



Universidad de Valladolid



FACULTAD  
DE MEDICINA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

EVIDENCIAS EVOLUTIVAS  
PALEONTOLÓGICAS DEL LENGUAJE  
Y LA AUDICIÓN

CURSO 2019/2020

*Realizado por: Laura Ortega Casado*

*Tutora: Asunción Rocher Martin*

FACULTAD DE MEDICINA. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> .....	2
<b>1. Introducción</b> .....	4
<b>2. Antecedentes y estado actual</b> .....	5
2.1. <i>Atapuerca como yacimiento. Homínidos fósiles.</i> .....	5
2.2. <i>Bases anatómicas del aparato fonador: Evolución en primates</i> .....	7
2.3. <i>Lenguaje como función superior del cerebro: Evolución en primates.</i> .....	12
2.4. <i>Evolución de la audición y el lenguaje en los homínidos fósiles.</i> .....	14
<b>3. Hipótesis y objetivos</b> .....	16
<b>4. Metodología</b> .....	17
<b>5. Resultados</b> .....	18
5.1. <i>Evolución en primates del aparato fonador</i> .....	18
5.2. <i>Lenguaje como función superior del cerebro</i> .....	21
5.3. <i>Evolución de la audición y el lenguaje en los homínidos fósiles</i> .....	23
<b>6. Discusión</b> .....	26
<b>7. Conclusiones</b> .....	31
<b>8. Referencias bibliográficas</b> .....	32

## **RESUMEN**

El presente trabajo registra el análisis de numerosas investigaciones llevadas a cabo para el estudio nuestros antepasados, revelando las transformaciones de las estructuras anatómicas a lo largo de los años, y sus vínculos con las modificaciones producidas. Gracias a los avances tecnológicos y a los enfoques metodológicos se ha podido analizar con más precisión como los primates empleaban y percibían las señales, junto con datos que acreditan cómo los cambios de acústica vocal muestran una relación directa con la anatomía, con modificaciones claras, mediante la comparativa de la morfología craneal durante la evolución y los cambios morfológicos adaptativos del aparato fonador y del órgano auditivo.

La transcendencia del proceso evolutivo de nuestra fisionomía es fruto de la adquisición de la capacidad del lenguaje. Los humanos modernos muestran alteraciones en los genes relacionados con la forma de la cara y la conformación de la laringe, con respecto a nuestros más lejanos antepasados. Existen pruebas que especifican como el número y complejidad de las vocalizaciones guardan relación con la complejidad social, con especies más sociales que producen llamadas más complejas. No obstante, las estructuras vocales son innatas y no son susceptibles de ser modificadas por la experiencia, el desarrollo de las mismas es un proceso lento y gradual. Se desconoce la naturaleza exacta de la comunicación en los homínidos fósiles y no tiene por qué ser equivalente en lo que respecta a la sintaxis, lingüística o complejidad cognitiva con respecto al lenguaje humano moderno. El desarrollo de la audición de los primates se hace evidente a lo largo de las etapas, manifestando una clara relación de las modificaciones de las estructuras de la audición con el aumento del tamaño corporal, aunque los cambios en el tamaño corporal por sí solos no explican estos patrones.

Este trabajo se compone de una amplia revisión de los estudios que apuntan al desarrollo del lenguaje y la audición de los homínidos fósiles hallados, con claras alusiones al yacimiento de Atapuerca, Patrimonio de la Humanidad, a través de un análisis exhaustivo de los aspectos más relevantes que se muestran como evidencias evolutivas paleontológicas del lenguaje y la evolución en los humanos. Se incluyen discusiones y controversias contempladas y sustentadas por numerosas investigaciones llevadas a cabo por los autores más relevantes en el campo de la evolución humana.

**Palabras clave:** primates, homínidos, lenguaje, vocalizaciones, evolución, comunicación, audición, aparato fonador.

## **ABSTRACT**

The present work records the analysis of the numerous researchs carried out to study the lexical and communicative capacities of our ancestors, revealing the transformations of anatomical structures over the years, and their links with the modifications produced. Due to technological advances and methodological approaches, it has been possible to analyze more precisely how primates used and perceived signals, together with data that prove how changes in vocal acoustics show a direct relationship with anatomical changes, by comparing cranial morphology during evolution and adaptive morphological changes of the voice and auditory organs.

The transcendence of the evolutionary process of our physiognomy is the result of the acquisition of the ability of language. Modern humans show alterations in the genes related to the shape of the face and the conformation of the larynx, compared to our oldest ancestors. There is evidence that shows how the number and complexity of vocalizations are related to social complexity, with more social species that produce more complex calls. However, vocal structures are innate and are not susceptible of being modified by experience, their development is a slow and gradual process. The exact nature of communication in hominids is unknown, and it does not have to be equivalent in terms of syntax, linguistics, or cognitive complexity to modern human language. The development of primate's hearing becomes evident throughout the stages, showing a clear relationship between changes in hearing structures and increases in body size, but changes in body size alone cannot explain these patterns.

This work consists of a comprehensive review of the studies that point to the language and hearing development of the fossil hominids found, with clear mention to the Atapuerca site, a World Heritage Site, carrying out an exhaustive analysis of the most relevant aspects that are shown as paleontological evolutionary evidence of language and evolution in humans. It includes discussions and controversies that are supported by numerous investigations carried out by the most relevant authors in the field of human evolution.

**Keywords:** primates , hominids, language, speech, evolution, communication, voice organ, hearing.

## 1. Introducción

El último curso del Grado en Logopedia de la Universidad de Valladolid conlleva un nuevo reto, ya que supone la recta final del grado y, consiguientemente, el final de un ciclo, que se acompaña de un último gran esfuerzo para la elaboración del Trabajo de Fin de Grado (TFG). Para su realización, es importante tomar una buena elección del tema que se quiere elaborar y desarrollar durante este periodo, ya que, implica un trabajo perseverante, por lo que es preciso sentir devoción por el mismo, con el fin de alcanzar todos aquellos objetivos planteados para la obtención de resultados exitosos.

El tema seleccionado para mi TFG parte de una idea atractiva, "El lenguaje de los pobladores de Atapuerca" sugerido por mi tutora, la profesora Asunción Rocher Martín. El título que he desarrollado para el mismo es "Evidencias evolutivas paleontológicas del lenguaje y la audición". El estudio y elaboración del tema escogido me parece muy sugestivo, ya que soy de la ciudad de Burgos y, por lo tanto, creo que es un tema que puedo conocer de primera mano y todo me puede resultar más cercano y conocido.

En la localidad Burgalesa se cuenta con la Fundación Atapuerca, una entidad sin ánimo de lucro, cuyo objetivo es llevar a cabo proyectos relacionados con la Sierra de Atapuerca; a través de esta fundación se implementan proyectos de estudio e investigación formados por grandes especialistas que trabajan en campañas de excavaciones en los yacimientos de la sierra de Atapuerca.

Además de los yacimientos pleistocenos de la sierra de Atapuerca, contamos con otros Patrimonios de la Humanidad, como son el Museo de la Evolución Humana (MEH), situado en el centro histórico de la ciudad de Burgos, donde podemos ver expuestos fósiles y restos de primates, así como otras exposiciones originales a partir de los hallazgos de Atapuerca.

No obstante, en la localidad de Burgos se cuenta con Bienes Patrimonios de la Humanidad, relacionados con la temática abordada para este trabajo, así como con centros culturales de interés, que me han servido de gran ayuda para el desarrollo de este TFG

## **2. Antecedentes y estado actual**

Los primeros primates se originaron de un pequeño mamífero insectívoro hace al menos 55 millones de años, siendo el grupo más antiguo de los mamíferos, y ocuparon Asia, África, América del Norte y Europa. Existen multitud de hipótesis que explican la evolución de los rasgos de los primates y hoy en día se conocen hasta más de 300 especies, agrupadas en dos subórdenes, los *Strepsirrhini* y los *Haplorrhini*, cada uno de ellos con características anatómicas y fisiológicas que los diferencia. Finaliza este periodo con la ocupación de la especie *Homo sapiens*, o lo que conocemos como "hombres". Es importante conocer nuestro pasado y para ello se llevan a cabo numerosas investigaciones con el objetivo de aumentar nuestro conocimiento sobre nuestro origen y su evolución con el paso del tiempo. A pesar de toda la información con la que contamos en nuestro registro fósil, siguen existiendo incertidumbres que con los años se irán resolviendo, solventando aquellos paradigmas que vayan surgiendo y construyendo así una base empírica científica necesaria para el progreso de la sociedad.

### **2.1. Atapuerca como yacimiento. Homínidos fósiles.**

La historia del ser humano halla su procedencia en la Sima de los Huesos, ubicada en el yacimiento arqueológico de la Sierra de Atapuerca, a 15 Km de la ciudad de Burgos formando parte del Sistema Ibérico. En el año 1896, se inicia la construcción de una línea ferroviaria, que años después quebró y desapareció, y sus obras dejan al descubierto yacimientos importantes de la sierra. En el año 1910, se llevan a cabo las primeras investigaciones en la Cueva Mayor, donde se descubre un yacimiento de la Edad de Bronce, y, pasados unos años, se encuentran y estudian pinturas rupestres propias de la época. Con el paso del tiempo, los espeleólogos empiezan a descubrir restos fósiles y herramientas del periodo Achelense. Con el comienzo de las nuevas investigaciones hallan la Galería del Sílex, una cueva reconocida por el descubrimiento de restos comprendidos entre los periodos del Neolítico y la Edad de Bronce.

Los numerosos yacimientos paleontológicos y arqueológicos de los que se compone el complejo de Atapuerca se agrupan de la siguiente forma: 1. La Trinchera del Ferrocarril, 2. Cueva Mayor, 3. Cueva de El Mirador, 4. Cueva Fantasma y 5. Asentamientos al aire libre, en ellos se encuentran los restos más antiguos de la Península Ibérica.



