

1 The Biologist (Lima), 2024, vol. 22 (2), XX-XX.

2 DOI: <https://doi.org/10.62430/rtb20242221798>

3

4 Este artículo es publicado por la revista The Biologist (Lima) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática,
5 Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos
6 de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre
7 que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.
8



9

10

11

COMENTARIO / COMMENTARY

12

13

Evolution and the scientific method

14

La evolución y el método científico

15

Diego Sánchez-Véliz¹, Álvaro Ibaceta², José Ariel Fernández³, Jehoshua Macedo-

16

Bedoya^{4*} & Mizraim Moroyoqui Cárdenas⁵

17

18

¹ Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

19

² Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

20

³ CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), La Plata,

21

Argentina.

22

⁴ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

23

⁵ Universidad de Sonora, Hermosillo, México.

24

25

Titulillo: Evolution and the scientific method

26

27

Diego Sánchez-Véliz:  <https://orcid.org/0009-0009-6180-9974>

28

Álvaro Ibaceta:  <https://orcid.org/0009-0009-9538-4839>

29

José Ariel Fernández:  <https://orcid.org/0000-0003-2341-6423>

30

Jehoshua Macedo-Bedoya:  <https://orcid.org/0009-0008-7958-5318>

31 Mizraim Moroyoqui Cárdenas:  <https://orcid.org/0009-0005-3184-0939>

32

33 **ABSTRACT**

34 Three main creationist claims that deny the scientific nature of evolutionary theory are
35 refuted: that it is not falsifiable, predictive, or observable. It demonstrates that evolution is
36 falsifiable since improbable findings could challenge it, and discrepancies in data drive
37 further research. The evolutionary theory is also predictive and retrodictive, as evidenced by
38 Darwin's confirmed predictions about pollinators and the discovery of marsupial fossils in
39 Antarctica. Moreover, evolution is observable and testable, with numerous documented
40 cases of adaptation and natural selection. In conclusion, evolution meets scientific criteria
41 and has been consistently validated, thus refuting creationist assertions.

42 **Keywords:** Falsifiability – fossils – natural selection – observation – prediction

43

44 **RESUMEN**

45 Se refutan tres principales alegatos creacionistas que niegan la cientificidad de la teoría
46 evolutiva: que no es falsable, predictiva ni observable. Se demuestra que la evolución es
47 falsable, ya que hallazgos improbables podrían desafiarla y discrepancias en datos motivan
48 nuevas investigaciones. La teoría evolutiva también es predictiva y retrodictiva, como lo
49 evidencian las predicciones confirmadas de Darwin sobre polinizadores y los fósiles de
50 marsupiales en la Antártida. Además, la evolución es observable y experimentable, con
51 numerosos casos documentados de especiación. En conclusión, la evolución cumple con los
52 criterios científicos y ha sido consistentemente validada, refutando así las afirmaciones
53 creacionistas.

54 **Palabras clave:** Falsabilidad – fósiles – observación – predicción – selección natural

55

56

57 El principal alegato creacionista consiste en negar que la teoría evolutiva tenga las
58 características básicas y comunes de toda teoría científica, es decir, niegan que sea falsable,
59 predictiva, observable, experimentable y que en general niegan que la evolución se basa en
60 el método científico (Morris, 1985). El objetivo de esto no es otro que el de negar la realidad
61 científica de la evolución misma y tratar de convencer a quien sea, de que la evolución no
62 es ciencia. Desafortunadamente para los defensores del creacionismo, la evolución es una
63 realidad innegable y la teoría evolutiva, el modelo explicativo más lógico posible de esta
64 realidad (Gregory, 2008), y como tal, presenta estas tres características distintivas y este
65 artículo se escribió con el propósito de demostrarlo.

66

67 **(1) "La evolución no es falsable"**

68 Esta es una de las acusaciones más frecuentes de los creacionistas. Pero, ¿Exactamente a
69 qué nos referimos en ciencia por falsabilidad? Sin entrar a tantos detalles sobre la filosofía
70 de la ciencia, la falsabilidad es un estándar deductivo en donde se considera la posibilidad
71 de someter una hipótesis o proposición a potenciales pruebas y argumentos que la
72 contradigan (Hansson, 2008; Humpiri *et al.*, 2021). Para entender lo que se viene, debemos
73 entender qué es una hipótesis y una teoría científica:

74 - *Hipótesis científica*: Una hipótesis en ciencia es una explicación aceptada
75 provisionalmente de manera fundamentada con datos, que se propone para la
76 investigación y comprobación posterior (Wilson, 2023).

77 - *Teoría científica*: Una teoría en ciencia es un marco explicativo bien fundamentado
78 en la evidencia para una serie de hechos y observaciones que se pueden probar y
79 utilizar para predecir observaciones futuras. Las teorías se guían de los hechos y de

80 los datos, por lo tanto, si la teoría deja de encajar con los hechos y los datos, se puede
81 modificar o rechazar por una teoría mejor construida (Álvarez, 2018).

82 Harding (1976) nos da como ejemplo la tesis de Duhem-Quine en donde se afirma que es
83 imposible probar o falsear una hipótesis de forma aislada por dos razones:

84 1. Las hipótesis y teorías se basan en una serie de datos de apoyo. Por ejemplo, ¿la
85 exposición del fraude del Hombre de Piltdown falsifica la validez de ese fósil solo,
86 o de toda la teoría evolutiva? Claramente solo falsifica la validez de ese fósil, más
87 no de la teoría evolutiva en su conjunto (De Groote *et al.*, 2016).

