



Vigilada Mineducación

LOS GONFOTERIOS DE SOATÁ, BOYACÁ

SAMUEL VALENCIA SÁNCHEZ

Trabajo de grado

Director

Ph. D. Juan David Carrillo, University of Fribourg

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS E INGENIERÍA

GEOLOGÍA

MEDELLÍN

2023

Dedicatoria

Al historiador Ignacio Báez. A Cuvier. A Grothendieck. A mi padre.

A ese reino donde habita la verdad y cuyo acceso no está vedado a nadie

Agradecimientos

Este trabajo no podría haber sido escrito sin la participación y ayuda de las siguientes personas:

Mi familia.

El paleontólogo Juan David Carrillo, por su asesoramiento, apoyo y recomendaciones.

El profesor de paleontología Andrés Cárdenas, por su ayuda y su confianza.

El profesor Juan Darío Restrepo y la profesora Marcela Jaramillo, por señalar lo no trivial.

Mis amigos Alejandro y Antoine; Hélène; G y S; Juan y Sebas. A Sofía por el último brochazo. Me apoyaron, y algo (mucho) de ellos quedó en este trabajo.

Les estoy eternamente agradecido.

Tabla de contenido

Resumen.....	6
Palabras clave.....	6
Abstract.....	6
Keywords.....	6
1. Introducción.....	7
2. Generalidades.....	10
2.1. Pregunta de investigación.....	10
2.2. Hipótesis.....	10
2.3. Objetivo general.....	10
2.4. Objetivos específicos.....	10
3. Zona de estudio.....	10
4. Marco conceptual.....	13
5. Metodología.....	15
5.1. Descripción morfológica.....	15
5.2 Clasificación taxonómica.....	16
5.3 Análisis.....	16
6. Resultados.....	16
7. Discusión.....	22
8. Conclusiones y recomendaciones.....	26
9. Referencias bibliográficas.....	26
10. Anexos.....	31

Lista de Figuras y Tablas

Figura 1. Distribución de las especies de gonfoterio en Suramérica.....	7
Figura 2. Mapa de localidades fosilíferas de Soatá.....	11
Figura 3. Mandíbula y dentición inferior de gonfoterio.....	13
Figura 4. Mandíbula de <i>Notiomastodon platensis</i> en vista lateral.....	18
Figura 5. Mandíbula de <i>Notiomastodon platensis</i> en vista oclusal y molares.....	19
Figura 6. Defensas de <i>Notiomastodon platensis</i> en vista lateral.....	20
Figura 7. Variación geográfica e interespecífica de molares de gonfoterios.....	24
Tabla 1. Hallazgos de gonfoterios en Colombia con dataciones.....	9
Tabla 2. Categorías de edad y desgaste de M1-3 en gonfoterios.....	14
Tabla 3. Medidas principales de la mandíbula de <i>Notiomastodon platensis</i>	21
Tabla 4. Medidas principales de los molares de <i>Notiomastodon platensis</i>	22

Lista de Anexos

Anexo 1. Hallazgos de gonfoterios en Colombia.....	31
Anexo 2. Columna estratigráfica de la Formación Soatá.....	32
Anexo 3. Fotografía del afloramiento fosilífero de Jútua.....	33
Anexo 4. Colección de Ignacio Báez.....	33
Anexo 5. Hallazgos de Jútua.....	34

Resumen

Los proboscídeos hicieron parte de la megafauna que habitó los ecosistemas suramericanos durante el Pleistoceno. La última revisión taxonómica definió dos especies en el continente. En Colombia, en el Caribe y a lo largo de la Cordillera Oriental, se han encontrado fósiles de estos mamíferos, evidenciando una distribución generalizada en la región. La gran mayoría de estos restos son fragmentados, por lo que su identificación taxonómica permanece sin aclarar. En este trabajo se describen nuevos restos craneales de gonfoterio provenientes de la Formación Soatá en la Cordillera Oriental y, de acuerdo con las características morfométricas y discretas del material, se propone que los gonfoterios que habitaban la región del Cañón del Chicamocha durante el Pleistoceno Tardío corresponden a la especie *Notiomastodon platensis*, corroborando la hipótesis de que los valles interandinos servían como corredores de dispersión para la megafauna pleistocénica de Suramérica.

Palabras clave: *Notiomastodon*, Pleistoceno, proboscídeos, megafauna, Cordillera Oriental.

Abstract

Proboscideans were part of the megafauna that habited South American ecosystems during the Pleistocene. Recent taxonomic revisions established that two species inhabited the continent. In Colombia, gomphothere fossils have been reported in the Andean and Caribbean regions, indicating a widespread distribution. Most remains are fragmentary however, and specific taxonomic assignments are not possible. In this study new gomphothere remains from the Soatá Formation in the Eastern Cordillera are described. According to the morphometric and anatomical features, it is proposed that the gomphothere species that inhabited the Chicamocha Canyon region during the Late Pleistocene corresponds to *Notiomastodon platensis*, supporting the hypothesis that Andean valleys functioned as migratory corridors for Pleistocene megafauna.

Keywords: *Notiomastodon*, Pleistocene, proboscideans, megafauna, Eastern Cordillera.

1. Introducción

De los géneros de megafauna (mamíferos de peso superior a 45 kilogramos) que habitaron Suramérica durante el pleistoceno al menos el 83% se extinguió a finales de este periodo; más que cualquier otro continente (Alberdi & Prado, 2022; Barnosky & Lindsey, 2010; Barnosky et al., 2004). La pérdida de una cantidad tan significativa de grupos de megafauna modificó drásticamente los ecosistemas andinos, en gran parte debido a su rol crucial como reguladores de la cobertura vegetal, de la frecuencia de incendios -mediante el consume de combustible-, y la dispersión de semillas (Barlow, 2000; Barnosky et al., 2004; Pym et al., 2023).

Varios grupos de megafauna llegaron a Suramérica durante el Gran Intercambio Biótico Americano (GABI por sus siglas en inglés) hace 2.7 MA y, de estos, los proboscídeos fueron animales especialmente grandes (ca. 4100-7600 kgs) y con una dieta particularmente flexible (Christiansen, 2004; Pelegrin et al., 2022; Prado et al., 2005). La familia Gomphotheriidae es el único grupo de proboscídeos registrado en Suramérica, siendo uno de los representantes más comunes del Pleistoceno Tardío y encontrándose en todo el continente (**Figura 1**) (Mothé et al., 2012).

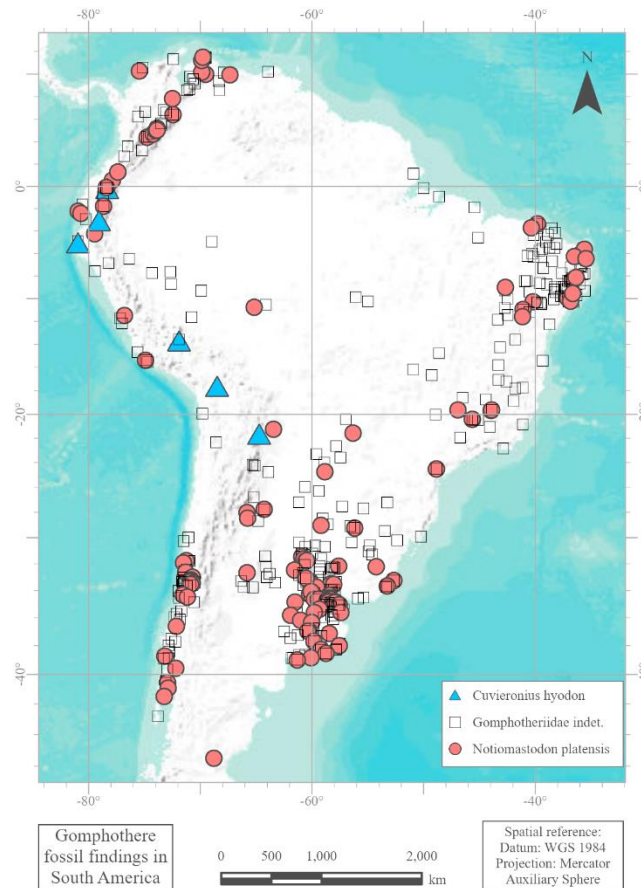


Figura 1. Distribución de las especies de gonfoterios en Suramérica. Registros tomados de Mothé et al. (2017)

La reciente revisión taxonómica de los gonfoterios sudamericanos culminó en el reconocimiento de dos especies válidas: *Cuvieronius hyodon* y *Notiomastodon platensis*. Durante el Pleistoceno, ambas especies de gonfoterios suramericanos estaban distribuidas por el continente, tanto en las tierras bajas del piedemonte de la cordillera como en los altiplanos y valles de los Andes, sin evidencias de ocurrencia simpátrica entre las dos especies (**Figura 1**) (Alberdi & Prado, 2022; Mothé et al., 2017).