Figura 1. Localización y yacimientos de la Sierra de Atapuerca. (Tomado de Narciso Casas, 2017)

En lo referente a la evolución de los homínidos, tanto los chimpancés como los seres humanos poseemos un ancestro común. Hace años se descubría, a través de un equipo de paleontólogos, los fósiles de una especie de homínido descendiente de los *Homo sapiens* y con un vínculo evolutivo de los primates, perteneciente a la especie *Australopithecus afarensis*, al cual le asignaron el nombre de Lucy, con una antigüedad de unos 3,2 millones de años, ocasionando una revolución en el árbol filogenético de nuestra especie. Lucy, tenía en torno a los 20 años de edad y presentaba una estatura de alrededor de 1 metro, su pelvis y extremidades sugieren su postura totalmente bípeda. Su nombre se debe, a la canción "Lucy in the sky with diamonds", de los Beatles, que sonaba en el mismo momento de su descubrimiento, y de ahí la fama por todo el mundo. Tras este descubrimiento se han encontrado más de 250 fósiles de al menos 17 individuos en la misma región de Etiopía.

En el árbol filogenético (Fig. 2) se muestra el proceso evolutivo de todas aquellas especies genéticamente cercanas a nosotros; en él se encuentran nuestros ancestros más directos incluyendo a los *Australopithecus*, *Homo habilis* y *Homo erectus*, y a aquellos considerados como nuestros "primos", *Neandertales*, ya que evolucionaron paralelamente.

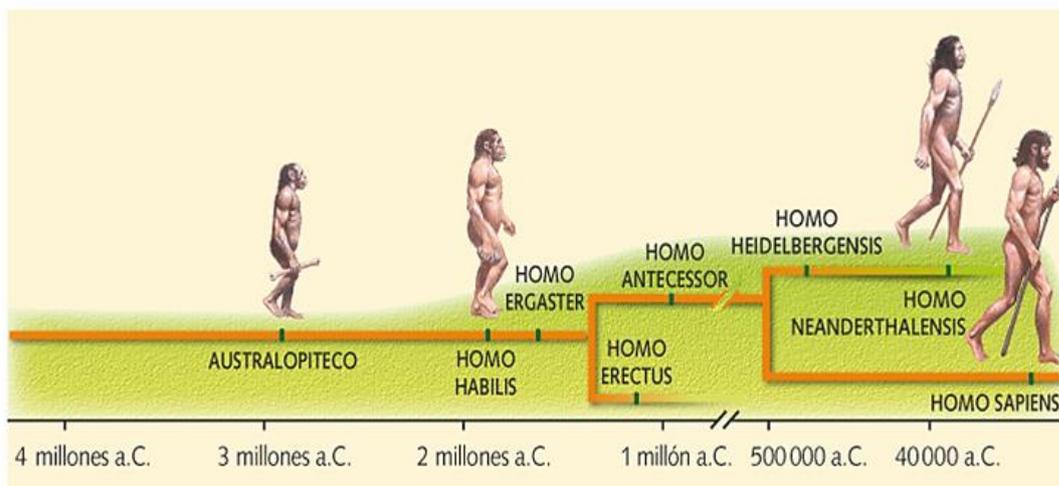


Figura 2. Evolución de los homínidos. (Tomado de Javier Cordera, 2017)

En los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, se ha hecho evidente la existencia de al menos 4 tipos de homínidos diferentes, algunos, antepasados de los Neandertales: **1. Homo Neanderthalensis**, **2. Preneandertal**, **3. Antecesor** y **4. Homo sapiens**.

El estudio del ADN obtenido en Atapuerca se inició a través de investigaciones relacionadas con la evolución y el comportamiento humano que englobaban la antropología molecular y el ADN de fósiles, para el análisis de las diferentes poblaciones humanas actuales y primitivas, el ADN antiguo de los fósiles europeos y la evolución de los Neandertales. Para la obtención de ADN a partir de fósiles, se lleva a cabo un proceso complejo y delicado de extracción del ADN, que nos facilitará información acerca de sus orígenes, identidad, antigüedad, variaciones genéticas, estructuras sociales de las comunicaciones... además de datos de interés relacionados con enfermedades actuales y fenómenos ecológicos. El ADN de los organismos está protegido en el interior del núcleo celular por proteínas que desaparecen con la muerte celular; en este mismo instante el ADN empieza a deteriorarse, y sólo unas insólitas condiciones de conservación posibilitan extraerlo con éxito. Las piezas dentarias son el material más idóneo para el estudio del ADN mitocondrial antiguo, pero cuando se carece de ADN en sus dientes, la obtención de material genético de estos homínidos se realiza a través de los restos del hueso temporal (región petrosa).

## 2.2. Bases anatómicas del aparato fonador: Evolución en primates

Las vocalizaciones de los primates son específicas para cada una de las especies y necesarias para la comunicación entre miembros de la misma especie de primates. Para la producción vocal es necesario poseer una configuración específica del aparato fonador.

Anatómicamente, la relación cráneo/cuerpo ha ido aumentando con la evolución. Además, en lo que respecta a las formas actuales, presentamos una cara menos prognata, consecuencia de la retracción mandibular, con un arco dental más abierto y piezas dentales más reducidas, acompañado de cambios en las formas de alimentación con un mayor aporte energético. Una de las modificaciones más claras se observa en la comparativa de la morfología craneal durante la evolución (Fig. 3). En el punto de unión de la columna vertebral con el cráneo se localiza el *foramen magnum* (lugar donde la médula espinal contacta con el encéfalo); como se puede observar, la alineación corporal ha sufrido modificaciones consiguiendo posiciones corporales más erectas, por lo que el *foramen* se ha visto obligado a desplazarse de un posicionamiento craneal posterior hacia un posicionamiento más ventral, consiguiendo así un ángulo recto en lo que respecta al eje del cuello con el plano del paladar; dicha posición mejoraría, a su vez, la eficacia de los músculos que sustentan a la cabeza, siendo esencial para la emisión del lenguaje acompañado de una gran heterogeneidad de fonemas, junto con un desarrollo del cráneo hacia una forma más globular (Fig.4).



Figura 3. Evolución de la morfología craneal en sus distintas especies. (Tomado de Science and faith)

El foramen magnum también es apreciable en el cráneo número 5; este cráneo es uno de los hallazgos más destacados en los yacimientos de Atapuerca, hallado en 1992, junto con otros tres cráneos más, en la Sima de los Huesos, y reconocido como el cráneo de **Miguelón**, perteneciente a la especie Homo antecessor. Este hallazgo convirtió a Atapuerca en uno de los yacimientos más significativos del mundo y el mejor conservado del registro fósil, esencial para la comprensión de la evolución humana en Europa.

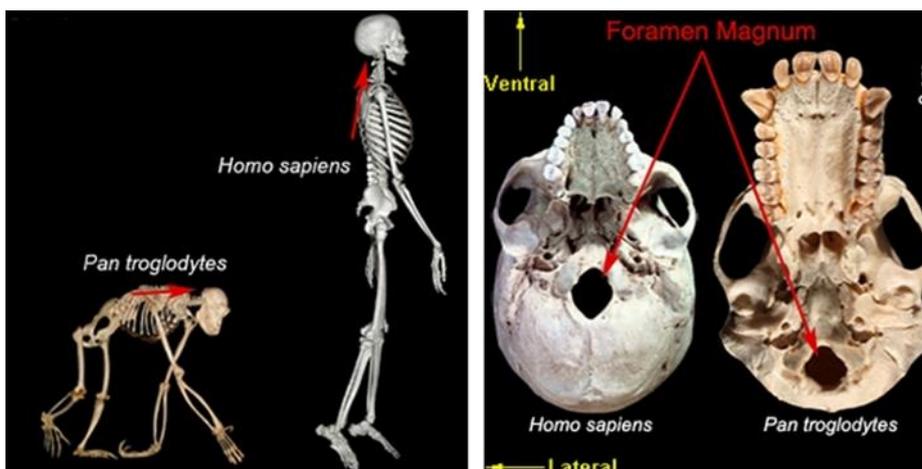


Figura 4. Izquierda, la dirección de contacto de la de la columna vertebral con el cráneo comparada entre chimpancé y hombre. Derecha, vista inferior del cráneo de ambos individuos donde se observa la posición del foramen magnum. (Tomado de eFossils)

En el caso de Miguelón, el *foramen magnum*, según podemos observar, es ovalado y ligeramente asimétrico (Fig.5), a diferencia del *Homo Sapiens*, donde se aprecia más alargado y estrecho (Fig.4).

La anatomía postcraneal se posiciona dentro de los rasgos propios de los Neandertales, con clavículas cortas y arqueadas. Los restos hallados en la Sima de los Huesos correspondientes a varias de las vértebras del cráneo número 5, evidencian su similitud morfológica con las vértebras, tanto de *Homo Sapiens*, como de neanderthal.