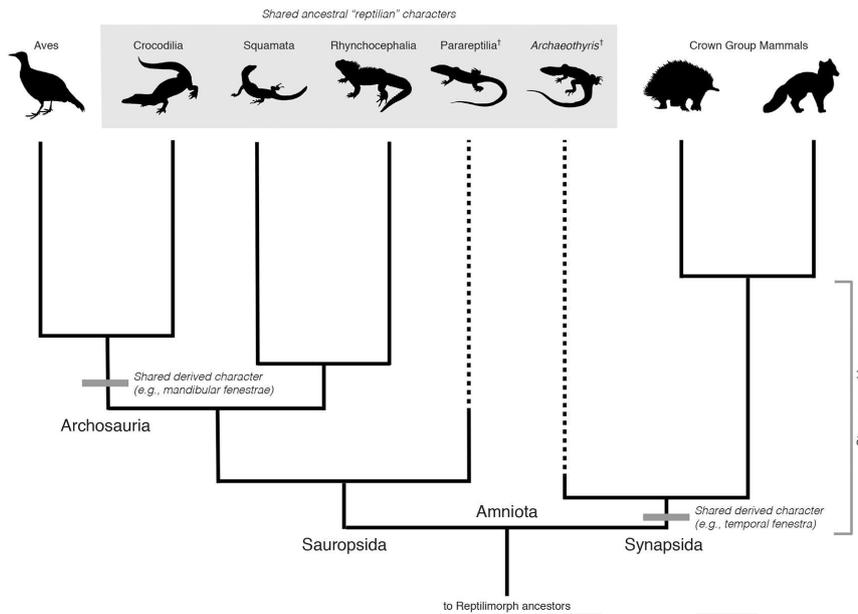
88 2. Una discrepancia entre las teorías y los datos no necesariamente falsea la teoría en
89 su conjunto. Por ejemplo, a principios del siglo XIX, los científicos descubrieron
90 discrepancias entre la órbita de Urano, y las predicciones de la teoría de la gravedad
91 de Newton. Sin embargo, esta discrepancia entre la teoría y la evidencia no se
92 consideró una falsificación de la teoría; con el tiempo, la discrepancia se resolvió
93 con el descubrimiento de Neptuno. A finales del siglo XIX, se descubrió una
94 discrepancia similar en la órbita de Mercurio (Biswas & Mani, 2008), la cual condujo
95 a la falsificación de la gravedad newtoniana; la discrepancia sólo pudo resolverse
96 cuando Einstein propuso su teoría de la relatividad. No obstante, esta discrepancia
97 no acabó con la gravedad Newtoniana, pues cuando la teoría se rechaza no
98 necesariamente se rechaza por completo, pues siguen siendo útiles en dominios
99 particulares o bajo ciertas condiciones (Winther, 2015), y ese es el caso de la Teoría
100 Newtoniana de la gravedad, que sigue siendo útil bajo ciertas condiciones, aunque
101 la Teoría de la relatividad de Einstein la haya superado. La teoría de la relatividad
102 especial no descarta la gravitación Newtoniana, sino que toma lo que funciona de
103 aquel modelo y descarta lo que no funciona y expande el modelo explicativo para
104 incluir las observaciones nuevas (Wiesendanger, 2014).

105

106 Los científicos no considerarán que una teoría sea falsa simplemente por la existencia de
107 discrepancias entre las predicciones teóricas y las observaciones, de hecho, intentar dar
108 cuenta de tales discrepancias es lo que motiva mucha investigación científica (Baena, 2017).
109 Dicho esto, hay numerosas piezas de evidencia que podrían falsificar ciertos aspectos de la
110 evolución:

111 - Encontrar cierto tipo de transiciones imposibles e incoherentes, bajo el marco
112 evolutivo actual, podría dar lugar a dudas sobre ciertos aspectos de la evolución. Por
113 ejemplo, todas las evidencias actuales (genéticas, morfológicas, paleontológicas, de
114 desarrollo y demás) nos muestran que los mamíferos no evolucionaron de las aves
115 (y viceversa), esas evidencias separan ambos grupos en linajes evolutivos diferentes,
116 por lo tanto, la teoría predice que no deben existir transiciones entre estos dos grupos
117 (Hendrickx *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2023). La evolución muestra que de hecho los
118 mamíferos evolucionaron de un grupo llamado Synapsida (Figura 1),
119 específicamente de los Therapsida Cynodontia (Ruta *et al.*, 2013; Hackländer &
120 Zachos, 2020), y las aves evolucionaron de un grupo llamado Sauropsida,
121 específicamente de los Theropoda Maniraptora (Hendrickx *et al.*, 2015), como
122 sabemos que los mamíferos no evolucionaron de las aves ni las aves de los
123 mamíferos, entonces también se afirma que jamás deberíamos encontrar una
124 transición entre estos dos taxones, y jamás se ha encontrado uno. Asumiendo que
125 mágicamente se llegase a encontrar un fósil de transición inequívocamente entre
126 mamíferos y aves, con ello se estaría discrepando directamente lo que sabemos sobre
127 la evolución de los mamíferos y evolución de las aves (Herron & Freeman, 2014;
128 Benton & Harper, 2020).

