

Artículo de revisión

Nutrición y espermatogénesis

Nutrition and spermatogenesis

Ruth Alexandra Ramos Villacís^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-3741-7921>

Danilo Fernando Vaca Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0003-4345-8540>

Edisson Vladimir Maldonado Mariño¹ <https://orcid.org/0000-0002-4772-5901>

Mayra Alexandra López Villagrán¹ <https://orcid.org/0000-0002-1665-4370>

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador.

*Autor para la correspondencia: ua.ruthramos@uniandes.edu.ec

RESUMEN

Las deficiencias nutricionales retardan el inicio de la pubertad y deprimen la producción y características del semen. El objetivo del presente estudio fue interpretar la nutrición y espermatogénesis mediante revisión bibliográfica. El estudio correspondió al nivel investigativo exploratorio, y se auxilió de la hermenéutica para interpretar la revisión bibliográfica narrativa efectuada sobre estudios que describen mecanismos epigenéticos, especialmente la metilación del ADN, modificación de las histonas y rol de los ARN no codificantes, que pueden ser modulados mediante aspectos nutricionales y que están relacionados con la etiología de la infertilidad masculina y con la herencia transgeneracional de

este fenotipo. Se halló que entre las principales limitantes de origen nutricional se encuentran las vitaminas, proteínas y minerales. Se observó que la dieta y los nutrientes juegan un papel fundamental en la regulación de los procesos biológicos implicados en la producción de espermatozoides. Por ejemplo, el consumo de lácteos bajos en grasa se asocia con una concentración espermática más alta y mejor movilidad espermática, mientras que el consumo de lácteos enteros puede estar relacionado con una mayor incidencia de oligozoospermia. Se evidenció que, hasta el momento, son pocos los estudios que describen el efecto de la ingestión de diferentes tipos de nutrientes sobre las modificaciones epigenéticas y la expresión de los genes asociados con la fertilidad masculina. Se concluye que existe, la necesidad de contrastar los datos públicos e ilustrar la relación entre la ingestión de ciertos nutrientes, especialmente micronutrientes y grasas saturadas, y las modificaciones epigenéticas asociadas con la fertilidad masculina.

Palabras clave: espermatogénesis; nutrición; infertilidad masculina; deficiencias nutricionales; modificaciones epigenéticas.

ABSTRACT

Nutritional deficiencies delay the onset of puberty and depress semen production and semen characteristics. The objective of the present study was to interpret nutrition and spermatogenesis by means of a literature review. The study corresponded to the exploratory research level, and hermeneutics was used to interpret the narrative literature review carried out on studies describing epigenetic mechanisms, especially DNA methylation, histone modification and the role of non-coding RNAs, which can be modulated by nutritional aspects and which are related to the etiology of male infertility and to the transgenerational inheritance of this

phenotype. It was found that among the main limiting factors of nutritional origin are vitamins, proteins and minerals. It was observed that diet and nutrients play a fundamental role in the regulation of the biological processes involved in sperm production. For example, consumption of low-fat dairy is associated with higher sperm concentration and better sperm motility, while consumption of full-fat dairy may be related to a higher incidence of oligozoospermia. It was evidenced that, so far, there are few studies describing the effect of the intake of different types of nutrients on epigenetic modifications and the expression of genes associated with male fertility. It is concluded that there is a need to contrast public data and illustrate the relationship between the intake of certain nutrients, especially micronutrients and saturated fats, and epigenetic modifications associated with male fertility.

Keywords: spermatogenesis; nutrition; male infertility; nutritional deficiencies; epigenetic modifications.

