

**Influencia de los hábitos de consumo y el deporte en la
fertilidad masculina.**

Diseño Experimental.

**Influence of consumption habits and sport activity in
male fertility.**

Experimental Design.

Trabajo de Fin de Grado

ÁNGEL DANIEL RODRÍGUEZ ZAMORA

Tutorizado por Dra. Ana Bolaños Martín y Mikel Santos Arrieta

Grado en Biología. 12 de junio de 2019

**SOLICITUD DE DEFENSA Y EVALUACIÓN
TRABAJO DE FIN DE GRADO
Curso Académico: 2017/2018**

Datos Personales

Nº DNI o pasaporte: 43385654-H | Ángel Daniel Rodríguez Zamora

SOLICITA la defensa y evaluación del Trabajo de Fin de Grado.

TÍTULO

Influencia de los hábitos de consumo y el deporte en la fertilidad masculina. Diseño Experimental.

Autorización para su depósito, defensa y evaluación

D./Dña. Ana Bolaños Martín

Profesor/a del Departamento de Biología Animal y Edafología y Geología

y D./Dña. Mikel Santos Arrieta.

Cotutor

Autorizan al solicitante a presentar la Memoria del Trabajo de Fin de Grado

Fdo.: Ana Bolaños

Fdo.: Mikel Santos

La Laguna, a 11 de Junio de 2019

Firma del interesado/a

Fdo.: Ángel Daniel Rodríguez

Índice

Resumen	1
Palabras clave.....	1
Abstract.....	1
Key words	1
Introducción	2
Factores de estudio	3
Espermatogénesis.....	4
Objetivos	6
Objetivo principal	6
Objetivos específicos	6
Metodología	7
Población de estudio	7
Recolección y análisis de las muestras	9
Factores	11
Deporte	11
Índice de Masa Corporal (IMC)	12
Consumo de cafeína	14
Consumo de pescado.....	16
Encuesta de hábitos.....	19
Análisis estadístico	20
Aplicaciones del estudio.....	21
Conclusiones.....	22
Conclusions.....	22
Anexo I: encuesta	23
Bibliografía	25

Resumen

En los últimos años la infertilidad ha aumentado de manera alarmante, sobre todo en el caso del varón, para lo cual se han descubierto multitud de factores y agentes que afectan a su fertilidad. El factor masculino es responsable de aproximadamente el 50% de los casos de infertilidad en la pareja, ya sea de manera individual o en conjunto con la mujer.

En el presente trabajo se estudiará el efecto sobre la calidad seminal de cuatro factores vigentes en los hábitos de la población actual, tales como la actividad deportiva, el índice de masa corporal (IMC), el consumo de cafeína y el consumo de pescado; basándonos en la bibliografía existente y elaborando un diseño experimental con una encuesta de hábitos que los relacionen con el análisis de las muestras.

Además, se estudiará el contenido de pescado en la dieta de los individuos, para analizar la cantidad de microplásticos y metales pesados que contiene y posteriormente el nivel que alcanzan en el organismo humano. Con este trabajo se espera ayudar a los varones con dificultades para concebir, asesorándolos según su comportamiento frente a los factores expuestos y reduciendo así los costes de los tratamientos de reproducción asistida.

Palabras clave: infertilidad masculina, deporte, índice de masa corporal (IMC), cafeína, consumo de pescado.

Abstract

In recent years infertility has increased alarmingly, especially in the case of the male, for who many factors and agents which affect their fertility have been discovered. The male factor is responsible in approximately 50% of infertility cases in couples, either individually or together with the female factor.

This work will study the effect on the semen quality of four usual factors related to habits of the current population, such as sports activity, body mass index (BMI), caffeine consumption and fish consumption; taking the existing bibliography as a reference and elaborating an experimental design with a survey of habits that relate them to the analysis of the samples.

In addition, the content of fish in the diet of the individuals will be studied, to analyze the amount of microplastics and heavy metals they contain and later the level that they reach in the human organism. With this work it is expected to help men with problems to conceive, advising them according to their behavior involving the exposed factors and reducing the costs of assisted reproduction treatments.

Key words: male infertility, sport, body mass index (BMI), caffeine, fish consumption.

Introducción

En 2018 nacieron en España 179.794 niños [1], lo que supone, sorprendentemente, un 42% menos que en 2008 (Fig 1). Ya en el año 2007, Boivin *et al.* habían estimado que 70 millones de parejas en el mundo eran infértiles o subfértiles [2, 3]. Se define la infertilidad como la imposibilidad de establecer un embarazo clínico después de 12 meses de relaciones sexuales regulares sin la utilización de anticonceptivos o debido a un deterioro de la capacidad para reproducirse, tanto a nivel de pareja como de forma individual. El embarazo clínico es aquel que se diagnostica por la visualización ecográfica de uno o más sacos gestacionales u otros signos clínicos definitivos de embarazo, incluyendo tanto el embarazo intrauterino (estado reproductivo en el que el embrión se ha implantado en el útero), como el embarazo ectópico (el embrión se implanta fuera de la cavidad uterina). Mientras que la infertilidad se basa en un período de tiempo restringido, la esterilidad es un término con el que suele existir confusión debido a que se trata de un estado permanente de infertilidad. La infertilidad se categoriza además como primaria o secundaria: la mujer infértil primaria es aquella que nunca ha sido diagnosticada con un embarazo clínico y cumple con los criterios necesarios para diagnosticarse infertilidad; mientras que el término de mujer infértil secundaria se aplica a una mujer que no puede establecer un embarazo clínico, aunque previamente ha sido diagnosticada con uno. En contraposición, la fertilidad se define como la capacidad de una persona para lograr un embarazo clínico [4].

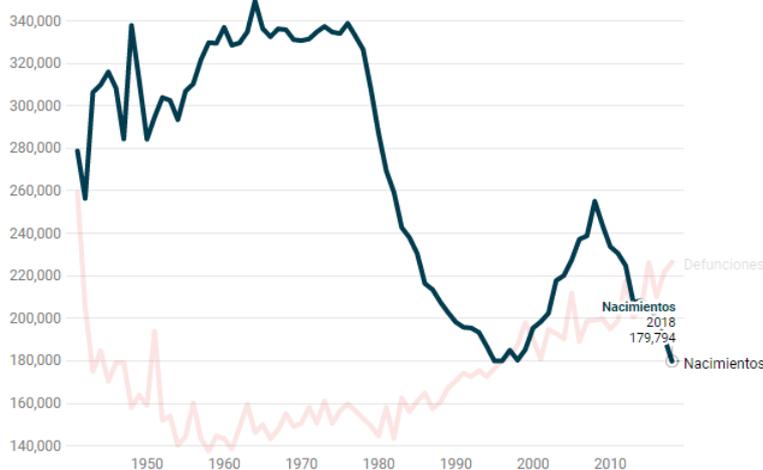


Figura 1. Fluctuación de los nacimientos en España desde 1941 hasta 2018 [1].