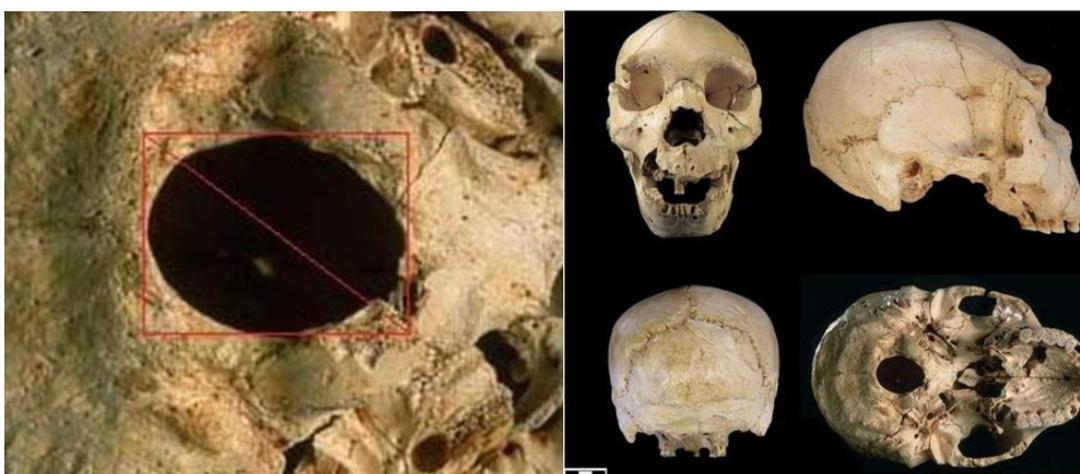


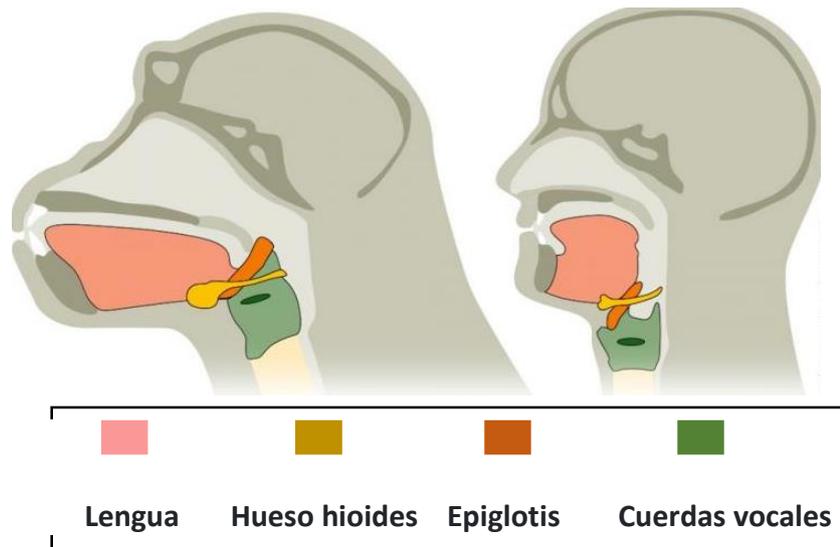
Figura 5. A. Detalle del agujero occipital. B. Evidencia fotográfica del buen estado de la muestra del cráneo número 5. (Tomado de Trueba,2016)

La evolución de los primates, en relación a la producción vocal, no solamente se ha manifestado en un aumento cerebral global, sino también en cambios morfológicos adaptativos.

Durante la producción del sonido, la laringe oscila como respuesta al flujo del aire de los pulmones, esto crea una señal acústica básica, que luego viaja a través del tracto vocal; así pues, las propiedades acústicas de la señal emitida al medio ambiente están determinadas no sólo por la actividad de la laringe sino también por las configuraciones del tracto vocal (la forma de las cavidades nasales y orales), lo que determina las propiedades de resonancia y la calidad acústica de los sonidos emitidos (Fitch y Hauser, 1995).

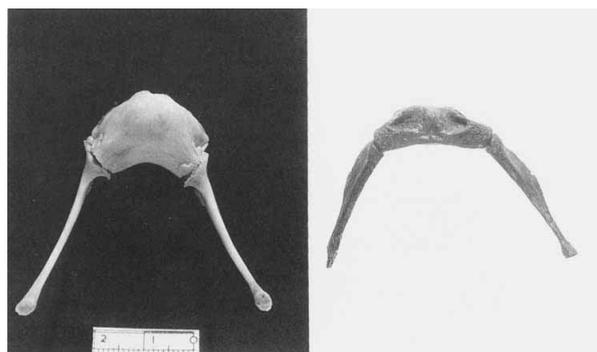
El desarrollo de la morfología del tracto vocal relacionado con las formas humanas supuso una serie de inconvenientes, lo que parece contradecir la idea de que la evolución implica formas más exitosas en lo que respecta a la supervivencia y reproducción. El hecho de que la laringe se ubicara en posiciones más bajas en la zona del cuello, empujando a su vez a la epiglotis, que es la puerta de entrada de los pulmones, provocó que se perdiera la capacidad que se tenía hasta entonces de poder beber y respirar al mismo tiempo, beneficioso a la hora de mantenerse vigilante ante posibles amenazas externas, pero, sin embargo, con la evolución obtuvimos algo mejor a cambio, la función del lenguaje oral.

Gracias al proceso evolutivo de nuestra fisionomía, hemos ido adquiriendo la capacidad del lenguaje. Los humanos modernos muestran alteraciones radicales en los genes relacionados con la forma de la cara y la conformación de la laringe; específicamente, los genes responsables de las cuerdas vocales y del descenso de la laringe son los que presentan mayores cambios en comparación a los antiguos homínidos y primates. La estructura anatómica del aparato fonador del humano actual es competente para la función del lenguaje. En nuestro caso, la laringe está proyectada hacia la faringe, resultado de una postura bípeda, mientras que en los otros primates la laringe se orienta hacia la cavidad bucal. De este modo es factible modular las frecuencias sonoras emitidas desde la laringe, como consecuencia de los cambios en la forma y en la longitud del tracto vocal. Es esencial que la cavidad bucal y la faringe intervengan de manera autónoma, siendo vital para ello que la faringe se posicione en la zona baja del cuello.



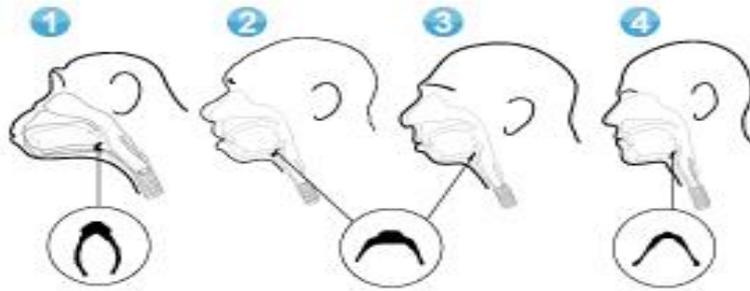
*Figura 6. 'Los cambios regulatorios dieron forma a la anatomía facial y vocal humana',  
(Tomado de Gokhman, 2017)*

Entre los huesos que se conservan en el registro fósil se encuentra el hioides. En el caso del Australopithecus, se observa una morfología y tamaño similar al de los chimpancés, mientras que en los homínidos Heidelbergensis y Neardentales de Atapuerca, el hueso se muestra parecido al de los humanos, con una garganta similar a la nuestra; por lo tanto, presentarían las mismas capacidades para la producción de los sonidos. En el caso de los humanos se localiza en una posición correcta, permitiendo el trabajo en conjunto con la lengua y la laringe, facilitando así la producción del habla.



*Figura 7. Cambios evolutivos del hueso hioides. (Tomado de Lafarga, 2012)*

Los primates emiten una mayor cantidad de vocalizaciones innatas con pequeñas variaciones como consecuencia de los cambios voluntarios producidos en la forma del tracto vocal; esto nos indica que el lenguaje se iba desarrollando gracias a la existencia del balbuceo en algunos de los primates.



*Figura 8. Cambios evolutivos del hueso hioides. (Tomado de EduCaixa).*

1. Hioides de Australopithecus Afarensis (hace entre 0,4 y 2,9 millones de años)
2. Hioides de Homo Heidelbergensis (hace entre 500.000 y 127.00 años)
3. Hioides de Homo Neanderthalensis (hace entre 245.00 y 25.000 años)
4. Hioides de Homo Sapiens actual (desde hace 150.00 años)

Los primeros estudios en primates que incluyeron el examen de las vocalizaciones se centraron en análisis cualitativos y descripciones. No fue hasta mediados del siglo XX cuando los investigadores incluyeron grabaciones y análisis de la estructura acústica de varias llamadas de manera más rutinaria. Los avances tecnológicos y los nuevos enfoques metodológicos permitieron mejores análisis. La gama de vocalizaciones conocidas de los primates ha aumentado drásticamente, y ahora es posible obtener fácilmente grabaciones de alta fidelidad y banda ancha (Maciej et al., 2011) que ponen de manifiesto vocalizaciones de alta frecuencia.

Sin embargo, aunque los primates de esta época comparten muchas semejanzas con los humanos, en lo que respecta a la función de las vocalizaciones, no reflejan los mismos niveles de plasticidad y complejidad.

### **2.3. Lenguaje como función superior del cerebro: Evolución en primates.**

Los Neandertales poseían una compleja tecnología de herramientas de piedra que requería de una formidable destreza y capacitación, con muchas variantes y elaboraciones. La compleja fabricación de herramientas implica de una planificación y por lo tanto de la activación del área de Broca, al igual que en las tareas lingüísticas. Las acciones y el control motor que se requiere para dominarlas no son diferentes de la cognición y el control motor que implica el lenguaje.

Se sabe que el cerebro humano tiene estructuras neuronales especializadas, como el **área de Broca, área de Wernicke y los lóbulos temporales**, comprometidas en el procesamiento del lenguaje. La lateralidad y la asimetría del cerebro están vinculados con la especialización del hemisferio izquierdo para las funciones del lenguaje, la lógica, el pensamiento, los gestos y el uso de herramientas y del hemisferio derecho para la creatividad, la intuición, la visión y la atención. Los lóbulos temporales, en cambio, se encargan de la integración de la información sensorial y de procesar los contenidos en lo que respecta a la audición, visión y lenguaje.

El paso de homínidos primitivos al género Homo está relacionado con el desarrollo de habilidades de modificación del entorno: construcción de herramientas, dominio del fuego, cooperación y división del trabajo, y estas actividades necesitan de un lenguaje. Los Sapiens cuentan con un desarrollo considerable de las áreas temporales y prefrontales, que están relacionadas con el procesamiento de la comunicación verbal y las tareas semánticas. En lo que respecta a la organización cerebral, Tobías defiende la expansión de las áreas de Broca, Wernicke y lóbulos temporales, mediante la comparación de endocráneos. Detecta no solo un desarrollo de las áreas de Broca y Wernicke, sino también del lóbulo frontal, que anticiparía el incremento de volumen de esa zona en los homínidos de tipo *erectus*. Como resultado, se produce una disminución de tamaño de la parte izquierda frente a la derecha, considerando a la parte izquierda del área de Broca más globular y mejor definida. En lo que respecta a los lóbulos temporales, los humanos modernos presentan un mayor tamaño en comparación con otros primates, que puede ser consecuencia de diversos factores evolutivos, implicando distintas funciones.