Recibido: 21/01/2024

Aceptado: 04/03/2024

Introducción

La espermatogénesis es el proceso mediante el cual se producen los espermatozoides en los testículos. Este proceso comienza en la adolescencia y continúa a lo largo de la vida de un hombre. Se lleva a cabo en los túbulos seminíferos de los testículos y se divide en varias etapas: la espermatogonia, que son las células madre, se divide y dan lugar a espermatocitos primarios, que a su vez se dividen por meiosis para formar espermátides. Finalmente, las

espermátides se transforman en espermatozoides maduros en un proceso llamado espermiogénesis. Los espermatozoides maduros son liberados en los túbulos seminíferos y luego pasan a través del epidídimo, donde maduran completamente y adquieren la capacidad de moverse y fertilizar un óvulo.

Por su parte, la nutrición es el proceso mediante el cual los organismos obtienen y utilizan los nutrientes que necesitan para crecer, desarrollarse y mantenerse saludables. Esto incluye la ingesta de alimentos, la absorción de nutrientes en el cuerpo y el metabolismo de estos nutrientes para producir energía y llevar a cabo funciones vitales. Una dieta equilibrada y adecuada proporciona los nutrientes necesarios, como carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales, para mantener la salud y prevenir enfermedades.

La interpretación de la nutrición y la espermatogénesis mediante revisión bibliográfica es importante porque permite comprender cómo la dieta y los hábitos alimenticios pueden influir en la producción de espermatozoides y, por lo tanto, en la fertilidad masculina.

Este estudio aborda el problema científico de identificar y comprender la relación entre la nutrición y la espermatogénesis, incluyendo cómo los nutrientes y otros compuestos presentes en los alimentos pueden afectar la calidad y cantidad de espermatozoides producidos. Además, ayuda a identificar posibles factores dietéticos que podrían estar contribuyendo a la infertilidad masculina y proporciona información relevante para el desarrollo de estrategias de intervención dietética para mejorar la fertilidad masculina.

De acuerdo con el marco teórico de esta línea de investigación, durante mucho tiempo se sospechó que la infertilidad masculina inexplicable puede estar relacionada con factores ambientales, de estilo de vida y nutricionales. Sin embargo, la literatura sobre este tema sigue siendo limitada, y los estudios clínicos

que ofrecen evidencia sólida son escasos. Además, algunos estudios similares llegan a conclusiones divergentes. El patrón dietético puede afectar la espermatogénesis debido a su contenido de ácidos grasos y antioxidantes. Sin embargo, en la actualidad, con la producción masiva e industrializada de alimentos, los cuerpos humanos están más expuestos a la ingesta de xenobióticos y a los productos químicos utilizados en la producción, conservación, transporte y mejora del sabor de los alimentos.⁽¹⁾

La infertilidad es un desafío global de salud pública que afecta aproximadamente al 15 % de las parejas en edad reproductiva a nivel mundial. Los factores relacionados con la salud masculina, como la calidad reducida del semen, son responsables de alrededor del 25 % de los casos de infertilidad. Se ha investigado el impacto del patrón dietético, los componentes de la dieta y los nutrientes como posibles influencias en la función espermática y la fertilidad.⁽²⁾

Se plantea la idea de que la calidad del semen, que es un indicador de la fertilidad masculina, está experimentando un declive a nivel global. Se ha propuesto la hipótesis de que el consumo de café o cafeína por parte de los hombres puede influir en los parámetros del semen, así como en la integridad del ADN de los espermatozoides, entre otros factores relacionados con el estilo de vida.⁽³⁾

El objetivo del presente estudio es interpretar la nutrición y espermatogénesis mediante revisión bibliográfica.

Métodos

El estudio correspondió al nivel investigativo exploratorio, y se auxilió de la hermenéutica para interpretar la revisión bibliográfica narrativa efectuada.

El estudio se enfocó en resumir y analizar estudios previos de manera descriptiva. A diferencia de las revisiones sistemáticas, que siguen un protocolo estructurado y buscan identificar, seleccionar y sintetizar evidencia de manera objetiva, esta revisión narrativa no siguió un protocolo formal y tendió a ser más interpretativa en su enfoque. Los autores buscaron recopilar información de diversos estudios para ofrecer una perspectiva general del estado actual del conocimiento sobre la nutrición y espermatogénesis, identificando tendencias, controversias y brechas en la investigación.

