

Artículo original

Asociación del pH del semen con la movilidad espermática en pacientes

Association of semen pH with sperm motility in patients

Juan Viteri Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0002-2463-7036>

Freddy Fernando Jumbo Salazar¹ <https://orcid.org/0000-0001-6680-3365>

Edwin Miranda Solis¹ <https://orcid.org/0000-0003-1625-0138>

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES Ambato). Ecuador.

Autor para la correspondencia: ua.juanviteri@uniandes.edu.ec

RESUMEN

Introducción: Un pH anormal en el semen (ya sea demasiado ácido o alcalino) podría afectar la viabilidad y movilidad de los espermatozoides, influyendo así en la fertilidad masculina.

Objetivo: El objetivo del estudio fue asociar el pH del semen con la movilidad espermática en pacientes de una clínica de Santo Domingo, en Ecuador.

Métodos: El estudio realizado correspondió al nivel de investigación relacional, siendo de tipo observacional, transversal, analítico y prospectivo. Se partió de la hipótesis de que existe una asociación significativa entre la movilidad espermática y los diferentes niveles de pH del semen en la población de estudio. La muestra del

estudio comprendió a 120 hombres que recibieron atención en la clínica de Santo Domingo, Ecuador y se empleó la técnica de muestreo aleatorio simple. Se utilizó el Test de Independencia chi-cuadrado.

Resultados: En el grupo de pH bajo o ácido, se registró una proporción más alta de movilidad espermática baja (30,8 %) en comparación con la media y alta. En contraste, en el grupo de pH elevado o alcalino, se identificó una distribución similar entre los diferentes niveles de movilidad espermática. La prueba chi-cuadrado mostró valores de chi-cuadrado de 2,610 ($p=0,625$), razón de verosimilitud de 2,593 ($p=0,628$) y asociación lineal por lineal de 0,854 ($p=0,355$).

Conclusiones: No existieron evidencias para rechazar la hipótesis nula de que no hay asociación significativa entre la movilidad espermática y los diferentes niveles de pH del semen en la población de estudio.

Palabras clave: semen; movilidad espermática; niveles de pH del semen; prueba chi-cuadrado; movilidad de los espermatozoides.

ABSTRACT

Introduction: Abnormal semen pH (either too acidic or too alkaline) could affect sperm viability and motility, thus influencing male fertility.

Objective: The objective of the study was to associate semen pH with sperm motility in patients from a clinic in Santo Domingo, Ecuador.

Methods: The study carried out corresponded to the relational research level, being observational, cross-sectional, analytical and prospective. It was hypothesized that there is a significant association between sperm motility and different semen pH levels in the study population. The study sample comprised 120 men who received care at the clinic in Santo Domingo, Ecuador, and the simple random sampling

technique was used. The chi-square test of independence was used.

Results: In the low or acid pH group, there was a higher proportion of low sperm motility (30.8 %) compared to medium and high sperm motility. In contrast, in the high pH or alkaline group, a similar distribution was identified between the different levels of sperm motility. The chi-square test showed chi-square values of 2.610 ($p=0.625$), likelihood ratio of 2.593 ($p=0.628$) and linear by linear association of 0.854 ($p=0.355$).

Conclusions: There was no evidence to reject the null hypothesis that there is no significant association between sperm motility and different semen pH levels in the study population.

Keywords: semen; sperm motility; semen pH levels; chi-square test; sperm motility.

Recibido: 20/12/2023

Aceptado: 05/02/2024

Introducción

El problema de investigación que se aborda por este estudio radica en determinar si existe una asociación significativa entre el pH del semen y la movilidad espermática en una población específica de pacientes ecuatorianos. Esto es crucial ya que un pH anormal en el semen (ya sea demasiado ácido o alcalino) podría afectar la viabilidad y movilidad de los espermatozoides, influyendo así en la fertilidad masculina. Si se establece una correlación entre el pH del semen y la movilidad espermática en esta población de Santo Domingo, se podría mejorar la comprensión de los factores que afectan la fertilidad masculina en esta región específica, permitiendo un diagnóstico más preciso y un enfoque más

personalizado para el tratamiento de problemas de fertilidad en estos pacientes.

