfa externa. La datación por Series de Uranio-Torio se llevó a cabo mediante largos procesos químicos para extraer el Uranio y el Torio de los dientes (Falguères et al., 1999). Los resultados de ambos análisis coinciden y son coherentes. Además, las edades obtenidas crecen con la profundidad (Falguères et al., 2001).

Por lo tanto, la combinación de diferentes métodos de datación en los restos de un mismo estrato, precisan la edad de estos y, además, confirman la fiabilidad de sendos métodos, como en el caso de la combinación de la Resonancia Paramagnética Electrónica y las Series de Uranio Torio.

Análisis y discusión

La utilización de un solo método de datación es imposible en yacimientos complejos como Gran Dolina.

No todos los métodos que se han utilizado para datar los estratos de Gran Dolina han tenido resultados óptimos.

La utilización de diferentes métodos de datación ha permitido precisar la antigüedad de los diferentes estratos de una misma secuencia, los restos arqueológicos y biológicos encontrados en ellos y, además, comparar las edades de la serie geológica de Gran Dolina con otras del mismo yacimiento, como Sima del Elefante o Sima de los Huesos, o de diferentes yacimientos. Esto último nos permite elaborar un esquema temporal de la prehistoria.

El desarrollo de nuevos métodos de datación o incluso la optimización de algunos de ellos permitirá un avance vertiginoso en la localización espacio-temporal del ser humano y de su entorno. Esclareciendo el ritmo evolutivo del paisaje y de los seres vivos, podemos comprender mejor nuestro presente e incluso llegar a tener una concepción más clara del futuro.

Conclusiones

La combinación de diferentes métodos de datación nos ayuda a precisar todavía más los datos que podemos llegar a obtener. Esto es debido a que cada método tiene un rango y una aplicación diferente. Además, la ciencia avanza continuamente y gracias a ello podemos ahondar

aún más en la historia de nuestro pasado. En este proyecto se muestra cómo gracias a la combinación de métodos de datación aparentemente muy diferentes como RPE y Series de Uranio Torio, se ha conseguido no solo corroborar las fechas anteriormente propuestas para cada estrato (a excepción de TD₂), sino que también han logrado ajustar los años, dándonos la oportunidad de establecer una línea temporal mucho más exacta y que nos ayuda a seguir el rastro sempiterno de nuestras huellas.

Es fundamental continuar estudiando la edad de los diversos estratos de la serie geológica de Gran Dolina e imprescindible seguir desarrollando y afinando los diferentes métodos de datación para que sea posible precisar más detalladamente nuestra historia.