Hasta el momento, el análisis del ADN antiguo también ofrece algunas ideas sobre la evolución del lenguaje humano, mostrando cómo los Neandertales comparten con los humanos modernos dos mutaciones derivadas del gen **FOXP2**, un gen relacionado con el lenguaje humano, con el desarrollo pulmonar y con ciertas destrezas motoras. En los humanos, las mutaciones en el gen FOXP2 conllevan graves trastornos del habla, afectando al control orofacial durante su producción. El control de la laringe, sin embargo, no parece estar afectado en estos pacientes. El gen FOXP2 de los humanos encontrado también en los Neandertales sugiere que dichas mutaciones podrían haber sucedido antes de la aparición de los humanos modernos (Krause et al., 2010).

La existencia del gen FOXP2 en los Neandertales nos lleva a pensar que esta especie presentaba un lenguaje complejo, pero para ello se requieren de muchos más aspectos que la posesión del mismo, de los cuales no existe por el momento suficiente información.

#### **2.4. Evolución de la audición y el lenguaje en los homínidos fósiles.**

Existen muchos estímulos sonoros en el medio que nos rodea, además de los sonidos de los depredadores y presas. Todos los organismos pueden oír y vocalizar dentro de una gama de frecuencias, el ancho de la banda. La comunicación intraespecie, con otros miembros del grupo, representa el estímulo auditivo más común entre los primates. El comienzo del habla humana tiene su origen en el género Homo, aunque se desconoce la naturaleza exacta de la comunicación en los homínidos fósiles, y no tiene por qué ser equivalente en lo que respecta a la sintaxis, lingüística o complejidad cognitiva con respecto al lenguaje humano.

En relación con el lenguaje, es importante también el estudio de la morfología funcional y la biología del desarrollo del oído en primates y en el hombre. La mayoría de las estructuras del oído medio e interno humano ya están formadas al nacer y su desarrollo depende del control genético.

La **evolución en la audición** de los primates se produce a lo largo de las etapas, con variaciones en sus estructuras cocleares, ventana oval, cóclea y lámina ósea. Los primates no humanos manifestaban una buena sensibilidad a altas frecuencias, que con el tiempo se han ido incrementando debido al aumento de complejidad social, aunque, por el contrario, manifestaban un deficiente desarrollo a frecuencias bajas. Para comprender la comunicación en los primeros homínidos, se estudian las estructuras óseas del oído y se reconstruyen con modelos 3D, las capacidades auditivas en varios homínidos tempranos de los yacimientos.

Debido al proceso neural que requiere la producción, percepción y descodificación de estímulos, la morfología del cerebro representa un aspecto de gran importancia para el estudio del lenguaje en plena evolución. El tamaño del cerebro se asemeja al de los chimpancés, lo que indica la escasa probabilidad de poseer capacidades cognitivas necesarias para poder dominar un vocabulario o para la utilización de reglas sintácticas más complejas. Por lo que se puede concluir que los primeros homínidos seguramente poseían una estructura de comunicación presintáctica que se apoyaba en la producción de sílabas, y el incremento de

sensibilidad auditiva facilitaría aquellos intercambios de comunicación de corto alcance, sobre todo en contextos abiertos.

Se muestra una clara relación de la modificación de las estructuras de la audición en lo que respecta al aumento del tamaño corporal, pero los cambios en el tamaño corporal por sí solos no pueden explicar estos patrones.

El oído externo y medio del género *Homo* cambiaron posteriormente en varios aspectos en comparación con las de los primeros homínidos; los fósiles del *Homo* se caracterizan por un canal auditivo acortado mediolateralmente, parecido al *H. Sapiens*. La membrana timpánica está más agrandada y es más similar en tamaño a las membranas timpánicas de los chimpancés, los volúmenes de la cavidad timpánica y las áreas mastoides también están agrandadas en el género *Homo*. Todos estos rasgos están presentes en los Homínidos del Pleistoceno medio de Atapuerca, como se ha podido observar (Martínez et al., 2013).

Recientemente, el equipo de investigadores del yacimiento de la Sima de los Huesos, ha localizado en la Cueva Mayor un hueso temporal de un cráneo, cuyo fósil podría pertenecer al cráneo 17, siendo el más completo después de 'Miguelón' (Gil, 2019). Este hallazgo permitirá, además de estudiar su morfología, incidir sobre su oído interno para descubrir la frecuencia en la que se comunicaban. Su estructura interna permitirá averiguar cuál es la banda en la que se comunicaban las especies fósiles, por lo que se podrá saber cómo sonaban sus palabras, aunque no conozcamos sus palabras ni su interpretación.



*Figura 9. Hueso temporal hallado en los yacimientos de Atapuerca. (Tomado de Otero, 2019).*

### **3. Hipótesis y objetivos**

El conocimiento de la anatomía funcional y los estudios realizados en las últimas décadas sobre los restos fósiles de primates y homínidos nos permite formular la hipótesis de que los nuevos hallazgos que se están produciendo en yacimientos tan importantes como el de Atapuerca, junto con la aplicación de la más moderna tecnología, nos permitirán comprender en profundidad las capacidades léxicas primitivas y, por tanto, la evolución del lenguaje y la audición en los homínidos hasta el homo sapiens actual.

Además de los objetivos propios del TFG en el Grado en Logopedia, los objetivos que se persiguen con respecto a este trabajo y con los cuáles pretendo verificar la hipótesis planteada son:

- ⇒ **1.** Investigar y demostrar las transformaciones evolutivas propias del lenguaje y la audición, a través del estudio de los fósiles hallados recientemente, para averiguar en la medida de lo posible el desarrollo de las propiedades acústicas-parlantes de los homínidos, así como sus semejanzas anatómicas y fisiológicas con el homo sapiens.
  
- ⇒ **2.** Analizar y constatar si los resultados obtenidos a través de los estudios más recientes garantizan la obtención de información relevante en lo que respecta a las características fonadoras de los homínidos.
  
- ⇒ **3.** Determinar si los estudios paleontológicos posibilitan establecer un vínculo cercano, en lo que respecta a la existencia de un sistema de comunicación más complejo y estructurado en nuestros antepasados.

#### **4. Metodología**

Entre los procedimientos que he seguido para la elaboración de este trabajo, en primer lugar, he realizado una Revisión bibliografía a partir de la principal base de datos del área de medicina: PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), complementada con otras de interés como: Medline, Google Académico, plataformas de ebooks suscritos por la biblioteca de la Universidad de Valladolid, además de libros y revistas de interés como Atapuerca, Science, PNAS, Nature, entre otras, con el propósito de abordar la mayor cantidad de información relevante sobre los periodos de la historia de la humanidad y, en particular al espacio cultural de Atapuerca.

En la búsqueda he utilizado como filtro palabras clave relacionadas con el tema: yacimiento/Homínidos fósiles de Atapuerca, lenguaje o comunicación en primates/homínidos, etc.

Para la elección y recopilación de los artículos he llevado a cabo una serie de pautas. En primer lugar, me centré en la ejecución de una búsqueda intensiva y continua de información más general, investigando en diferentes plataformas, con el fin de ir empapándome de información e introduciéndome poco a poco en estos contextos. Con toda la información obtenida podía abordar el estudio de mi trabajo desde perspectivas muy heterogéneas, encauzándolo desde un punto de vista anatómico, fisiológico, raíces del lenguaje, funciones del mismo en el proceso evolutivo, estudios paleontológicos, líneas de investigación de los yacimientos de Atapuerca, Atapuerca como yacimiento, Homínidos fósiles encontrados... junto con información útil de libros y artículos.

Una vez agrupados los contenidos anteriores, he seleccionado los artículos más relevantes publicados en los últimos 15 años, en lengua inglesa y española, agrupando una totalidad de 40 documentos. Adicionalmente, he utilizado libros de la especialidad en castellano, de los que obtuve información general sobre la Sierra de Atapuerca e información en lo que respecta a la prehistoria desde un punto de vista más global. Además, durante la búsqueda de información de las diferentes fuentes, se repudiaron aquellos artículos con escasa o nula evidencia científica, con ausencia de pruebas que avalaran las investigaciones.

## 5. Resultados

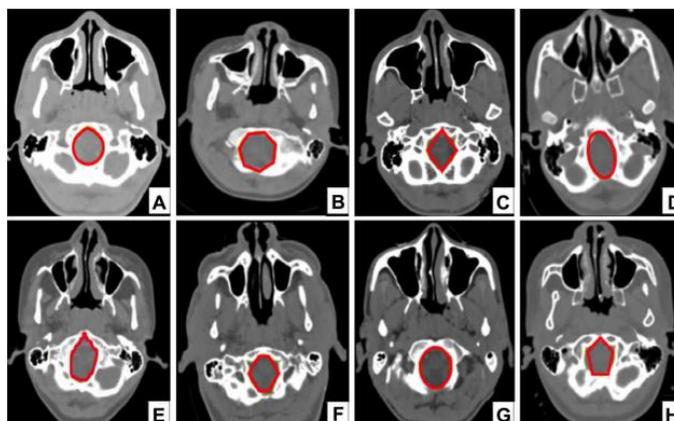
A través de los resultados extraídos de las publicaciones más actuales voy a exponer aquellos datos más relevantes de cada uno de los aspectos relacionados con la evolución del lenguaje y habla.