Este estudio es importante porque el pH del semen y la movilidad espermática son dos factores clave que pueden tener un impacto significativo en la fertilidad masculina y, por ende, en la capacidad reproductiva de las parejas. Comprender la relación entre el pH del semen y la movilidad espermática podría proporcionar información valiosa sobre la salud reproductiva de los pacientes en la clínica de Santo Domingo, Ecuador.

El pH es una medida que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución, en el caso del presente estudio, en el semen. En el contexto de la fertilidad masculina, el pH del semen es un factor importante a considerar. Los espermatozoides se mueven mejor en un ambiente ligeramente alcalino, por lo que un pH normal del semen suele oscilar entre 7,2 y 8. Un pH más bajo puede indicar acidez en el semen, lo que puede dificultar la supervivencia y movilidad de los espermatozoides, lo que a su vez podría afectar la fertilidad.

Un pH alterado en el semen puede deberse a diversas causas, como infecciones genitales, obstrucciones en los conductos eyaculatorios, problemas en las glándulas productoras de líquido seminal, entre otros factores. Es importante destacar que, si bien el pH es un factor relevante en la calidad del semen y la fertilidad masculina, no es el único parámetro a considerar. Se evalúan otros aspectos como la concentración de espermatozoides, su motilidad y morfología para tener una visión completa de la fertilidad masculina.

El marco teórico que se consulta resalta que, en términos generales, la infertilidad masculina (IM) representa alrededor de la mitad de las causas de infertilidad en parejas, y aproximadamente el 30 % de los casos de IM se catalogan como idiopáticos, es decir, de origen desconocido. Esta condición de IM idiopática presenta desafíos significativos en relación con la aplicación de tratamientos

personalizados en entornos clínicos. Un estudio que se efectúa por investigadores italianos llega a la conclusión de que los hallazgos actuales subrayan la urgencia de llevar a cabo evaluaciones más completas y detalladas en hombres con problemas de fertilidad. Esto con el propósito de adaptar de manera más efectiva los tratamientos en la práctica clínica cotidiana.⁽¹⁾

El aparato reproductor masculino se compone de los testículos, una red de conductos que los conectan al orificio uretral externo, las glándulas sexuales accesorias y el pene. Dentro de los testículos y el epidídimo, las células madre espermatogoniales experimentan cambios y evolucionan hasta llegar a convertirse en espermatozoides, los cuales se liberan junto con fluidos exocrinos procedentes de las glándulas sexuales accesorias. Diversos estudios profundizan en la estructura y el funcionamiento detallado del sistema reproductor masculino. Además, han evidenciado que múltiples mecanismos biológicos, como la genómica, la epigenética y el sistema inmunológico neuroendocrino, tienen una función crucial en la regulación de la proliferación, diferenciación y maduración de las células germinales.⁽²⁾

Dentro de este contexto de investigación, el objetivo del estudio es asociar el pH del semen con la movilidad espermática en pacientes de una clínica de Santo Domingo, en Ecuador.

Métodos

Taxonomía del estudio

El estudio realizado correspondió al nivel de investigación relacional, siendo de tipo observacional, transversal, analítico y prospectivo.

Población, muestra y técnica de muestreo

La muestra del estudio comprendió a 120 hombres que recibieron atención en una clínica de Santo Domingo, Ecuador. Los criterios de inclusión abarcaron hombres de edades entre 18 y 65 años, que no presentaran antecedentes de cirugías recientes en el área genital y que no estuvieran recibiendo tratamiento médico específico para problemas de fertilidad masculina.

