

Resultados de edad ósea obtenida mediante método de Greulich y Pyle vs. *software* automatizado BoneXpert

José Antonio Robledo López¹, Edgar Javier Salguero García²

¹Centro Clínico de Cabeza y Cuello, INTEGRA Cancer Institute

²Departamento de Radiología, Hospital Herrera Llerandi

Fecha de envío: 14/07/2023

Fecha de aceptación: 03/09/2023

Fecha de publicación: 20/11/2023

Citación: Robledo López, J.A., Salguero García, E.J. Resultados de edad ósea obtenida mediante método de Greulich y Pyle vs. *software* automatizado BoneXpert. *Rev. Fac. Med.*, 2023, 1(35), II Época, Julio-Diciembre: 52-63

DOI: <https://doi.org/10.37345/23045329.v1i35.105>

Correo electrónico: jrobledo@ufm.edu

ISSN: 2304-5329 | 2304-5353

RESUMEN

Introducción: La edad ósea es un parámetro importante para la determinación del desarrollo esquelético del ser humano, se determina manualmente mediante el método de Greulich y Pyle. Esto hace que la obtención de edad ósea sea poco práctica. Se han desarrollado programas y aplicaciones de inteligencia artificial con el objetivo de optimizar la lectura de edad ósea, uno de ellos es el *software* automatizado de BoneXpert (BE). Estudios científicos han determinado la eficacia de dicho método al ser comparado con el método convencional de Greulich y Pyle, lo que favorece su uso en la práctica clínica cotidiana. **Objetivo:** Correlacionar los resultados de la edad ósea obtenida mediante método de Greulich y Pyle vs. el *software* automatizado BoneXpert. **Métodos:** Estudio descriptivo, retrospectivo, realizado con radiografías de mano disponibles en la base de datos del Hospital Herrera Llerandi. Se utilizaron radiografías con informes de edad ósea disponibles de 2021 a 2022. **Resultados:** Se incluyeron 20 casos, 9 de sexo femenino (45%) y 11 de sexo masculino (55%), la media de edad cronológica fue de 8.98 años. La correlación entre la edad ósea por método convencional (GP) y la edad ósea mediante *software* automatizado (BE) fue de 0.978, lo que sugiere una correlación alta. Se concluye que el *software* automatizado de BoneXpert posee una alta precisión diagnóstica al ser comparada con el método convencional de Greulich y Pyle, lo cual le otorga la virtud de poder ser utilizada como herramienta diagnóstica.

Palabras clave: edad ósea, Greulich y Pyle, BoneXpert, correlación de edad ósea, inteligencia artificial

Bone age results obtained by Greulich and Pyle method vs. BoneXpert automated software

ABSTRACT

Introduction: Bone age is an important parameter for determining human skeletal development, which is determined manually by the Greulich and Pyle method. This makes obtaining bone age impractical. Artificial intelligence programs and applications have been developed with the aim of optimizing bone age reading, one of them being the automated BoneXpert (BE) software. Scientific studies have determined the efficacy of this method when compared with the conventional Greulich and Pyle method, which favors its use in daily clinical practice. **Objective:** Correlate results of bone age obtained by the Greulich and Pyle method vs. BoneXpert automated software. **Methods:** Descriptive, retrospective study, performed with hand radiographs available in the database of the Herrera Llerandi Hospital. Radiographs with bone age reports available from 2021 to 2022 were used. **Results:** 20 cases were included, 9 female (45%) and 11 male (55%), the mean chronological age was 8.98 years. The

correlation between bone age by conventional method (GP) and bone age by automated software (BE) was 0.978 suggesting a high correlation. It is concluded that the BoneXpert automated software has a high diagnostic accuracy when compared with the conventional method of Greulich and Pyle, giving it the virtue of being used as a diagnostic tool.