Existen numerosas causas por las que una pareja no puede concebir de manera natural. Los factores masculinos, entre los que se incluye el deterioro de la calidad espermática, son responsables de aproximadamente un 25-30% de los casos de infertilidad; otro 30% se debe a factores femeninos, un 15-30% a factores mixtos y finalmente, un 10% se debe a esterilidad de origen desconocida, también llamada idiopática, la cual trata aquellos individuos con capacidad

reproductora normal que presentan algún problema para tener descendencia, sin ninguna causa aparente [2, 4]. En el presente trabajo se abordan exclusivamente diferentes factores que afectan a la fertilidad masculina.

Concretamente, el factor masculino es la causa de aproximadamente un 50% de los casos de infertilidad, ya sea de manera individual o en conjunto con el factor femenino. Aunque parezca extraño, las causas de origen idiopático son las más frecuentes [4], si bien cada vez se tienen más en cuenta los factores de hábito, como por ejemplo las dietas ricas en calorías, ácidos grasos trans, grasas saturadas o colesterol, las cuales han sido asociadas con una disrupción en la función testicular ya que afectan a la espermatogénesis y, por lo tanto, de manera directa, a la fertilidad y la capacidad de tener descendencia. Además, estas dietas también suelen conducir a un aumento del IMC, llegando incluso hasta la obesidad, lo que incrementa el riesgo de diabetes tipo II, ambos factores relacionados con una reducción en la calidad espermática. [2]. Además de los ya mencionados, encontramos otros muchos factores que afectan a la fertilidad masculina, como pueden ser: defectos hormonales (hipogonadismo), anomalías genéticas (síndrome de Klinefelter y otros mosaicos), anomalías en la vía seminal (ausencia de conducto deferente unilateral o bilateral, obstrucciones congénitas o adquiridas, etc.), medicación o tratamientos recibidos (quimioterapia, radioterapia, etc.), enfermedades sistémicas (infecciones que repercuten en los testículos, diabetes, etc.), tóxicos ambientales (dioxinas, estrógenos en la dieta, etc.), varicocele con sintomatología clínica, disfunciones en el mecanismo de eyaculación (lesiones medulares y otras) y consumo de drogas [4].

Factores de estudio:

Conociendo la existencia de numerosas causas que afectan a la fertilidad masculina y, por lo tanto, a la fertilidad de la pareja, el presente trabajo se centra en estudiar 4 factores seleccionados conforme a su prevalencia en la actualidad.

El primer factor es el deporte, el cual está presente en la actividad diaria de gran parte de la sociedad. En 2017 el número total de licencias federadas deportivas en España fue de 3.761, cifra que supone un ascenso interanual del 4.9% de personas federadas [5]; de hecho, en 15 años (periodo de 2000 -2015) la cantidad de personas de más de 15 años que practicaban deporte en España aumentó un 32% [6]. Se ha demostrado en diferentes estudios que un exceso en la práctica de deportes tales como el ciclismo o el running (carrera a pie), tiene un efecto negativo en los parámetros espermáticos y la calidad seminal [7, 8, 9].

En segundo lugar, estudiaremos el índice de masa corporal (IMC), medida que se establece a partir del peso y la altura. Dentro de sus posibles valores nos hemos centrado en el sobrepeso y la obesidad, ya que se ha determinado que un mayor IMC conlleva menor calidad espermática, como se explicará más adelante. En España en 2016 había 24 millones de personas con exceso de peso, lo que suponía el 70% de la población adulta. [10]. Desde 1975, la obesidad casi se ha triplicado en todo el mundo. En 2016, más de 1.900 millones de adultos (mayores de 18 años) tenían sobrepeso, de los cuales, más de 650 millones eran obesos [11].

El tercer factor establecido es el consumo de cafeína, la cual se ingiere a través del café en mayor medida que mediante los refrescos [12]. En España, más de 22 millones de personas (un 63% de españoles mayores de 15 años) toman como mínimo una taza de café al día [13]. Se ha demostrado según algunos estudios que pequeñas cantidades de café pueden ayudar a mejorar la movilidad espermática, pero en exceso puede generar, entre otras cosas, la inmovilidad total de los espermatozoides [14].

Finalmente, el último factor que se estudiará en este trabajo es la cantidad de productos marinos que se ingieren, generalmente pescados, y su influencia en la calidad seminal. Este factor va enfocado en dos vías principales: la primera es ver cómo afecta el nivel de los ácidos grasos esenciales adquiridos mediante su consumo; y por otro lado, la posible influencia de los microplásticos y los metales pesados que por contaminación antrópica han llegado al océano y por lo tanto a los que nos alimentamos de estos animales. España es el segundo consumidor de productos pesqueros de la Unión Europea, por detrás de Portugal, y el quinto del mundo, tras Japón, Islandia, Noruega y Portugal [15]. Algunos estudios han demostrado que la falta de estos ácidos grasos esenciales perjudica la calidad seminal [16], lo cual puede suponer una causa importante a tener en cuenta, ya que el consumo de pescados y mariscos en los hogares españoles registró un descenso del 1,6% en 2016 [15], lo que podría dar lugar a un aumento de la infertilidad en los varones.

Espermatogénesis

Con el fin de comprender el posible efecto de los factores de estudio en la fertilidad masculina, es necesario conocer cómo se forman y desarrollan las células sexuales. Por ello, se explicará brevemente el proceso de la espermatogénesis y su regulación.

La espermatogénesis es el proceso mediante el cual las células madre sexuales masculinas (espermatogonias) se diferencian para dar lugar a los espermatozoides. Estas células madre forman

parte del epitelio seminífero, donde se desarrollan hasta producir espermatozoides maduros que son liberados a la luz del tubo. Es un proceso que se puede resumir en tres fases principales:

- 1.- Espermatocitogénesis: diferenciación de la espermatogonia en espermaticitos primarios.
- 2.- Meiosis: división reduccional por la que los espermaticitos primarios diploides reducen su complemento de cromosomas y forman espermátides haploides.
- 3.- Espermiogénesis: transformación de espermátides en espermatozoides [17].

La regulación hormonal de los testículos está controlada por una serie de hormonas que actúan de forma secuencial tanto en el estímulo como en la regulación negativa. El núcleo arcuato del hipotálamo secreta la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRh). La GnRh es un decapeptido que alcanza la adenohipófisis a través del sistema portal hipofisario y actúa sobre las células liberadoras de gonadotropinas, que secretan hormona luteinizante (LH) y hormona estimuladora del folículo (FSH). La liberación de GnRh es pulsátil y se realiza mediante impulsos procedentes del Sistema Nervioso Central. La frecuencia y amplitud de estos impulsos marca también la secreción de gonadotropinas.