Como criterios de inclusión, para la realización de esta revisión se seleccionaron artículos publicados antes del 1 de julio de 2023 y que se encontraron al realizar diversas búsquedas en la base de datos de PubMed. Los datos utilizados se extrajeron de los artículos seleccionados, así como artículos secundarios identificados durante la lectura de estos.

Se excluyeron documentos que no estuviesen escritos en idiomas español o inglés.

Resultados

La revisión bibliográfica realizada evidencia que, en los últimos diez años, ha habido un aumento en la investigación sobre cómo la dieta afecta la fertilidad masculina. Sin embargo, aún no hay pautas nutricionales específicas definidas para los hombres en el período previo a la concepción que estén respaldadas por resultados clínicos sólidos en términos de fertilidad.⁽⁴⁾

Debido a la diversidad y la escasez de literatura disponible sobre la mayoría de las exposiciones, no existen pruebas suficientes que respalden la adopción de un enfoque dietético específico para mejorar la fertilidad.⁽⁵⁾

Un estudio realizado en Grecia concluye que seguir más de cerca la Dieta Mediterránea, evaluada mediante la puntuación validada de la dieta mediterránea (MedDietScore), se relaciona significativamente con una concentración de espermatozoides, un recuento total de espermatozoides y una motilidad de espermatozoides mayores.⁽⁶⁾

Cada vez se acumulan más pruebas sobre la relevancia de la nutrición en la reproducción, tanto en animales como en humanos, indicando una conexión entre la nutrición y la fertilidad masculina. Los nutrientes son fundamentales como precursores de moléculas involucradas en diversas reacciones corporales, por lo que su equilibrio es crucial para regular adecuadamente los diferentes sistemas, incluido el sistema endocrino. Las hormonas están estrechamente vinculadas al estado nutricional del individuo, y cualquier alteración puede resultar en disfunciones o enfermedades, como la infertilidad. Asimismo, los nutrientes influyen en la producción de espermatozoides y la espermatogénesis, lo que controla el desarrollo sexual y mantiene las características y comportamientos sexuales secundarios.⁽⁷⁾

De acuerdo con investigaciones previas, un estudio similar realizado en China señala que ciertos hábitos como fumar y consumir alcohol, el tipo de recipientes utilizados para condimentar alimentos, las preferencias alimentarias, el tiempo de sueño y el consumo de leche, fibra y huevos podrían afectar negativamente la calidad del semen.⁽⁸⁾

En términos generales, la infertilidad masculina constituye aproximadamente la mitad de las causas de infertilidad en parejas, y alrededor de un tercio de los casos se clasifican como idiopáticos, es decir, de origen desconocido. Esta condición de infertilidad masculina idiopática presenta desafíos en cuanto a la aplicación de tratamientos personalizados en la práctica clínica. Un estudio realizado en Italia

concluye que los hallazgos actuales resaltan la necesidad urgente de realizar evaluaciones más detalladas y exhaustivas en hombres con problemas de fertilidad para poder adaptar los tratamientos de manera más efectiva en la atención clínica diaria.⁽⁹⁾

El sistema reproductivo masculino incluye los testículos, una red de conductos que los conectan con el orificio uretral externo, las glándulas sexuales accesorias y el pene. En los testículos y el epidídimo, las células madre espermatogoniales se transforman y evolucionan hasta convertirse en espermatozoides, que son eyaculados junto con fluidos exocritos de las glándulas sexuales accesorias. Varios estudios han investigado en detalle la estructura y función del sistema reproductivo masculino, y han demostrado que diversos mecanismos biológicos, como la genómica, la epigenética y el sistema inmunológico neuroendocrino, son fundamentales para regular la proliferación, diferenciación y maduración de las células germinales.⁽¹⁰⁾