129



130
131 **Figura 1.** Filogenia de grupos principales seleccionados de amniotas, Aves surgiendo de
132 Sauropsida y mamíferos de Synapsida (Fournier & Poole, 2018).

- 133
- 134 - Si los biólogos observaran directamente y de forma inequívoca organismos vivos ser
135 creados de forma sobrenatural y compleja y apareciendo de la nada sin pasar por un
136 proceso evolutivo de especiación y cambios evolutivos posteriores, entonces se
137 estaría observando directamente un caso de falsificación a la evolución.
 - 138 - La propia definición de evolución biológica, entendida como descendencia con
139 modificaciones o cambio en las características de la población a través del tiempo
140 (Herron & Freeman, 2014; Pontarotti, 2019; Abrams, 2023), implica que si se
141 observasen poblaciones incapaces de generar descendencia con modificaciones
142 (morfológicas y/o genéticas) la teoría quedaría falsada. Para la desilusión de los
143 creacionistas y críticos de la evolución, la variación en frecuencias alélicas se ha
144 observado constantemente en diversos grupos de organismos (Herron & Freeman,
145 2014).

146 Por lo tanto: ¿Se puede falsear la evolución? La respuesta es que sí.

147

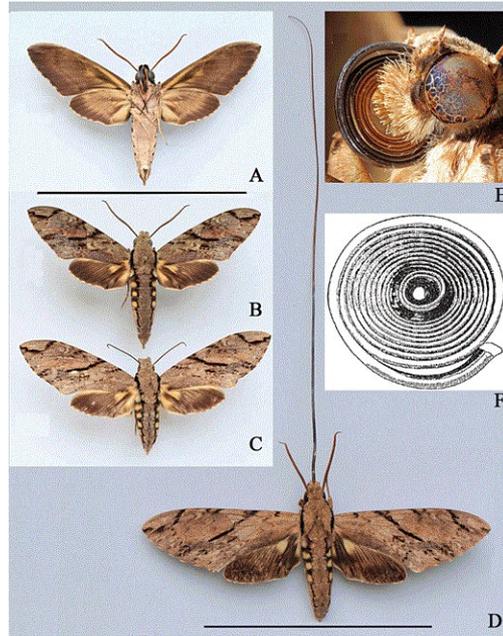
148

149 **(2) "La evolución no es predictiva"**

150 Las teorías científicas deben poseer un poder predictivo, es decir, el poder de una teoría
151 científica para generar predicciones comprobables; los creacionistas alegan que la teoría
152 evolutiva no tiene este poder predictivo, y, por lo tanto, concluyen erróneamente que la
153 evolución no es ciencia. Muchos creacionistas caen en el error de asumir que las
154 predicciones hechas por las teorías científicas son direccionales solo para un sentido, o sea,
155 se asume que solo se pueden hacer predicciones a futuro, pero eso no es del todo cierto, pues
156 ignoran las retrodicciones (Barnett *et al.*, 2021). Una retrodicción es el acto de predecir los
157 resultados aún no descubiertos de eventos pasados. Campos científicos como la
158 paleontología, arqueología, las ciencias forenses y la cosmología se basan en las
159 retrodicciones, así que, si los creacionistas descartan a la evolución (biología evolutiva) por
160 esto, entonces deberían admitir que también descartarían todas las ciencias anteriormente
161 mencionadas. Algunas predicciones/retrodicciones hechas por la teoría evolutiva y que se
162 han comprobado son las siguientes:

- 163 - Darwin utilizó su conocimiento de la evolución y en 1862 en su libro "Fertilisation
164 of Orchids" predijo (hizo una predicción evolutiva) que dado que existe una planta
165 con un largo espolón en sus flores (*Angraecum sesquipedale* Thouars, 1822),
166 también debería de existir un animal complementario con una probóscide de 30 cm
167 para alimentarse de ella y polinizarla. De forma complementaria, Wallace en 1867
168 apoyando la predicción de Darwin afirmó y predijo con total seguridad que, de existir
169 tal animal, debía ser de la Familia Sphingidae y estar viviendo en Madagascar.
170 Veinte años después de su muerte, se encontró una forma de polilla halcón
171 (*Xanthopan morgani* Walker, 1856) (Figura 2) que hacía precisamente eso y que
172 vive justamente en Madagascar (Arditti *et al.*, 2012; Minet *et al.*, 2021).

173

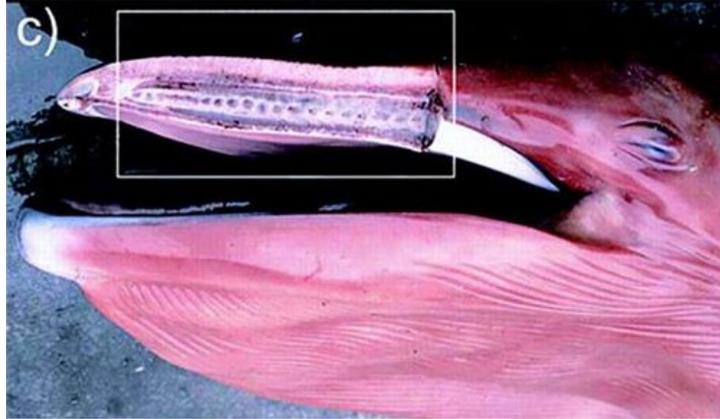


174
175 **Figura 2.** *Xanthopan morganii praedicta* de Madagascar (Arditti *et al.*, 2012).
176