La LH se fija a receptores específicos de las células de Leydig, activando la adenilato ciclasa y esta a su vez al adenosín monofosfato cíclico intracelular (AMPC), que favorece el transporte de colesterol a las mitocondrias y estimula su conversión en pregnenolona, el primer paso en la síntesis de testosterona (T). Parte de la T va a pasar a la sangre y parte a los túbulos seminíferos donde actúa sobre el epitelio germinal y las células de Sertoli. La T actúa en la diferenciación de los caracteres sexuales masculinos y su mantenimiento en el adulto, además de en el inicio y mantenimiento de la espermatogénesis. Por otra parte, realiza un feedback negativo sobre el hipotálamo y la adenohipófisis. La FSH actúa sobre las células de Sertoli, uniéndose a receptores específicos y siguiendo la vía adenilato ciclasa - adenosín monofosfato cíclico (AC-AMPC). Las células de Sertoli producen: proteínas transportadoras, proteasas y antiproteasas, otras proteínas y factores de crecimiento, entre ellos la inhibina. Las células de Sertoli inducen la proliferación y división celular en periodos prenatal y neonatal; aumentan el metabolismo lipídico y energético, incorporando glucosa y produciendo lactato y piruvato para las células germinales y promueven la síntesis y secreción de numerosos productos metabólicos.

Por lo tanto, la FSH, la LH y la T son necesarias para el desarrollo de la espermatogénesis a partir de la pubertad. Así, mientras en ausencia de T las células germinales degeneran, pero sólo en algunos estadios, en ausencia de FSH la espermatogénesis continúa por acción de la T. Por otra parte, tanto la T como la inhibina actúan realizando un feedback negativo, actuando sobre el hipotálamo y la adenohipófisis y regulando de esta forma la producción de FSH y LH [18].

Objetivos

Objetivo principal

Desarrollar un diseño experimental para poder evaluar los posibles efectos que ejercen el deporte, el IMC, la cantidad de cafeína ingerida y el consumo de pescado, en la fertilidad masculina de una población determinada.

Objetivos específicos

1. Comprender cómo afectan cada uno de los factores de manera individual a la fertilidad masculina atendiendo a la bibliografía ya publicada al respecto.
2. Establecer unos criterios de inclusión y exclusión para las muestras obtenidas, con el fin de asegurar que los resultados observados sean debidos a los factores de estudio y no a otros que puedan interferir.
3. Generar una encuesta de hábitos mediante la cual conoceremos como se comporta cada individuo con respecto a cada factor, contrastando dichos datos con análisis de las muestras.
4. En el caso del factor “consumo de pescado”, no solo estudiar su efecto en la calidad espermática, sino también la cantidad de microplásticos y/o metales pesados que tiene el animal y cuántos de esos pasan al organismo humano.

Metodología

Población de estudio:

La población de estudio deberá cumplir una serie de criterios de inclusión - exclusión y la participación será de forma totalmente voluntaria.

1. Edad comprendida entre los 18 y los 34 años. Es ya bien conocido que los hombres se vuelven más infértiles conforme avanzan en edad [19]. Algunos estudios han demostrado, analizando distintas muestras de diferentes edades, que la producción diaria de espermatozoides en los varones a partir de los 34 años disminuye un 2% por año, la concentración y la morfología de los espermatozoides disminuye un 0,8% por año a partir de los 40 años y la proporción de espermatozoides móviles y los parámetros progresivos de los espermatozoides móviles disminuyen un 2% y un 0,8%, respectivamente, por año, después de los 43 años. Lo que se traduce en que existe una disminución en la probabilidad de embarazo en las relaciones sexuales con hombres mayores de 34 años [20]. Aunque no se tiene muy claro por qué ocurre este deterioro de la fertilidad, podría ser debido a la disminución de la capacidad para la reparación celular y tisular de los daños inducidos por la exposición a tóxicos o enfermedades, y el aumento con la edad de las posibilidades de tener daños reproductivos como resultado de exposiciones exógenas como fumar o determinadas infecciones y/o cambios fisiológicos normales en el tracto reproductivo, que ocurren con el envejecimiento [19, 21].

2. Varones sanos, sin antecedentes de enfermedad actual o crónica y sin exposición a tratamientos agresivos a lo largo de su vida. Se eliminará del estudio a cualquier hombre que padezca o haya cursado algún tipo de cáncer, así como los que estén o se hayan sometido a tratamientos de quimioterapia, radioterapia o cirugía escrotal. Además, todo aquel individuo que presente enfermedades de transmisión sexual, varicocele, hidrocele, criptorquidia o enfermedad febril o infecciosa en los últimos 90 días, también será excluido del estudio [22, 23, 24, 25].

3. Ocupación laboral sin riesgo para la fertilidad. En este estudio se van a excluir los individuos que se encuentren en contacto en su puesto de trabajo con diferentes agentes físicos o químicos. Como por ejemplo pesticidas, que inhiben la concentración espermática, demostrándose en muchos estudios que los agricultores que tienen una alta exposición a estos productos tienen una mayor incidencia de infertilidad [26, 27, 28, 29 30]; herbicidas, ya que la exposición a los mismos también es perjudicial para el sistema reproductivo al dañar la morfología de las células de Sertoli, lo que resulta en una disminución de la espermatogénesis

e impide la función de enzimas esteroideogénicas, proteínas reguladoras y transportadoras esteroideas y, por lo tanto, reduce los niveles circulantes de testosterona [31, 32, 33, 34, 35, 36]; y otros muchos componentes que se ha observado en la bibliografía que son perjudiciales para la calidad seminal, tales como los metales pesados [37, 38], los disolventes orgánicos [39] o sustancias derivadas de la producción de PVC [40].

También se tendrán en cuenta los trabajos en los que se generen altas temperaturas o requieran de mucho tiempo sentado. Se ha demostrado que cualquier cambio en la temperatura de los testículos puede alterar este sistema susceptible de homeostasis y afectar a la espermatogénesis [41, 42]. Debido a esto, individuos con profesiones relacionadas con la siderurgia, metalurgia, soldadores y panaderos, entre otros muchos, no serían candidatos adecuados para generar muestras en este trabajo. Del mismo modo, taxistas, chófers o conductores profesionales, tampoco se incluirán debido a que muchos autores han observado que los varones con una posición sedentaria en el trabajo durante largos períodos de tiempo presentan una temperatura escrotal por encima de los valores normales. En uno de estos estudios observaron que los individuos que se sientan en el trabajo durante 8 horas al día tenían una temperatura escrotal media 0,7°C más alta, en comparación con aquellos que estaban menos tiempo en esa posición; y en otro estudio posterior se correlacionó de forma directa una disminución del 40% de la concentración de espermatozoides por cada 1°C de cambio en la temperatura escrotal diurna [43, 44].