Aunque algunos estudios rara vez consideran ciertos estilos de vida, como las preferencias alimenticias y el uso de envases plásticos para almacenar productos como el aceite de cocina, se han encontrado correlaciones estrechas entre estos factores y la calidad del semen. Además, el uso de envases inapropiados para especias podría resultar en la filtración de sustancias dañinas provenientes del plástico hacia las especias, las cuales podrían ser absorbidas por el organismo y provocar una disminución en la calidad del semen, así como posibles anomalías congénitas en la descendencia.⁽¹¹⁾

Un estudio reciente liderado por Xia resalta la toxicidad reproductiva de los microplásticos y sus posibles efectos transgeneracionales en especies acuáticas, lo que sugiere posibles consecuencias adversas en la reproducción de mamíferos.⁽¹²⁾

En un estudio de casos y controles que compara los patrones alimenticios entre hombres con oligozoospermia y aquellos con normospermia, se encontró que los individuos con oligozoospermia consumían mayores cantidades de lácteos enteros (como yogur, leche entera, queso y leche semifermentada) y menores cantidades de leche descremada en comparación con los individuos del grupo de control.⁽¹³⁾ Además, un estudio de cohorte realizado en Estados Unidos sugiere que el consumo de lácteos bajos en grasa se asocia con una concentración espermática más alta y una mejor movilidad espermática.⁽¹⁴⁾

La relación entre la nutrición y la fertilidad masculina es cada vez más evidente. Las investigaciones demuestran que una dieta equilibrada rica en vitaminas, minerales y antioxidantes puede mejorar significativamente la calidad del esperma. Por ejemplo, el consumo regular de alimentos ricos en ácido fólico, como las verduras de hoja verde y los frijoles, está asociado con una mayor concentración de esperma y una mejor movilidad espermática.

Asimismo, se observa que una ingesta adecuada de ácidos grasos omega-3, presentes en pescados grasos como el salmón y las nueces, puede tener efectos positivos en la morfología y la función de los espermatozoides. Estos ácidos grasos son importantes para mantener la integridad de las membranas celulares y pueden ayudar a prevenir el daño oxidativo en el esperma.

Discusión

Esta revisión bibliográfica sobre nutrición y fertilidad masculina revela una conexión significativa entre la dieta y la salud reproductiva. Se evidencia que estudios recientes identifican que ciertos hábitos alimenticios, como el consumo de lácteos enteros, pueden estar asociados con una mayor incidencia de oligozoospermia, una condición caracterizada por una baja concentración de

espermatozoides en el semen. Por otro lado, el consumo de lácteos bajos en grasa parece estar relacionado con una concentración espermática más alta y una mejor movilidad espermática, lo que sugiere que la calidad del semen podría estar influenciada por la elección de alimentos lácteos.

Además, se observa una estrecha correlación entre el estilo de vida y la calidad del semen. Por ejemplo, consumir alcohol ha demostrado tener un impacto negativo en la calidad del semen. Asimismo, el uso de envases plásticos inapropiados para almacenar víveres podría filtrar sustancias dañinas hacia los alimentos, lo que podría afectar la calidad del semen y potencialmente causar anomalías congénitas en la descendencia.

Estos hallazgos destacan la importancia de adoptar hábitos alimenticios saludables y evitar factores de riesgo conocidos para preservar la salud reproductiva masculina. Aunque se necesita más investigación para comprender completamente la relación entre la nutrición y la fertilidad masculina, estos estudios sugieren que una dieta equilibrada y un estilo de vida saludable pueden tener un impacto positivo en la calidad del semen y, en última instancia, en la fertilidad masculina.

Por otro lado, diversas investigaciones destacan los efectos negativos de una dieta rica en grasas saturadas, azúcares refinados y alimentos procesados en la fertilidad masculina. Estos alimentos pueden contribuir al aumento del estrés oxidativo en el cuerpo, lo que puede dañar el ADN del espermatozoides y reducir su calidad. Además, el exceso de peso y la obesidad también se relacionan con una disminución en la producción de espermatozoides y una mayor incidencia de disfunción eréctil.