En cuanto a los criterios de exclusión, se consideraron aquellos individuos que padecieran comorbilidades graves, como enfermedades crónicas, trastornos hormonales conocidos o infecciones genitales activas, ya que estos factores podrían influir significativamente en el pH del semen y la movilidad espermática. Además, se excluyeron a aquellos que estuvieran tomando medicamentos que pudieran afectar la calidad del semen, como fármacos hormonales, tratamientos citotóxicos o terapias inmunosupresoras, dado que estos podrían interferir con los parámetros a evaluar en el estudio.

Asimismo, se excluyeron a individuos que tuvieran antecedentes de consumo excesivo de alcohol o tabaco, ya que estos hábitos podrían tener un impacto negativo en la calidad del semen y la fertilidad masculina. Finalmente, se excluyeron a aquellos hombres que no otorgaron su consentimiento informado para participar en la investigación, asegurando así una participación voluntaria y ética en el estudio.

Estos criterios de inclusión y exclusión se implementaron para garantizar la homogeneidad de la muestra y la validez de los resultados obtenidos, así como para minimizar posibles variables confusoras que pudieran afectar la relación entre el pH del semen y la movilidad espermática en la población estudiada.

Para calcular el tamaño muestral, tratándose de estimar prevalencia en las variables de estudio y que se contó con un marco muestral totalmente definido, se

utilizó la fórmula siguiente: $n = (N * Z_{1-\alpha/2}^2 * p * q) / (d^2 * (N-1) + Z_{1-\alpha/2}^2 * p * q)$

Donde:

- Marco muestral $N = 172$.
- Alfa (Máximo error tipo I) $\alpha = 0,050$.
- Nivel de Confianza $1 - \alpha/2 = 0,975$.
- Z de $(1-\alpha/2)$ $Z (1 - \alpha/2) = 1,960$.
- Prevalencia de la enfermedad $p = 0,500$.
- Complemento de p $q = 0,500$.
- Precisión $d = 0,050$.
- Tamaño de la muestra $n = 119,02 \sim 120$.

Se empleó la técnica de muestreo aleatorio simple para elegir la muestra, debido a su elevada exactitud y garantía de reducir el error en la selección probabilística.

Variables de estudio

En términos generales, el pH del semen se considera normal cuando está dentro del rango de 7,2 a 8,0. Sin embargo, se pueden clasificar los valores de pH fuera de este rango en términos de categorías para evaluar la acidez o alcalinidad. En el presente estudio la variable de interés fue el pH del semen, que se analizó como una variable categórica politómica y se clasificó de la forma siguiente:

- **pH bajo o ácido:** se refirió a un pH inferior a 7,2. Un pH bajo podría indicar una acidez anormal en el semen, lo que potencialmente podría impactar negativamente en la supervivencia y movilidad de los espermatozoides.
- **pH normal:** se encontró dentro del rango normal de 7,2 a 8,0, lo que generalmente es considerado óptimo para la movilidad y supervivencia de los espermatozoides.
- **pH elevado o alcalino:** se refirió a un pH superior a 8,0. Valores más altos

podrían sugerir una alcalinidad anormal en el semen, lo que también podría influir en la salud de los espermatozoides.

La variable asociada en este estudio fue la movilidad espermática, que se clasificó en tres categorías:

- **Movilidad alta:** se refirió a una alta proporción de espermatozoides con capacidad de movimiento progresivo.
- **Movilidad media:** indicó una proporción moderada de espermatozoides con movimiento progresivo o no progresivo.
- **Movilidad baja:** se refirió a una baja proporción de espermatozoides con movimiento o ausencia de movimiento.

Como variable de caracterización de la población de estudio se utilizó a la edad y al estado civil, interpretándose de la forma siguiente.

- **Estado civil**
 1. Casado: personas que estaban legalmente unidas en matrimonio.
 2. Soltero: individuos que no estaban casados ni en una unión civil registrada.
 3. Viudo: personas cuyo cónyuge había fallecido y no había vuelto a casarse.
 4. Divorciado: individuos que había finalizado legalmente su matrimonio o unión civil anterior.
 5. Separado: individuos que vivía separado de su cónyuge, pero no había finalizado legalmente su matrimonio.
- **Edad:** años completos cumplidos al inicio del estudio.