En vista a lo expuesto anteriormente, se eliminarán del estudio los individuos con ocupaciones en las siguientes profesiones:

- Agricultura o producción de pesticidas y herbicidas.
- Industrias o sectores con exposición a inhalación o contacto con disolventes orgánicos.
- Metalurgia, siderurgia y soldadura, en contacto con metales pesados.
- Producción de PVC.
- Fundición de metales, panadería, ceramistas o proximidad a altas temperaturas.
- Ocupaciones con períodos de tiempo sentado de más de 6 horas y conductores profesionales (taxistas, chófers, etc.).

4. Veganismo y vegetarianismo. Excluiremos a las personas con dieta vegana y vegetariana debido a la controversia que aún existe ante este tipo de alimentación con respecto a su influencia en la calidad espermática. Eliza M. Orzylowska *et al.* en 2016 compararon los factores espermáticos de los veganos, vegetarianos y no vegetarianos y determinaron que los

vegetarianos tenían una menor concentración espermática con respecto a los no vegetarianos. La movilidad total fue menor tanto en veganos como en vegetarianos con respecto a los no vegetarianos y la morfología fue similar en los 3 grupos. Por lo que, según este estudio, una dieta basada solamente en vegetales disminuye la calidad del semen [45]. Muy similar a esta última cita, existe otro estudio en el que determinaron que la ingesta de alimentos de soja e isoflavonas se relacionó inversamente con la concentración de espermatozoides. Los hombres con el nivel más alto de ingesta de alimentos de soja tuvieron, en promedio, 35 millones de espermatozoides por mililitro menos que los hombres que no consumieron alimentos de soja y hubo una tendencia estadísticamente significativa hacia la disminución de la concentración espermática con el aumento de la ingesta de alimentos de soja [46]. Por otro lado, algunos estudios aportaron que la ingesta de alimentos de soja en los hombres no estuvo relacionada con los resultados clínicos entre las parejas que acudieron a una clínica de infertilidad [47]. Otros artículos aportan conclusiones de que ni los alimentos de soja ni los suplementos con isoflavonas alteran la concentración de testosterona sanguínea, ni tampoco afectan a la calidad seminal en varones sanos [48, 49]. Así como, las isoflavonas tampoco tienen ningún efecto feminizante en los varones que las consumían, con respecto a los que no lo hacían [50]. Los datos sobre la relación entre la dieta vegetariana, los fitoestrógenos y el potencial reproductivo masculino siguen siendo escasos y se necesitan investigaciones adicionales para aclarar su papel en la reproducción humana [47].

La finalidad de establecer estos criterios de inclusión-exclusión es asegurarnos de que las muestras que obtenemos y las que sometemos a estudio estén solo influenciadas por los factores de estudio mencionados anteriormente, evitando lo máximo posible las interferencias en los resultados de otros agentes externos al modificar la calidad espermática. Además, es interesante contrastar nuestros resultados con un trabajo similar realizado en 2018, en el que se estudiaba la calidad espermática con respecto a otros factores de estudio. En ese caso, se trataron el efecto de hábitos tóxicos tales como el tabaco y el alcohol y la exposición a nuevas tecnologías, en concreto, el teléfono móvil y el ordenador portátil [51].

Recolección y análisis de las muestras:

En este trabajo, como se suele hacer de manera general, se empleará el criterio de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la evaluación completa del semen, a excepción

de los criterios de morfología, para los cuales se suelen aplicar opcionalmente los criterios estrictos de Kruger [52].

Las muestras de semen serán extraídas por masturbación, tras guardar entre 3 y 5 días de abstinencia sexual, y se transportarán al laboratorio en un periodo de tiempo no superior a 1 hora. La técnica del estudio del semen debe ser sencilla y barata, de alto rendimiento, no tóxica para los espermatozoides y que seleccione a los funcionales óptimos y elimine al resto que no cumplan esta condición.

Según la OMS el análisis del semen o seminograma se desarrolla en 3 partes diferenciadas:

1. Análisis del semen.
2. Preparación del semen.
3. Valoración de la calidad de la muestra.

El análisis del semen se puede separar a su vez en dos fases bien diferenciadas:

1. Fase preanalítica: etapa que precede a la realización de los análisis de laboratorio. Comienza con la preparación del paciente y los cuidados necesarios para la obtención de las muestras, en las cuales se han de tener en cuenta factores modificables o no modificables en la interpretación de los resultados.
2. Fase analítica: una vez entra la muestra en el laboratorio, se coloca inmediatamente en estufa a 37 °C (si es posible en rotación) y se realiza el análisis, preferiblemente 30 min después de la recogida y nunca después de 1 hora. Esta fase consta a su vez de dos evaluaciones:
 - a) Evaluación macroscópica: se analiza y se registra el color, olor, viscosidad, volumen y grado de acidez (pH).
 - b) Evaluación microscópica: se evalúa la concentración, la movilidad, la aglutinación o agregación, y la morfología, principalmente [52].

Parameter	Lower reference limit
Semen volume (ml)	1.5 (1.4–1.7)
Total sperm number (10 ⁶ per ejaculate)	39 (33–46)
Sperm concentration (10 ⁶ per ml)	15 (12–16)
Total motility (PR+NP, %)	40 (38–42)
Progressive motility (PR, %)	32 (31–34)
Vitality (live spermatozoa, %)	58 (55–63)
Sperm morphology (normal forms, %)	4 (3.0–4.0)

Tabla 1. Valores de referencia para el estudio de la calidad seminal según la OMS [52].

Factores de estudio:

En este estudio nos centraremos en 4 factores escogidos por su gran impacto en la sociedad actual. Estos son el deporte, el IMC, la cafeína y el consumo de pescado.

Deporte:

El deporte forma parte de la rutina diaria de la mayoría de la población y, según recomendaciones de la OMS, [53] las personas adultas (entre 18 y 64 años) deben realizar como mínimo 150 minutos de actividad moderada a la semana. Se ha elegido este factor, entre otros, debido a que actualmente se encuentra en auge. Solo en España, desde año 2000 al año 2015 la cantidad de personas de más de 15 años que practicaba deporte aumentó de un 22% a un 54% (Fig 2) [6].