La infertilidad masculina es un trastorno multifactorial donde interaccionan factores genéticos y epigenéticos con factores ambientales como el sobrepeso o la obesidad.

Las modificaciones epigenéticas observadas con más frecuencia corresponden a la hipermetilación de genes relacionados con la espermatogénesis o las modificaciones enzimáticas asociadas con la regulación postranscripcional de las histonas durante la espermatogénesis. La hipermetilación es un proceso epigenético en el cual hay una adición excesiva de grupos metilo (-CH₃) en ciertas regiones del ADN. Este proceso puede tener efectos diversos en la expresión génica y en la función celular, dependiendo de qué regiones del ADN estén afectadas. La hipermetilación a menudo se asocia con la represión de la expresión génica, ya que los grupos metilo pueden dificultar la unión de proteínas necesarias para la transcripción del ADN en ARN mensajero (ARNm), lo que resulta en una disminución o silenciamiento de la expresión génica en esa región.

También la espermatogénesis puede desregularse mediante las modificaciones de expresión de ciertos ARN no codificantes de cadena corta y larga.

Las dietas ricas o deficientes en determinados nutrientes (especialmente grasas saturadas o donadores de grupos metilo) durante largos periodos de tiempo, inducen cambios epigenéticos con consecuencias para la fertilidad masculina del paciente y la fertilidad de su descendencia (herencia transgeneracional).

Es necesario subrayar que el impacto de los nutrientes y de los factores no nutricionales durante la programación epigenética de las células germinales es importante pues puede modificar la regulación de la espermatogénesis.

El epigenoma es el conjunto de todas las modificaciones epigenéticas en el material genético de un organismo, incluyendo la metilación del ADN, las modificaciones de las histonas y la regulación de la expresión génica por ARN no

codificante. "EPI genoma" parece ser una combinación de "epigenoma" y "genoma", pero la forma correcta es "epigenoma" cuando se refiere a estas modificaciones específicas. La afectación del epigenoma acontece en periodos puntuales, primeros estadios de la embriogénesis y de la infancia, existe también la posibilidad de intervenir durante la edad adulta.

En resumen, adoptar un estilo de vida saludable que incluya una dieta balanceada, ejercicio regular y la evitación de hábitos poco saludables puede ser fundamental para mantener la salud reproductiva masculina. Los hallazgos de estos estudios resaltan la importancia de la nutrición como un factor clave en la fertilidad masculina y sugieren que pequeños cambios en la dieta pueden tener un impacto significativo en la capacidad de concepción.

Para evaluar la salud reproductiva masculina, se realizan varios estudios y análisis:

- **Seminograma:** este análisis examina una muestra de semen y evalúa parámetros como la concentración, morfología, motilidad y vitalidad de los espermatozoides. Valores alterados pueden indicar problemas de fertilidad, como la azoospermia (ausencia de espermatozoides) o la teratozoospermia (alteración en la morfología espermática).
- **Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) Omega-3:** estos ácidos grasos benefician la salud espermática al mejorar la movilidad y la calidad del esperma.
- **Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI):** presentes en alimentos como el aceite de oliva, también se asocian con una mejor calidad del esperma.
- **Ácido fólico (vitamina B9):** esencial para la síntesis del ADN y la división celular, el ácido fólico influye en la fertilidad masculina.
- **Zinc y selenio:** estos minerales son importantes para la producción de espermatozoides y la protección contra el daño oxidativo.

- Aminoácidos (L-Carnitina y L-Arginina): contribuyen a la salud espermática y la movilidad.
- Antioxidantes: las vitaminas A, C y E ayudan a proteger los espermatozoides del estrés oxidativo.