- 177 - La teoría evolutiva nos dice que las Ballenas barbadas (Mysticeti) y Ballenas
178 dentadas (Odontoceti) poseen un mismo ancestro común, que eran cetáceos con
179 dientes (Gatesy *et al.*, 2013; Gatesy & McGowen, 2021), por lo tanto, la teoría
180 evolutiva predice de forma acertada que, si eso es cierto, deberíamos ver evidencia
181 de cómo las ballenas barbadas poseen dientes, y lo hacemos (Figura 3). Está
182 ampliamente demostrado que, en el útero, las ballenas barbadas inician el desarrollo
183 embrionario con el desarrollo de varias docenas de dientes en las mandíbulas
184 superior e inferior, pero hacia el final de la vida prenatal se reabsorben y no queda
185 rastro después del nacimiento, y dan lugar a las barbas. Esto refleja que los ancestros
186 de los cetáceos barbados eran cetáceos dentados (Thewissen *et al.*, 2017; Deméré *et*
187 *al.*, 2008; Peredo *et al.*, 2018). Esto se refuerza aún más gracias al descubrimiento
188 fósil de *Janjucetus hunderi* (Fitzgerald, 2006) y *Llanocetus denticrenatus* (Mitchell,
189 1989), las cuales pertenecieron a Mysticeti pero no tenían barbas sino dientes.

190 Además, el descubrimiento de *Maiabalaena* demuestra que las ballenas barbadas
191 perdieron los dientes antes de desarrollar las barbas.

192



193

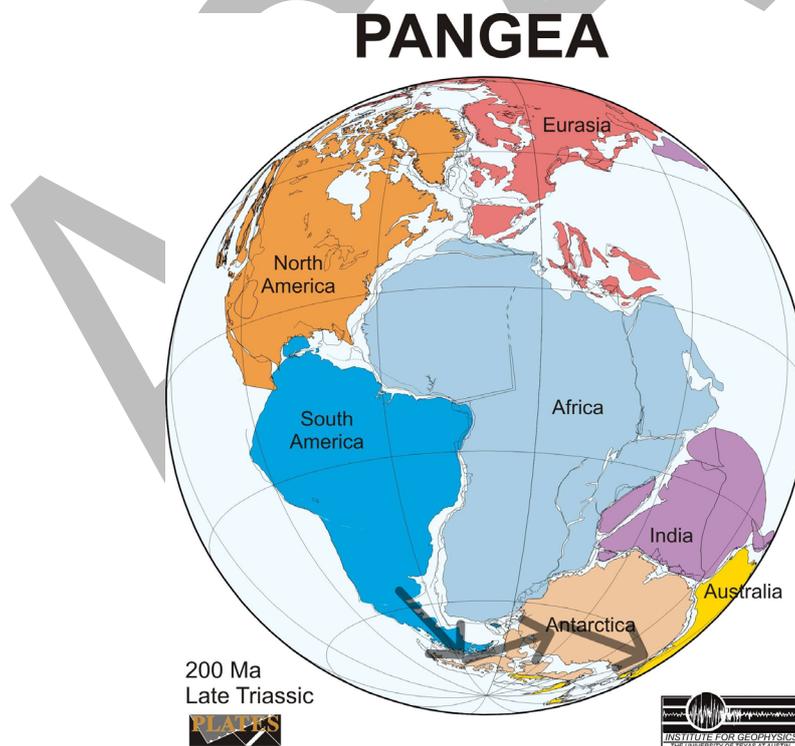
194 **Figura 3.** Feto de *Balaenoptera physalus* (ballena barbada) con disección que muestra las
195 yemas de los dientes en la mandíbula superior (Deméré *et al.*, 2008).

196

197 - Los marsupiales están presentes sólo en dos partes geográficas: En Australia, como
198 los canguros, bandicoots y cuoles (marsupiales de Australia) y en América, como los
199 cenoléstidos, zarigüeyas y el monito del monte (marsupiales del nuevo mundo)
200 (Nilsson *et al.*, 2004). El ancestro común de los marsupiales sudamericanos y
201 australianos estaba presente antes de que Pangea se dividiera (Figura 4), por lo tanto,
202 gracias a la biogeografía, la teoría evolutiva predice correctamente que deberíamos
203 encontrar fósiles de los ancestros de los marsupiales sudamericanos y australianos
204 que datan de antes de que estas masas continentales (Australia-América) se
205 separaran. En consecuencia, y de forma en que se corrobora la predicción hecha por
206 la evolución, encontramos los primeros fósiles de marsupiales y Metatheria (como
207 *Deltatheridium* y *Alphadon*) que datan del Cretácico superior (Williamson *et al.*,
208 2012; Wilson *et al.*, 2016; Velazco *et al.*, 2022), cuando América del Sur, la
209 Antártida y Australia aún estaban conectadas. Para que el intercambio biótico de los

210 marsupiales entre Australia y América haya sucedido, por lógica y deducción
211 paleontológica obvia, es que los marsupiales prehistóricos tuvieron que haber
212 cruzado la Antártida (Nilsson *et al.*, 2010; Schiewe, 2010). En el Cenozoico
213 temprano, Australia todavía estaba conectada a la Antártida hasta el límite Eoceno-
214 Oligoceno, en donde se separaron completamente. Curiosamente, hemos encontrado
215 fósiles de marsupiales en la Antártida específicamente, en la Formación La Meseta,
216 la cual es extremadamente rica en fósiles. Entre los marsupiales encontrados
217 resaltan: Derorhynchidae, Microbiotheria y Polydolopimorphia (Goin *et al.*, 2007;
218 Eldridge *et al.*, 2019; Defler *et al.*, 2019; Vega & Olalla-Tárraga, 2020). Esta es una
219 asombrosa confirmación predictiva macroevolutiva, dado que ningún marsupial vive
220 en la Antártida ahora.