Bibliografía

- Arnold, L.J., Demuro, M., Paré, J.M., Pérez-González, A., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., y Carbonell, E. (2014) Evaluating the suitability of extended-range luminescence dating techniques over Early and Middle Pleistocene timescales: published datasets and case studies from Atapuerca, Spain. *Quaternary International* 389, 167-190.
- Berger, G. W., Pérez-González, A., Carbonell, E., Arsuaga, J. L., de Castro, J. M. B., y Ku, T. L. (2008). Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution*, 55(2), 300-311.
- Blasco, R., Rosell, J., Fernández Peris, J., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., y Carbonell, E. (2013). Environmental availability, behavioural diversity and diet: a zooarchaeological approach from the TD10-1 sublevel of Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) and Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 70, 124-144.
- Blasco, R., Rosell, J., van der Made, J., Rodríguez, J., Campeny, G., Arsuaga, J. L., ... Y Carbonell, E. (2011). Hiding to eat: the role of carnivores in the early Middle Pleistocene from the TD8 level of Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 38(12), 3373-3386.
- De Torres, T., Ortiz, J. E., y Sánchez-Palencia, Y. (2020) Datación por racemización de aminoácidos. En Barceló, J.A, y Morel, B., eds., *Métodos cronométricos en arqueología, historia y paleontología* (pp. 149-161). Madrid: Dextra Editorial.
- Fernández-Lomana, J. C. D., y Marcos, J. A. R. (2009). *Las raíces de nuestra historia: de Atapuerca al Neolítico*. Burgos: Caja Círculo.
- Domínguez Delmás M. (2020) Datación por dendrocronología. En Barceló, J.A, y Morel, B., eds., *Métodos cronométricos en arqueología, historia y paleontología* (pp. 71-88). Madrid: Dextra Editorial.
- Duval, M., Grün, R., Parés, J. M., Martín-Francés, L., Campaña, I., Rosell, J., ... Y Bermúdez de Castro, J. M. (2018). The first direct ESR dating of a hominin tooth from Atapuerca Gran Dolina TD-6 (Spain) supports the antiquity of Homo antecessor. *Quaternary Geochronology*, 47, 120-137.
- Falguères, C., Bahain, J. J., Bischoff, J. L., Pérez-González, A., Ortega, A. I., Ollé, A., ... Y Arsuaga, J. L. (2013). Combined ESR/U-series chronology of Acheulian hominid-bearing layers at Trincheras Galería site, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 65(2), 168-184.
- Falguères, C., Bahain, J. J., Yokoyama, Y., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E., ... Y Dolo, J. M. (1999). Earliest humans in Europe: the age of TD6 gran Dolina, Atapuerca, Spain. *Journal of human evolution*, 37(3-4), 343-352.
- Falguères, C., Bahain, J. J., Yokoyama, Y., Bischoff, J. L., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., ... Y Dolo, J. M. (2001). Datation par RPE et U-Th des sites pléistocènes d'Atapuerca: Sima de los Huesos, Trincheras Dolina et Trincheras Galería. Bilan géochronologique. *L'anthropologie*, 105(1), 71-81.
- Fernández-Jalvo, Y., y Andrews, P. (1992). Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *Journal of Archaeological Science*, 19(4), 407-428.
- García-Campos, C., Martínón-Torres, M., Modesto-Mata, M., Martín-Francés, L., Martínez de Pinillos, M., y Bermúdez de Castro, J. M. (2021). Indicators of sexual dimorphism in Homo antecessor permanent canines. *Journal of Anthropological Sciences*, 99, 1-18.
- Gázquez, F., y Calaforra, J. M. (2016). Los espeleotemas: un archivo de información paleoambiental de los últimos milloenes de años. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(1), 42-50.
- Blain, H. A., Bailon, S., Cuenca-Bescos, G., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., & Carbonell, E. (2009). Long-term climate record inferred from early-middle Pleistocene amphibian and squamate reptile assemblages at the Gran Dolina Cave, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 56(1), 55-65.
- López-Antoñanzas, R., y Cuenca-Bescós, G. (2002). The Gran Dolina site (Lower to Middle Pleistocene, Atapuerca, Burgos, Spain): new palaeoenvironmental data based on the distribution of small mammals. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186(3-4), 311-334.
- Méndez Pozo A. (2002). 25 años que cambiaron la historia. Atapuerca, cuna del *Homo antecessor*. Especial *Diario de Burgos*.
- Moreno, D. (2011) Datación por ESR de quartz optiquement blanchis (ESR-OB) de la région de Atapuerca (Burgos, Espagne). Application au site préhistorique de Gran Dolina (contexte karstique) et aux systèmes fluviaux quaternaires de l'Arlanzón et l'Arlanza. Tesis Doctoral. Universitat Rovira i Virgili. Recuperado de: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/51761?page=3>
- Moreno, D. (2020) Datación por resonancia paramagnética electrónica (RPE). En Barceló, J.A, y Morel, B., eds., *Métodos cronométricos en arqueología, historia y paleontología* (pp. 131-147). Madrid: Dextra Editorial.
- Moreno, D., Falgueres, C., Pérez-González, A., Voinchet, P., Ghaleb, B., Despriée, J., ... Y Arsuaga, J. L. (2015). New radiometric dates on the lowest stratigraphical section (TD₁ to TD₆) of Gran Dolina site (Atapuerca, Spain). *Quaternary Geochronology*, 30, 535-540.
- Parés, J. M., Álvarez, C., Sier, M., Moreno, D., Duval, M., Woodhead, J. D., ... Y Carbonell, E. (2018). Chronology of the cave interior sediments at Gran Dolina archaeological site, Atapuerca (Spain). *Quaternary Science Reviews*, 186, 1-16.
- Parés, J. M., y Pérez-González, A. (1995). Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca archaeological site, Spain. *Science*, 269(5225), 830-832.
- Parés, J. M., y Pérez-González, A. (1999). Magnetochronology and stratigraphy at gran Dolina section, Atapuerca (Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 325-342.
- Rodríguez-Hidalgo, A., Saladié, P., Olle, A., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., Y Carbonell, E. (2017). Human predatory behavior and the social implications of communal hunting based on evidence from the TD10. 2 bison bone bed at Gran Dolina (Atapuerca, Spain). *Journal of human evolution*, 105, 89-122.
- Rodríguez-Hidalgo, A., Saladié, P., Ollé, A., y Carbonell, E.