Keywords: *Bone age, Greulich and Pyle, BoneXpert, Bone age correlation, Artificial Intelligence*

INTRODUCCIÓN

La edad ósea es un parámetro importante para la determinación del desarrollo esquelético del ser humano, su evaluación permite determinar el grado de maduración ósea y, con frecuencia, se compara con la edad cronológica de los pacientes para determinar si la maduración esquelética es normal acorde a la edad. ⁽¹⁾ Durante el desarrollo *in utero*, las falanges junto con el cúbito y el radio tienen un patrón de osificación endocondral, y los huesos del carpo un patrón de osificación intramembranoso. La maduración completa ocurre primero en los huesos del carpo, los cuales dependen menos de la hormona del crecimiento para su maduración, motivo por el cual no son útiles para la estimación de la edad ósea. ⁽²⁾ La edad ósea se usa con frecuencia en la práctica médica; en especial, en el ámbito de la endocrinología en donde retrasos de crecimiento suelen ser motivo de consulta de distintos grupos etarios, dicha edad ósea puede ser obtenida mediante una evaluación de una radiografía de mano por parte de un especialista en radiología. Es frecuente que la edad ósea sea solicitada por pediatras o especialistas en endocrinología para evaluar el patrón de crecimiento de los niños y descartar anomalías en el patrón de crecimiento normal. ⁽³⁾ El uso de una radiografía de mano para determinar la edad de un niño fue propuesto por primera vez en 1896, poco después del descubrimiento de los rayos X. ⁽⁴⁾ Desde entonces, los rayos X han sido una herramienta de gran ayuda para la determinación de la edad y la maduración ósea en niños alrededor del mundo. El atlas de Greulich y Pyle es la herramienta más frecuentemente utilizada

a nivel mundial para estimar la edad ósea, comprende de un análisis comparativo de imágenes de niños caucásicos, sanos, que formaron parte de un estudio entre 1931 y 1942. Dicho método requiere de tiempo para comparar las radiografías con las imágenes del atlas, además de un médico radiólogo con un alto nivel de experiencia para poder tener un resultado significativo, lo que hace la lectura de edad ósea poco práctica. La aparición de herramientas de inteligencia artificial ha integrado el trabajo por parte del médico radiólogo con la reducción de error humano y optimización de tiempo y precisión diagnóstica. ⁽⁵⁾ Gracias a la inteligencia artificial y el desarrollo de plataformas y algoritmos diagnósticos, la obtención de edad ósea es factible y altamente efectiva; se sabe que, junto al trabajo de un profesional, en el tema la precisión y optimización de tiempo, crece de manera exponencial. ⁽⁶⁾

En la actualidad, se han llevado a cabo estudios que comparan el sistema automatizado BoneXpert con el método de Greulich y Pyle. Un estudio llevado a cabo en la Clínica Alemana de Santiago de Chile publicado en 2018, que consiste en un análisis retrospectivo, demostró una correlación entre resultados de ambos métodos de 0.91 y 0.93, concluyó que el sistema de BoneXpert permite la evaluación efectiva de edad ósea. ⁽⁷⁾ En 2019, un estudio retrospectivo llevado a cabo en Brasil, en donde se seleccionó una población de niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad, demostró que el sistema automatizado BoneXpert sostiene una correlación positiva con el método de Greulich y Pyle y edad cronológica. ⁽⁸⁾ En un estudio reciente, donde 586 radiografías de mano con informes de edad ósea previamente obtenidas

mediante método de Greulich y Pyle entre 2013 y 2018 en Estados Unidos fueron sometidas a una correlación con los resultados de edad ósea obtenida con la herramienta de inteligencia artificial BoneXpert, se demostró un índice de correlación de 0.98, lo que indica una correlación positiva alta. ⁽⁹⁾

El propósito de esta investigación es comparar los resultados que se obtengan mediante el sistema de inteligencia artificial BoneXpert contra resultados obtenidos mediante el método de Greulich y Pyle, para demostrar que este puede ser una herramienta diagnóstica, que además de ahorrar tiempo, brinda datos con exactitud y simplifica el error humano sobre la lectura de radiografías para la edad ósea de los pacientes.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo con el objetivo de correlacionar resultados de edad ósea obtenida mediante método de Greulich y Pyle vs. el *software* automatizado BoneXpert. Igualmente, se identificaron objetivos específicos del estudio como describir resultados de la edad ósea mediante el método de Greulich y Pyle; obtener resultados de edad ósea obtenidos mediante el *software* automatizado de BoneXpert; correlacionar los resultados de la edad ósea mediante método de Greulich y Pyle vs. el *software* BoneXpert y determinar si existe una correlación entre los resultados de ambos métodos.