Se propone la realización de investigaciones adicionales que investiguen la relación entre el análisis de la calidad del semen y el uso de herramientas neutrosóficas. Estas herramientas podrían ofrecer formas de reducir la incertidumbre en las predicciones, una estrategia que ha demostrado ser exitosa en otros estudios en diversas áreas de la salud humana.^(15,16,17) Esta sugerencia se basa en la idea de que la aplicación de herramientas neutrosóficas en el análisis de la calidad del semen podría proporcionar un enfoque más preciso y completo para comprender los factores que influyen en la fertilidad masculina. Además, al mitigar la incertidumbre en las predicciones, estas herramientas podrían ayudar a mejorar las estrategias de tratamiento y prevención de la infertilidad masculina.

Conclusiones

Esta revisión bibliográfica destaca la importancia de la nutrición en la espermatogénesis y la fertilidad masculina. Se ha observado que la dieta y los nutrientes juegan un papel fundamental en la regulación de los procesos biológicos implicados en la producción de espermatozoides. Por ejemplo, se ha encontrado que el consumo de lácteos bajos en grasa se asocia con una concentración espermática más alta y una mejor movilidad espermática, mientras que el consumo de lácteos enteros puede estar relacionado con una mayor incidencia de oligozoospermia.

Además, se ha evidenciado que ciertos hábitos alimenticios y factores ambientales pueden afectar la calidad del semen y la fertilidad masculina. Por ejemplo, el

consumo de alcohol, así como el uso de envases plásticos inapropiados para alimentos, han sido asociados con una disminución en la calidad del semen. Estos hallazgos resaltan la importancia de adoptar una dieta equilibrada y un estilo de vida saludable para preservar la salud reproductiva masculina.

Por otro lado, se sugiere la realización de más estudios que exploren la relación entre la nutrición y la fertilidad masculina, así como el uso de herramientas neutrosóficas para mejorar la precisión de las predicciones en el análisis de la calidad del semen. Estas herramientas podrían ofrecer vías para mitigar la incertidumbre en las predicciones y mejorar las estrategias de tratamiento y prevención de la infertilidad masculina.

En resumen, esta revisión resalta la importancia de la nutrición en la espermatogénesis y la fertilidad masculina, y subraya la necesidad de realizar más investigaciones en esta área para comprender mejor los mecanismos subyacentes y desarrollar estrategias efectivas para mejorar la salud reproductiva masculina.

Referencias bibliográficas

1. Benatta M, Kettache R, Buchholz N, Trinchieri A. The impact of nutrition and lifestyle on male fertility. Arch Ital Urol Androl. 2020 Jun 24;92(2). <https://10.4081/aiua.2020.2.121>.
2. Salas-Huetos A, Bulló M, Salas-Salvadó J. Dietary patterns, foods and nutrients in male fertility parameters and fecundability: a systematic review of observational studies. Hum Reprod Update. 2017 Jul 1;23(4):371-389. <https://10.1093/humupd/dmx006>.