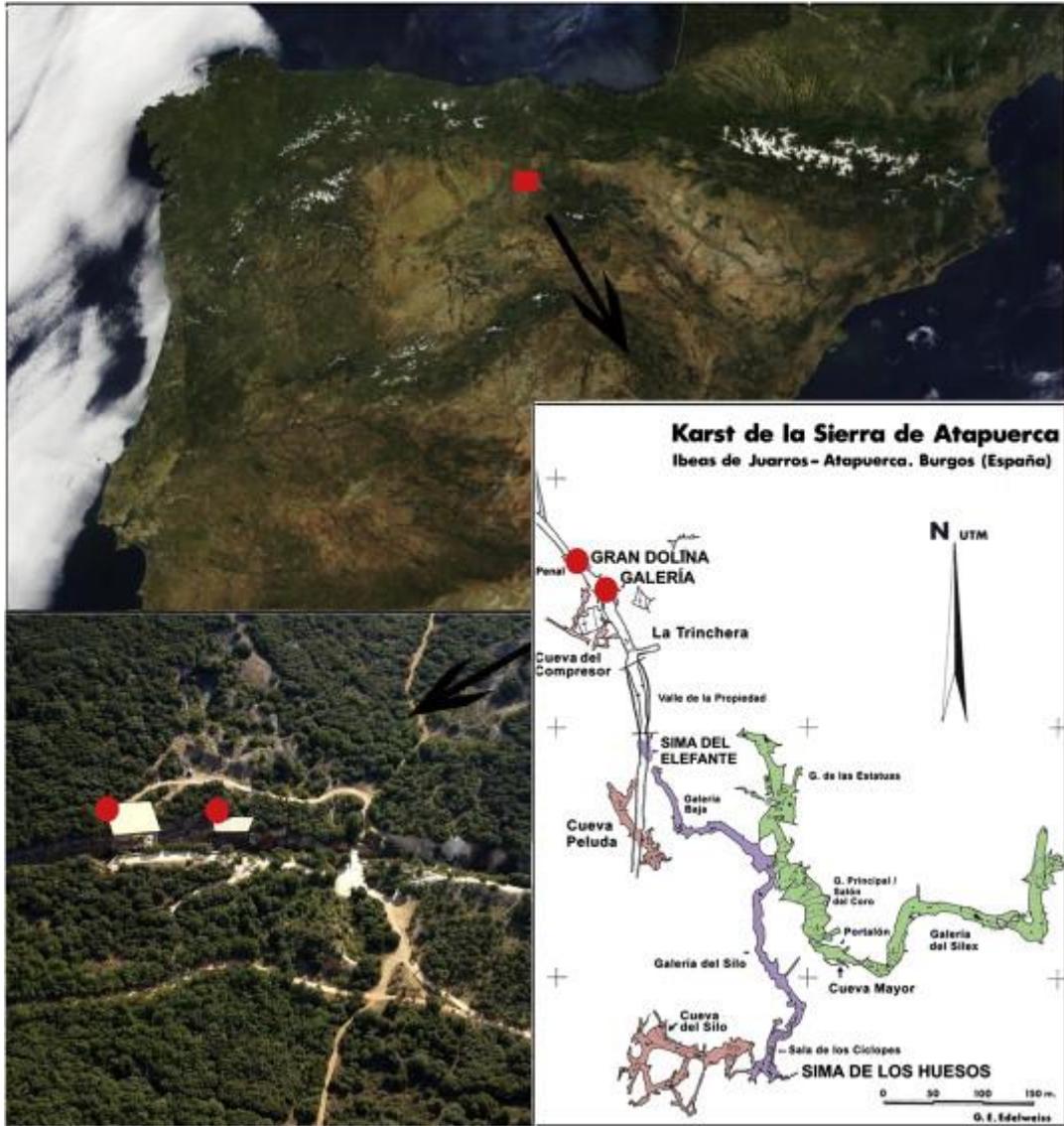
(2015). Hominin subsistence and site function of TD10. 1 bone bed level at Gran Dolina site (Atapuerca) during the late Acheulean. *Journal of Quaternary Science*, 30(7), 679-701.