Muestra

Se seleccionó una muestra a conveniencia, de 20 radiografías de mano recolectadas en la base de datos del Departamento de Radiología en el Hospital Herrera Llerandi disponibles de enero de 2021 a diciembre de 2022.

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión para la selección de la muestra: Radiografías de mano de niños entre 2-18 años del Hospital Herrera Llerandi en Guatemala con informe de edad ósea de Greulich y Pyle. Radiografías interpretadas por el mismo médico radiólogo.

Se determinó que los pacientes que iban a ser excluidos del estudio cumplieran con los siguientes criterios: radiografías de pacientes fuera del grupo etario que no tuvieran informes de edad ósea radiológica y que fueran interpretadas por un médico radiólogo externo al grupo de investigación.

Además, las radiografías que presentaran anomalías, deformidades o fracturas esqueléticas en radiografías fueron excluidas.

Procedimiento

El acceso a la base de datos del Hospital Herrera Llerandi se obtuvo con previa autorización de parte de la junta directiva con supervisión y aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Francisco Marroquín. Se realizó un estudio de correlación de métodos diagnósticos en el cual se seleccionaron 20 radiografías que cumplieran con los criterios de inclusión propuesto por los investigadores desde el sistema PACS del Departamento de Radiología del hospital, radiografías disponibles en el período de enero del 2021 a diciembre del 2022. Posteriormente, los archivos se almacenaron en formato DICOM. Las radiografías, que contaban con un informe radiológico de edad ósea, fueron sometidas al sistema automatizado de BoneXpert (BE) para la evaluación automatizada de edad ósea. La herramienta para recolección y tabulación de datos que se utilizó en la presente investigación fue Microsoft Excel (*Microsoft Excel, versión 17.0*) en una computadora portátil personal en donde se tabularon los datos correspondientes a ambos métodos para obtención de edad ósea.

Análisis estadístico de los datos

Para el análisis estadístico, se tabularon los datos en una hoja de recolección de datos de Microsoft Excel. Se utilizó estadística descriptiva para el análisis de las variables, medidas de tendencia central y se

presentaron en frecuencias y porcentajes. Se realizó un análisis de correlación entre ambos métodos para la edad ósea. Para la realización de gráficas y tablas, se utilizó Microsoft Excel (*Microsoft Excel, v. 17.0*).

Consideraciones éticas

Dentro de las consideraciones éticas, en el presente estudio se hace constar que no es necesario ningún formulario de consentimiento informado debido a que la investigación requiere únicamente la edad

ósea reportada por informes radiológicos, omitiendo a datos personales y de identificación para preservar la confidencialidad y privacidad de cada participante. Además de ello, cada paciente brindó previamente un consentimiento informado para realizarse una radiografía de mano la cual es útil para el presente estudio.

Se cuenta con la autorización por parte de la Junta Directiva del Hospital Herrera Llerandi para conducir este estudio académico.

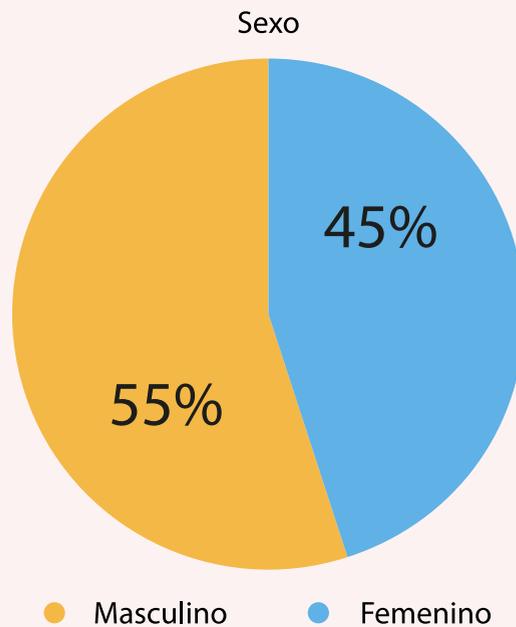


RESULTADOS

Un total de 20 radiografías fueron incluidas en el presente estudio, éstas tenían la característica de ser radiografías que contaban

con un informe de edad ósea interpretadas por un mismo radiólogo, se evidenció que el 45% de los pacientes era de sexo femenino y el 55% restante, de sexo masculino según se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Distribución de sexo en pacientes que consultaron por un estudio de edad ósea