De manera general, se sabe que el deporte es necesario para la salud, pero en el caso de la fertilidad, existen diferentes estudios que han demostrado que su práctica en exceso puede conllevar a un detrimento de la calidad espermática. Pawel Jozkow *et al.* en 2017, vieron que los individuos que realizaban deporte en

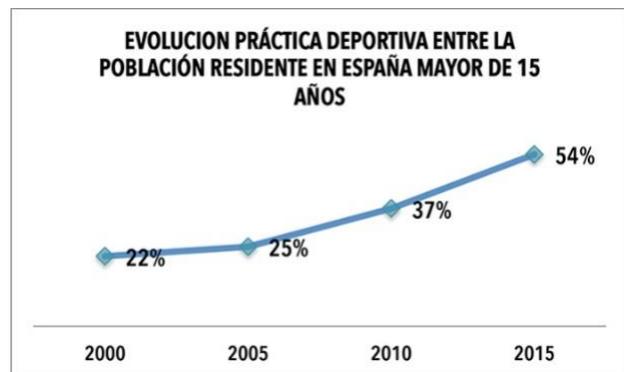


Figura 2. Incremento de la práctica de deporte en España desde el año 2000 hasta el 2015 [6].

intensidades de moderadas a fuertes tenían un porcentaje de espermatozoides inmóviles más altos (53% y 51%) que los sujetos control (38% y 39%) [54]. Aunque, por otro lado, se ha determinado que aquellos que hacen ejercicio de moderado a fuerte tienen una concentración espermática de un 48.2% superior a aquellos que realizan menos tiempo de ejercicio, siendo el rango desde 1 hora hasta 6.4 horas a la semana (3.2 horas a la semana de media) [55].

A la hora de estudiar este factor, nos centraremos en los deportes de intensidad moderada a alta realizados en tierra más habituales, que son el ciclismo y el running [56]. Se ha visto que los ciclistas de largas distancias tienen menor proporción de espermatozoides con morfología normal que los sujetos control [7]. Según Alejandro Lucía *et al.* en 2017, había baja movilidad espermática en los ciclistas durante el periodo de competición en comparación con el resto de los atletas (runners o triatletas), o con ellos mismos en otra época del año. No encontraron relación hormonal alguna que explicara esta disminución en la movilidad espermática y la posible explicación que le dieron, fue que podría ser causa de la fricción con

el sillín debido a la cantidad de horas que pasan durante esa época de entrenamiento fuerte y/o los posibles daños en la próstata [57]. Lauren, A. *et al.* en 2010 determinaron que no hay relación entre el ejercicio regular y los parámetros espermáticos, pero sí observaron que pasar más de 5 h/semana practicando ciclismo estaba asociado con una concentración espermática menor y menor movilidad espermática total. Además, clasificaron las intensidades según el número de horas: baja intensidad (<2 h/semana), intensidad moderada (3-4 h/semana), intensidad alta (>5 h/semana) [8]. Con respecto al running, es muy similar al ciclismo, pero en este caso se ven afectados algunos parámetros hormonales como el nivel de testosterona, lo cual se acentúa en deportistas de élite que corren más de 100km/semana [9, 58]. Una vez más, se deja constancia de que un entrenamiento en exceso o de alta intensidad puede generar desequilibrios hormonales y esto conllevar problemas en la fertilidad, o que estos últimos se den directamente. Esto se observa muy bien en el estudio realizado por Duclos en 2001 en el que, con volúmenes de entrenamiento semanales de 56-90 km, no se encuentran reducciones en las concentraciones plasmáticas de testosterona y con cargas de entrenamiento más altas, como 125-200 km/semana, se dan los primeros síntomas de la denominada disfunción del eje hipotalámico-hipofisario-gonadal [59].

Con todo lo expuesto anteriormente, este trabajo plantea estudiar por separado a los deportistas de élite y los aficionados, según el tipo de deporte practicado, ya sea ciclismo o running. Para el caso del ciclismo, utilizaremos el parámetro tiempo para separar entre aficionados (<5h/semana) y deportistas de élite (>5h/semana). Mientras que, en los runners, usaremos como variable de estudio los km, siendo el margen los 100 km/semana por debajo del cual consideraremos aficionados y por encima, deportistas de élite.

Índice de Masa Corporal (IMC):

Recientemente, la obesidad se ha asociado con la infertilidad masculina [60]. El sobrepeso y la obesidad son enfermedades cada vez más comunes. En España en el año 2017 se detectó un 18,2% de hombres y un 16,7% de mujeres (todos mayores de edad) que padecían obesidad. Respecto al sobrepeso, un 44,3% de hombres y un 30% de mujeres lo padecían [61].

Según la OMS, se define obesidad como todo IMC superior a 30 kg/m², sobrepeso como IMC igual o superior a los 25 y hasta los 29,9 kg/m² y peso normal entre un IMC de 18,5 y 24,9 kg/m². El aumento de la obesidad y el sobrepeso durante estos últimos años se ha traducido en un incremento de ataques al corazón, enfermedades hepáticas, diabetes y diferentes tipos

de cáncer relacionados con el estilo de vida sedentario [62]. Se ha descubierto, además, que tiene otros efectos negativos, y en lo que atañe a este trabajo, la fertilidad masculina, se ha observado que los hombres con sobrepeso y obesidad están asociados con una disminución en la calidad espermática y un mayor riesgo de infertilidad [63].

Ahmad O. *et al.* en el año 2008, determinaron que la oligozoospermia (baja cantidad de espermatozoides) aumentó con el incremento del IMC, llegando a un 15.62% en obesos. De la misma forma lo hacía la baja motilidad progresiva en el seminograma (Fig. 3 y 4) [64].

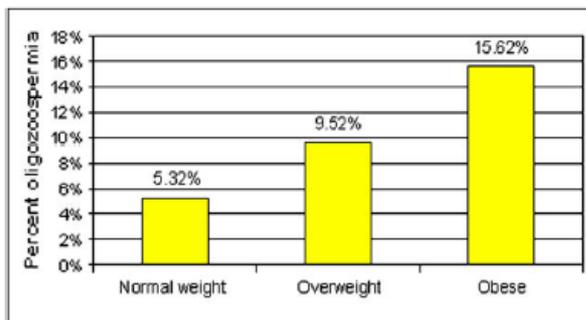


Figura 3. Porcentaje de oligozoospermia en relación con el IMC (P= .011) [64].

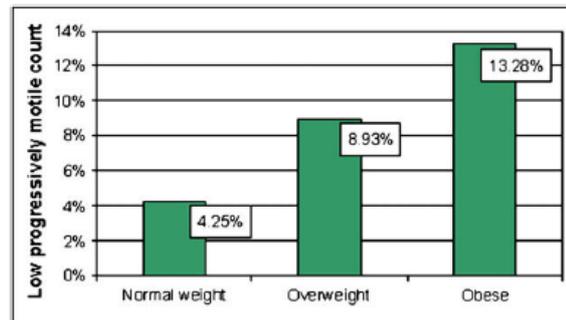


Figura 4. Porcentaje de espermatozoides poco móviles en relación con el IMC (P= .018) [64].