Procedimiento de estudio

La prueba no paramétrica empleada para analizar la posible relación entre las dos variables categorías de pH del semen (pH bajo, pH normal, pH elevado) y las categorías de movilidad espermática (alta, media, baja) fue la Prueba de chi-cuadrado (o Test de Independencia chi-cuadrado). Esta prueba evaluó si existía

una relación estadísticamente significativa entre estas dos variables.

Es relevante mencionar que todas estas mediciones y técnicas se llevaron a cabo siguiendo las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su sexta edición publicada en 2021 para la evaluación de los parámetros del semen.⁽³⁾

Hipótesis del estudio

Las hipótesis para la prueba de chi-cuadrado en este estudio sobre la asociación entre la movilidad espermática y el pH del semen fueron las siguientes:

- **Hipótesis nula (H_0):** no hay asociación significativa entre la movilidad espermática y los diferentes niveles de pH del semen en la población de estudio.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** existe una asociación significativa entre la movilidad espermática y los diferentes niveles de pH del semen en la población de estudio.

Estas hipótesis son las que se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado para determinar si había suficiente evidencia en los datos recolectados para rechazar la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa, o si no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y se concluye que no existe una asociación significativa entre la movilidad espermática y el pH del semen en la población estudiada. Se utilizó un nivel de significancia estándar de 0,05 (95%).

Consideraciones éticas

Se garantizó que todos los involucrados en este estudio proporcionaran su consentimiento informado de manera minuciosa, cumpliendo con las normativas éticas y de privacidad de datos correspondientes. Asimismo, se adhirieron a los principios establecidos en la Conferencia de Helsinki y sus actualizaciones

posteriores sobre la investigación en sujetos humanos. El estudio recibió la aprobación del comité ético pertinente.

Resultados

El análisis de la variable de caracterización Edad de la muestra de 120 participantes reveló que la edad de los individuos osciló entre 18 y 65 años. La edad promedio de los participantes fue de 42,96 años, con una desviación estándar de aproximadamente 13,256. Estos estadísticos descriptivos mostraron una dispersión moderada alrededor de la edad media, lo que indicó cierta variabilidad en las edades dentro de la muestra, aunque la mayoría de los participantes parecieron concentrarse en torno a esa edad promedio.

Para la variable de caracterización Estado civil se observó que el análisis estadístico reflejó una desviación estándar de 1,314. Estos valores indicaron una dispersión moderada alrededor de la media para los distintos estados civiles considerados en el estudio. Predominaron los solteros (25,0 %), mientras que el estado civil menos representado fue el de separados (13,3 %).

Para explorar la posible relación entre el pH seminal y la movilidad de los espermatozoides, se realizó un análisis comparativo a través de una tabla de contingencia, evaluando el comportamiento de ambas variables categóricas. La Tabla 1 muestra la distribución de la movilidad espermática (alta, media, baja) en relación con diferentes niveles de pH del semen (bajo o ácido, normal, elevado o alcalino), en los 120 individuos atendidos en la clínica de Santo Domingo, Ecuador.

Tabla 1- Análisis comparativo de movilidad espermática según categorías de pH seminal

Tabla cruzada movilidad espermática*pH del semen						
			pH del semen			Total
			pH bajo o ácido	pH normal	pH elevado o alcalino	
Movilidad espermática	Alta	Recuento	17	11	14	42
		% dentro de pH del semen	43,6 %	27,5 %	34,1%	35,0 %
	Media	Recuento	10	14	11	35
		% dentro de pH del semen	25,6 %	35,0 %	26,8 %	29,2 %
	Baja	Recuento	12	15	16	43
		% dentro de pH del semen	30,8 %	37,5 %	39,0 %	35,8 %
Total		Recuento	39	40	41	120
		% dentro de pH del semen	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

