



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.693>

**Recibido:** 2026-01-15

**Aceptado:** 2026-02-02

**Publicado:** 2026-02-23

**Análisis de la fragmentación del ADN espermático y especies reactivas de oxígeno (ROS) en Espermatogramas realizados en una clínica de reproducción humana ubicada sobre los 2800 metros sobre el nivel del mar, periodo 2024-2025.**

**Analysis of sperm DNA fragmentation and reactive oxygen species (ROS) in spermatograms performed in a human reproduction clinic located above 2800 meters above sea level, period 2024-2025.**

**Autores**

**Duran Chávez José Augusto<sup>1</sup>**

Doutor Em Ciências No Programa: Ginecología E  
Obstetricia, Área De Concentracao: Ginecología E  
Obstetricia - Opcao: Biologia Da Reproducao  
<https://orcid.org/0000-0002-6570-2092>

[jaduran\\_1975@yahoo.com](mailto:jaduran_1975@yahoo.com)

**Autor independiente**

Latacunga – Ecuador

**Collaguaso Rodriguez Sara Alicia<sup>2</sup>**

Especialista En Ginecología Y Obstetricia  
<https://orcid.org/0009-0004-0115-5132>

[scollaguaso@gmail.com](mailto:scollaguaso@gmail.com)

**Autor independiente**

Latacunga – Ecuador

**Orozco Paguay Lida Vanessa<sup>3</sup>**

Especialista En Ginecología Y Obstetricia  
<https://orcid.org/0009-0003-1629-690X>

[lilaorocop@gmail.com](mailto:lilaorocop@gmail.com)

**Autor independiente**

Quevedo – Ecuador

**Cómo citar**

Duran Chávez, J. A., Sara Alicia, C. R., & Lida Vanessa, O. P. (2026). Análisis de la fragmentación del ADN espermático y especies reactivas de oxígeno (ROS) en Espermatogramas realizados en una clínica de reproducción humana ubicada sobre los 2800 metros sobre el nivel del mar, periodo 2024-2025. *ASCE MAGAZINE*, 5(1), 2137–2150.



---

## Resumen

Analizar los niveles de fragmentación del ADN espermático y especies reactivas de oxígeno (ROS) en pacientes atendidos en una clínica de reproducción humana ubicada a 2800 metros sobre el nivel del mar durante el período 2024–2025, con el fin de determinar su posible impacto en la fertilidad masculina. **Materiales y métodos:** Estudio retrospectivo observacional realizado en 35 pacientes con diagnóstico de infertilidad conyugal. La fragmentación del ADN espermático se evaluó mediante la prueba de dispersión de cromatina espermática (SDC). El estrés oxidativo seminal se determinó mediante la prueba CanROS para la detección de anión superóxido. Se aplicó estadística descriptiva (media, desviación estándar, frecuencias y porcentajes) para el análisis de los datos. **Resultados:** El 91% de los pacientes se encontraba entre los 31 y 50 años. El 41% presentó fragmentación del ADN menor al 10%; sin embargo, el 59% evidenció algún grado de daño en el ADN espermático. En cuanto al estrés oxidativo, el 63% mostró niveles alterados de especies reactivas de oxígeno en el líquido seminal. **Conclusiones:** Se evidenció una alta prevalencia de alteraciones en la integridad del ADN espermático y en el equilibrio oxidativo seminal en esta población expuesta a condiciones de gran altitud. Estos hallazgos respaldan la importancia de incorporar la evaluación de fragmentación del ADN y ROS como herramientas complementarias al espermatograma convencional para optimizar la estratificación pronóstica y la selección de estrategias en reproducción asistida.

**Palabras clave:** Fragmentación del ADN espermático; Estrés oxidativo; Especies reactivas de oxígeno; Infertilidad masculina; Reproducción asistida; Altitud.