### ⇒ 5.1. Evolución en primates del aparato fonador

El proceso evolutivo es responsable de los cambios en nuestra fisionomía que nos ha permitido la adquisición de la capacidad de comunicación. Los recientes estudios genéticos permiten establecer que un gen, el gen NFIX, mucho menos activo en humanos, interviene en la protrusión de la mandíbula y el desarrollo de la laringe. Esto sugiere que la represión de este gen ha sido decisiva para que el rostro humano se achatara y nos permitiera obtener la configuración facial óptima para el habla, es decir, que los componentes horizontales y verticales del tracto vocal tengan la misma longitud (Gokhman, 2017).

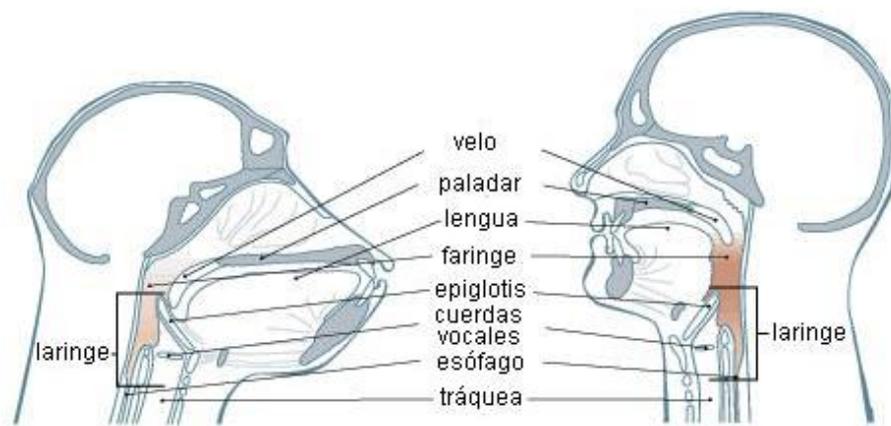
El estudio en lo que respecta al *foramen magnum* nos da una idea de las variaciones en su morfología y morfometría en sus numerosos estudios. La forma ovalada fue la más frecuentemente hallada, pero algunos autores encontraron la forma redonda como la más común. En el cuadro se compara la proporción de las diferentes formas en diversos estudios.

Types of foramen magnum	Mursh-ed et al	Radha-krishanan et al	P.Chethan et al	Radhika P.M	Anil Kumar et al	Present Study
Oval	8.1%	39%	15.1%	40%	50%	58.8 %
Round	21.8%	28%	22.6%	20%	20%	8.82%
Tetragonal	12.7%	19%	18.2%	6%	6%	17.6%
Hexagonal	17.2%	-	5.6%	6%	8%	11.8%
Irregular	19.9%	-	15.1%	16%	16%	2.94%



*Figura 10. A. Tabla comparación de tipos morfológicos de foramen magnum y frecuencia de ocurrencia en diferentes estudios. B. Tipo de foramen: A-forma de huevo; B- heptagonal; C- tetragonal; D-oval; E-irregular; F-hexagonal; G- redondo y H-pentagonal. (Tomado de Moodley, 2017)*

En la comparativa entre la anatomía humana actual y la de los primates, se puede observar cómo la laringe de los primates se encuentra más alta que en el caso de los humanos. La consecuencia del descenso de la laringe acarreó no solo un aumento de la cavidad nasofaríngea, sino también una mayor longitud existente entre la laringe y las fosas nasales, lo que nos permite la producción de sonidos más fuertes y claros, destacando los sonidos vocálicos ‘‘i’’ ‘‘u’’. (Fig.11)



*Figura 11. Comparativa del posicionamiento del tracto supralaríngeo. (Tomado de Caroline, 2015)*

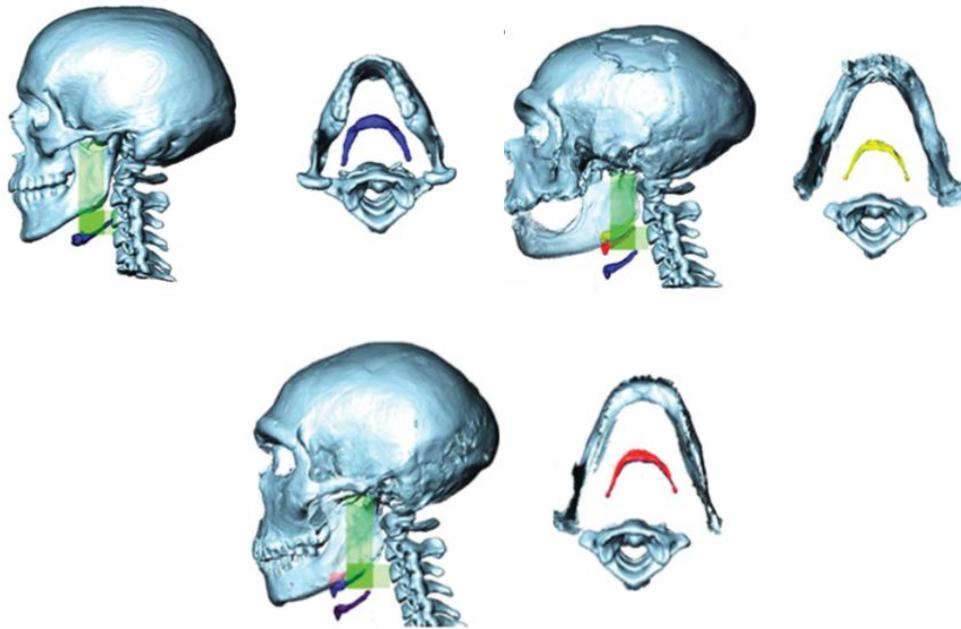
El hecho de que esta especialización anatómica sea o no crucial para la producción del habla ha sido muy debatido (Lieberman, 2012; Tabla 1), según Fitch, es poco probable que sea el requisito clave para la evolución del control vocal y, por extensión, para la producción de un habla inteligible (Fitch et al., 2016).

### Aspectos anatómicos/neurológicos del habla en las distintas especies

Australopithecus	Homo Erectus	Neandertal	Homo Sapiens
Tracto vocal similar al de los monos	Situación levemente baja de la laringe	Paladar largo. Ángulo plano de base del cráneo	Tracto vocal moderno. Base del cráneo moderna
	Respiración por la boca bajo control voluntario		
	Habla limitada a sonidos similares a los de primates no-humanos	Habla nasal	
Sin deficiencias vegetativas en acciones de órganos relacionados	Acciones de masticar y tragar sin deficiencias.	Acción de tragar sin deficiencias. Acción de masticar más efectiva.	Problemas con la acción de tragar. Problemas con dientes infectados.
	Mecanismos cerebrales de control voluntario de la respiración por la boca.		Mecanismos cerebrales de control voluntario de la respiración por la boca.
	Mecanismos cerebrales de control automático del habla.	Mecanismos cerebrales de control automático del habla.	Mecanismos cerebrales de control automático del habla.

*Tabla 12. Adaptaciones anatómico-neurológicas relacionadas con el habla realizada por Lieberman, (Recuperado de <http://portal.uned.es>)*

La reconstrucción del tracto vocal del neandertal ha sido decisiva en el estudio de las adaptaciones anatómicas. El rango de las posiciones del hioides se registró con puntos de referencia de la base craneal y la columna cervical. En el eje supero-inferior, el punto de referencia del cuerpo hioides se encuentra alineado en un plano paralelo que pasa por la vértebra cervical C3 (hembras) o la superior de la C4 (machos). El sombreado en verde (Fig.11), muestra el rango de posiciones del hioides observado en la muestra de referencia de adulto humano. El color azul, muestra la posición del hioides en adulto humano, y los colores amarillo y rojo, muestran la posición del hioides para dos especímenes adultos de Neandertal.



*Figura 13. Reconstrucción del posicionamiento del hioides en humanos y Neandertales. (Tomado de Royal Society Publishing, Barney et al., 2012)*

Los modelos reconstruidos de Neandertal dieron como resultado, patrones similares de distancias entre el hioides y el cráneo y la mandíbula a las observadas en la muestra humana (Fig.13). Las medias previstas para las distancias verticales al hioides de los Neandertales no fueron significativamente diferentes de las distancias medias observadas en la muestra humana adulta, pero las distancias medias previstas al hioides en el eje anteroposterior fueron significativamente mayores en los Neandertales (Barney et al., 2012).

A través de la reconstrucción tridimensional de la posición horizontal del hioides (Fig.13), podemos observar cómo la distancia hioidea es ligeramente anterior a las posiciones registradas en la muestra de referencia humana, lo que refleja la base craneal y la cavidad oral relativamente larga; verticalmente, la distancia hioidea está dentro del rango de la muestra de referencia humana. Estas medidas explican las diferencias de forma facial entre los humanos y Neandertales (Barney et al., 2012).

## ⇒ **5.2. Lenguaje como función superior del cerebro**

En lo que respecta al estudio de los aspectos cognitivos, se observan numerosas pruebas sobre la complejidad cognitiva en la comunicación vocal de los primates que viven en familia. Varias

especies tienen secuencias de llamadas que son consistentes y predecibles, y se utilizan diferentes secuencias en diferentes contextos.

Los estudios de laboratorios de psicobiología sugieren que las capacidades cognitivas necesarias para comprender el significado no se limitan a los humanos y sus habilidades lingüísticas, aunque las vocalizaciones de los primates pueden diferenciarse significativamente del lenguaje humano.

Un tema de debate es si el sistema auditivo central de los primates no humanos contiene regiones que están especializadas para procesar vocalizaciones. En primer lugar, podemos distinguir 2 tipos de áreas cerebrales auditivas, unas que son **sensibles**, sus neuronas responden bien a todas las vocalizaciones, mientras que otras son **selectivas**, una sola neurona o grupos de neuronas dentro de esa área responden cada uno a diferentes vocalizaciones; algunas neuronas pueden responder preferentemente a llamadas de contacto, mientras que otras pueden responder a llamadas de advertencia de depredadores.