221



222

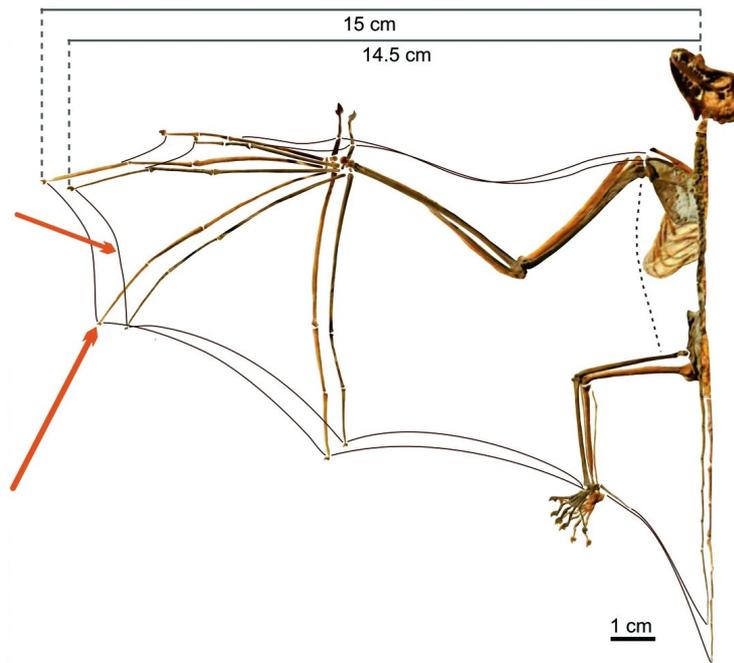
223 **Figura 4.** Se muestra el camino entre América, Antártida y Australia. Imagen editada de

224

Pangea, basado en: Institute for Geophysics.

225

- 226 - Darwin predijo en su época que la pérdida de la capacidad de volar de los insectos
227 de las islas se debía a la influencia del viento (Darwin, 1859). Según su hipótesis, los
228 insectos que vuelan son llevados al mar por el viento, los que quedan en tierra para
229 producir la próxima generación son los más reacios a volar, y eventualmente la
230 evolución hace el resto, conduciendo a poblaciones de insectos con menor capacidad
231 de vuelo cada generación. Sin embargo, Joseph Hooker tuvo sus dudas y debatió con
232 Darwin sobre esto. Más de 100 años después la predicción de Darwin fue acertada,
233 utilizando un conjunto de datos sobre insectos de las islas subantárticas y árticas, los
234 investigadores de la Universidad de Monash examinaron todas las ideas propuestas
235 para explicar la pérdida de vuelo en los insectos, incluida la idea del viento de
236 Darwin, la cual resultó ser la explicación más contundente y coherente. Ninguna de
237 las ideas usuales (como las propuestas por Hooker) explica el alcance de la pérdida
238 de vuelo en los insectos subantárticos, pero la idea de Darwin sí lo hace (Leihy &
239 Chown, 2020).
- 240 - Darwin en 1859, en su libro, predijo que los murciélagos habían pasado de planear
241 a volar en el aire. En 2024 se logró comprobar eso conjugando tres avances
242 científicos: por un lado, tener un modelo computacional lo suficientemente apto para
243 simular el vuelo de los murciélagos primitivos (Giannini *et al.*, 2024). Por otro lado,
244 contar con el fósil de murciélagos más antiguo del que se tenga registro:
245 *Onychonycteris finneyi* Simmons, Seymour, Habersetzer & Gunnell, 2008
246 (Simmons *et al.*, 2008) (Figura 5). Y emular la atmósfera de esa época (que era
247 mucho más densa que la actual), con el fin de establecer los mecanismos implicados
248 en la evolución del vuelo propulsado en los mamíferos en el medio que les tocó para
249 evolucionar. Con ello se puede comprobar y validar la predicción de Darwin de que
250 el origen del vuelo era desde un planeador hacia un volador (Giannini *et al.*, 2024).



251

252

253 **Figura 5.** Perfil aerodinámico reconstruido de los dos especímenes existentes de

254 *Onychonycteris finneyi* (Giannini *et al.*, 2024).

255

256 Por lo tanto: ¿La evolución hace predicciones acertadas y comprobables? La respuesta es

257 que sí.