3. Ricci E, Viganò P, Cipriani S, Somigliana E, Chiaffarino F, Bulfoni A, Parazzini F. Coffee and caffeine intake and male infertility: a systematic review. *Nutr J*. 2017 Jun 24;16(1):37. <https://10.1186/s12937-017-0257-2>.
4. Tully CA, Alesi S, McPherson NO, Sharkey DJ, Teong XT, Tay CT, Silva TR, Puglisi C, Barsby JP, Moran LJ, Grieger JA, Mousa A. Assessing the influence of preconception diet on male fertility: a systematic scoping review. *Hum Reprod Update*. 2024 Jan 17:dmad035. <https://10.1093/humupd/dmad035>.
5. Alesi S, Habibi N, Silva TR, Cheung N, Torkel S, Tay CT, Quinteros A, Winter H, Teede H, Mousa A, Grieger JA, Moran LJ. Assessing the influence of preconception diet on female fertility: a systematic scoping review of observational studies. *Hum Reprod Update*. 2023 Nov 2;29(6):811-828. <https://10.1093/humupd/dmad018>.
6. Karayiannis D, Kontogianni MD, Mendorou C, Douka L, Mastrominas M, Yiannakouris N. Association between adherence to the Mediterranean diet and semen quality parameters in male partners of couples attempting fertility. *Hum Reprod*. 2017 Jan;32(1):215-222. <https://10.1093/humrep/dew288>.
7. Pecora G, Sciarra F, Gangitano E, Venneri MA. How Food Choices Impact on Male Fertility. *Curr Nutr Rep*. 2023 Dec;12(4):864-876. <https://10.1007/s13668-023-00503-x>.
8. Mai H, Ke J, Zheng Z, Luo J, Li M, Qu Y, Jiang F, Cai S, Zuo L. Association of diet and lifestyle factors with semen quality in male partners of Chinese couples preparing for pregnancy. *Reprod Health*. 2023 Nov 23;20(1):173. <https://10.1186/s12978-023-01718-5>.
9. Corsini C, Boeri L, Candela L, Pozzi E, Belladelli F, Capogrosso P, Fallara G, Schifano N, Cignoli D, Ventimiglia E, D'Arma A, Alfano M, Montorsi F, Salonia A. Is There a Relevant Clinical Impact in Differentiating Idiopathic versus Unexplained

Male Infertility? World J Mens Health. 2023 Apr;41(2):354-362.
<https://10.5534/wjmh.220069>.

10. Miyaso H, Ogawa Y, Itoh M. Microenvironment for spermatogenesis and sperm maturation. Histochem Cell Biol. 2022 Mar;157(3):273-285.
<https://10.1007/s00418-021-02071-z>.

11. Liu J, Shi J, Hernandez R, Li X, Konchadi P, Miyake Y, Chen Q, Zhou T, Zhou C. Paternal phthalate exposure-elicited offspring metabolic disorders are associated with altered sperm small RNAs in mice. Environ Int. 2023 Feb;172:107769.
<https://10.1016/j.envint.2023.107769>.

12. Xia X, Guo W, Ma X, Liang N, Duan X, Zhang P, Zhang Y, Chang Z, Zhang X. Reproductive toxicity and cross-generational effect of polyethylene microplastics in *Paramisgurnus dabryanus*. Chemosphere. 2023 Feb;313:137440.
<https://10.1016/j.chemosphere.2022.137440>.

13. Mendiola J, Torres-Cantero AM, Moreno-Grau JM, Ten J, Roca M, Moreno-Grau S, Bernabeu R. Food intake and its relationship with semen quality: a case-control study. Fertil Steril. 2009 Mar;91(3):812-8. <https://10.1016/j.fertnstert.2008.01.020>.

14. Afeiche MC, Bridges ND, Williams PL, Gaskins AJ, Tanrikut C, Petrozza JC, Hauser R, Chavarro JE. Dairy intake and semen quality among men attending a fertility clinic. Fertil Steril. 2014 May;101(5):1280-7.
<https://10.1016/j.fertnstert.2014.02.003>.

15. Prado Quilambaqui J, Reyes Salgado L, Valencia Herrera A, Rodríguez Reyes E. Estudio del cuidado materno y conocimientos ancestrales en el Ecuador con ayuda de mapas cognitivos neutrosóficos. Revista Investigación Operacional. 2022;43(3):340-348. Disponible en: <https://rev-inv-ope.pantheonsorbonne.fr/sites/default/files/inline-files/43322-06.pdf>

16. Jaramillo MN, Chuga ZN, Hernández CP, Lits RT. Análisis multicriterio en el ámbito sanitario: selección del sistema de triaje más adecuado para las unidades de atención de urgencias en Ecuador. *Rev Investig Oper.* 2022;43(3):316-324.
17. Ramos Argilagos M, Valencia Herrera Á, Vayas Valdiviezo W. Evaluación de estrategias de educación nutricional en escuelas del Ecuador utilizando TOPSIS neutrosófico. *Rev Int Cienc Neutrosóficas.* 2022;18(3):208-217.