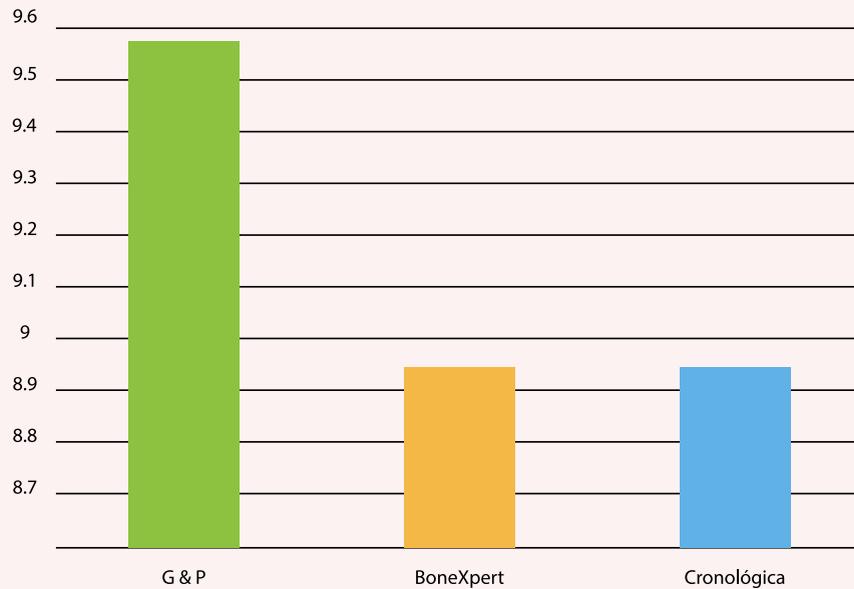


R// La intención es demostrar únicamente que el sexo más prevalente en este estudio fue masculino.

La edad cronológica más alta fue de 14.2 años y la más baja de 5.2 años. La media de edad cronológica fue de 8.98 años. La media de edad ósea mediante Greulich y Pyle fue de 9.52 años, mientras que la media de edad ósea mediante BoneXpert fue de 9 años, ver Figura 2

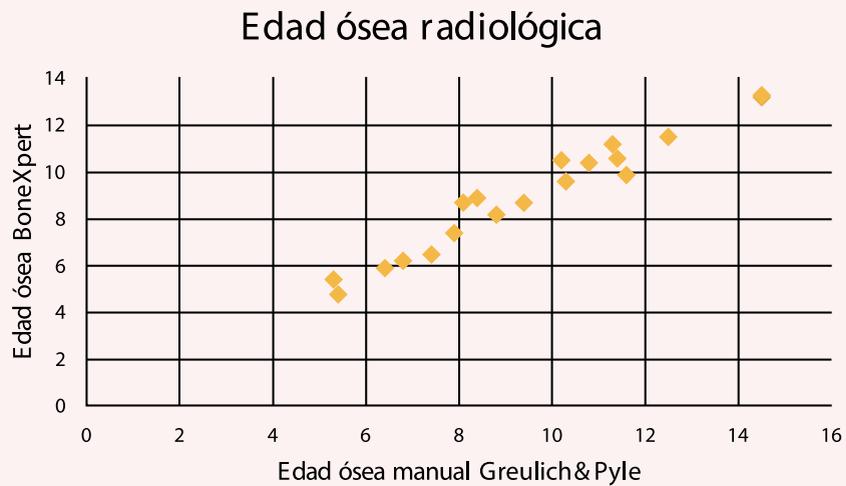
La correlación entre la edad ósea radiológica mediante método de Greulich y Pyle vs. la edad ósea mediante el *software* automatizado de BoneXpert fue del 0.978, según se muestra en la Figura 3, lo que indica una alta relación estadística.