258

259 **(3) "La evolución no es observable"**

260 Este punto también tiene sus variaciones, como decir que la evolución: "no es

261 experimentable, no es verificable o no es repetible", así que en este tercer y último punto se

262 abordarán las diversas variaciones de forma general. La función principal de la ciencia es

263 demostrar la existencia de fenómenos que no pueden ser observados directamente, esto

264 mediante el uso de herramientas lógicas y tecnológicas mucho mejores y precisas que el ojo

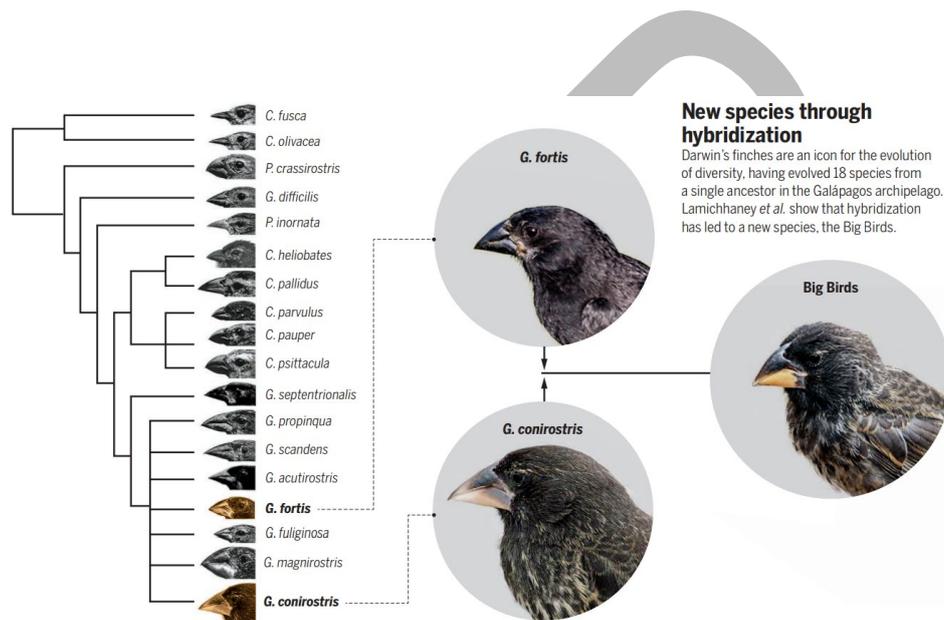
265 humano. Si la realidad nos fuera totalmente accesible directamente por medios de los

266 sentidos, no haría falta la ciencia. Los descubrimientos más importantes de la ciencia sólo

267 se han inferido a través de la observación indirecta, la esfericidad de la Tierra se determinó

268 sin observar directamente la Tierra desde el espacio, o los átomos se descubrieron sin que
 269 estos fueran observados. La evolución se basa en observaciones directas e indirectas. La
 270 evolución se ha observado y experimentado ampliamente; incluso, la especiación, proceso
 271 por el cual las poblaciones divergen hacia nuevas poblaciones, y por consiguiente, a nuevas
 272 especies (Herrel *et al.*, 2008; Ratcliff *et al.*, 2012; Bell, 2016; Lamichhaney *et al.*, 2017;
 273 Lenski, 2017; Momigliano *et al.*, 2017; Wagner, 2018; Herron *et al.*, 2019) (Figura 6).

274



275

276 **Figura 6.** Nuevas especies de Pinzón gracias a la especiación híbrida. Los pinzones de
 277 Darwin son un icono de la evolución de la diversidad, al haber evolucionado 18 especies a
 278 partir de un único ancestro en el archipiélago de las Galápagos. Lamichhaney *et al.* (2017)
 279 demuestran que la hibridación ha dado lugar a una nueva especie, los pájaros grandes.

280

(Wagner, 2018).

281

282 CONSIDERACIONES FINALES:

283 Por lo tanto: ¿La evolución es observable/experimentable/verificable/repetible? La
 284 respuesta es que sí. La conclusión es ya obvia, la evolución se basa en el método científico
 285 y ha sido comprobada por método científico.

286

287 **Aspectos éticos:** Aseguramos que se han cumplido con todos los aspectos éticos a nivel
288 nacional e internacional en todo momento.