La especie *Cuvieronius hyodon* prevaleció tanto en las tierras altas como en el piedemonte de los andes centrales, con registros en los países Ecuador, Bolivia, Perú y Chile, mientras que *Notiomastodon platensis* se extendía por Brasil, Ecuador, Venezuela, Colombia, Argentina, Uruguay y Paraguay, encontrándose tanto en valles interandinos como en las grandes llanuras del sur (**Figura 1**) (Alberdi & Prado, 2022; Mothé et al., 2017).

En Colombia, los restos fósiles de gonfoterios encontrados corresponden a *Notiomastodon platensis*, con hallazgos reportados en las cuencas intramontanas de las Cordilleras Central (Rodríguez-Florez et al., 2009; C. Jaramillo et al., 2022; Pelegrin et al., 2022) y Oriental (Cuervo Márquez, 1938; Villaroel et al., 1996, 2001; Alfonso-Rojas et al., 2021), en el Caribe (departamentos de Atlántico y Bolívar) (Páramo-Fonseca & Escobar-Quemba, 2010; M. P. Jaramillo, 2012) y en el suroccidente Colombiano (departamentos de Cauca y Nariño) (Rengifo Sánchez et al., 2023) (**Anexo 1**).

Todos los hallazgos fósiles de gonfoterios encontrados en Colombia han sido asignados al Pleistoceno o al Pleistoceno Tardío (Páramo-Fonseca & Escobar-Quemba., 2010; Rodríguez-Florez et al. 2009). Los pocos hallazgos que tienen asociada una datación radiométrica (**Tabla 1**) no son más antiguos que 45,900 BP, con el hallazgo más reciente correspondiendo a 16889-16412 BP (Villaroel et al. 1996; Pelegrin et al. 2022; Alfonso-Rojas et al. 2021; Gómez-Gómez. 2006). Los dientes molares representan la gran mayoría de estos hallazgos, seguidos por defensas, mandíbulas y cráneos, con un alto grado de fragmentación e incertidumbre estratigráfica, por lo que muchos permanecen sin identificar taxonómicamente a nivel de especie (Pelegrin et al., 2022).

Tabla 1. Hallazgos de gonfoterios en Colombia con dataciones en años antes del presente (yr BP por sus siglas en inglés).

Referencia	Edad (yr BP)	Nº Especimen	Material	Localidad	Método
Villaroel et al. (1996)	45900±1600	Q-P-4 – Q-P-7	Conchillas	Soatá, Boyacá	¹⁴ C en conchillas de gasterópodos
Pelegrin et al. (2002)	42198-40481	ICA 17W/1050-51	Madera	Juanchito, Valle del Cauca	¹⁴ C en madera
Alfonso-Rojas et al. (2021)	16889-16412	S.U.12	Fragmentos indet de gonfoterio	Pubenza, Cundinamarca	¹⁴ C en tejido óseo
Gómez-Gómez. (2006)	19860	MGJRG-NN150	M3 izquierdo	Samacá, Boyacá	Desconocido

En la Cordillera Oriental de Colombia se han reportado hallazgos de restos de proboscídeos (Cuervo-Márquez, 1938; Villaroel et al., 1996, 2001). Específicamente, en el municipio de Soatá en Boyacá, se han reportado restos de gonfoterios y otros mamíferos provenientes de la Formación Soatá, un depósito lacustre de edad Pleistocénica. Este yacimiento no solo ha producido restos de mamíferos grandes (*Gomphotheriidae*, *Cervidae*), sino también fragmentos de animales más pequeños como cánidos y chigüiros. Estos elementos fueron utilizados por Villaroel et al. (1996) para proponer un ambiente lacustre con vegetación semiabierto a abierto como el sistema en el que se desarrolló la fauna pleistocénica de Soatá.

Inicialmente los restos de gonfoterio de Soatá fueron asignados a *Haplomastodon waringi* (Villaroel et al., (1996, 2001). Sin embargo, en la más reciente revisión taxonómica de gonfoterios de Colombia, estos restos son reclasificados como *Gomphotheriidae* indet, ya que los criterios utilizados en su momento no permiten su identificación taxonómica a nivel de especie válida (Mothé et al., 2017). Es pertinente revisar los registros de gonfoterios provenientes de esta localidad a la luz de la última revisión taxonómica.

En este estudio se analizan nuevos restos de gonfoterios provenientes de la Formación Soatá y, de acuerdo con las características morfométricas del material, se propone que los gonfoterios que

habitaban la región del Cañón del Chicamocha durante el Pleistoceno corresponden a la especie *Notiomastodon platensis*.

2. Generalidades

2.1 Pregunta de investigación

¿Qué especies de gonfoterios habitaron la localidad fosilífera del Pleistoceno de Soatá?

2.2 Hipótesis

A finales del Pleistoceno una sola especie de gonfoterio *Notiomastodon platensis* habitó el sistema lacustre de Soatá, en el norte de la Cordillera Oriental.

2.3 Objetivo general: Diagnosticar taxonómicamente los restos de gonfoterio de la Formación Soatá.

2.4 Objetivos específicos:

1. Describir la morfología de nuevos restos fósiles de gonfoterios de Soatá.
2. Identificar taxonómicamente los y evaluar la diversidad de gonfoterios en la localidad fosilífera de Soatá.
3. Establecer la importancia biogeográfica y paleoecológica de los registros de gonfoterios de Soatá.

3. Zona de estudio

La región de la que proviene el material estudiado se encuentra en el flanco occidental del cañón del Chicamocha, en el departamento de Boyacá. Al nornoreste (NNE) y sursureste (SSE) de la zona urbana de Soatá, en las cabeceras de las quebradas Portugaleta y Ovachía, ocurren los dos afloramientos conocidos de la Formación Soatá, un depósito lacustre de edad Pleistocénica con abundantes restos fósiles de mamíferos. Estos dos sitios están separados 10 kilómetros (kms) el uno del otro, y en ambos los afloramientos son reducidos y aislados (**Figura 2**).

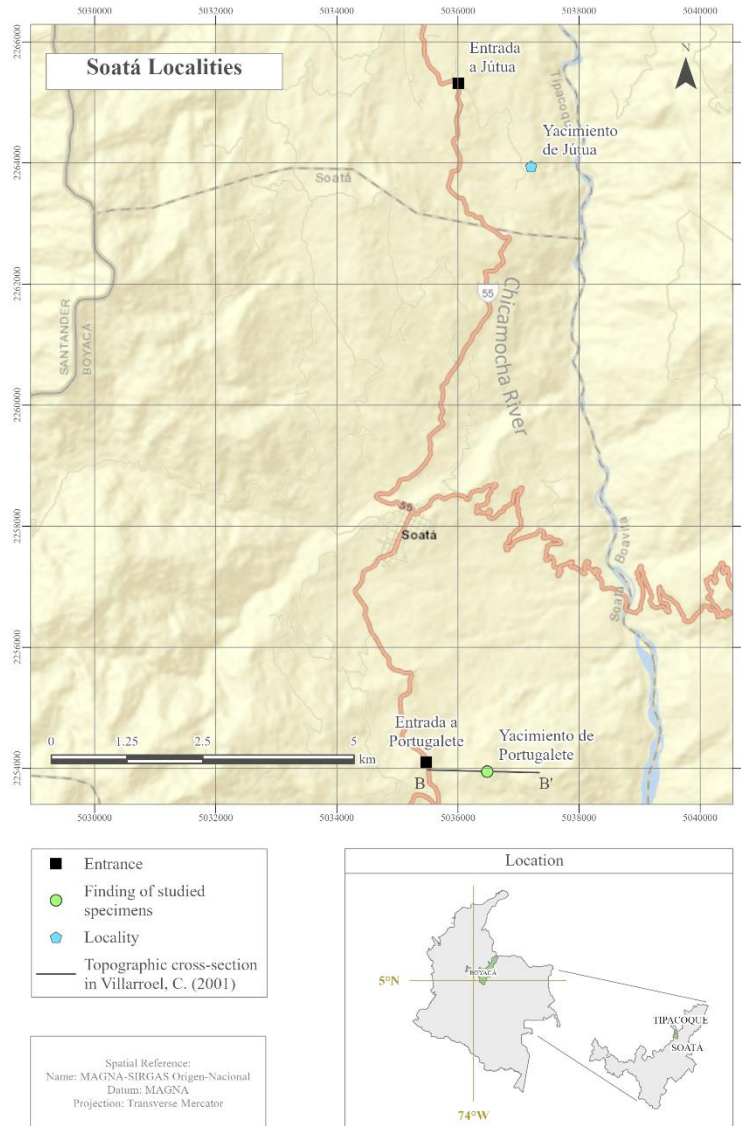


Figura 2. Mapa de localidades fosilíferas de Soatá.

La Formación Soatá fue mencionada por primera vez por Sarmiento & Parra (1947), que la llamó Depósitos Lacustres de Portugalete. Más tarde fueron Villarroel et al. (2001) los que identificaron los Depósitos Lacustres de Portugalete con las Sedimentitas de Jútua en una unidad litoestratigráfica, la Formación Soatá, y reportaron hallazgos de restos de gonfoterios, equinos, roedores y gasterópodos.