En la Tabla 1 se puede observar la distribución conjunta de frecuencias y porcentajes de los distintos grados de movilidad espermática (alta, media y baja) en relación al pH seminal clasificado como bajo/ácido, normal y elevado/alcalino. Se evidenció que en los tres grupos de acidez/alcalinidad del semen, la movilidad alta de los espermatozoides presentó frecuencias relativas similares, entre 27,5 % para pH normal y 43,6 % en pH bajo. La movilidad baja también mostró comportamiento homogéneo según pH. Estos resultados iniciales sugirieron que podría no existir asociación significativa entre estas dos variables, aspecto que debió confirmarse con pruebas analíticas posteriores (ver Tabla 2) con el fin de confirmar analíticamente la posible asociación entre pH seminal y movilidad espermática, por lo que se aplicó la prueba chi cuadrado para variables categóricas.

El análisis estadístico realizado utilizando pruebas de chi-cuadrado, tal como se muestra en la Tabla 2, se enfocó en investigar la posible asociación entre la movilidad espermática y el pH del semen en la muestra de 120 pacientes de la clínica en Santo Domingo, Ecuador. La utilización de pruebas de chi-cuadrado permitió evaluar si existía una relación significativa entre estas dos variables categóricas: movilidad espermática y niveles de pH del semen.

Tabla 2- Pruebas chi-cuadrado para determinar asociación entre pH del semen y movilidad espermática

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	2,610 ^a	4	0,625
Razón de verosimilitud	2,593	4	0,628
Asociación lineal por lineal	0,854	1	0,355
N de casos válidos	120		

a. 0 casillas (0,0 %) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 11,38.

La Tabla 2 muestra que considerando que todos estos valores tienen asociadas significaciones mayores a 0,05, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables categóricas analizadas. Por lo tanto, se confirma que el pH (acidez/alcalinidad) del semen no tuvo una asociación con la movilidad de los espermatozoides en la muestra evaluada. Es decir, no existieron evidencias para rechazar la hipótesis nula de que no hay asociación significativa entre la movilidad espermática y los diferentes niveles de pH del semen en la población de estudio.

Discusión

En la Tabla 1 se observa una distribución de la movilidad espermática variada en relación con los distintos niveles de pH del semen. En cada nivel de pH, se presenta una combinación diversa de movilidad espermática. En el grupo de pH bajo o ácido, se registra una proporción más alta de movilidad espermática baja (30,8 %) en comparación con la media y alta. En contraste, en el grupo de pH elevado o alcalino, se identifica una distribución similar entre los diferentes niveles de movilidad espermática. Este análisis expone una posible asociación entre la movilidad espermática y el pH del semen.

De acuerdo con la Tabla 2, los resultados de las pruebas de chi-cuadrado muestran que no se hallan asociaciones significativas entre la movilidad espermática y los diferentes niveles de pH del semen en la muestra que se analiza ($p > 0,05$ en todas las pruebas realizadas). Esto evidencia que, según el análisis estadístico, no existe una relación significativa entre la movilidad espermática y los niveles de pH del semen en este conjunto específico de pacientes. Además, se destaca que no se observan casillas con recuentos menores a 5, lo que confirma la fiabilidad de los resultados que se obtienen en las pruebas de chi-cuadrado realizadas.