Según Fitch et al., (2016) el tracto vocal del macaco de cola larga puede producir cinco vocales claramente distinguibles, lo que implica que su tracto vocal está "listo para hablar". El hecho de la "no producción del habla" se debe en parte a la falta de control neuronal de las estructuras vocales, principalmente de las cuerdas vocales, y también a la falta de coordinación de la respiración y la fonación, más que a cualquier limitación relacionada con la anatomía del tracto vocal. Este hallazgo tiene el potencial de cambiar drásticamente el estudio de la evolución del lenguaje, dejando de centrarse en la anatomía y las proporciones del tracto vocal y centrándolo más directamente en el ámbito cognitivo. Esto ayuda a explicar por qué los intentos anteriores de inferir las capacidades del habla de los homínidos a partir de las reconstrucciones de sus tractos vocales, o la forma de sus huesos hioides han sido en gran medida incompletos.

DeWitt y Rauschecker (2011), tras analizar 115 estudios de resonancia magnética funcional y tomografía por emisión de positrones, han determinado que el procesamiento del habla se produce en una nueva área unos 3 cm más cerca de la parte frontal del cerebro que el área de Wernicke, al otro lado de la corteza auditiva. Esta nueva ubicación parece concordar con otra área recientemente descubierta en primates no humanos, lo que sugiere que el origen del lenguaje entre primates y humanos está más cercano de lo que se cree.

Por otra parte, el lenguaje implica un amplio número de regiones corticales adicionales, lo que indica la alta interconexión de las funciones cerebrales cognitivamente. El lenguaje no es sólo una cuestión de módulos corticales especializados, sino de cómo se interconectan los módulos entre sí. De especial relevancia encontramos la obra de Stout y Chaminade (2012), que pone de manifiesto que una parte importante de los circuitos neuronales implicados en la producción del lenguaje también se activan durante la fabricación de herramientas de piedra. En el chimpancé, el área de Broca está implicado en los gestos, lo que presta apoyo a la hipótesis ya comentada de que la evolución del lenguaje se correlaciona con la evolución de las habilidades manuales, en especial la producción de herramientas de piedra. Estas hipótesis se sostuvieron hasta que irrumpió la genética para aportar datos sobre la comunicación humana en la prehistoria. En 2007, un trabajo sobre ADN antiguo extraído de fósiles, de Lalueza Fox, realizado en dos especímenes Neandertales, reveló que aquellos parientes extintos tenían dos mutaciones en el gen FOXP2. (Carbonell et al., 2017). Es imposible la presencia de la forma humana de este gen en estos dos Neandertales sin que haya estado presente en los humanos de hace más de 200.000 años. El FOXP2 no sólo permite determinar en los Neandertales un grado de comportamiento humano, sino que también permite deducir el surgimiento del comportamiento humano moderno, incluyendo el lenguaje. Es uno de los pocos casos de análisis de ADN humano del Pleistoceno en el que la selección, manipulación y análisis de las muestras se hicieron bajo un estrecho control. Estos resultados ponen de manifiesto el papel de la biología en cómo concebimos el comportamiento humano.

### ⇒ **5.3 Evolución de la audición y el lenguaje en los homínidos fósiles**

La mayoría de las estructuras del oído medio e interno humano ya están formadas al nacer, y su desarrollo está bajo un estricto control de genes específicos. En términos evolutivos, el oído medio y el oído interno parecen estar entre las regiones anatómicas más conservadas de nuestra anatomía. Por lo tanto, un estudio exhaustivo de la región del oído en los homínidos fósiles tiene el potencial de arrojar nueva luz sobre la evolución de las capacidades sensoriales en el linaje humano (Quam et al., 2012).

Estas capacidades se conocen gracias a estudios de laboratorio que permiten recomponer audiogramas en chimpancés y humanos actuales. Para ello se lleva a cabo la reconstrucción en 3D a partir de tomografías computarizadas de los fósiles, permitiendo analizar la anatomía del oído interno. Esta investigación se inició con el estudio de los Neandertales hallados en la

Sima de los Huesos, permitiéndonos conocer las capacidades auditivas de nuestros antepasados (Lorenzo et al., 2015). La audición de los primates no está especializada en términos de gama de frecuencias audibles, sino que sigue el patrón típico de los mamíferos: las especies más pequeñas en sonidos de frecuencias más altas que las especies más grandes. Esta relación se mantiene en todos los mamíferos y en todo el orden de los primates en general (Ramsier et al. 2012).

Los estudios especializados sobre evolución de la audición demuestran que los homínidos del Pleistoceno medio de Atapuerca t tenían un patrón de transmisión de la potencia del sonido muy cercano a los humanos modernos. El profesor Ignacio Martínez, paleontólogo del yacimiento de Atapuerca, analizando 5 cráneos procedentes de la Sima de los Huesos, llegó a la conclusión de que sus pobladores manifestaban una capacidad auditiva muy similar a la de los humanos actuales, con una banda de alta sensibilidad entre 1-5 KHz, aunque con un límite superior ligeramente más bajo; estos resultados están relacionados con el lenguaje.

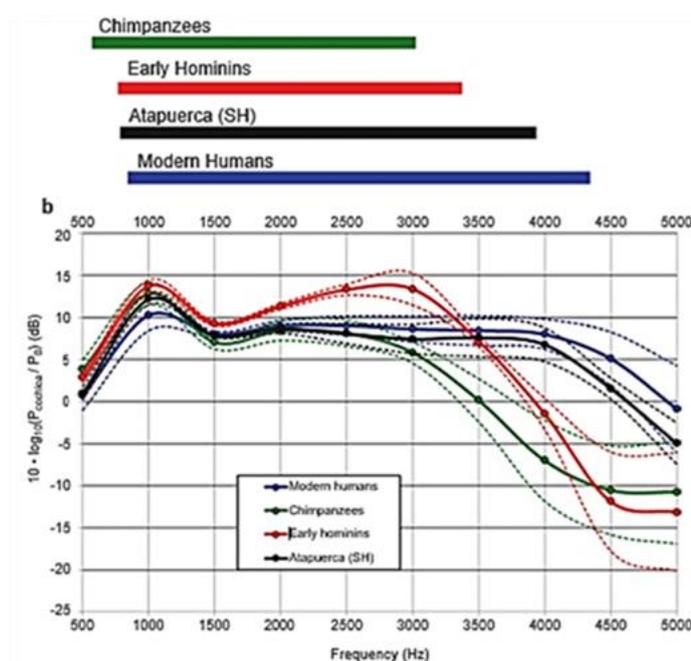


Figura 14. Diagrama de sensibilidad acústica para chimpancés, humanos modernos y homínidos tempranos de 0,5 a 5,0 kHz. (Tomado de Lorenzo, 2015).

El patrón de audición de los homínidos de Atapuerca y H. Sapiens muestran una evolución a lo largo del diagrama con extensión hacia frecuencias más altas (4,0-4,5 KHz), e indica una mayor capacidad de captación de la información en comparación con los primeros homínidos. Los primeros homínidos muestran una mayor sensibilidad entre 1,5 y 3,5 kHz, en comparación con los chimpancés y los humanos, esto puede explicarse por la variación de las estructuras óseas que muestran una gran influencia en los resultados. Entre ellas se incluye la longitud

acortada y la sección transversal ampliada del canal auditivo, la reducción del tamaño de la membrana timpánica y la menor relación de palanca de los huesecillos del oído en comparación con los chimpancés.

Los estudios comparativos revelan cambios, durante la evolución humana, en varios genes relacionados con el desarrollo de las estructuras auditivas y la audición. Aunque el oído de los mamíferos puede estar bien adaptado para decodificar aspectos del habla importantes para la percepción humana, esto no significa que los primates estén especializados en procesar el significado de estos rasgos. Se han hecho muchos intentos por comprender las diferencias y similitudes entre los primates humanos y los no humanos en lo que respecta al procesamiento auditivo-vocal. En los homínidos fósiles, se observa gran similitud entre las capacidades auditivas de los homínidos de Atapuerca y de *H. sapiens*, sugiriendo que las características óseas de los oídos externo y medio, que sustentan la percepción del lenguaje hablado humano, estaban en gran medida presentes en estos homínidos, y a su vez, podría indicar que las estructuras anatómicas relacionadas con la producción del habla ya estaban presentes en el linaje humano, por lo menos en el Pleistoceno medio.

Los cráneos de La Sima de los Huesos muestran muchas características primitivas. También hay rasgos especializados propios de los Neandertales, la cara es grande y se proyecta en sus partes medias y, en un individuo bien conservado, el hueso debajo de la cuenca del ojo está ligeramente ahuecado en lugar de aplanado y continuo con la pared lateral de la nariz. Por lo tanto, la mejilla no está "inflada" de la manera extrema de los Neandertales, aunque puede presagiar esta morfología; además, las crestas de las cejas son muy gruesas en la población de Atapuerca, y la forma continua de estas estructuras recuerda a los Neandertales, también, se encuentran semejanzas adicionales en la anatomía del hueso temporal, que contribuye a la pared lateral, la región del oído y la base del cráneo. Los resultados obtenidos del fósil del hueso temporal, encontrado en los yacimientos de la Sima de los Huesos, muestran que estaban más próximos a los humanos que a los *Australopithecus* (Gil, 2019).

## 6. Discusión

Aunque no tenemos un registro de todo lo que aconteció en la Sierra de Atapuerca, los resultados comentados con anterioridad, a través de la búsqueda y lectura de la bibliografía referente al lenguaje de los pobladores de Atapuerca, así como su evolución y todos aquellos aspectos vinculados, conforman una especie de cuadro pictórico que nos permite imaginar escenas cotidianas que allí sucedieron y hasta escuchar los sonidos, o quizás palabras, que irremediablemente quedaron enterradas con sus moradores.