Los restos descritos en este trabajo provienen de la cabecera de la vereda Portugalete ($6^{\circ}17'53.45''N$; $72^{\circ}40'12.10''W$, **Figura 2**) (Ignacio Báez, comunicación personal). En esta parte de la vereda, la Formación Soatá, de edad pleistocénica, reposa de manera discordante angular

sobre la Formación Capacho, de edad cretácica, y aflora como tres terrazas sobre las laderas de una pequeña quebrada que corre en sentido norte-sur rodeando el flanco occidental del Alto de Las Águilas. Según Villarroel et al. (2001), los mamíferos fósiles encontrados en Portugalete provienen del estrato conglomerático de color verdoso en el tope de la Terraza Joven (**Anexo 2**). Este afloramiento representa la localidad-tipo de la Formación Soatá (Villarroel et al. 2001).

Las tres terrazas del afloramiento de Portugalete son fácilmente diferenciables por su disposición. La Terraza Antigua (TA) se eleva sobre el valle de la quebrada de Portugalete y las otras terrazas, apoyándose en el flanco occidental del Alto de las Águilas. Tiene 4 metros de espesor y en su totalidad es de color blanquecino y composición lodolítica.

La Terraza Intermedia (TI) es la de mayor espesor, con 16.78 metros. Se ubica inmediatamente debajo de la terraza antigua y en su mitad basal la composición es arcillolítica y en la mitad superior conglomerática. (Villarroel et al. 2001).

La Terraza Joven (TJ) se encuentra en el fondo del valle de la quebrada de Portugalete. Está dispuesta de forma subhorizontal y tiene 9.95 metros de espesor. La parte basal es arcillosa y se erosiona en forma de “coliflor”, creando un paisaje de *badlands* similar al del afloramiento de Jútua. La mitad superior es fundamentalmente conglomerática, con delgadas capas de arcillolita intercaladas con estratos conglomeráticos de color verde; es de estos estratos conglomeráticos verdosos de donde provienen los restos de mamíferos fósiles de la localidad (**Anexo 2**). Por lo general, estos restos son fragmentados y presentan evidencias de transporte. Villarroel et al. (2001) obtuvieron una edad de 39600 ± 800 años mediante datación C^{14} en conchillas de gasterópodos provenientes de esta terraza, sugiriendo que la Formación Soatá se depositó durante el Peni-glacial Medio.

El afloramiento de Jútua es muy similar a la TJ de Portugalete, con la diferencia de que los estratos buzcan entre 5 a 30° al SSE, y las capas de arcillolita que se intercalan con los estratos fosilíferos conglomeráticos de la TJ de Portugalete aparecen en Jútua como lentes gruesos (~2 metros), erodándose en forma de coliflor creando un paisaje tipo *badlands* disectado por profundas (~3) cárcavas que destaca particularmente sobre el ecosistema xérico del Cañón del Chicamocha (**Anexo 3**). Es de estos lentes de donde provienen los restos de mamíferos fósiles de Jútua, por lo general más completos y mejor preservados que los de Portugalete y muchas veces encontrados en superficie.

4. Marco conceptual

Los gonfoterios suramericanos se distinguen entre los proboscídeos por varias características morfológicas: la estructura de la mandíbula es corta (brevirrostrina), presentando a veces uno o más orificios en la parte vestibular de la mandíbula (foramen mentoniano). La mandíbula forma un canal intermedio que marca el punto de fusión de las dos mitades del cuerpo mandibular con forma de pitorro (sínfisis mandibular) (**Figura 3**).

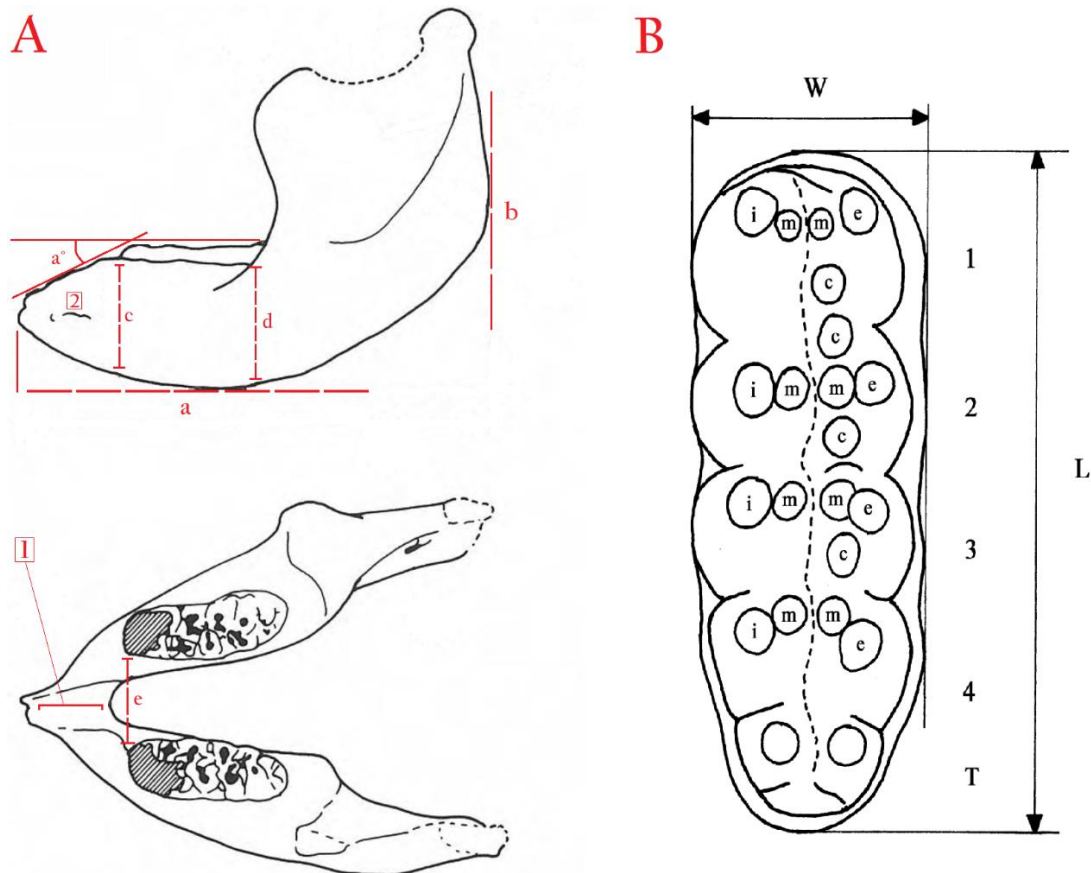


Figura 3. Ilustración de la mandíbula y dentición inferior de gonfoterio, modificado de Alberdi et al., (2002) y Corona & Alberdi (2006). (A) Diagrama de mandíbula de gonfoterio en vista lateral.

(a) Cuerpo de la mandíbula. (b) Rama ascendente. (c) Altura de la mandíbula a nivel anterior de la serie molar. (d) Altura de la mandíbula a nivel posterior de la serie molar. (e) Distancia mínima entre el borde antero interno de los molares. (1) Sínfisis mandibular. (2) Foramen mentoniano.

(B) Diagrama de molar de gonfoterio en vista oclusal. Anchura máxima (W); longitud máxima (L); talón (T); conos internos (i), medios (m) y externos (e); línea media (**línea punteada**). Los

lofos se numeran de 1 a 4.

Los molares representan la mayoría de los hallazgos de restos de proboscídeos. Su estructura compleja se presta a la identificación de características en las que, tradicionalmente, se basó el diagnóstico taxonómico previo a la más reciente revisión taxonómica (Pelegrin et al., 2022). La superficie oclusal o masticadora de los molares está dividida en filas transversales de cúspides redondeadas llamadas lofos. Cada lofo está compuesto por una pareja de cúspides redondeadas y cúspides más pequeñas que ocupan el espacio entre cada cúspide principal (cúspides accesorias o cónulos). La pareja de cúspides de cada lofo está dividida en dos: el petrito (cúspide principal exterior en los molares inferiores) y el postrito (cúspide principal interior en los molares inferiores). Por lo general el petrito está más gastado que el postrito. Se puede distinguir una línea paralela al eje anteroposterior que cruza todo el molar y lo divide en mitades (línea media o surco medial) (**Figura 3**). Algunas características morfométricas utilizadas previamente para la caracterización taxonómica incluyen la Longitud Total del molar por el eje anteroposterior y el Ancho de los lofos (Corona & Alberdi, 2006). Recientemente se ha reconocido que contar el número de cúspides es significativo a la hora de identificar taxonómicamente a los individuos (por lo general, *N. platensis* tiene entre 30 y 80 cúspides mientras que *C. hyodon* tiene entre 30 y 60) (Mothé et al., 2022a)

El desgaste del conjunto de cúspides de los molares se manifiesta en gonfoterios como patrones diferenciados divididos en 4 etapas de progresivo desgaste de la superficie oclusal, que han sido utilizadas como características principales a la hora de determinar la longevidad relativa del individuo de acuerdo a varios grupos de edad, donde A es el más joven y F el más viejo (Simpson & Couto, 1957) (**Tabla 2**).