Figura 2: Media de edades. Edad ósea obtenida mediante el método de Greulich y Pyle, BoneXpert y edad cronológica respectivamente.



R// La gráfica ilustra como el método manual de GyP tiene a sobreestimar la edad cronológica de los pacientes. Al momento de analizar la edad con el método BoneXpert, se observa que los edad calculada se asemeja más a la edad real.

Figura 3: Correlación de edad ósea GyP vs. el sistema BoneXpert



Se observa una correlación de Pearson que indica una correlación positiva entre ambos métodos.

DISCUSIÓN

Globalmente, la inteligencia artificial ha sido un tema que ha ido creciendo exponencialmente, los países más desarrollados en el campo de medicina han llevado a la práctica decenas de métodos en hospitales, clínicas privadas y centros asistenciales para poder brindar la atención profesional más eficaz y precisa posible. En Guatemala, existe poca información en cuanto a herramientas de inteligencia artificial, especialmente en el campo de la medicina; sin embargo, las herramientas están al alcance de cualquier persona hoy en día gracias a la facilidad que brinda el desarrollo tecnológico conforme pasan los años. Los resultados demostraron que existe una correlación entre los resultados de edad ósea mediante Greulich y Pyle vs. la edad ósea mediante el *software* de BoneXpert. En otras palabras, la herramienta de inteligencia artificial fue tan eficaz como el método manual para la determinación de la edad ósea radiológica, lo que supone un gran avance en el campo de radiología, ya que ahora se sabe que dicha herramienta posee un gran poder diagnóstico, permite que el tiempo sea invertido en otras tareas, sin mencionar que la atención al paciente será de primer nivel. Al momento de obtener resultados de la edad ósea, el *software* de inteligencia artificial fue el que más se acercó a los resultados de la edad cronológica de cada paciente, lo que indica la alta sensibilidad de dicha herramienta. Lo anteriormente mencionado indica que es un método cierto para determinar cuál es la edad real de los pacientes. Esto supone que todo desorden de maduración esquelética puede ser detectado en milésimas de segundo y podrá ser

tratado oportunamente. Un dato interesante de la misma manera fue que la edad media de los pacientes que consultaban para realizar una prueba para la determinación de edad ósea fue de 8.98 años, lo que sugiere que es a esta edad, en el momento de transición de la primera década de la vida, en que los padres se preocupan más por la salud y el bienestar general de sus hijos. Dichos resultados confieren validez a la herramienta que puede ser considerada útil para ayuda diagnóstica en casos en los que la edad ósea sea requerida. Se mencionó previamente que estudios a nivel mundial han conferido validez a dicha herramienta de inteligencia artificial. En Chile, 2018, se realizó un estudio similar el cual demostró que existe una correlación estadísticamente significativa entre ambos métodos. ⁽⁷⁾ Asimismo, un estudio en Brasil demostró que la herramienta fue útil para ahorrar tiempo y mejorar la precisión diagnóstica. ⁽⁸⁾ El objetivo de este estudio se centra en estos dos pilares, demostrar una correlación estadística y determinar que la herramienta sirve para mejorar la precisión diagnóstica y ahorrar tiempo.

CONCLUSIONES

- Existe evidencia estadísticamente significativa que indica una correlación entre la edad ósea radiológica obtenida mediante método de Greulich y Pyle y BoneXpert.
- Los resultados de la edad ósea mediante el método BoneXpert tuvieron una mayor concordancia con respecto a la edad cronológica de cada paciente.
- La tendencia del sexo de los pacientes que buscaban un análisis de edad ósea correspondió en su mayoría al género masculino, es decir, el 55% del total de los casos.
- El *software* de BoneXpert puede ser utilizado como herramienta diagnóstica para la determinación de la edad ósea radiológica.

Conflicto de intereses:

No existen conflictos de intereses con terceros. Los autores declaran no tener vínculo alguno con compañías farmacéuticas productoras o comercializadoras. No hubo patrocinio alguno para efectuar el presente estudio.