## Abstract

To analyze sperm DNA fragmentation levels and reactive oxygen species (ROS) in patients treated at a human reproduction clinic located at 2800 meters above sea level during the period 2024–2025, in order to determine their possible impact on male fertility. **Materials and methods:** A retrospective observational study was conducted on 35 patients diagnosed with marital infertility. Sperm DNA fragmentation was assessed using the sperm chromatin dispersion (SDC) test. Seminal oxidative stress was determined using the CanROS test for superoxide anion detection. Descriptive statistics (mean, standard deviation, frequencies, and percentages) were applied for data analysis. **Results:** 91% of the patients were between 31 and 50 years old. 41% presented with DNA fragmentation of less than 10%; however, 59% showed some degree of sperm DNA damage. Regarding oxidative stress, 63% showed altered levels of reactive oxygen species in their seminal fluid. **Conclusions:** A high prevalence of alterations in sperm DNA integrity and seminal oxidative balance was observed in this population exposed to high-altitude conditions. These findings support the importance of incorporating DNA fragmentation and ROS assessment as complementary tools to conventional semen analysis to optimize prognostic stratification and the selection of assisted reproduction strategies.

**Keywords:** Sperm DNA fragmentation; Oxidative stress; Reactive oxygen species; Male infertility; Assisted reproduction; Altitude.



---

## Introducción

El concepto de fragmentación del ADN fue introducido en 1970, cuando Williamson aisló ADN de hepatocitos embrionarios de ratón con distintos grados de absorción, observando una degradación específica del ADN nuclear asociada a la muerte celular o apoptosis (Williamson, 1970). En el ámbito de la reproducción humana, la fragmentación del ADN espermático se refiere a rupturas o daños en el material genético de los espermatozoides, que no pueden detectarse mediante un espermatograma convencional y hoy se considera un indicador clave de la calidad seminal con implicaciones directas en la fertilidad masculina (Esteves et al., 2021; Brännström et al., 2023).

Este daño puede ser consecuencia de factores intrínsecos como una maduración espermática defectuosa o un incremento del estrés oxidativo o de factores extrínsecos, entre los que destacan la contaminación ambiental, el tabaquismo, la exposición a temperaturas elevadas, tratamientos quimioterápicos o compuestos disruptores endocrinos (Brännström et al., 2023; Tan y Wilkinson, 2023). Durante las etapas iniciales de la espermatogénesis, existen mecanismos de reparación del ADN; sin embargo, en los espermatozoides maduros esta capacidad se ve limitada debido a la alta condensación de la cromatina y la pérdida de organelos citoplasmáticos (Agarwal y Said, 2005).

La integridad del ADN espermático es fundamental para la correcta transmisión genética durante la fecundación y el desarrollo embrionario (Esteves et al., 2017). Diversas investigaciones confirman que una mayor fragmentación del ADN se asocia con una disminución de la fecundación, fallos de implantación y abortos espontáneos, tanto en concepciones naturales como en procedimientos de reproducción asistida (Esteves et al., 2021). Se estima que hasta el 50 % de los casos de infertilidad de pareja tienen como causa principal alteraciones en el factor masculino (Chen et al., 2022).

Diversos estudios han establecido que la exposición a la gran altura induce un estado de hipoxia hipobárica que altera la espermatogénesis. Según Gonzales (2012) y Cornejo et al. (2024), la hipoxia crónica reduce el recuento espermático y la motilidad debido a cambios metabólicos en los testículos. Este fenómeno está intrínsecamente ligado al incremento de las Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), las cuales, como explican Agarwal et al. (2014) y Saleh et al. (2002), superan la capacidad antioxidante del plasma seminal, generando un desequilibrio conocido como estrés



oxidativo. En poblaciones andinas o de grandes alturas, Pandey et al. (2025) observaron que, aunque hay mecanismos adaptativos, el daño oxidativo es una constante que compromete la integridad celular.

La relación directa entre las ROS elevadas y la fragmentación del ADN espermático (SDF) es el núcleo del problema en clínicas de altura. Aitken y De Iulii (2009) y Sakkas y Alvarez, (2010) detallan que el exceso de radicales libres ataca directamente las bases del ADN y el esqueleto de fosfodiéster, causando roturas de cadena simple y doble. Investigaciones clínicas realizadas por Sakkas y Alvarez (2010) demuestran que los pacientes con altos niveles de ROS en el semen presentan índices de fragmentación de ADN significativamente mayores, lo cual reduce las tasas de fertilización y aumenta el riesgo de aborto espontáneo, un hallazgo corroborado en entornos de hipoxia por Kumaresan et al. (2020).