También se ha observado que el volumen del eyaculado, la concentración y el conteo de espermatozoides, disminuyen en función del aumento del IMC y la circunferencia de la cintura [65]. Otro metaanálisis realizado por N. Sermondade *et al.* en el año 2013, con tamaño muestral total de 13077 hombres, determinó que aquellos que tenían sobrepeso y obesidad presentaban mayor prevalencia de oligozoospermia y azoospermia (ausencia de espermatozoides), en comparación con los individuos de peso normal [66].

Otra publicación hace referencia a que esta pandemia de obesidad y sobrepeso no se debe solo a malos hábitos de alimentación y sedentarismo, sino también a factores epigenéticos que afectan al sistema endocrino. Comenta también que los obesos son más propensos a ser infértiles pero que la razón no está clara, ya que podría ser por una combinación de alteraciones endocrinas que afectan a la espermatogénesis [67].

Con respecto al IMC, se propone seguir la distinción que hace la OMS, es decir, estudiar a los individuos según su IMC en 3 clases: peso normal (18.5 - 24.9kg/m²), sobrepeso (25 - 29.9 kg/m²) y obesidad (≥30 kg/m²).

Consumo de cafeína:

El café es una de las bebidas más consumidas entre los españoles. En el año 2017 el consumo total fue de 1.036,54 millones de litros, siendo el consumo per cápita de 23 litros/persona/año. Esta bebida tiene un 5,2% más de presencia en las casas de los españoles que las bebidas refrescantes (isotónicos, refrescos, etc.) con una evolución favorable con respecto al año 2016 del 8,6% [12].

En este estudio nos planteamos el posible efecto negativo de la cafeína en la fertilidad masculina. Atendiendo a los estudios realizados, Pasqualotto *et al.* en 2003 investigaron el comportamiento de los parámetros espermáticos en función del número de tazas de café (100 ml) que tomaban los individuos al día, categorizándolos de la siguiente manera: no bebedores (0 tazas/día), poco bebedores (1-3 tazas/día), bebedores moderados (4-6 tazas/día) y bebedores fuertes (>6 tazas/día). Los resultados que obtuvieron fueron bastante interesantes, ya que, aunque no había efecto del café directamente con la concentración espermática, la FSH, la LH, ni la T, sí que había cierta correlación entre los no bebedores y los bebedores de café con respecto a la movilidad. Esto se traducía en que, aquellos que bebían café tenían una mayor movilidad, y proponen, que bien controlado, podría ser un posible tratamiento para la astenozoospermia (disminución del porcentaje de espermatozoides móviles) [68]. Algo similar expuso Florack *et al.* en 1994, donde comentaba que consumidores de 7 o más tazas de café al día tenían menor probabilidad de fecundidad [69, 70].

El estudio anterior se ve apoyado por otros trabajos. Uno de ellos estudió la calidad del semen de 2554 jóvenes con respecto a la cantidad de cafeína que tomaban proveniente tanto del café como de los refrescos de cola. Con respecto al café, hizo una categorización similar a la anterior, no bebedores (0 tazas/día), poco bebedores (1 taza/día), bebedores moderados (2-7 tazas/día) y bebedores fuertes (>7 tazas/día). Por otro lado, con los refrescos de cola, la distribución fue distinta y se basaba en el número de botellas de medio litro que ingerían a la semana: no bebedores (0 botellas/semana), poco bebedores (1-7 botellas/semana), bebedores moderados (7-14 botellas/ semana) y fuertes bebedores (>14 botellas/semana). De los resultados se deduce que más del 50% de la cafeína provenía del café y un 20% de los refrescos de cola, el resto estaba en otros alimentos que contienen poca cafeína. Según este estudio, los que no toman nada de café tienen mayor calidad espermática y una consumición moderada no está asociada significativamente con un detrimento en la calidad del semen, pero altas dosis de café tienen una ligera reducción en la calidad seminal, aunque los

resultados no fueron significantes. Sin embargo, el tomar refrescos de cola si está relacionado con un descenso significativo de la calidad del semen. Un total de 2114 individuos habían consumido este producto durante los experimentos, y de esos, 93 bebieron más de 14 botellas a la semana. Estos tenían una reducción en su calidad espermática. Examinaron también la relación de la cafeína con las hormonas sexuales (testosterona, inhibina B, FSH, LH) y no hubo asociaciones estadísticamente significativas. También asociaron que las personas que suelen beber tantos refrescos, normalmente, no llevan buenos hábitos alimenticios ni deportivos. Estos tienen menor volumen seminal, menor contaje de espermatozoides, menor concentración y peor morfología. No hubo relación alguna con la movilidad [71].

Estudiar también las bebidas de cola es importante debido a su cantidad de cafeína y a su alto consumo. En España se venden 25 millones al día. Eso es más de 9.000 millones al año y más de un millón cada hora. De hecho, cada minuto hay 18 personas que los beben. Además, estas bebidas llegan a 43 millones de personas, el 97% de la población española [72].

Para ver cómo afecta directamente la cafeína a la movilidad espermática, Mohsen, utiliza distintas concentraciones de cafeína vertidas a unas alícuotas de semen para ver cómo reaccionan los espermatozoides a esta. Separaron las 40 muestras en dos grupos de 20. A las primeras, les añadieron las concentraciones de cafeína habituales (3, 6 y 12 mM/ml) y al otro grupo dosis más altas (30, 60 y 120 mM/ml). Los resultados obtenidos fueron que, en dosis de 3 o 6 mM/ml, la cafeína incrementa el porcentaje de espermatozoides móviles, pero no influye en la velocidad de movimiento. En dosis > 6mM/ml la cafeína tienen una ligera activación, pero luego causa un efecto inhibitorio en todos los parámetros de la movilidad. Y finalmente, en concentraciones de 120mM/ml, la cafeína directamente inmoviliza los espermatozoides humanos [14].

Con respecto a todo lo mencionado anteriormente, para este factor categorizaremos el consumo de la cafeína por dos vías. Por un lado, la cantidad de café ingerida al día, medida en tazas de 100 ml y jerarquizando de la siguiente manera: no bebedores (0 tazas/día), poco bebedores (1-3 tazas/día), bebedores moderados (4-6 tazas/día) y bebedores fuertes (>6 tazas/día). Y por otro lado, debido al gran consumo de bebidas de cola, cuántas botellas de medio litro consumen a la semana, siguiendo esta categorización: no bebedores (0 botellas/semana), poco bebedores (1-7 botellas/semana), bebedores moderados (8-14 botellas/ semana) y fuertes bebedores (>14 botellas/semana).