Tabla 2. Categorías de edad y desgaste de m₁₋₃ en gonfoterios. **(0)** Diente formado, pero sin erupcionar. **(0+)** Erupcionado, pero sin desgaste. **(1)** Desgaste solo en los lofos anteriores. **(2)** Desgaste ligero en todos los lofos. **(3)** Desgaste extensivo, pero todavía se distingue el patrón de los lofos. **(4)** Desgaste severo, patrón parcial o totalmente obliterado.

Grupo de edad	Estado de desgaste		
	m1	m2	m3
A	0-1	En formación	Sin formar
B	2	0	En formación
C	3	0+-2	0
D	4	3	1
E	-	4	2-3
F	-	-	4

Aunque a través de los años se han identificado tendencias morfométricas en los molares de ambas especies de gonfoterios suramericanos (por lo general, los de *N. platensis* son más grandes y con mayor número de cúspides), el traslape es significativo, y no permite el uso de estas tendencias como diferenciador taxonómico inequívoco entre las dos especies (Mothé et al., 2017). Al igual que todos los proboscídeos, los gonfoterios poseían extremidades masivas y dientes deciduos (Mothé et al., 2012).

Las dos especies de gonfoterios suramericanos se pueden diferenciar en base a características morfológicas craneodentales. *Notiomastodon platensis* se caracteriza por un cráneo elevado con una ligera depresión media en el hueso frontal, una mandíbula corta, defensas rectas sin torsión con una banda de esmalte lateral, y molares de estructura compleja con patrones de desgaste trebolados doble o simple (Mothé et al., 2012, 2017). *Cuvieronius hyodon* se caracteriza por un cráneo alargado, defensas superiores torsionadas con una banda de esmalte en espiral en toda su longitud, y un canal de sínfisis corto. Algunos individuos presentan incisivos inferiores, protruyendo desde la punta de la sínfisis. Estos incisivos son deciduos y eventualmente el orificio alveolar es rellenado (Mothé et al., 2012, 2017). La presencia o ausencia de torsión en las defensas es una de las pocas características morfológicas discretas que permiten distinguir categóricamente entre ambas especies de gonfoterios suramericanos (Mothé et al., 2012).

5. Metodología

El espécimen estudiado hace parte de la colección paleontológica del museo de Artes, Costumbres y Tradiciones del Norte de Boyacá y fue examinado en la sala principal de la casa del fallecido historiador Ignacio Báez. Es pertinente decir que el museo lleva cerrado desde junio de 2023 y la colección no es accesible desde entonces.

5.1 Descripción

Para el análisis morfométrico y descripción general de la mandíbula fueron considerados los criterios propuestos por Alberdi et al., (2002) (**Figura 3**). Para la morfometría y descripción general de los dientes se siguen los parámetros de Corona & Alberdi, (2006) (**Figura 3**). Para determinar la edad relativa del individuo se usó la clasificación propuesta por Simpson & Couto (1957) (**Tabla 2**). Todas las medidas, en milímetros, fueron tomadas con metro y/o pie de rey (vernier).

Para la labor de fotografía se ubicó la mandíbula sobre un fondo blanco y fue iluminada con una sola fuente de luz en un espacio cerrado y oscuro. Se tomaron las fotos con una cámara Samsung NX2000 sobre trípode, con lentes de 50 mm y un lente Zoom de 50-200 mm.

5.2 Clasificación taxonómica

Se comparó la morfología y medidas morfométricas de la mandíbula con otros especímenes de gonfoterios de Colombia (Villaroel et al., 1996, 2001; Rodríguez-Florez et al., 2009; Páramo-Fonseca & Escobar-Quemba, 2010; M. P. Jaramillo, 2012; C. Jaramillo et al., 2022; Mothé et al., 2022b; Pelegrin et al., 2022) y en otros países de Suramérica (Alberdi et al., 2002; Chávez-Aponte et al., 2008; Corona & Alberdi, 2006; Ferretti, 2010; Mothé et al., 2012, 2016; Mothé & Avilla, 2015; Prado et al., 2005). Se consideraron las características diagnósticas propuestas por Mothé et al., (2017).

5.3 Análisis

Los análisis estadísticos y gráficas fueron realizados con el software R versión 4.3.0, mediante la interfaz RStudio versión 2023.06.0+421 (RStudio Team (2020)), la librería SDAR (Ortiz J. et al (2015)) y Microsoft Excel.

6. Resultados

Todo el material estudiado es asignado a *Notiomastodon platensis*:

Sistemática Paleontológica

Orden PROBOSCIDEA (ILLIGER, 1811)

Superfamilia ELEPHANTOIDEA (GRAY, 1821)

Familia GOMPHOTHERIIDAE (HAY, 1922)

Notiomastodon (CABRERA, 1929)

Notiomastodon platensis (AMEGHINO, 1888)

(Figuras 4-6)

Material: IBP001. Mandíbula articulada con m3 derecho e izquierdo. **IBP002.** Defensa parcial en tres fragmentos. **IBP003.** Defensa parcial en tres fragmentos, sin esmalte en su parte distal.

IBP004. Defensa parcial fragmentada en tres puntos con banda de esmalte recta en el fragmento medio. **IBP005.** Defensa parcial en dos fragmentos. Todos estos restos hacen parte de la colección paleontológica del museo de Artes Costumbres y Tradiciones del Norte de Boyacá, bajo la clasificación Ignacio-Báez-Paleontológica (IBP).

Material adicional. En la colección del Sr. Báez fue posible reconocer dos fragmentos de cuerpo de fémur, dos cabezas de fémur, y el fragmento de una tibia que actualmente se encuentran en la colección del museo de Artes Costumbres y Tradiciones del Norte de Boyacá sin número de colección (**Anexo 4**). La procedencia de los restos fósiles es imprecisa.

También se encontró en superficie, en el fondo de una cárcava, en el afloramiento de Jútua, dos fragmentos de vértebra de un animal grande y un fragmento de molar m2 de gonfoterio (**Anexo 5**).

Procedencia geográfica:

IBP001. Imprecisa. Encontrada por el historiador Ignacio Báez y Juan Buitrago en 1968 en los alrededores de la vereda Portugalete en el municipio de Soatá, Boyacá.

IBP002-IBP005: Imprecisa. Hallazgos realizados por el historiador Ignacio Báez entre 1968 y 1980 en los alrededores de la vereda Portugalete y la escuela de Jútua en el municipio de Soatá, Boyacá.

A



B

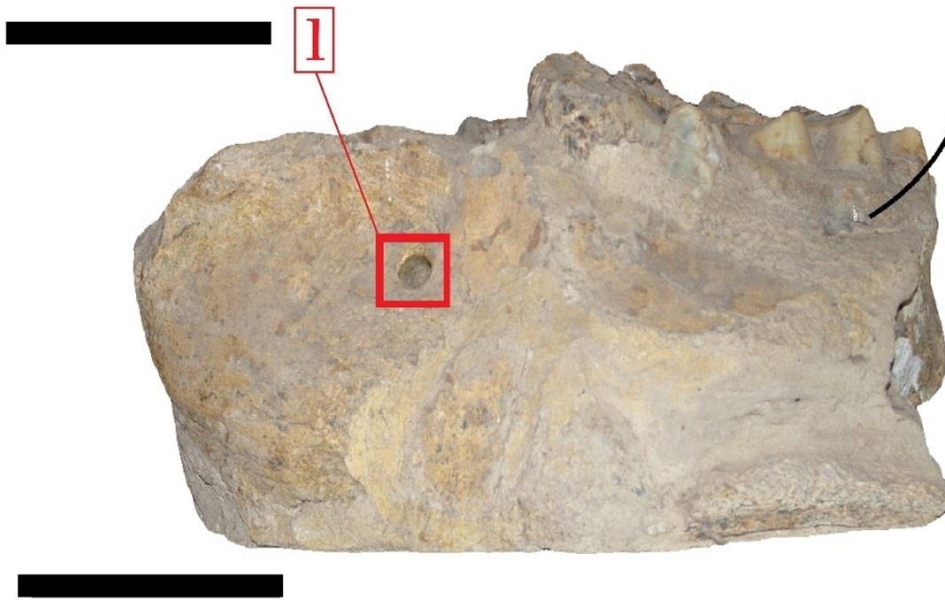


Figura 4. Mandíbula de *Notiomastodon platensis* (IBP001). (A) Mandíbula parcial en vista lateral derecha. (B) Mandíbula parcial en vista lateral izquierda. El diagrama ilustra la parte faltante (rama ascendente) de la mandíbula. [1] Foramen Mental. Escala 100 mms.