La anatomía del tracto vocal supralaríngeo ha sido considerada por muchos investigadores fundamental para establecer la presencia del lenguaje hablado en los homínidos fósiles, en particular en los Neandertales. Por ejemplo, para producir las vocales /a/, /i/ y /u/, los dos segmentos del tracto vocal supralaríngeo deben tener aproximadamente la misma longitud (es decir, una proporción 1:1). En los mamíferos, está compuesto por un segmento horizontal (la cavidad oral o boca) y un segmento vertical (la faringe o garganta), lo que dificulta su pronunciación. En el *H. sapiens* adulto, ambos segmentos tienen una longitud similar debido a la combinación de una cavidad oral corta y una posición baja de la laringe en el cuello. Esta característica, a menudo llamada "el descenso de la laringe", se considera exclusiva de *H. sapiens* y una adaptación directa para la producción de lenguaje hablado.

Los Neandertales se apartan de una relación de 1:1 para los dos segmentos del TVS debido a la combinación de un segmento vertical más corto, debido a la mayor elevación de la laringe, y un segmento horizontal más largo relacionado con un mayor grado de proyección facial. Sin embargo, otros investigadores utilizando un modelo de predicción basado en correlaciones con varias dimensiones del cráneo y la mandíbula en *H. sapiens* (Boë et al. 2002) sostienen que los Neandertales se caracterizaban por una laringe de posición baja. De hecho, una laringe baja no es una característica exclusiva de *H. sapiens*, ya que también se encuentra en otros mamíferos en los que se relaciona con funciones biológicas distintas de la producción del habla (Fitch y Reby, 2001). Aunque su ubicación final no es tan baja como en los humanos, los chimpancés parecen representar una etapa inicial en el descenso de la laringe, y es probable que esta característica ya estuviera presente en el último antepasado común de los chimpancés y los humanos.

En lo que respecta a la evolución de los órganos relacionados con el lenguaje, se pueden observar controversias entre diferentes autores. Para Aiello, la posición baja de la laringe es una consecuencia de las adaptaciones anatómicas necesarias para la bipedación. Otra consecuencia de la bipedación es la liberación de la laringe de las tareas locomotoras. Al quedar liberada la laringe, las cuerdas vocales pudieron hacerse más membranosas adquiriendo la capacidad para emitir una mayor variedad de sonidos (Aiello, 1993). Los *Australopithecus*, por tanto, dispondrían de una laringe en posición alta; el descenso comenzaría en el *homo erectus* (Laitman, 1984). El habla sería un fenómeno tardío, de aparición en los Neandertales, que serían capaces de emitir parte de los sonidos humanos, aunque no todos como por ejemplo /a/, /i/ y /u/. Para Krantz, el descenso laríngeo completo sólo se realizó hace 40.000 años. En una primera fase, hace 200.000 años, habría modernizado el cráneo y especialmente la laringe, dando lugar a una cavidad que supondría la mitad de la actual y permitiría una conducta vocal imperfecta Krantz (1988).

En relación con los estudios lingüísticos realizados en los fósiles de homínidos, dado el grado de procesamiento neural que implica la producción y percepción de estímulos auditivos y la decodificación de señales simbólicas, la morfología del cerebro representa un primer enfoque obvio para estudiar la evolución del lenguaje. Se han hecho intentos de identificación del desarrollo de los centros del lenguaje, en particular la zona de Broca (Tobias 1987; Holloway et al., 2004). En general, estos estudios han llegado a la conclusión de que las capacidades lingüísticas no estaban presentes en los primeros géneros de homínidos *Australopithecus* y *Paranthropus* y que la capacidad lingüística apareció por primera vez durante la evolución del género *Homo*. La presencia del área de Broca en homínidos fósiles se ha interpretado como evidencia de la evolución temprana del lenguaje articulado. Sin embargo, según Grodzinsky, resulta problemático sacar conclusiones funcionales claras de la morfología y los contornos de la superficie del cerebro pues, como ya se sabe, el procesamiento lingüístico en el cerebro no se limita a la zona de Broca (Grodzinsky, 2006).

Existe un amplio consenso en la idea de que los componentes básicos de la cognición humana, incluyendo los requeridos para la facultad de lenguaje, no surgieron de *novo*, sino que tienen profundas raíces evolutivas en el linaje de los primates. Esta línea de investigación sigue produciendo datos valiosos, en contraste con la opinión de Hauser y otros, de que no se puede

aprender nada de la investigación comparativa de primates en base a que los primates no humanos:

- No muestran signos de aprendizaje vocal y cuentan sólo un pobre control voluntario de la estructura de llamada.
- Producen señales innatas específicas que se refieren sólo a eventos externos observables.
- No tienen conceptos abstractos.
- No combinan unidades más pequeñas con otras más grandes para crear nuevos significados.

Existen controversias entre paleontólogos y arqueólogos en la consideración de que el lenguaje humano es un fenómeno evolutivo reciente y se asocia únicamente con los humanos anatómicamente modernos. Algunos arqueólogos han argumentado que encaja con la aparición de un comportamiento simbólico asociado a los fósiles considerados como los primeros humanos modernos.

Para muchos autores, la existencia del gen FOXP2 en los Neandertales supone el desarrollo de un lenguaje moderno, aunque sea una idea arriesgada incluso si asumimos, como sugieren Krause et al., (2007), que las dos mutaciones de la versión moderna del gen encontradas en restos fósiles se habrían producido en el antepasado común de ambas especies (Benítez et al., 2008). La clave para la función de FOXP2 en los Neandertales no es, como señala Krause et al., (2007), obtener la secuenciación completa del gen en esa especie, sino conseguir toda la información posible sobre el contexto genético en el que FOXP2 desarrollaba su función en tal especie y, en general, acerca de todos los factores ambientales que hubieran podido afectar a su expresión. Si es así, sería lícito afirmar que, siendo otro el contexto genético y el ambiente, el gen FOXP2 podría haber promovido en los Neandertales el desarrollo y/o ejecución de un protolenguaje no sintáctico (Mellars, 1996). Por ello, el hallazgo de Krause et al. (2007) es compatible con interpretaciones diferentes a la de existencia de lenguaje complejo en los Neandertales.

A estas observaciones se une la opinión de que el lenguaje en su totalidad no es el producto de un único cambio en el desarrollo regulado genéticamente, sino que se encuentran implicados una gran variedad de cambios relacionados tanto con la expansión del

procesamiento cognitivo, como con los cambios neuromusculares y óseos necesarios para permitir el habla efectiva y su recepción. Los intentos de reconstruir las capacidades lingüísticas en los homínidos fósiles han dado resultados contradictorios y a menudo no se han basado en relaciones anatómicas sólidas entre las estructuras óseas y la producción del habla (Arensburg et al., 1990; Kay et al., 1998).

El estudio de las capacidades auditivas en los homínidos fósiles tiene también un enorme potencial para revelar cuándo surgió por primera vez el patrón auditivo del *H. sapiens* durante la historia evolutiva. Este patrón auditivo informa a su vez de las características del lenguaje al que debe ajustarse, ya que, como se observa en los humanos modernos, la región de mayor sensibilidad auditiva también coincide con el rango de frecuencia del lenguaje hablado, que alcanza hasta alrededor de 6 kHz. Según las conclusiones del profesor Martínez a partir de 5 cráneos procedentes de la Sima de los Huesos llega a la conclusión de que sus pobladores manifestaban una capacidad auditiva muy similar a los humanos actuales.

En lo que respecta al estudio relacionado con el cráneo y el lenguaje, mediante fósiles de *Australopithecus* y de *Paranthropus* de hace entre dos y tres millones de años, se llega a la conclusión de que estos primitivos homínidos, no poseían un lenguaje tal y como nosotros lo hemos desarrollado, posibilidad que había propuesto Tobías estudiando los moldes endocraneales de estas especies africanas. Tobías observó que, en algunos individuos de estas especies, las mencionadas áreas cerebrales de Broca y de Wernicke están desarrolladas, por lo que concluyó que sí podían hablar. Ahora sabemos que no basta con ello, pues esas secciones también están relacionadas con otras funciones. (Arensburg et al., 1990; Kay et al., 1998).

Las futuras investigaciones en la Sima de los Huesos se centrarán, sin duda, en el análisis completo del ADN de los homínidos burgaleses y en la recuperación de genes complementarios en relación con la audición que demuestren con certeza una evolución acelerada en los seres humanos, aunque la extracción de ADN de los restos fósiles no es una tarea fácil, debido, a su deficiente estado de conservación en muchos casos. Los resultados extraídos de las capacidades auditivas en los fósiles de homínidos son congruentes, y apoyan el razonamiento a favor de la existencia de algún tipo de lenguaje hablado en el género *Homo*, previo a la aparición del *H. sapiens*. A pesar de las discrepancias evidentes en lo que respecta

a la comunicación lingüística entre primates humanos y no humanos, existe una persistencia evolutiva en muchas de las capacidades más relevantes.

A lo largo de este estudio tomamos conciencia de cómo la comunicación constituye un componente fundamental para el desarrollo de la vida, ya que los seres vivos precisan para su supervivencia interactuar mediante signos y palabras, así como de los procesos socio-cognitivos indispensables para que esa información pueda ser interpretada y descifrada en códigos esenciales; y, así mismo, compartida por los sucesores, generando así el proceso evolutivo de la vida. Las distintas especies pasan por diferentes etapas, circunstancias y formas de supervivencia a lo largo de su vida, pero todas ellas llevan consigo algo que las caracteriza, las huellas genéticas de sus antepasados.

## 7. Conclusiones

1. Los estudios de restos fósiles nos ofrecen la oportunidad de conocer aspectos importantes referentes a la evolución del lenguaje y la audición de los primates y homínidos.
2. Las investigaciones hacen evidentes las modificaciones anatómicas y funcionales que se producen con el paso del tiempo, como consecuencia de la evolución genética, biológica y cultural, así como la influencia que esto ejerce, a su vez, en la función del lenguaje.
3. Las posibles diferencias de la capacidad vocal y auditiva entre las especies fósiles Neandertales analizadas y la especie humana actual, son de escasa magnitud y no implican diferencias significativas en la eficiencia de la comunicación oral, es decir podían hablar y escuchar, aunque desconocemos su estructura lingüística.
4. Sin embargo, la morfología y el tamaño más reducido del cerebro de los Neandertales sugieren una escasa probabilidad de poseer capacidades cognitivas de percepción y decodificación necesarias para dominar y utilizar el vocabulario y las reglas sintácticas de un lenguaje complejo, aunque no puede excluir la utilización de un “protolenguaje”.
5. Las conclusiones de los estudios paleontológicos nos permiten afirmar que tanto nuestros antepasados como los humanos modernos, compartimos la capacidad de un lenguaje y de una comunicación propia, además de considerar a estas especies responsables de la formación y desarrollo de la diversidad genética y lingüística actuales.