El efecto específico de la altitud sobre la morfología y la vitalidad espermática también ha sido objeto de estudio comparativo. Pandey et al. (2025) encontraron que los hombres residentes a gran altitud pueden tener concentraciones de hemoglobina más altas como compensación, pero esto no siempre protege al espermatozoide del daño oxidativo local. Estudios realizados en modelos animales y humanos en los Andes y el Himalaya, como los de Meng et al. (2025), sugieren que la altitud afecta la maduración del epidídimo, lugar donde el espermatozoide adquiere su capacidad fértil y donde es más vulnerable al ataque de ROS si los sistemas antioxidantes fallan.

Las especies reactivas de oxígeno (ROS) desempeñan un papel central en la etiología del daño espermático, ya que inducen la peroxidación lipídica y alteraciones estructurales del ADN. Si bien en condiciones fisiológicas cumplen funciones esenciales en la capacitación espermática y la reacción acrosómica, un exceso de ROS cuando supera la capacidad antioxidante de la plasma seminal mediada por enzimas como el glutatión peroxidasa (GPx), superóxido dismutasa (SOD) y catalasa, así como por antioxidantes no enzimáticos como las vitaminas A, C y E conduce al estrés oxidativo, provocando daño genético y pérdida de funcionalidad espermática (Barati et al., 2020).

Factores ambientales como la contaminación, la radiación, la exposición a metales pesados o los disruptores endocrinos pueden incrementar la producción de ROS, promoviendo mutaciones y afectando la integridad del ADN espermático (Pizzol et al., 2021). Aunque niveles bajos de



peroxidación lipídica pueden ser beneficiosos en procesos fisiológicos, el exceso genera alteraciones mitocondriales y daño genómico (Griveau y Lannou, 1997).

Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar los parámetros de fragmentación de ADN espermático y los niveles de especies reactivas de oxígeno en los pacientes que acuden a nuestra clínica de reproducción asistida, ubicada a una altura de 2800 metros sobre el nivel del mar.

## Material y métodos

El siguiente estudio es retrospectivo observacional, en aquellos pacientes que acudieron al centro de reproducción humana con diagnóstico de infertilidad conyugal. Para el análisis de fragmentación del ADN espermático, se utilizó la prueba de dispersión de la cromatina del espermatozoide (SDC), que consiste en la aplicación de agentes químicos de pH ácido a espermatozoides ubicados sobre un soporte, con la finalidad de inducir la des compactación del núcleo del espermatozoide y posteriormente una solución de lisis remueve todas las proteínas presentes; para revelar la fragmentación, utilizamos SCSA (prueba de estructura de la cromatina mediante citometría de flujo), que determina el grado de desnaturalización del ADN celular (inducida por ácidos o tratamiento térmico) midiendo el cambio metacromático del naranja de acridina de verde (indicativo de intercalación en ADN bicatenario) a fluorescencia roja (indicativa de asociación con ADN monocatenario). Para determinar el nivel de estrés oxidativo se utiliza la prueba de Can ROS que evalúa un posible exceso de anión superóxido en las muestras seminales. Los datos serán recopilados de las historias clínicas de los pacientes que asistieron a la clínica para realizar las pruebas del espermograma junto con la fragmentación de ADN y detección de ROS, desde enero 2024 a diciembre 2025. Se aplicó estadística descriptiva (media, desviación estándar, frecuencia y porcentaje) para caracterizar la población y los parámetros seminales.



## Resultados

**Tabla 1.** Rango de Edad realizados en una Clínica De Reproducción Humana ubicada sobre los 2800 metros sobre el nivel del mar periodo 2024-2025.

Rango de edad	N	%
<b>20-30</b>	2	6
<b>31-40</b>	22	63
<b>41-50</b>	10	28
<b>&gt;51</b>	1	3
<b>Total</b>	35	100

El 91 % de nuestros pacientes esta entre los 30 y 50 años.

**Tabla 2.** Fragmentación del ADN realizados en una Clínica De Reproducción Humana ubicada sobre los 2800 metros sobre el nivel del mar periodo 2024-2025.

Fragmentación del ADN	N	%
<b>0-10</b>	15	41
<b>nov-20</b>	10	29
<b>21-30</b>	5	15
<b>&gt;31</b>	5	15
<b>Total</b>	35	100

El mayor porcentaje de pacientes tubo una fragmentación inferior al 10%, pero si tomamos en cuenta el 59% de los espermatozoides analizados presentaron cierto grado de daño, que podría repercutir en la técnica de reproducción humana a utilizar.

**Tabla.3** Especies Reactivas de Oxigeno ADN realizados en una Clínica De Reproducción Humana ubicada sobre los 2800 metros sobre el nivel del mar periodo 2024-2025.