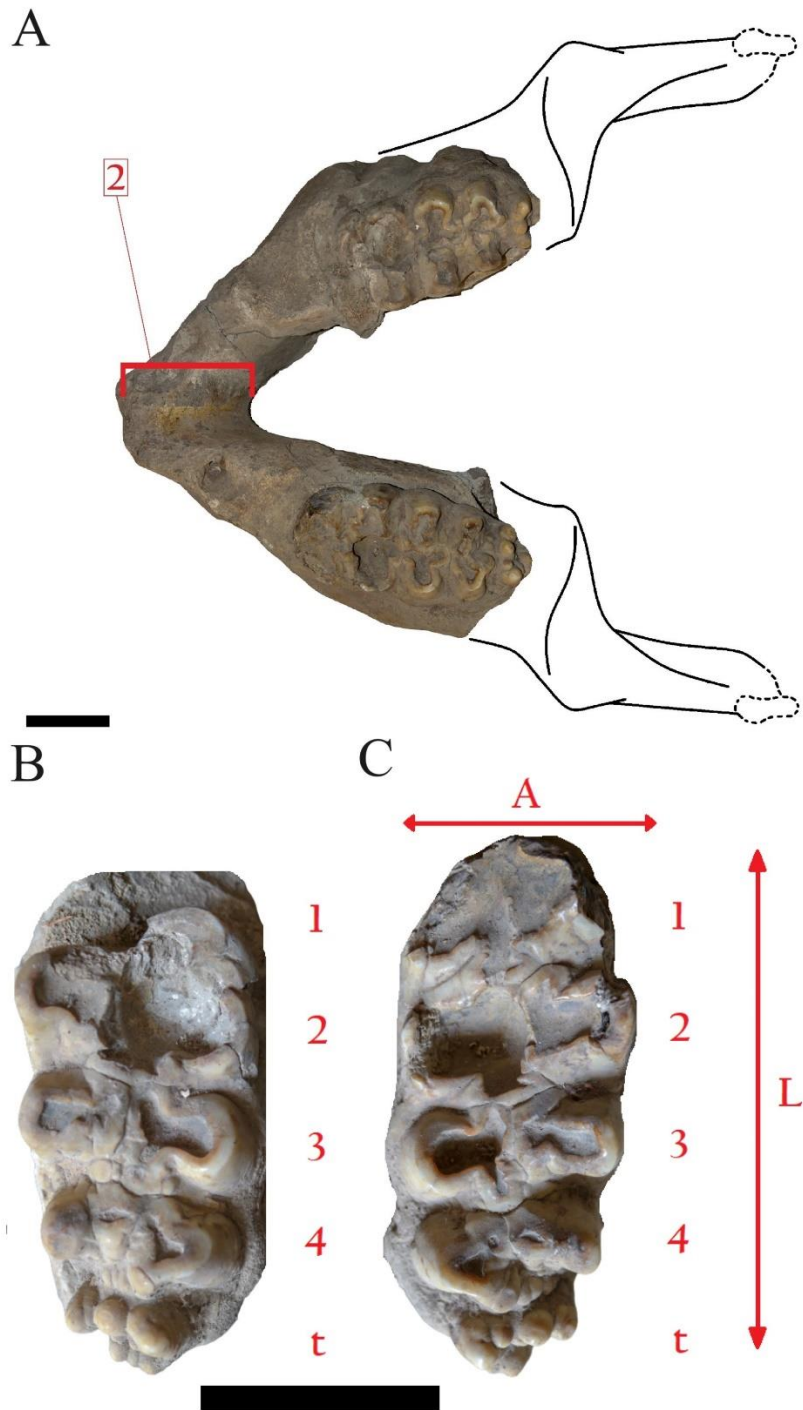


Figura 5. (A) Fotografía del espécimen **IBP001** en vista oclusal con diagrama de partes faltantes (las dos ramas ascendentes). [2] Canal de sínfisis. Escala 100 mms. (B) Tercer molar inferior izquierdo (m3) con lofos numerados de 1 a 4 y talón indicado. (C) m3 derecho en vista oclusal con lofos numerados de 1 a 4 y talón indicado. [W] Ancho de los lofos. [L] Longitud del molar. Escala 100 mms.



Figura 6. Defensas de *Notiomastodon platensis* en vista lateral. Fotografías de los especímenes (A) IBP002, (B) IBP003, (C) IBP004 e (D) IBP005 en vista lateral. Escala 100 mms.

La mandíbula es brevirrostrina y conserva los últimos molares inferiores (m3) de ambos lados. El cuerpo de la mandíbula está fragmentado al nivel del último lofo de cada molar, exponiendo las raíces de ambos molares y el tejido esponjoso del hueso. La sínfisis está inclinada hacia abajo, formando un ángulo de 9° con respecto al plano horizontal. No hay evidencia de incisivos inferiores. Es posible observar el foramen mentoniano en la rama mandibular izquierda, de 10

milímetros de diámetro (**Figura 4, B**). Las medidas principales tomadas de la mandíbula se dan en la Tabla 3.

Dimensiones de la mandíbula de *Notiomastodon platensis* (**IBP001**).

a	Longitud máxima de la mandíbula en el plano sagital.	406 mm
c	Altura de la mandíbula a nivel anterior de la serie molar.	143 mm
d	Altura de la mandíbula a nivel posterior de la serie molar.	112 mm
e	Distancia mínima entre el borde antero interno de los molares	152 mm

En ambos molares los conos fueron destruidos por el desgaste, impidiendo distinguir los petritos y los postritos. Los molares fueron clasificados como m3 en Estadio de Desgaste 4 *sensu* Simpson & Couto (1957), lo que lo señala como un individuo viejo o como un individuo maduro con una dieta particularmente abrasiva (grupo de edad F).

Ambos molares son tetralofodontes. Los lofos presentan formas treboladas de desgaste en la mitad labial y rectangulares en la mitad lingual, con cingulo perceptible solo en los lofos 3 y 4 de los dos molares. En el m3 izquierdo se puede seguir el surco medio desde el talón hasta el límite entre el lofo 3 y 2, en el que desaparece bajo el patrón del desgaste y las fracturas del esmalte. En este molar también se pueden observar dos conos principales y cuatro cónulos en el talón. El talón no es perceptible en el m3 derecho, que se encuentra en peor estado: hay marcas que indican que el primer lofo se desprendió del resto del molar, dejando solamente la base, en la que se puede ver una pequeña banda de esmalte en la cara lingual y una capa de cemento, punto en el cual se interrumpe el surco medio que, de otro modo, abarcaría toda la longitud del molar. En la Tabla 4 se dan las medidas principales de los molares.

Dimensiones de los molares de *Notiomastodon platensis* (IBP001). Dimensiones en milímetros.

m3 izquierdo		Sin cíngulo	Con cíngulo
A>	Anchura máxima	92	NA
L	Longitud máxima	205	NA
AC1	Anchura máxima colina 1	70	NA
AC2	'' colina 2	75	76
AC3	'' colina 3	90	92
AC4	'' colina 4	81	89
m3 derecho			
A>	Anchura máxima	92	NA
L	Longitud máxima	180	NA
AC1	Anchura máxima colina 1	64	NA
AC2	'' colina 2	90	95
AC3	'' colina 3	92	95
AC4	'' colina 4	91	96

Las defensas (especímenes IBP002-IBP005) son rectas y no presentan torsión, con ápice en forma de cono subtriangular y superficie pulida que en el espécimen IBP004 conserva una banda rectangular de esmalte.

7. Discusión

El reporte de *Notiomastodon platensis* para la localidad de Soatá encaja dentro del marco biogeográfico de los gonfoterios de Soatá. Es de esperar que ambas especies de gonfoterio hayan estado presentes en el territorio colombiano durante el pleistoceno. Sin embargo, el norte de la Cordillera Oriental, donde está ubicada la Formación Soatá, se encuentra dentro del corredor norte propuesto por Mothé et al., (2017) para la trayectoria de *N. platensis*. El reporte de *N. platensis* realizado en este estudio apoya la hipótesis de que estos organismos utilizaban los valles interandinos como corredores de dispersión.

Por la naturaleza del hallazgo no es posible asignar una procedencia estratigráfica precisa a la mandíbula. Villarroel et al. (2001) reportan haber colectado restos fragmentados y transportados

de vertebrados fósiles, incluyendo dos m3 izquierdos y un fragmento de rama mandibular con un m2 y m3 de gonfoterio, en el tope de la sección de terraza Joven de la Formación Soatá, en un estrato conglomerático que destaca sobre el resto del afloramiento de Portugalete (que casi en su totalidad es de naturaleza limosa o arcillosa) (Villarroel et al., 2001). Es bastante probable que la mandíbula y los otros restos de Portugalete provengan de este horizonte, aunque la mandíbula (IBP001) es el resto de gonfoterio más completo proveniente de la región.