Rosell, J., Blasco, R., Peris, J. F., Carbonell, E., Barkai, R., y Gopher, A. (2015). Recycling bones in the middle pleistocene: some reflections from Gran Dolina TD10-1 (Spain), Bolomor cave (Spain) and Qesem cave (Israel). *Quaternary International*, 361, 297-312.

Sanjurjo Sánchez J. (2020) Datación por luminiscencia en arqueología: estado de la cuestión y perspectivas de futuro. En Barceló, J.A, y Morel, B., eds., *Métodos cronométricos en arqueología, historia y paleontología* (pp. 109-121). Madrid: Dextra Editorial

Fecha de recepción: 11 de noviembre de 2021
Fecha de aceptación (provisional): 14 de diciembre de 2021
Fecha de aceptación (definitiva): 1 de julio de 2022

Figura 1. Localización geográfica de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca.



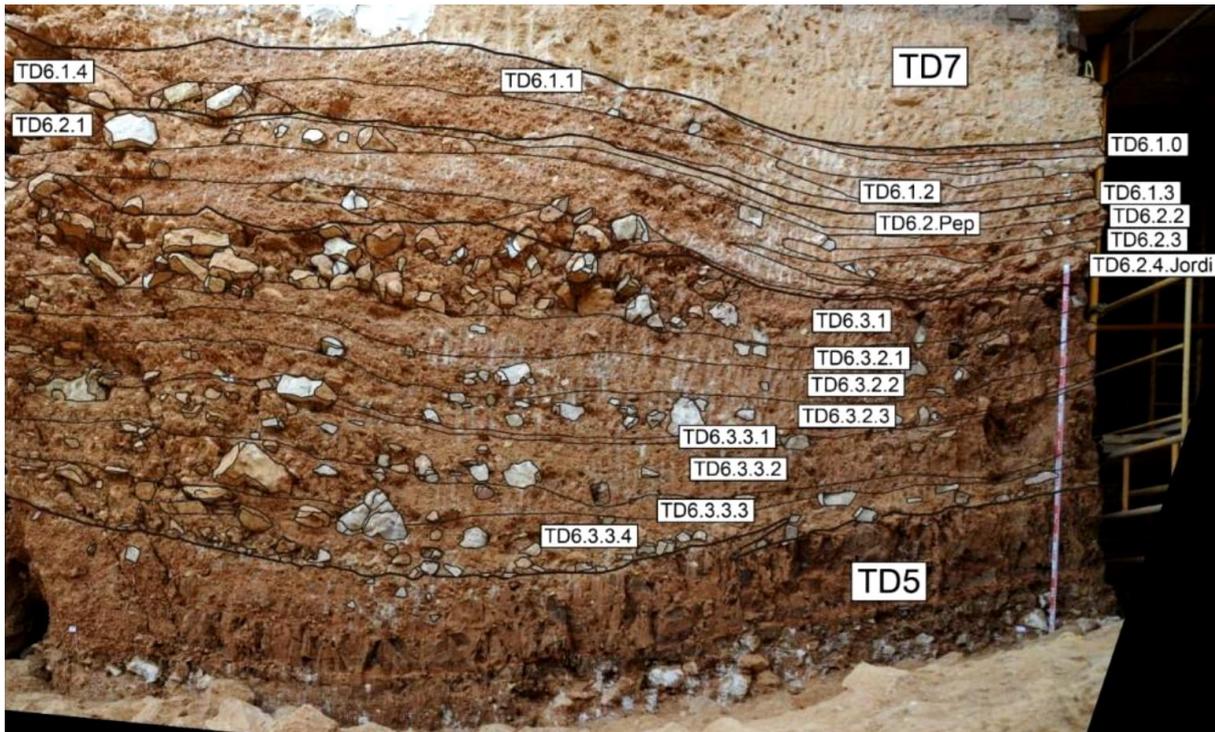
Fuente. Recuperado de: <<http://paleoantropologia hoy.blogspot.com/2015/02/sierra-de-atapuerca.html>>

Figura 3. Restos humanos encontrados en el Estrato Aurora.