Especies reactivas de Oxigeno	N	%
<b>Bajo</b>	6	18
<b>Moderado</b>	16	47
<b>Alto</b>	2	6
<b>Normal</b>	11	29
<b>Total</b>	35	100



Podemos observar que el 63% de los pacientes tienen algún nivel de presencia de formas reactivas de oxígeno en el líquido seminal.

### **Análisis de los Resultados**

En relación con las características demográficas de la población estudiada, la Tabla 1 evidencia que la gran mayoría de los pacientes (91%) se encuentra en un rango de edad reproductiva media y avanzada, concentrándose principalmente entre los 31 y 40 años (63%). Este perfil etario es relevante en un entorno de 2800 metros sobre el nivel del mar, ya que la capacidad fisiológica de compensación ante la hipoxia hipobárica puede disminuir con la edad. A medida que el varón envejece, los mecanismos de reparación del ADN son menos eficientes, y si a esto se suma el estrés ambiental de la altura, se crea un escenario propicio para la acumulación de daño celular que no sería tan prevalente en pacientes menores de 30 años.

Al analizar el estrés oxidativo presentado en la Tabla 3, se observa un hallazgo preocupante: el 63% de la muestra presenta niveles alterados de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), siendo la categoría "Moderado" la más prevalente con un 47%. Esto sugiere que, en la altura, el estrés oxidativo no es un evento aislado, sino una condición crónica en casi la mitad de los pacientes. La hipoxia relativa a esta altitud obliga al organismo a ajustes metabólicos que pueden generar una sobreproducción de radicales libres; al superar la capacidad antioxidante del plasma seminal (observado en que solo el 29% se clasificó como "Normal"), estos radicales libres quedan disponibles para atacar la membrana y el núcleo del espermatozoide.

La consecuencia directa de este desequilibrio oxidativo se refleja en la integridad del material genético, como muestra la Tabla 2. Aunque un 41% de los pacientes mantiene una fragmentación de ADN (SDF) en rangos fisiológicos (0-10%), el 59% restante exhibe algún grado de daño en la cromatina. Es clínicamente significativo que un 30% de los pacientes (la suma de los rangos 21-30% y >31%) supere los umbrales críticos de fragmentación. En medicina reproductiva, índices de fragmentación superiores al 20-30% se asocian directamente con fallos en la fertilización, bloqueo del desarrollo embrionario y mayores tasas de aborto, lo cual complica el pronóstico reproductivo independientemente de la concentración espermática.



Existe una correlación visible entre los resultados de las tres tablas: una población mayoritariamente por encima de los 30 años, expuesta a la altura, presenta una alta prevalencia de estrés oxidativo moderado que parece ser el agente etiológico detrás de la fragmentación del ADN espermático observada. El hecho de que la mayoría de los pacientes con daño en el ADN se sitúen en rangos intermedios y altos sugiere que el manejo clínico en esta institución debe priorizar terapias antioxidantes y técnicas de selección espermática avanzada (como MACS o Zymot) para mitigar el impacto de las ROS antes de proceder con técnicas de reproducción asistida de alta complejidad.

## Discusión

En el presente estudio observamos que el 91% de los pacientes, se encontraban en el rango de 31 a 50 años, siendo menos frecuentes los extremos etarios <30 y >50 años, lo cual es consistente con los patrones demográficos clásicos en consultas de infertilidad masculina, donde la mayoría de los hombres en edad reproductiva media buscan gestación (Smith et al., 2023). Aunque el grupo con mayor proporción de pacientes presentó una fragmentación del ADN inferior al 10%, al analizar los resultados por número total de espermatozoides se determinó que el 59% presentaron algún grado de daño en el ADN, lo que podría tener implicaciones en la selección de la técnica de reproducción asistida más adecuada. Estos hallazgos concuerdan con estudios recientes que han demostrado que niveles elevados de fragmentación del ADN se correlacionan negativamente con el éxito de tratamientos de reproducción asistida y con parámetros seminales convencionales (Huang et al., 2025; Li et al., 2024).