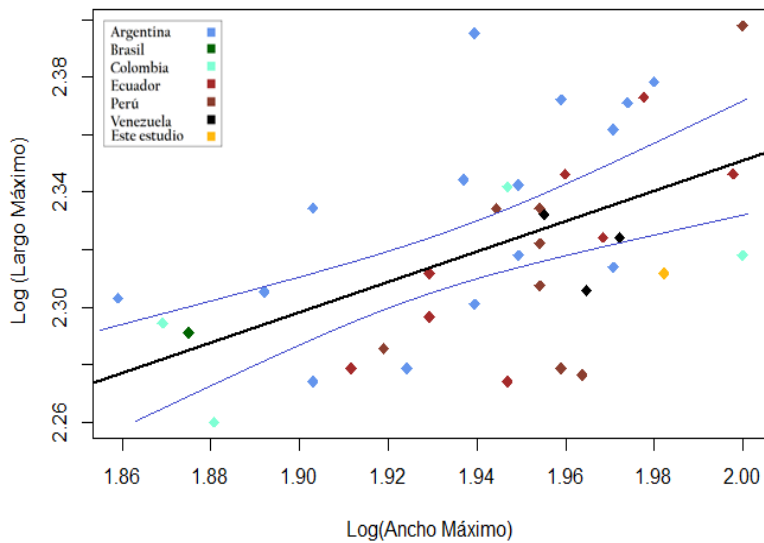
Las tres terrazas de la Formación Soatá aflorantes en Portugalete han sido interpretadas como depositadas en un ambiente subacuático tranquilo, en la ladera occidental de un paleo-lago que habría ocupado el tramo entre Chusvitá y Soatá del actual cañón del Chicamocha durante el Peni-glacial medio del Pleistoceno Tardío (Villarroel et al., 2001). El hallazgo de la mandíbula, las defensas, y otros restos grandes poscraneales en Portugalete y en Jútua (Villarroel et al., 1996), encaja en el marco de los hallazgos de *Notiomastodon platensis* en Colombia, que invariablemente han sido encontrados en contextos lacustres o fluviales en cuencas interandinas (Alfonso-Rojas et al., 2021; Cuervo Márquez, 1938; Mothé et al., 2022; Páramo-Fonseca & Escobar-Quemba, 2010; Pelegrin et al., 2022), apoyando la hipótesis de que estos ambientes servían como corredores migratorios para gonfoterios en Colombia, en contraste con *Cuvieronius hyodon*, exclusivo del centro de la cordillera de los Andes (Mothé et al., 2022b).

A pesar de que las defensas no están completas, se puede inferir que eran casi rectas y sin torsión. En al menos uno de los fragmentos se observa una banda de esmalte recta lateral que no abarca la longitud del fragmento. Todas estas son características diagnósticas de *Notiomastodon platensis*.

El ancho de los lofos se encuentra dentro del rango reportado para *Notiomastodon platensis* (Alberdi et al., 2002; Alberdi & Prado, 2004; Alberdi & Cerdeño, 2008; Chávez-Aponte et al., 2008.; Ferretti, 2010; Encina & Alberdi, 2011; Pelegrin et al., 2022) y de otros especímenes encontrados en Colombia (Villarroel et al., 1996; Pelegrin et al., 2022).

No se pudo apreciar ninguna tendencia regional en la morfometría de los molares de *Notiomastodon platensis*, ni tampoco una tendencia que permitiera distinguir entre ambas especies de gonfoterios suramericanos, corroborando los resultados de Mothé et al. (2017) (**Figura 7**).

A



B

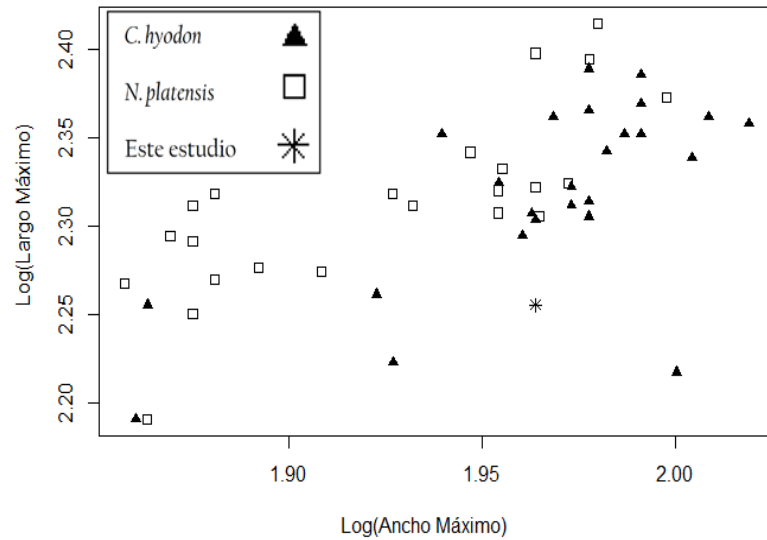


Figura 7. Variación geográfica e interespecífica de los molares de gonfoterios en Suramérica. **A.**

Diagrama bivalente de la longitud y anchura máxima para molares m3 de *Notiomastodon platensis* en Suramérica. Intervalos de Confianza del 95% en azul. **B.** Diagrama bivalente de

longitud y anchura de los molares m3 de las especies de gonfoterio suramericanas. Datos tomados de Alberdi et al. (2002; 2004; 2008), Chávez-Aponte et al. (2008), Ferreti (2010),

Labarca-Encina & Alberdi (2011) y Pelegrin et al. (2022).

En la misma colecta, y a lo largo de los años, Ignacio Báez y Juan Buitrago encontraron otros restos de gonfoterio en el afloramiento de Portugaleta (**Anexo 4**). En la colección del Sr. Báez fue posible reconocer dos fragmentos de cuerpo de fémur, dos cabezas de fémur, y el fragmento de una tibia, todos de gonfoterio y provenientes de Jútua.

El afloramiento de Jútua también ha producido restos de gonfoterios y otros mamíferos grandes. Una visita a la localidad de Jútua produjo en superficie dos vértebras y un fragmento de molar m2 (**Anexo 5**). Villarroel et al. (2001) mencionan rumores de un esqueleto completo de gonfoterio extraído en Jútua, y reportan hallazgos de otros mamíferos como cérvidos y capibaras.

Los restos de gonfoterios y otros mamíferos encontrados en el área de Jútua-Portugaleta por los campesinos de la región fueron guardados en la colección de la Casa de la Cultura de Soatá (a la que Ignacio Báez y Juan Buitrago habían donado el espécimen IBP001), hasta que esta se incendió en los años 70s. Estos hallazgos se perdieron o fueron a parar a colecciones privadas, en las que probablemente se encuentre más material diagnóstico, no solo de gonfoterios, sino de otros grupos como los équidos, los cérvidos, los roedores o los camélidos, cuya presencia está reportada pero cuyos restos permanecer sin estudiar en esta y otras localidades de la cordillera oriental (Villaruel et al., 1996).

La confirmación del registro de *N. platensis* en Soatá apoya la interpretación de los valles interandinos como corredores migratorios para los gonfoterios y posiblemente otros mamíferos grandes (Mothé et al., 2022b).

La megafauna tuvo un rol ecológico importante en los ecosistemas del altiplano, regulando la frecuencia de incendios -mediante el consumo de combustible vegetal-, el grado de cobertura vegetal y la dispersión de semillas (Pym et al., 2023). La desaparición de herbívoros grandes permitió a taxones leñosos (*Ericaceae*, *Podocarpus*) invadir las tierras altas andinas, remplazando sistemas de vegetación abierta con bosques cerrados andinos con ocurrencia de incendios relativamente frecuente (Pym et al., 2023). Los bosques andinos que proliferaron después de la desaparición de la megafauna a finales del Pleistoceno y comienzos del Cuaternario están notablemente ausentes en el paisaje actual del Cañón del Chicamocha, donde el paisaje xérico de los flancos del cañón da paso rápidamente al páramo bajo.

Se han encontrado restos poscraneales de gonfoterio asociados a restos arqueológicos en Colombia (Rengifo Sánchez et al., 2023). Si tenemos en cuenta el hecho de que el estado del paisaje actual del Cañón del Chicamocha es producto de la constante intervención humana desde la llegada del hombre a Suramérica (13000 BP) y acelerado desde la Conquista Española (Arboleda-Oviedo, 2019), es lícito preguntarse qué tanto en el pasado se extiende esta intervención y qué consecuencias para la biodiversidad traerán las extinciones actuales, exacerbadas y causadas por la actividad humana.

8. Conclusiones y Recomendaciones

- Durante el Pleistoceno, el sistema lacustre del Cañón del Chicamocha fue habitado por megafauna. Se confirma el registro de la especie de gonfoterios *Notiomastodon platensis*.
- Los depósitos de la Formación Soatá en Portugalete representan un sitio fosilífero de interés paleontológico que consistentemente ha producido fósiles mamíferos con un esfuerzo relativamente bajo de muestreo. La localidad tiene un potencial relevante para entender la paleobiología y paleoecología de megafauna en los Andes tropicales durante el Pleistoceno tardío.
- Los restos mamíferos diferentes a los proboscídeos de la Formación Soatá han sido poco estudiados, por lo que se desconoce la diversidad del yacimiento a pesar de que se sabe de reportes de fósiles de múltiples grupos.