REFERENCIAS

- ¹ Cavallo, F., Mohn, A., Chiarelli, F., & Giannini, C. Evaluation of Bone Age in Children: A Mini-Review. *Frontiers in Pediatrics*, 2021, March; 9. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.580314>
- ² De Sanctis, V., Di Maio, S., Soliman, A.T., Raiola, G., Elalaily, R., Millimaggi, G. Hand X-ray in pediatric endocrinology: Skeletal age assessment and beyond. *Indian Journal of Endocrinol Metab.* 2014, Nov.; 18(Suppl 1): S63-71. DOI: [10.4103/2230-8210.145076](https://doi.org/10.4103/2230-8210.145076)
- ³ Thodberg, H. H., Kreiborg, S., Juul, A., & Pedersen, K. D. The BoneXpert method for automated determination of skeletal maturity. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2009, Jan. 28(1): 52-66. <https://doi.org/10.1109/TMI.2008.926067>
- ⁴ Satoh, M. Bone age: Assessment methods and clinical applications. *Clinical Pediatric Endocrinology*, 2015, Oct.; 24(4): 143-152. <https://doi.org/10.1297/cpe.24.143>
- ⁵ Thodberg, H.H., Thodberg, B., Ahlkvist, J., & Offiah, A.C. Autonomous artificial intelligence in pediatric radiology: the use and perception of BoneXpert for bone age assessment. *Pediatric Radiology*, 2022, Feb., 52(7): 1338-1346. <https://doi.org/10.1007/s00247-022-05295-w>
- ⁶ Gerges, M., Eng, H., Chhina, H., & Cooper, A. Modernization of bone age assessment: comparing the accuracy and reliability of an artificial intelligence algorithm and shorthand bone age to Greulich and Pyle. *Skeletal Radiology*, 2020, April; 49(9): 1449-1457. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03429-5>
- ⁷ Pose Lepe, G., Villacrés, F., Silva Fuente-Alba, C., & Guiloff, S. Correlación en la determinación de la edad ósea radiológica mediante el método de Greulich y Pyle versus la evaluación automatizada utilizando el software BoneXpert. *Revista Chilena de Pediatría*, 2018, Oct.; 89(5): 606-611. <https://doi.org/10.4067/s0370-41062018005000705>
- ⁸ Artioli, T.O., Alvares, M.A., Carvalho Macedo, et al. Bone age determination in eutrophic, overweight and obese Brazilian children and adolescents: a comparison between computerized BoneXpert and Greulich-Pyle methods. *Pediatr Radiol.* 2019, Aug.; 49(9): 1185-1191. DOI: [10.1007/s00247-019-04435-z](https://doi.org/10.1007/s00247-019-04435-z)
- ⁹ Bowden, J.J., Bowden, S.A., Ruess, L., et al. Validation of automated bone age analysis from hand radiographs in a North American pediatric population. *Pediatr Radiol.* 2022, Jun.; 52(7): 1347-1355. DOI: [10.1007/s00247-022-05310-0](https://doi.org/10.1007/s00247-022-05310-0)

ANEXOS

Anexo 1: Hoja de recolección de datos de Excel

	A	B	C
1			
2	Hoja de Recolección de Datos	Edad Ósea1	Edad Ósea2
3	No. de Paciente	Método de Greulich y Pyle	Software Automatizado BoneXpert
4		1	
5		2	
6		3	
7		4	
8		5	
9		6	
10		7	
11		8	
12		9	
13		10	
14		11	
15		12	
16		13	
17		14	
18		15	
19		16	
20		17	
21		18	
22		19	
23		20	
24			



Copyright © 2023 José Antonio Robledo López y Edgar Javier Salguero García

Esta obra se encuentra protegida por una licencia internacional [Creative Commons 4.0 \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Usted es libre de: **Compartir** – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. **Adaptar** – remezclar, transformar y construir a partir del material. La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia. Bajo los siguientes términos: **Atribución** – Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente. **No comercial** – Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. **Compartir igual** – Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. **No hay restricciones adicionales** – No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. [Texto completo de la licencia](#)