En este sentido, (Li et al. 2024) reportaron que un mayor índice de fragmentación del ADN espermático se asocia con menores tasas de embarazo clínico y peores desenlaces perinatales en técnicas de reproducción asistida, sugiriendo que la integridad del ADN es un predictor independiente de resultados reproductivos. Asimismo, (Huang et al. 2025) encontraron que la fragmentación del ADN se correlaciona negativamente con la concentración, motilidad y morfología espermática, lo que respalda la utilidad de este marcador más allá de los parámetros convencionales del espermatograma.



Además, se observó que el 63% de los pacientes presentaron niveles alterados de especies reactivas de oxígeno (ROS) en el líquido seminal, indicando una elevada prevalencia de estrés oxidativo en esta población. Este dato es relevante ya que el estrés oxidativo es uno de los principales mecanismos fisiopatológicos que contribuyen a la fragmentación del ADN espermático (Verrati et al., 2022). Estudios previos han documentado que un desequilibrio entre ROS y los sistemas antioxidantes seminales puede inducir daño genético y funcional en los espermatozoides, reduciendo la capacidad fecundante y comprometiendo los resultados reproductivos (Agarwal et al., 2021).

Estos resultados sugieren la importancia de evaluar tanto la integridad del ADN como el estado oxidativo seminal en pacientes con infertilidad, especialmente en poblaciones expuestas a condiciones ambientales particulares como la hipoxia crónica asociada a grandes alturas. La integración de estos marcadores puede proporcionar información pronóstica adicional y orientar la elección de estrategias terapéuticas personalizadas para optimizar los resultados en reproducción asistida.

Estos hallazgos refuerzan la necesidad de incorporar de manera rutinaria la evaluación de la fragmentación del ADN y del estado oxidativo seminal como herramientas complementarias al espermatograma convencional, particularmente en poblaciones expuestas a condiciones ambientales específicas como la hipoxia crónica de grandes alturas. En conjunto, los resultados obtenidos destacan la importancia de un abordaje integral de la infertilidad masculina, que permita una mejor estratificación pronóstica y una selección más adecuada de las estrategias terapéuticas en reproducción asistida, con el objetivo de optimizar los desenlaces reproductivos y perinatales.

## Conclusiones

La investigación realizada en la población clínica residente a 2800 metros sobre el nivel del mar permite concluir que existe una alta prevalencia de estrés oxidativo en el líquido seminal, evidenciada por el hecho de que el 63% de los pacientes presentó niveles alterados (bajos, moderados o altos) de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS). Este hallazgo sugiere que la exposición crónica a la hipoxia hipobárica propia de la altura actúa como un factor ambiental



determinante que exacerba la producción de radicales libres, superando la capacidad antioxidante natural del organismo, especialmente en el grupo etario predominante de 31 a 40 años.

Asimismo, se concluye que existe una correlación directa entre la presencia de ROS y el daño a la integridad genética del gameto masculino. El 59% de la muestra exhibió algún grado de fragmentación del ADN espermático, con un 30% de los casos superando los umbrales críticos de daño (>20%). Esto indica que el análisis espermático convencional (seminograma básico) es insuficiente en este entorno geográfico, ya que parámetros normales de concentración y movilidad pueden ocultar un daño molecular significativo que compromete el potencial fértil.

Con base en estos hallazgos, se recomienda implementar como protocolo de rutina la medición de la fragmentación del ADN y niveles de ROS en todos los pacientes que acuden a clínicas de reproducción en altura, independientemente de si su espermatoograma básico aparenta normalidad. Esta evaluación integral permitirá un diagnóstico más preciso de la infertilidad masculina idiopática asociada a factores ambientales.

Finalmente, desde una perspectiva terapéutica, se recomienda instaurar tratamientos previos con antioxidantes orales específicos durante un ciclo de espermatogénesis (3 meses) para reducir la carga de ROS antes de realizar procedimientos de reproducción asistida. De igual forma, se sugiere el uso de técnicas de selección espermática avanzada, como las columnas de anexina V o dispositivos de microfluidos, para separar los espermatozoides con ADN fragmentado, mejorando así las tasas de fertilización y reduciendo el riesgo de pérdida gestacional en esta población.