9. Referencias Bibliográficas

- Alberdi, M. T., & Cerdeño, E. (2008). *Stegomastodon platensis* (Proboscidea, Gomphotheriidae) en el Pleistoceno de Santiago del Estero, Argentina.
- Alberdi, M. T., & Prado, J. L. (2004). The Pleistocene Gomphotheriidae (Proboscidea) from Peru. *Neues Jahrbuch Für Geologie Und Paläontologie - Abhandlungen*, 231(3), 423–452.
<https://doi.org/10.1127/njgpa/231/2004/423>
- Alberdi, M. T., & Prado, J. L. (2022). Diversity of the fossil gomphotheres from South America. *Historical Biology*, 34(8), 1685–1691. <https://doi.org/10.1080/08912963.2022.2067754>
- Alberdi, M. T., Prado, J. L., & Cartelle, C. (2002). El registro de *Stegomastodon* (Mammalia, Gomphotheriidae) en el Pleistoceno Superior de Brasil. *Spanish Journal of Palaeontology*, 17(2), 217. <https://doi.org/10.7203/sjp.17.2.21569>
- Alfonso-Rojas, A., Herrera-Gutierrez, L. M., SuÁRez, C., Ciancio, M. R., Pelegrin, J. S., & Cadena, E. (2021). Late Pleistocene biota from Pubenza, Colombia; turtles, mammals, birds, invertebrates and plant remains. *Journal of Quaternary Science*, 36(3), 450–466.
<https://doi.org/10.1002/jqs.3299>

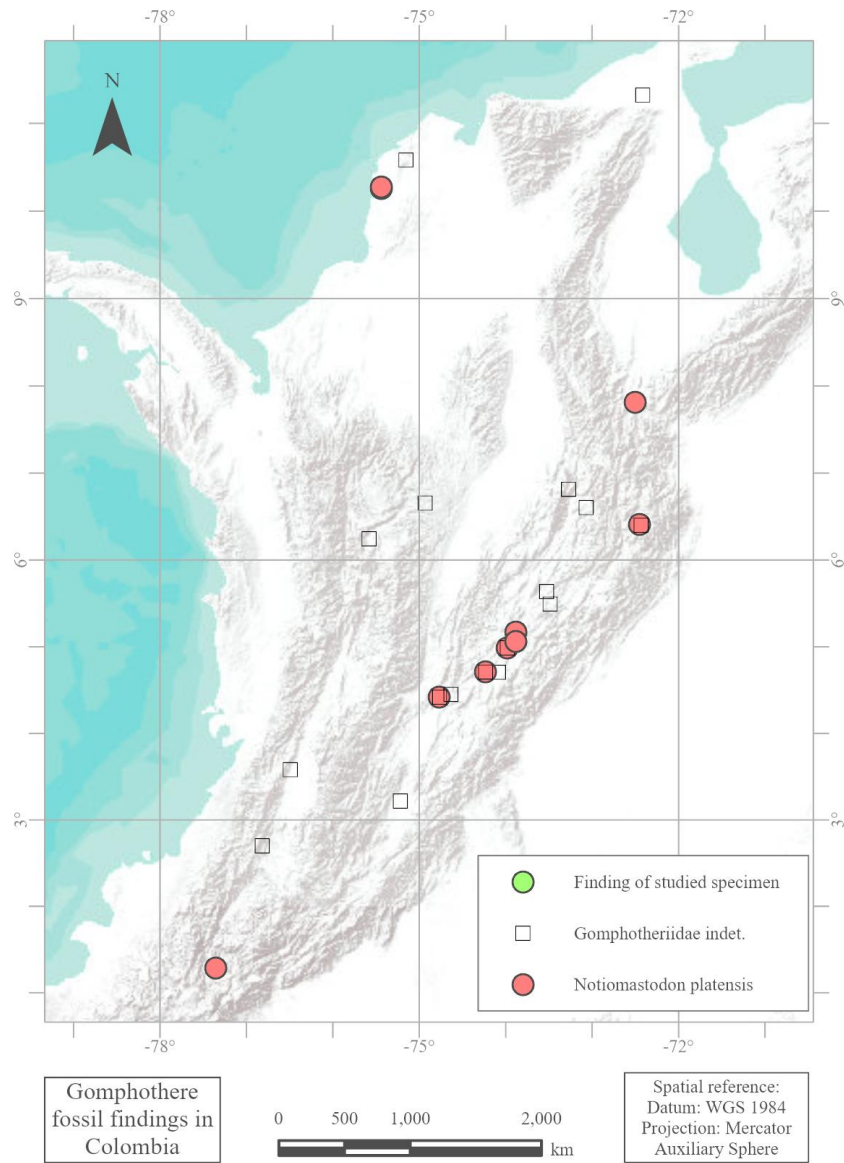
- Arboleda-Oviedo, D. (2019). *Reconstrucción de la vegetación, clima y ambiente sedimentario en el norte de la cordillera Oriental de Colombia durante el Holoceno, a partir de un análisis multi-proxy*.
- Barlow, C. (2000). *The ghosts of evolution: Nonsensical fruit, missing partners, and other ecological anachronisms* (1. ed). BasicBooks.
- Barnosky, A. D., Koch, P. L., Feranec, R. S., Wing, S. L., & Shabel, A. B. (2004). Assessing the Causes of Late Pleistocene Extinctions on the Continents. *Science*, 306(5693), 70–75.
<https://doi.org/10.1126/science.1101476>
- Barnosky, A. D., & Lindsey, E. L. (2010). Timing of Quaternary megafaunal extinction in South America in relation to human arrival and climate change. *Quaternary International*, 217(1–2), 10–29. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.11.017>
- Chávez-Aponte, E. O., Imerú Alfonso-Hernández, & Jorge D. Carrillo-Briceño. (n.d.). *Morfología dentaria de los gonfoterios de la localidad de Muaco, Estado Falcón, Venezuela*.
- Christiansen, P. (2004). Body size in proboscideans, with notes on elephant metabolism. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 140(4), 523–549.
<https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2004.00113.x>
- Corona, E., & Alberdi, M. T. (2006). TWO NEW RECORDS OF GOMPHOTHERIIDAE (MAMMALIA: PROBOSCIDEA) IN SOUTHERN MÉXICO AND SOME BIOGEOGRAPHIC IMPLICATIONS. *Journal of Paleontology*, 80(2), 357–366.
[https://doi.org/10.1666/0022-3360\(2006\)080\[0357:TNROGM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/0022-3360(2006)080[0357:TNROGM]2.0.CO;2)
- Cuervo Márquez, L. (1938). Especies extinguidas hallazgos de fósiles en la Sabana de Bogotá. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2(5), 38–42.

- Encina, R. L., & Alberdi, M. T. (2011). An updated taxonomic view on the family Gomphotheriidae (Proboscidea) in the final Pleistocene of south-central Chile. *Neues Jahrbuch Für Geologie Und Paläontologie - Abhandlungen*, 262(1), 43–57.
<https://doi.org/10.1127/0077-7749/2011/0184>
- Ferretti, M. (2010). Anatomy of *Haplomastodon chimborazi* (Mammalia, Proboscidea) from the late Pleistocene of Ecuador and its bearing on the phylogeny and systematics of South American gomphotheres. *Geodiversitas*, 32(4), 663–721.
<https://doi.org/10.5252/g2010n4a3>
- Jaramillo, C., Krigsfeld Shuster, G., D. Rojas, C., Henao, A., Y. Ojeda, G., Caballero, D., Escobar-Florez, S., Gomez, S., & Escobar, J. (2022). Upper Pleistocene deposits from the Cauca Valley. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(179), 482–495. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1666>
- Jaramillo, M. P. (2012). Reporte del hallazgo de un cráneo de *Stegomastodon Waringi* (Holland, 1920) Juvenil (Mammalia, Proboscidea) en zona rural del municipio de Turbaná, Bolívar. Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36(139).
- Mothé, D., & Avilla, L. (2015). Mythbusting evolutionary issues on South American Gomphotheriidae (Mammalia: Proboscidea). *Quaternary Science Reviews*, 110, 23–35.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.12.013>
- Mothé, D., Avilla, L. S., & Cozzuol, M. A. (2012). The South American Gomphotheres (Mammalia, Proboscidea, Gomphotheriidae): Taxonomy, Phylogeny, and Biogeography. *Journal of Mammalian Evolution*, 20(1), 23–32. <https://doi.org/10.1007/s10914-012-9192-3>