289

290 **Author contributions**

291 **DSV** = Diego Sánchez-Véliz

292 **AI** = Álvaro Ibaceta

293 **JAF** = José Ariel Fernández

294 **JMB** = Jehoshua Macedo-Bedoya

295 **MMC** = Mizraim Moroyoqui-Cárdenas

296

297 **Conceptualization:** DSV, AI

298 **Data curation:** DSV, AI

299 **Formal analysis:** DSV, AI, JAF

300 **Funding acquisition:** DSV, AI

301 **Investigation:** DSV, AI, MMC

302 **Methodology:** DSV, AI

303 **Project administration:** DSV, AI, JMB

304 **Resources:** DSV, JMB

305 **Software:** JMB

306 **Supervision:** DSV, JMB, JAF

307 **Validation:** DSV, JMB

308 **Visualization:** DSV, AI, JAF

309 **Writing – original draft:** DSV, AI

310 **Writing – review & editing:** DSV, JMB, MMC

311

312 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 313 Abrams, M. (2023). *Evolution and the Machinery of Chance*. University of Chicago Press.
- 314 Álvarez, G. (2018). ¿Son las teorías científicas estructuras, instrumentos o realidad?.
- 315 *Pensamiento Americano*, 11, 50-65.
- 316 Arditti, J., Elliott, J., Kitching, I. J., & Wasserthal, L.T. (2012). ‘Good Heavens what insect
- 317 can suck it’—Charles Darwin, *Angraecum sesquipedale* and *Xanthopan morganii praedicta*.
- 318 *Botanical Journal of the Linnean Society*, 169, 403-432.
- 319 Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. 3^{ra} edición. Editorial Patria.
- 320 Barnett, S.M, Jeffers, J., & Pegg, D.T. (2021). Quantum Retrodiction: Foundations and
- 321 Controversies. *Symmetry*, 13, 586.
- 322 Bell, G. (2016). Experimental macroevolution. *Proceedings of the Royal Society B:*
- 323 *Biological Sciences*, 283, 20152547.
- 324 Benton, M.J., & Harper, D.A.T. (2020). *Introduction to Paleobiology and the Fossil Record*.
- 325 John Wiley & Sons.
- 326 Biswas, A., & Mani, K. R. (2008). Relativistic perihelion precession of orbits of Venus and
- 327 the Earth. *Central European Journal of Physics*, 6, 754-758.
- 328 Darwin, C. (1859). *Origin of species*, first edition. [https://darwin-](https://darwin-online.org.uk/EditorialIntroductions/Chancellor_vanWyhe_Origin1st.html)
- 329 [online.org.uk/EditorialIntroductions/Chancellor_vanWyhe_Origin1st.html](https://darwin-online.org.uk/EditorialIntroductions/Chancellor_vanWyhe_Origin1st.html)
- 330 De Groote, I., Flink, L.G., Abbas, R., Bello, S. M., Burgio, L., Buck, L. T., Dean, C., Freyne,
- 331 A., Higham, T., Jones, C. G., Kruszynski, R., Lister, A., Parfitt, S. A., Skinner, M. M.,
- 332 Shindler, K., & Stringer, C. B. (2016). Correction to 'New genetic and morphological
- 333 evidence suggests a single hoaxer created 'Pitldown Man". *Royal Society open science*, 3,
- 334 160679.
- 335 Defler, T., Defler, T., & Saini. (2019). *History of terrestrial mammals in South America*.
- 336 Springer International Publishing.

337 Deméré, T.A., McGowen, M.R., Berta, A., & Gatesy, J. (2008). Morphological and
338 molecular evidence for a stepwise evolutionary transition from teeth to baleen in mysticete
339 whales. *Systematic biology*, 57, 15-37.

340 Fournier, G. P., & Poole, A. M. (2018). A briefly argued case that Asgard archaea are part
341 of the eukaryote tree. *Frontiers in microbiology*, 9, 408428.

342 Gatesy, J., Geisler, J. H., Chang, J., Buell, C., Berta, A., Meredith, R. W., Springer, M. S.,
343 & McGowen, M. R. (2013). A phylogenetic blueprint for a modern whale. *Molecular*
344 *Phylogenetics and Evolution*, 66, 479-506.

345 Gatesy, J., & McGowen, M.R. (2021). Higher level phylogeny of baleen whales. In *The*
346 *bowhead whale* (pp. 3-10). Academic Press.

347 Giannini, N.P., Cannell, A., Amador, L.I., & Simmons, N. B. (2024). Palaeoatmosphere
348 facilitates a gliding transition to powered flight in the Eocene bat, *Onychonycteris finneyi*.
349 *Communications Biology*, 7, 365.

350 Goin, F.J., Zimicz, N., Reguero, M.A., Santillana, S.N., Marensi, S.A., & Moly, J.J. (2007).
351 Nuevo marsupial (Mammalia) del Eoceno de la Antártida, y los orígenes y afinidades de los
352 Microbiotheria. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62, 597-603.

353 Gregory, T.R. (2008). Evolution as fact, theory, and path. *Evolution: Education and*
354 *Outreach*, 1, 46–52.

355 Hackländer, K. & Zachos, F. E. (2020). *Mammals of Europe: past, present, and future*.
356 *Handbook of the mammals of Europe*. Springer.

357 Hansson, S.O. (2008). "Science and Pseudo-Science", The Stanford Encyclopedia of
358 Philosophy. Zalta, E.N. (ed.).

359 Harding, S.G. (1976). Can Theories be Refuted? Volume 81. University of New York.

360 Hendrickx, C., Hartman, S. A., & Mateus, O. (2015). An overview of non-avian theropod
361 discoveries and classification. *PalArch's Journal of Vertebrate Palaeontology*, 12, 1-73.

362 Herron, J.C., & Freeman, S. (2014). *Evolutionary Analysis* (5th ed.). Pearson.

363 Herron, M.D., Borin, J.M., Boswell, J.C., Walker, J., Chen, I.C.K., Knox, C.A., Boyd, M.,
364 Rosenzweig, F., & Ratcliff, W. C. (2019). De novo origins of multicellularity in response to
365 predation. *Scientific reports*, *9*, 2328.

366 Herrel, A., Huyghe, K., Vanhooydonck, B., Backeljau, T., Breugelmans, K., Grbac, I., Van
367 Damme, R., & Irschick, D.J. (2008). Rapid large-scale evolutionary divergence in
368 morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource.
369 *Proceedings of The National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*,
370 4792-4795.

371 Humpiri, J., Humpiri F. de M., & Mamani-Condori, E. E. (2021). Teorías científicas. Las
372 propuestas de Popper y Kuhn sobre investigaciones científicas. *Horizontes*, *5*, 277–296.

373 Lamichhaney, S., Han, F., Webster, M. T., Andersson, L., Grant, B. R., & Grant, P. R.
374 (2017). Rapid hybrid speciation in Darwin’s finches. *Science*, *359*, 224-228.