Consumo de pescado:

La ingesta de pescado es importante, entre otras cosas, porque aporta ácidos grasos esenciales para los seres humanos que no somos capaces de sintetizarlos en cantidades importantes y sólo los podemos obtener de animales marinos (ácido eicosapentaenoico, EPA; ácido docosahexaenoico, DHA y ácido araquidónico, AA). Además, los espermatozoides de los mamíferos están caracterizados por una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) que juegan un papel crucial en la fertilidad [73]. Diferentes estudios han demostrado que, entre las parejas que intentan concebir naturalmente, aquellas en las que el hombre consumía mayores niveles de aceite de pescado tenían mayor ratio de fecundidad y reducían el tiempo para generar el embarazo [74].

Para demostrar el efecto de estos ácidos grasos con respecto a la calidad seminal, Martínez-Soto *et al.* en 2016 estudiaron dos grupos: uno control al que le administraron 1500 mg/día de aceite de girasol y el grupo de estudio al que le dieron la misma cantidad de aceite, pero enriquecido con DHA. El estudio duró 10 semanas y se hicieron medidas de los parámetros seminales (volumen, concentración, movilidad, morfología y viabilidad), la capacidad antioxidante total (TAC), la fragmentación del DNA y la composición de ácidos grasos antes y después de esos 10 días. No encontraron diferencias en los parámetros seminales ni en la composición de las membranas plasmáticas de los espermatozoides después del tratamiento. Sin embargo, determinaron que había un aumento de DHA y ácidos grasos omega 3 en el plasma seminal, una mejora en el estatus antioxidante y una reducción del número de espermatozoides con daños en el DNA. Mientras que en el caso de los individuos placebo, no se obtuvieron cambios en ningún aspecto [75].

Otro estudio realizado por Safarinejad en 2011, nos hace pensar que tal vez no se producen cambios en los parámetros espermáticos porque la suplementación fue a corto plazo, ya que este hace un experimento añadiendo PUFAs (720 mg de DHA y 1120 mg de EPA) durante 32 semanas y sí que se observó una mejora en la concentración, movilidad y normomorfología espermática, a parte de la acción antioxidante [76]. De hecho, V. Esmaili *et al.* lo contrastan en uno de sus trabajos donde aportan que, para que los PUFAs mejoren la calidad espermática, se necesitan como mínimo 4 semanas de suplementación y que el tener una elevada cantidad de ácidos grasos trans o saturados y un bajo nivel de DHA puede ser preocupante para la calidad seminal [73].

Bonde *et al.* y Kruger *et al.*, ambos en 2008, encontraron una interesante relación entre el menor daño en el DNA que tenía la población inuit con respecto a los europeos. Aunque estudios posteriores tienen que corroborarlo, la ingesta de PUFAs y de DHA de los inuit era 10 veces superior a la de los caucasianos y esta podría ser la razón [77, 78].

Roqueta-Rivera *et al.* en 2010, demostraron en animales, una relación directa entre la cantidad de DHA en los espermatozoides y la fertilidad en ratones. Los que tenían la enzima desaturasa delta-6 nula eran infértiles, ya que no eran capaces de sintetizar PUFAs como el DHA. Después de una dieta suplementada y rica en DHA los ratones recuperaban la fertilidad y la espermatogénesis. Es evidente que los efectos positivos de la suplementación con PUFAs omega-3 en animales no son fáciles de extrapolar a los seres humanos, debido a que dependen de muchos factores como la duración de la suplementación, la cantidad de DHA, las características del sistema digestivo, etc. [79].

Otro estudio similar, investigó en ratas el efecto de distintas dietas en función del tipo de grasas, la calidad espermática y si había modificaciones en el metabolismo del espermatozoide. Presentaba 4 grupos de ratas a las que le dieron el alimento durante 4 semanas: dieta estándar (control), alto contenido en grasas (35% de grasas), alto contenido en grasas pero con aceite de oliva (2.5% de aceite de oliva -aporta monoinsaturados-) y alto contenido en grasas pero con aceite de krill (2.5% de aceite de krill -aporta omega-3-). Los resultados muestran que el aceite de oliva contrarresta los efectos negativos de una dieta con alto contenido en grasas en la calidad espermática, aumentando la movilidad de los gametos, reduciendo el estrés oxidativo y mejorando ligeramente la eficiencia de la respiración mitocondrial. Por otro lado, el aceite de krill aumentó la concentración y la movilidad espermática, así como la actividad de lactato deshidrogenasa, enzima del ciclo de Krebs y de la cadena respiratoria. Paralelamente, aumenta los niveles de ATP intracelular y reduce el daño por oxidación. Por ello, podríamos intuir que una dieta basada en estos ácidos grasos puede influenciar en la calidad y funcionalidad espermática [60].

Una de las dietas que favorece el consumo de peces y animales marinos y por lo tanto favorece la incorporación de estos PUFAs, es la dieta mediterránea. Un estudio realizado con un tamaño muestral de 106 varones, los cuales se dividieron según siguieran la dieta mediterránea estrictamente o no, mostró que los primeros tenían mayor pH seminal, mayor movilidad total y progresiva y menor porcentaje de espermatozoides inmóviles. De hecho, el porcentaje de espermatozoides móviles totales y de movilidad progresiva, fue mayor en los

sujetos que llevaban la dieta más estrictamente (más consumo de vegetales, legumbres, fruta, peces, frutos secos, cereales y mariscos) en comparación con los que lo hacían medianamente (Fig. 6). Estos descubrimientos pueden sugerir que la dieta mediterránea posiblemente esté asociada con la movilidad espermática [80].

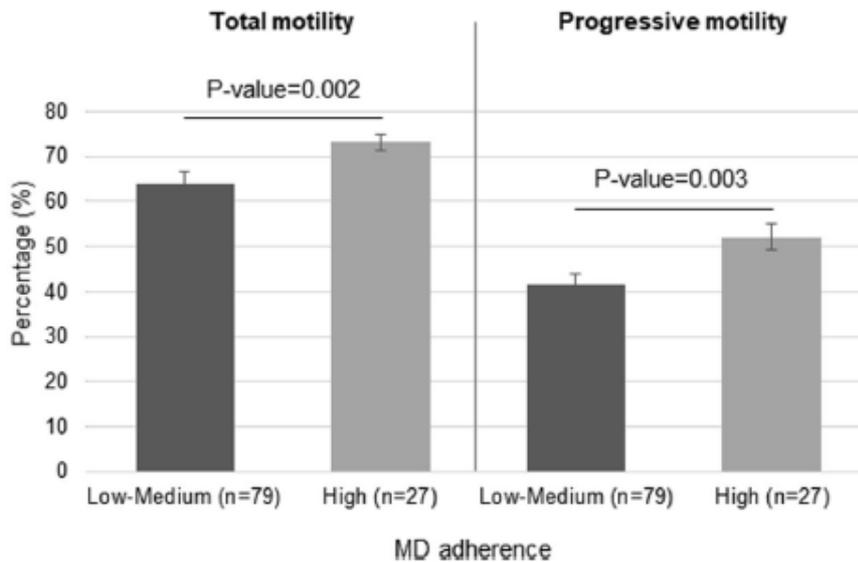


Figura 3. Relación entre la rigurosidad del seguimiento de la dieta mediterránea (baja-media o alta) y el porcentaje de movilidad espermática [80].