- Mothé, D., dos Santos Avilla, L., Asevedo, L., Borges-Silva, L., Rosas, M., Labarca-Encina, R., Souberlich, R., Soibelzon, E., Roman-Carrion, J. L., Ríos, S. D., Rincon, A. D., de Oliveira, G. C., & Lopes, R. P. (2017). Sixty years after ‘The mastodonts of Brazil’: The state of the art of South American proboscideans (Proboscidea, Gomphotheriidae). *Quaternary International*, 443, 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.08.028>
- Mothé, D., Ferretti, M. P., & Avilla, L. S. (2016). The Dance of Tusks: Rediscovery of Lower Incisors in the Pan-American Proboscidean *Cuvieronius hyodon* Revises Incisor Evolution in Elephantimorpha. *PLOS ONE*, 11(1), e0147009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147009>
- Mothé, D., Jaramillo, C., Krigsfeld Shuster, G., Oikawa, N., & Escobar-Florez, S. (2022a). Ain’t no mountain high enough? New records of *Notiomastodon platensis* (Mammalia, Proboscidea) from Colombia and the Quaternary dry corridor of the Cauca valley. *Historical Biology*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/08912963.2022.2155955>
- Mothé, D., Jaramillo, C., Krigsfeld Shuster, G., Oikawa, N., & Escobar-Florez, S. (2022b). Ain’t no mountain high enough? New records of *Notiomastodon platensis* (Mammalia, Proboscidea) from Colombia and the Quaternary dry corridor of the Cauca valley. *Historical Biology*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/08912963.2022.2155955>
- Páramo-Fonseca, M. E., & Escobar-Quemba, I. C. (2010). Restos mandibulares de mastodonte encontrados en cercanías de Cartagena, Colombia. *Geología Colombiana*, 35, 50–57.
- Pelegrin, J. S., Quijano, S. A., Belalcázar, L., Benavides-Herrán, A., Escobar-Flórez, S., Mothé, D., & Avilla, L. dos S. (2022). Report on mandibular remains of *Notiomastodon platensis* (Mammalia, Proboscidea) and review of its fossil record in the paleoecological context of Valle del Cauca, Colombia. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 25(1), 90–100. <https://doi.org/10.4072/rbp.2022.1.07>

- Prado, J. L., Alberdi, M. T., Azanza, B., Sánchez, B., & Frassinetti, D. (2005). The Pleistocene Gomphotheriidae (Proboscidea) from South America. *Quaternary International*, 126–128, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2004.04.012>
- Pym, F. C., Franco-Gaviria, F., Espinoza, I. G., & Urrego, D. H. (2023). The timing and ecological consequences of Pleistocene megafaunal decline in the eastern Andes of Colombia. *Quaternary Research*, 1–17. <https://doi.org/10.1017/qua.2022.66>
- Rengifo Sánchez, C., Muñoz Nates, C., & Mothé, D. (2023). Registros fósiles del género *Notiomastodon* cf. *platensis* (Mammalia: Proboscidea) en el sur occidente colombiano, depositados en el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca, Popayán. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 27(1), 145–157. <https://doi.org/10.17151/bccm.2023.27.1.10>
- Rodríguez-Florez, C. D., Rodríguez-Florez, E. L., & Armando Rodríguez, C. (2009). Revisión de la Fauna Pleistocénica Gomphotheriidae en Colombia y Reporte de un Caso para el Valle del Cauca. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 13(2), 78–85.
- Simpson, G. G., & Couto, C. D. (1957). The Mastodonts of Brazil. *Bulletin of The American Museum of National History*, 112(Article 2), 125–190.
- Villaroel, C., Ana Elena Concha, & Carlos Macía. (2001). El Lago Pleistocénico de Soatá (Boyacá, Colombia): Consideraciones estratigráficas, paleontológicas y paleoecológicas. *Geología Colombiana*, 26, 79–93.
- Villaroel, C., Brieva, J., & Cadena, A. (1996). La Fauna de Mamíferos Fósiles del Pleistoceno de Jútua, Municipio de Soatá (Boyacá, Colombia). *Geología Colombiana*, 21, 81–87.

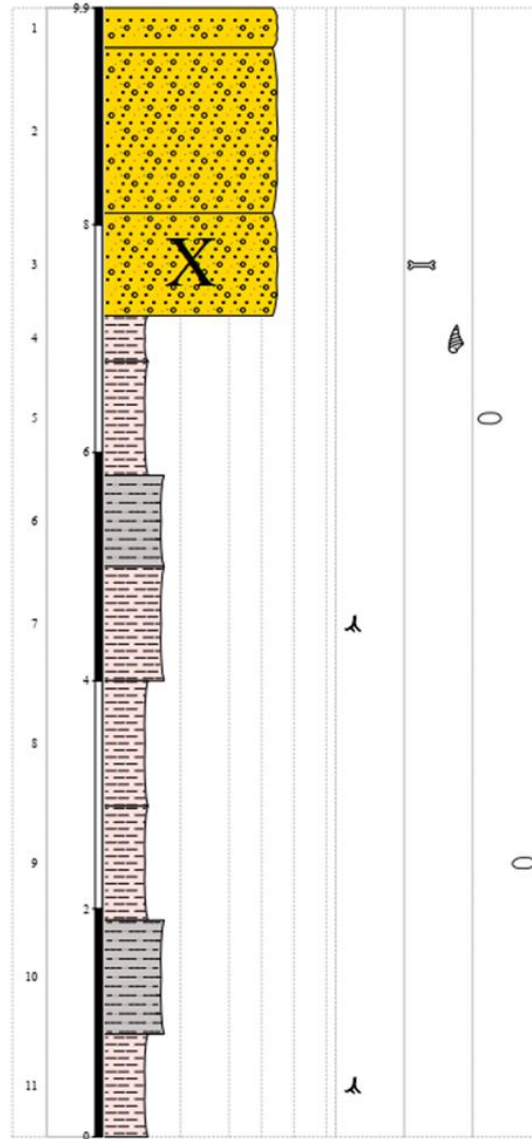
10. Anexos



Anexo 1. Hallazgos de gonfoterios fósiles en Colombia.

Printed by S.D.A.R. Ortiz J. et al. 2015. (Aug 03 2023)

Bed number	Thickness (meters)	Tuff										Sedimentary structures	Fossils	Others	
		f ¹		m ¹		c ¹		r ¹		bo					
		Mdt	Wkst	Pkst	Grst	Bdst	Crys	Lap	Agg						
		Mudstone			Sandstone			Conglom							
	0.004	0.062	0.125	0.25	0.5	1	2	4	64	256					
	clay	sil	vf	f	m	c	vc	gr	pe	co					



LEGEND

Dominant lithology	Sedimentary structures	Fossils	Others
claystone	rooting	gastropods	nodules
mudstone		vertebrates	
conglomerate			

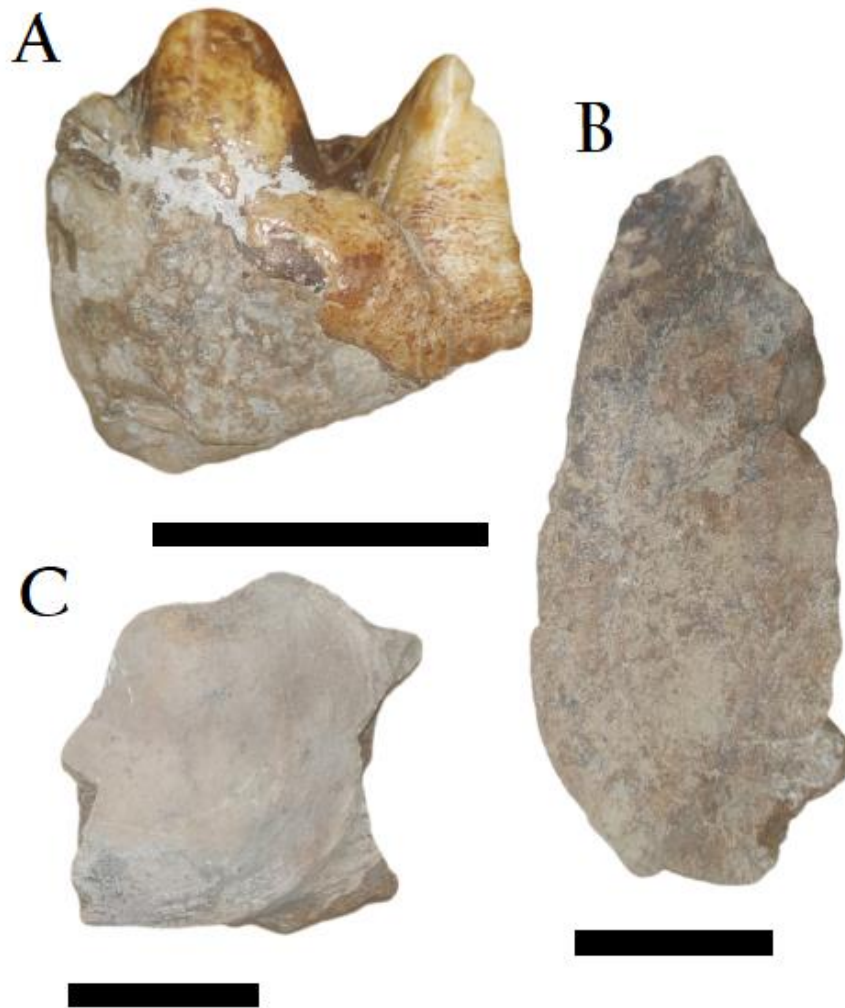
Anexo 2. Columna estratigráfica de la terraza joven de la Formación Soatá.



Anexo 3. Fotografía del afloramiento fosilífero de Jútua, con estrato conglomerático marcado en rojo. Escala 1 metro. Azimut 36° N.



Anexo 4. Colección Ignacio Báez del Museo de Artes y Costumbres de Boyacá.



Anexo 5. Restos encontrados en superficie en la localidad de Jútua. **A** Fragmento de un molar m2 de gonfoterio en vista lateral. **B** Mitad de vértebra en vista caudal. **C** Fragmento de disco de vértebra en vista caudal. Escala 100 mms.