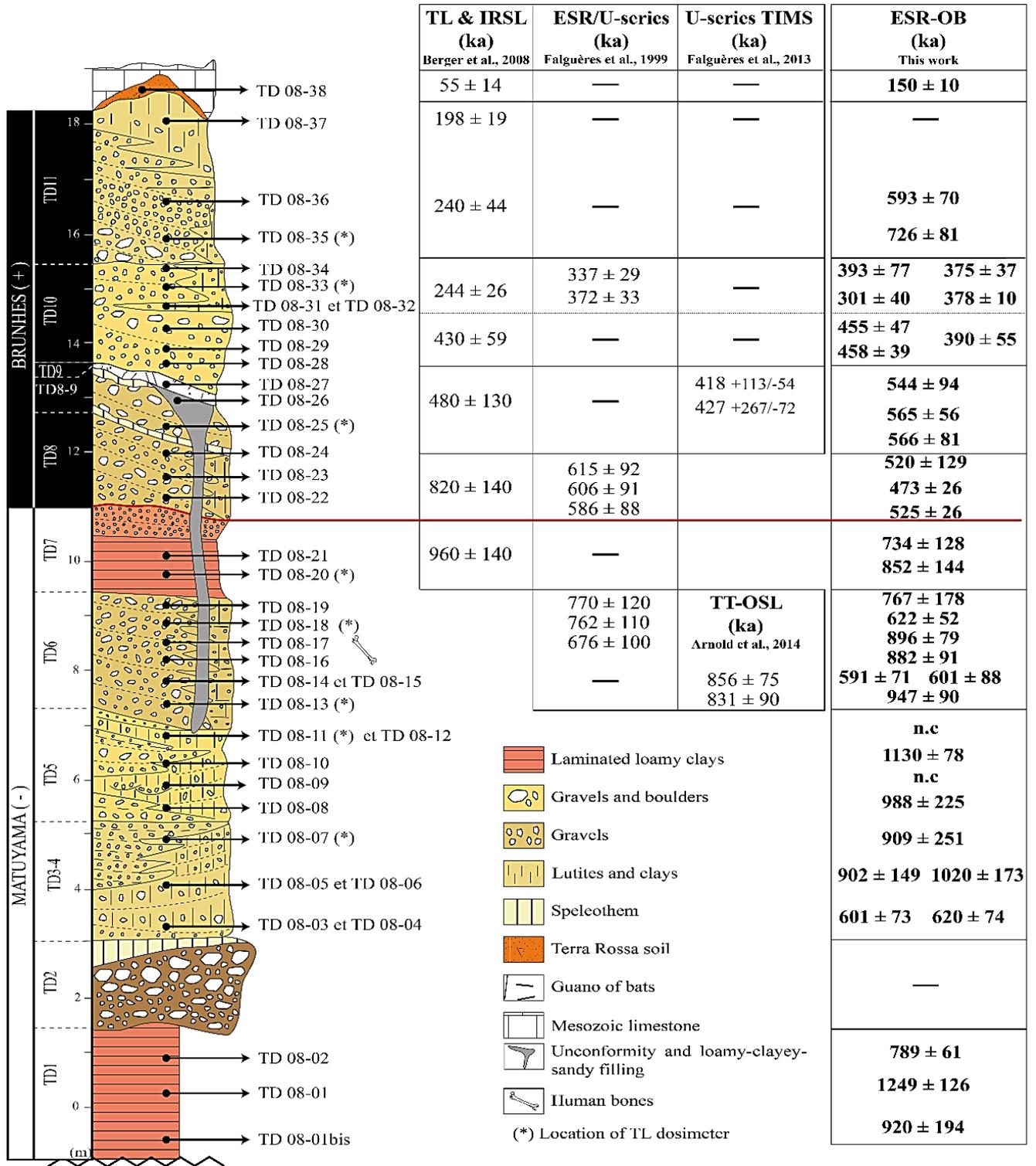
Fuente. Méndez-Pozo, 2002.

Figura 5. Sección de Gran Dolina en la que se observan los niveles TD5 - TD7.



Fuente. Recuperado de: <afanporsaber.com>

Figura 7. Secuencia estratigráfica de Gran Dolina junto a la localización de las 39 muestras.



Fuente. Moreno, 2020.