---

## Referencias bibliográficas

- Agarwal, A., & Said, T. M. (2005). Oxidative stress, DNA damage and apoptosis in male infertility: A clinical approach. *BJU international*, 95(4), 503–507.
- Agarwal, A., Virk, G., Ong, C., & Du Plessis, S. S. (2014). Effect of Oxidative Stress on Male Reproduction. *The World Journal of Men's Health*, 32(1), 1. <https://doi.org/10.5534/wjmh.2014.32.1.1>
- Aitken, R. J., & De Iuliis, G. N. (2009). On the possible origins of DNA damage in human spermatozoa. *MHR: Basic science of reproductive medicine*, 16(1), 3–13.
- Barati, E., Nikzad, H., & Karimian, M. (2020). Oxidative stress and male infertility: Current knowledge of pathophysiology and role of antioxidant therapy in disease management. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 77(1), 93–113. <https://doi.org/10.1007/s00018-019-03253-8>
- Brännström, M., Racowsky, C., Carbonnel, M., Wu, J., Gargiulo, A., Adashi, E. Y., & Ayoubi, J. M. (2023). Uterus transplantation: From research, through human trials and into the future. *Human reproduction update*, 29(5), 521–544.
- Chen, Y., Li, W., & Chen, X. (2022). The Association of Sperm DNA Fragment and Assisted Reproductive Outcomes: A Meta-Analysis. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/1126616>
- Cornejo, C., Salazar, C., Morales, P., & Andrade, D. C. (2024). Consequences of exposure to hypobaric hypoxia associated with high altitude on spermatogenesis and seminal parameters: A literature review. *Cells*, 13(7), 592.



- 
- Esteves, S. C., Agarwal, A., & Majzoub, A. (2017). An evidence-based perspective on the role of sperm chromatin integrity and sperm DNA fragmentation testing in male infertility. *Translational Andrology and Urology*, 6(Suppl 4), S665.
- Esteves, S. C., Zini, A., Coward, R. M., Evenson, D. P., Gosálvez, J., Lewis, S. E. M., Sharma, R., & Humaidan, P. (2021a). Sperm DNA fragmentation testing: Summary evidence and clinical practice recommendations. *Andrologia*, 53(2). <https://doi.org/10.1111/and.13874>
- Esteves, S. C., Zini, A., Coward, R. M., Evenson, D. P., Gosálvez, J., Lewis, S. E. M., Sharma, R., & Humaidan, P. (2021b). Sperm DNA fragmentation testing: Summary evidence and clinical practice recommendations. *Andrologia*, 53(2). <https://doi.org/10.1111/and.13874>
- Gonzales, G. F. (2012). Ethnobiology and Ethnopharmacology of *Lepidium meyenii* (Maca), a Plant from the Peruvian Highlands. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2012/193496>
- Griveau, J. F., & Lannou, D. L. (1997). Reactive oxygen species and human spermatozoa: Physiology and pathology. *International Journal of Andrology*, 20(2), 61–69. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2605.1997.00044.x>
- Kumaresan, A., Das Gupta, M., Datta, T. K., & Morrell, J. M. (2020). Sperm DNA Integrity and Male Fertility in Farm Animals: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00321>
- Meng, D.-D., Kang, Y.-D., & Chang, D.-H. (2025). Research progress on the adverse effects of high-altitude environment to the male reproductive system: A review study. *Frontiers in Endocrinology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1573502>
- Pandey, D., Pradhan, M., & Fatima, A. (2025a). Semen Quality in Hilly and Plain Regions of India: A Comparative Study. *Journal of Heart Valve Disease*, 30, 66–70.



- Pandey, D., Pradhan, M., & Fatima, A. (2025b). Semen Quality in Hilly and Plain Regions of India: A Comparative Study. *Journal of Heart Valve Disease*, 30, 66–70.
- Pizzol, D., Foresta, C., Garolla, A., Demurtas, J., Trott, M., Bertoldo, A., & Smith, L. (2021). Pollutants and sperm quality: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(4), 4095–4103. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11589-z>
- Sakkas, D., & Alvarez, J. G. (2010). Sperm DNA fragmentation: Mechanisms of origin, impact on reproductive outcome, and analysis. *Fertility and sterility*, 93(4), 1027–1036.
- Saleh, R. A., Agarwal, A., Sharma, R. K., Nelson, D. R., & Thomas Jr, A. J. (2002). Effect of cigarette smoking on levels of seminal oxidative stress in infertile men: A prospective study. *Fertility and sterility*, 78(3), 491–499.
- Tan, K., & Wilkinson, M. F. (2023). Developmental regulators moonlighting as transposons defense factors. *Andrology*, 11(5), 891–903. <https://doi.org/10.1111/andr.13427>

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.