La maduración de los espermatozoides después de la eyaculación puede tener implicaciones en el entorno paterno y afectar la aptitud de la descendencia. En diversas especies, los fluidos reproductivos femeninos (FRF), que consisten en fluidos complementarios liberados por los óvulos o presentes en el tracto reproductivo de la hembra, podrían proteger a los espermatozoides del proceso de envejecimiento y simultáneamente interactuar con ellos, influyendo así en la vitalidad de la descendencia. Esto sugiere la interesante posibilidad de que los FRF puedan mitigar los efectos paternos relacionados con el envejecimiento del esperma.⁽⁴⁾

En un estudio que realizan investigadores tailandeses, se recolectan dos muestras

de semen de hombres infértiles con bajo recuento espermático (n=34), una después de un período de abstinencia de 2 a 7 días y otra dentro de las 4 horas posteriores. Se concluye que en hombres con bajo recuento espermático, el volumen, la concentración y el número total de espermatozoides son considerablemente más bajos después de un breve período de abstinencia, aunque esto no tiene impactos adversos en la movilidad de los espermatozoides ni en el Factor de Fragmentación del ADN espermático (SDF, por sus siglas en inglés).⁽⁵⁾

Un interesante estudio que se lleva a cabo en Dinamarca, concluye que la duración del sueño guarda una conexión con ciertos marcadores de fertilidad en hombres jóvenes. Por lo tanto, se plantea la sugerencia de que mantener la cantidad de sueño que se recomienda puede resultar beneficioso para la salud reproductiva de hombres jóvenes.⁽⁶⁾ Un aspecto notable es la correlación bien establecida entre la calidad del sueño y la calidad del semen, ya que se demuestra que afecta la movilidad de los espermatozoides.⁽⁷⁾ Por ejemplo, Chen y colaboradores examinan esta relación en 842 hombres sanos y evidencian que una calidad de sueño deficiente se relaciona con cambios en los parámetros del semen.⁽⁸⁾

Aunque algunos estudios rara vez consideran ciertos aspectos del estilo de vida, como las preferencias alimenticias y el uso de envases plásticos para almacenar productos como el aceite de cocina, se hallan conexiones estrechas entre estos factores y la calidad del semen. Incluso, el uso de envases inapropiados para especias podría ocasionar la filtración de sustancias perjudiciales procedentes del plástico hacia las especias, las cuales podrían ser absorbidas por el cuerpo y provocar una disminución en la calidad del semen, potencialmente originando anomalías congénitas en la descendencia.⁽⁹⁾ Un reciente estudio liderado por Xia resalta la toxicidad reproductiva de los microplásticos y sus posibles efectos transgeneracionales en especies acuáticas, sugiriendo consecuencias adversas en la reproducción de mamíferos.⁽¹⁰⁾

En un estudio de casos y controles que compara los patrones dietéticos entre hombres con oligozoospermia y aquellos con normospermia, se observa que los individuos con oligozoospermia consumen cantidades mayores de lácteos enteros (como yogur, leche entera, queso y leche semifermentada) y cantidades menores de leche descremada en comparación con los individuos del grupo de control.⁽¹¹⁾ Además, un estudio de cohorte que se desarrolla en Estados Unidos revela que el consumo de lácteos bajos en grasa se asocia con una concentración espermática más elevada y una mejor movilidad espermática.⁽¹²⁾

Para concluir, los investigadores de este estudio proponen la iniciación de investigaciones adicionales que investiguen los vínculos entre la calidad del semen y el empleo de herramientas neutrosóficas. Estas herramientas poseen el potencial de ofrecer vías innovadoras para disminuir la incertidumbre en las evaluaciones y predicciones, una estrategia que ha demostrado su éxito en diversos estudios dentro de diversas esferas de la salud humana.^(13,14,15,16) Esta perspectiva no solo puede abrir nuevas fronteras en la comprensión de la calidad del semen, sino también en la aplicación de enfoques novedosos y multidisciplinarios para abordar desafíos en la fertilidad masculina.⁽¹⁶⁾

Tras analizar la asociación entre el pH del semen y la movilidad espermática en los participantes de la clínica de Santo Domingo, en Ecuador, los hallazgos no proporcionaron pruebas suficientes para respaldar la hipótesis de una conexión significativa entre ambos factores.