## 8. Referencias bibliográficas

1. "Agamenón", el homínido más famoso de Atapuerca, no estaba sordo. (2019). Recuperado de: <https://historia.nationalgeographic.com.es/>
2. Atapuerca. Valladolid: Junta de Castilla y León, Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León. Recuperado de: <http://www.patrimoniocastillayleon.com/es/atapuerca>
3. Arsuaga, J. L., Carretero, J. M., Lorenzo, C., Gómez-Olivencia, A., Pablos, A., Rodríguez, L., ... & Martínez, I. (2015). Morfología postcranial de los humanos del Pleistoceno medio de la Sima de los Huesos, España. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*, 112(37), 11524-11529.
4. Arsuaga, J. L., Martínez, I., & Antón, M. (1998). *La especie elegida*. Ed. Círculo de Lectores.
5. Barney, A., Martelli, S., Serrurier, A., & Steele, J. (2012). La capacidad de articulación de los neandertales, un homínido fósil muy reciente y de apariencia humana. *Transacciones filosóficas de la Real Sociedad B: Ciencias Biológicas*, 367(1585), 88-102.
6. Beaudet, A. (2017). El surgimiento del lenguaje en el linaje homínido: perspectivas de los endocrinos fósiles. *Fronteras en la neurociencia humana.*, 11, 427.
7. Benítez Burraco, A., & Longa Martínez, V. M. (2011). El papel del ADN fósil en Paleantropología: FOXP2, Neandertales y lenguaje. *Zephyrus: Revista de prehistoria y arqueología*.
8. Bermúdez de Castro, J., 2013. *Un Viaje Por La Prehistoria*. Madrid: Akal.
9. Carbonell, E., Tristán, R., Luis Arsuaga, J., & Bermúdez de Castro, J. (2017). *Atapuerca*. Barcelona: National Geographic.
10. Ciencia y fe: El registro fósil de los homínidos. (2018). Recuperado de: <https://origins.swau.edu/papers/man/hominid/index.html>
11. Dediu, D., & Levinson, S. C. (2013). La antigüedad del lenguaje: la reinterpretación de las capacidades lingüísticas neandertales y sus consecuencias. *Fronteras en la psicología.*, 4, 397.
12. Díez Fernández-Lomana, J., Moral del Hoyo, S. and Navazo Ruiz, M., 2009. *La Sierra De Atapuerca*. Burgos: Fundación Atapuerca. Recuperado de: <https://www.atapuerca.org/es/atapuerca/Yacimientos-de-Atapuerca>

13. Dumbaugh, R. I. M. (1993). Co-evolución del tamaño de la neocorteza, el tamaño del grupo y el lenguaje en los humanos. *Ciencias del comportamiento y del cerebro.*, 16(4), 681-735.
14. El correo de Burgos, 2019. Un nuevo fósil permitirá estudiar la comunicación de los homínidos. <https://elcorreodeburgos.elmundo.es/articulo/burgos/nuevo-fosil-permitira-estudiar-comunicacion-hominidos/20190724053000290350.amp.html>.
15. Escalonilla, A. (2016). Saltos funcionales en la evolución del lenguaje: de un protolenguaje léxico-simbólico distribuido al habla del humano anatómicamente moderno. *Ludus Vitalis*, 23(44), 1-41.
16. Fundación Atapuerca. "Los Yacimientos De La Sierra De Atapuerca". 2009. Recuperado de: <https://www.atapuerca.org/es/atapuerca/Yacimientos-de-Atapuerca>
17. García Martins, R. (2018). Patrones ontogénicos craneanos en la filogenia de los "Homínidos". Recuperado de: <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-GH-MTAIHAG-Rgarcia>
18. Gokhman, D., Nissim-Rafinia, M., Agranat-Tamir, L., Housman, G., García-Pérez, R., Lizano, E., ... & Alpaslan-Roodenberg, S. (2019). Los genes que afectan a la anatomía vocal y facial pasaron por una amplia divergencia reguladora en los humanos modernos. *bioRxiv*, 106955.
19. Gokhman, D., Nissim-Rafinia, M., Agranat-Tamir, L., Housman, G., García-Pérez, R., Lizano, E., & Alpaslan-Roodenberg, S. (2020). La metilación diferencial del ADN de los genes de la anatomía vocal y facial en los humanos modernos. *Nature communications*, 11(1), 1-21.
20. Historia.nationalgeographic.com.es. 2017. Lucy, La Australopithecus Más Famosa Del Mundo. [online] Recuperado de: [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/lucy-australopithecus-mas-famosa-mundo\\_9920](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/lucy-australopithecus-mas-famosa-mundo_9920)
21. Klein, R. G. (1995). Anatomía, comportamiento y orígenes humanos modernos. *Diario de la prehistoria mundial*, 9(2), 167-198.
22. La ampliación del espacio cognitivo en el eje filogenético-genético. (2018). [Blog]. Recuperado de: [http://paleoantropologiahoy.blogspot.com/2013/01/la-ampliacion-del-espacio-cognitivo-en\\_24.html](http://paleoantropologiahoy.blogspot.com/2013/01/la-ampliacion-del-espacio-cognitivo-en_24.html)

23. Lombao, D., Guardiola, M., & Mosquera, M. (2017). Enseñar a hacer herramientas de piedra: nuevas pruebas experimentales que apoyan una hipótesis tecnológica sobre los orígenes del lenguaje. *Informes científicos*, 7(1), 1-14.
24. Martínez Mendizábal, I., & Arsuaga Ferreras, J. L. (2009). El origen del lenguaje: la evidencia paleontológica. *Munibe Antropología-arkeologia*, (60), 5-16.
25. Méndez-Cárdenas, M. G., & Vargas, L. A. (2015). Evolución de la comunicación vocal y su papel en la estructuración del espacio social y bioacústico en prosimios: una aproximación biosemiótica. *Cuicuilco*, 22(64), 89-125.
26. Mendizábal, I. M., & Arsuaga Ferreras, J. L. (2009). El origen del lenguaje: la evidencia paleontológica. *Munibe Antropología-Arkeologia*, 60, 5-16.
27. Naguib, M., 2009. *Avances en el estudio del comportamiento*. Amsterdam: Elsevier/AP.
28. Nishimura T. (2008) Comprender la dinámica de la vocalización de primates y sus implicaciones para la evolución del habla humana. En: Masataka N. (eds) *Los orígenes del lenguaje*. Springer, Tokio.
29. OH 9 (Homo Erectus). *Prehistoria y arqueología*, 2008, recuperado de: <http://prehistoriayarqueologia.es/craneoteca/index.php/craneoteca/item/15-oh-9-homo-erectus>.
30. Ortega Martínez, A. and Martin Merino, M., 2012. *Cuevas De Atapuerca. Una visión de la mano del Grupo Espeleológico Edelweiss*. Ed: Diputación Provincial de Burgos.
31. *Paleoantropología hoy*, 2014. La evolución del Área de Broca. Recuperado de: <http://paleoantropologiahoy.blogspot.com/2014/08/la-evolucion-del-area-de-broca.html>.
32. *Paleoneurology*. 2020. *Paleoneurology*. [online] Recuperado de: <https://paleoneurology.wordpress.com/>
33. Poza Rey, E. M. (2015). *Estudio del encéfalo de los homínidos del yacimiento de La Sima de los Huesos (Atapuerca, Burgos), a partir del análisis de sus moldes endocraneales*. Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid.
34. Quam, R. M., de Ruiter, D. J., Masali, M., Arsuaga, J. L., Martínez, I., & Moggi-Cecchi, J. (2013). Los primeros huecos auditivos de los homínidos de Sudáfrica. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*, 110(22), 8847-8851.

35. Quam, R. M., Ramsier, M. A., Fay, R. R., & Popper, A. N. (Eds.). (2017). Audición y comunicación de los primates. Springer International Publishing.
36. Quam, R., Martínez, I., Rosa, M., Bonmatí, A., Lorenzo, C., de Ruiter, D. J., ... & Thackeray, J. F. (2015). Capacidades auditivas homínidas tempranas. *La ciencia avanza*, 1(8), e1500355.
37. Quienes Somos - Fundación Palarq. Fundación Palarq. Recuperado de: <https://fundacionpalarq.com/>
38. Reconstruyen por primera vez la audición de los primeros homínidos – URV Activ@. (2015). Recuperado de: <https://diaridigital.urv.cat/es/reconstruyen-por-primera-vez-la-audicion-de-los-primeros-hominidos/>
39. Trinkaus, E. (2007). La evolución humana: El gen neandertal habla. *Current Biology*, 17(21), R917-R919.
40. Un Análisis Del Hueso Hioides Apoya La Hipótesis De Que Los Neandertales Disponían De Un Lenguaje Complejo – Arqueologia, Historia Antigua Y Medieval - Terrae Antiquae. Terraeantiquae.Com, 2017, recuperado de: <https://terraeantiquae.com/m/>
41. Zárate Villar, J. O. (2017). Desarrollo de las últimas líneas de investigación del yacimiento de Atapuerca. Recuperado de: <https://i.atapuerca.org/DOC/C3B585E7-BF62-1877-639F6D10E1F0EBC5.PDF>
42. Zuberbühler, K. (2000). Comunicación semántica intraespecie en dos primates del bosque. *Actas de la Sociedad Real de Londres. Series B: Biological Sciences*, 267(1444), 713-718.