375 Leihy, R. I., & Chown, S. L. (2020). Wind plays a major but not exclusive role in the
376 prevalence of insect flight loss on remote islands. *Proceedings of the Royal Society B*, *287*,
377 20202121.

378 Lenski, R.E. (2017). Experimental evolution and the dynamics of adaptation and genome
379 evolution in microbial populations. *The ISME journal*, *11*, 2181-2194.

380 Li, Z., Wang, M., Stidham, T.A., & Zhou, Z. (2023). Decoupling the skull and skeleton in a
381 Cretaceous bird with unique appendicular morphologies. *Nature Ecology & Evolution*, *7*,
382 20–31.

383 Eldridge, M.D., Beck, R.M., Croft, D.A., Travouillon, K.J., & Fox, B.J. (2019). An
384 emerging consensus in the evolution, phylogeny, and systematics of marsupials and their
385 fossil relatives (Metatheria). *Journal of Mammalogy*, *100*, 802-837.

386 Minet, J., Basquin, P., Haxaire, J., Lees, D. C., & Rougerie, R. (2021). A new taxonomic
387 status for Darwin's "predicted" pollinator: *Xanthopan praedicta* stat. nov. *Antenor*, 8, 69-
388 86.

389 Momigliano, P., Jokinen, H., Fraimout, A., Florin, A. B., Norkko, A., & Merilä, J. (2017).
390 Extraordinarily rapid speciation in a marine fish. *Proceedings of the National Academy of*
391 *Sciences*, 114, 6074-6079.

392 Morris, H.M. (1985). *Scientific Creationism*. Institute for Creation Research.

393 Nilsson, M.A., Arnason, U., Spencer, P. B., & Janke, A. (2004). Marsupial relationships and
394 a timeline for marsupial radiation in South Gondwana. *Gene*, 340, 189-196.

395 Nilsson, M.A., Churakov, G., Sommer, M., Tran, N.V., Zemann, A., Brosius, J., & Schmitz,
396 J. (2010). Tracking marsupial evolution using archaic genomic retroposon insertions. *Plos*
397 *biology*, 8, e1000436.

398 Peredo, C.M., Pyenson, N.D., Marshall, C.D., & Uhen, M.D. (2018). Tooth loss precedes
399 the origin of baleen in whales. *Current Biology*, 28, 3992-4000.

400 Pontarotti, P. (2019). *Evolution, Origin of Life, Concepts and Methods*. Springer eBooks.

401 Ratcliff, W. C., Denison, R. F., Borrello, M., & Travisano, M. (2012). Experimental
402 evolution of multicellularity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 1595-
403 1600.

404 Ruta, M., Botha-Brink, J., Mitchell, S.A., & Benton, M.J. (2013). The radiation of cynodonts
405 and the ground plan of mammalian morphological diversity. *Proceedings of the Royal*
406 *Society B: Biological Sciences*, 280, 20131865.

407 Schiwe, J. (2010). Australia's marsupials originated in what is now South America, study
408 says - Los Angeles Times. *Los Angeles Times*.

409 Thewissen, J. G. M., Hieronymus, T. L., George, J. C., Suydam, R., Stimmelmayer, R., &
410 McBurney, D. (2017). Evolutionary aspects of the development of teeth and baleen in the
411 bowhead whale. *Journal of Anatomy*, 230, 549-566.

412 Vega, G.C., & Olalla-Tárraga, M.Á. (2020). Past changes on fauna and flora distribution. In
413 *Past Antarctica* (pp. 165-179). Academic Press.

414 Velazco, P.M., Buczek, A.J., Hoffman, E., Hoffman, D.K., O'Leary, M.A., & Novacek, M.
415 J. (2022). Combined data analysis of fossil and living mammals: A Paleogene sister taxon
416 of Placentalia and the antiquity of Marsupialia. *Cladistics*, 38, 359-373.

417 Wagner, C.E. (2018). Improbable big birds. *Science*, 359, 157-159.

418 Wiesendanger, C. (2014). General Relativity as the Classical Limit of the Renormalizable
419 Gauge Theory of Volume Preserving Diffeomorphisms. *Journal of Modern Physics*, 5, 948-
420 958.

421 Williamson, T. E., Brusatte, S. L., Carr, T. D., Weil, A., & Standhardt, B. R. (2012). The
422 phylogeny and evolution of Cretaceous–Palaeogene metatherians: cladistic analysis and
423 description of new early Palaeocene specimens from the Nacimiento Formation, New
424 Mexico. *Journal of Systematic Palaeontology*, 10, 625-651.

425 Wilson, G. P., Ekdale, E. G., Hoganson, J. W., Caledo, J. J., & Vander Linden, A. (2016).
426 A large carnivorous mammal from the Late Cretaceous and the North American origin of
427 marsupials. *Nature communications*, 7, 13734.

428 Wilson, V. M. (2023). Las hipótesis en la investigación científica. *Sibiuas Revista de la*
429 *Dirección general de bibliotecas*, 1, 44-49.

430 Winther, R. G. (2015). The structure of scientific theories. In Zalta, E.N. (Ed.), *The Stanford*
431 *Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2021 ed.). Metaphysics Research Lab, Stanford
432 University.

433 Received July 4, 2024.

434 Accepted September 7, 2024.

435

436

437

438

ASAP