Aunque se identificó una proporción más alta de movilidad espermática baja en el grupo con pH bajo o ácido en comparación con la media y alta, esta diferencia no demostró ser estadísticamente significativa. Por el contrario, en el conjunto de individuos con pH elevado o alcalino, la distribución entre los distintos niveles de movilidad espermática fue similar, lo que no reveló una relación clara entre estas

variables.

Los resultados obtenidos a través del Test de Independencia chi-cuadrado, así como los valores de chi-cuadrado, razón de verosimilitud y asociación lineal por lineal, indicaron una falta de asociación significativa entre el pH del semen y la movilidad espermática en esta muestra específica de pacientes. Estos hallazgos sugieren que, al menos en esta población estudiada, la variación en el pH del semen no parece estar directamente correlacionada con la movilidad de los espermatozoides.

A pesar de la concepción inicial que sugería un posible impacto del pH anormal en la viabilidad y movilidad de los espermatozoides, los resultados de este estudio no respaldan esta asociación en la muestra de pacientes de la clínica de Santo Domingo, Ecuador. Estos hallazgos plantean dudas sobre la influencia directa del pH del semen en la movilidad espermática en esta población específica, lo que sugiere la necesidad de investigaciones adicionales que consideren otras variables o factores subyacentes que podrían influir en la movilidad de los espermatozoides en contextos específicos.

Referencias bibliográficas

1. Corsini C, Boeri L, Candela L, Pozzi E, Belladelli F, Capogrosso P, et al. 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>.
2. 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>.

3. World Health Organization. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. 2021.
4. Hadlow JH, Lymbery RA, Evans JP. Paternal environment effects are driven by female reproductive fluid but not sperm age in an external fertilizer. *Biol Lett*. 2023 Nov;19(11):20230368. <https://10.1098/rsbl.2023.0368>.
5. Poopaibool N, Tangprasittipap A, Chumchuen S, Satirapod C, Singwongsa A. Effects of a short abstinence period on sperm quality in oligozoospermic men. *Clin Exp Reprod Med*. 2023 Dec;50(4):262-269. <https://10.5653/cerm.2023.06100>.
6. Gaml-Sørensen A, Frølich MK, Brix N, Ernst A, Bonde JPE, Hougaard KS, et al. Sleep duration and biomarkers of fecundity in young men: a cross-sectional study from a population-based cohort. *Andrology*. 2023 Nov 20. <https://10.1111/andr.13560>.
7. Chen HG, Sun B, Chen YJ, Chavarro JE, Hu SH, Xiong CL, et al. Sleep duration and quality in relation to semen quality in healthy men screened as potential sperm donors. *Environ Int*. 2020 Feb;135:105368. <https://10.1016/j.envint.2019.105368>.
8. Jensen TK, Andersson AM, Skakkebak NE, Joensen UN, Blomberg Jensen M, Lassen TH, et al. Association of sleep disturbances with reduced semen quality: a cross-sectional study among 953 healthy young Danish men. *Am J Epidemiol*. 2013 May 15;177(10):1027-37. <https://10.1093/aje/kws420>.
9. Liu J, Shi J, Hernandez R, Li X, Konchadi P, Miyake Y, et al. 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>.
10. Xia X, Guo W, Ma X, Liang N, Duan X, Zhang P, et al. Reproductive toxicity and cross-generational effect of polyethylene microplastics in *Paramisgurnus dabryanus*. *Chemosphere*. 2023 Feb;313:137440.

<https://10.1016/j.chemosphere.2022.137440>.

11. 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>.

12. 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>.

13. 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>

14. 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 Invest Oper*. 2022;43(3):316-324.

15. 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.

16. Rodríguez-Toribio A, Pérez-Martínez C, Martínez-Pimienta J, Borges-Salazar K, Martínez-Hernández I. Principales consecuencias del alcoholismo en la salud. Universidad Médica Pinareña [revista en Internet]. 2018; 14 (2):1-9. Disponible en: <https://revgaleno.sld.cu/index.php/ump/article/view/282>