Finalmente, se ha encontrado relación de los PUFAs con la astenozoospermia. Se investigaron 107 hombres con astenozoospermia y 235 controles y se observó que un consumo alto de ácidos grasos saturados o trans están posiblemente asociados a la astenozoospermia, mientras que un alto consumo de ácidos grasos omega-3 y DHA reducen significativamente este síntoma de infertilidad [81]. Hay relación con lo que observó Conquer *et al.* en 2000, donde los individuos normozoospermicos tenían mayores niveles de DHA y PUFAs totales que aquellos que eran astenozoospermicos [82].

Con todo lo presentado anteriormente con respecto a este factor, en el presente trabajo planteamos estudiar el efecto de estos PUFAs a través del consumo de la dieta mediterránea, debido a su alto contenido en pescados y mariscos. De esta manera, dividiremos a los individuos en un grupo control que llevará una dieta basada en carbohidratos y carnes y el grupo de estudio que seguirá de manera estricta la dieta mediterránea. Este estudio tendrá un tiempo de 36 semanas, para asegurarnos que los PUFAs influyen en la calidad espermática. Como anexo al estudio de este factor, queremos también analizar previamente el pescado que se le proporcionará a los individuos que seguirán la dieta mediterránea, con el objetivo

de conocer la cantidad de metales pesados y microplásticos que presentan, para así, si hay una posible relación con la fertilidad o la infertilidad, intentar detectarla y estudiarla con el posterior análisis de las muestras.

A continuación, se muestra una tabla a modo de resumen para los parámetros determinados a estudiar en cada factor y los límites establecidos:

DEPORTE (Ciclismo)	Aficionados	< 5 horas/semana
	Élites	≥ 5 horas/semana
DEPORTE (Running)	Aficionados	< 100 km/semana
	Élites	≥ 100 km/semana
IMC	Normopeso	18.5 – 24.9 kg/m ²
	Sobrepeso	25 – 29.9 kg/m ²
	Obesidad	≥ 30 kg/m ²
CAFEÍNA (Café: 1 taza =100 ml)	No bebedores	0 tazas/día
	Poco bebedores	1 – 3 tazas/día
	Bebedores moderados	4 – 6 tazas/día
	Bebedores fuertes	> 6 tazas/día
CAFEÍNA (Cola: 1 botella = 0.5 l)	No bebedores	0 botellas/día
	Poco bebedores	1 – 7 botellas/día
	Bebedores moderados	8 – 14 botellas/día
	Bebedores fuertes	> 14 botellas/día
CONSUMO DE PESCADO	Dieta normal	
	Dieta mediterránea estricta	

Tabla 2. Resumen de los factores de estudio y sus parámetros.

Encuesta de hábitos:

Para evaluar el efecto de cada factor sobre las muestras, se hará un cuestionario anónimo a todos los varones que vayan a participar en el estudio (Anexo I). La intención de esto es conocer sus hábitos en relación con el deporte, el consumo de pescado y cafeína y saber su IMC. A tenor con estos factores y según los criterios de exclusión e inclusión expuestos anteriormente, seleccionaremos las muestras a analizar. El fundamento de la encuesta se basa en la bibliografía encontrada y citada.

Análisis estadístico:

Después del análisis de las muestras se procederá con un estudio estadístico para determinar el efecto de los factores sobre cada uno de los parámetros de la calidad espermática.

Las variables de estudio para valorar la calidad espermática son de tipo cuantitativo y se analizarán principalmente las siguientes: volumen, pH, concentración de espermatozoides, motilidad, morfología y vitalidad. Los factores o variables de estudio son los siguientes: deporte, IMC, consumo de cafeína y consumo de pescado.

En el caso de la variable “Deporte” se observará en primer lugar si existen diferencias significativas entre el tipo practicado, ya sea ciclismo o running, mediante una prueba T de Student. Posteriormente, dentro de este mismo factor, y mediante el mismo test estadístico, se valorará individualmente la frecuencia de la práctica de cada uno de los deportes, diferenciando entre deportistas de élite y aficionados (control).

De manera similar se actuará en el caso del factor “Consumo de cafeína”, para el cual en primer lugar se estudiará si existen diferencias entre consumir café o refrescos de cola mediante una T de Student, y seguidamente, la cantidad de consumo de cada uno de ellos por separado, según los rangos mencionados anteriormente en la metodología del estudio. Para este último caso, se realizará un Análisis de la varianza (ANOVA) de una vía, debido a que existen 4 niveles de consumo (no bebedores, poco bebedores, bebedores moderados y bebedores fuertes).

El factor “IMC” se estudiará también mediante un ANOVA de una vía, debido a que existen 3 niveles de estudio (normopeso, sobrepeso y obesidad).

Finalmente, para el factor “Consumo de pescado” se realizará una T de Student, para estudiar las diferencias en el efecto entre las 2 dietas establecidas.

En principio, cada uno de los factores se estudiará por separado de la manera descrita y en el caso de que los resultados extraídos de este estudio sean estadísticamente significativos, se realizará otro análisis en el que se valorarán las posibles relaciones entre ellos. En este caso, será necesario utilizar otro tipo de test estadísticos que tengan en cuenta la relación o interacción entre las variables, como puede ser el Análisis multivariante de la varianza (MANOVA) [83].

Aplicaciones del estudio

La aplicación principal de este estudio es la toma de datos para otras futuras investigaciones sobre reproducción y hábitos saludables, con el fin de mejorar la fertilidad masculina. Otra de las aplicaciones es la concienciación y la divulgación de estos resultados para que la sociedad conozca los buenos hábitos, tanto de actividad física y peso como de alimentación, que puedan favorecer su aptitud reproductora. Con los resultados de este estudio es posible hacer recomendaciones a los varones que acuden a clínicas de fertilidad o buscan soluciones en tratamientos de reproducción asistida, ya que con lo expuesto anteriormente puede ser que, modificando algunos hábitos cotidianos, mejoren su calidad espermática.

Una de las aplicaciones anexas que se extrae de este estudio, es el conocimiento de la cantidad de microplásticos y metales pesados que pasan de los animales marinos al cuerpo humano y, sobre todo, cómo estos afectan a la reproducción. Para ello, compararemos el análisis realizado al pescado antes de su consumo, acerca de su contenido en metales pesados y microplásticos, con el análisis posterior de las muestras de semen, para así observar su posible efecto sobre la calidad seminal en comparación con el grupo control. Esta última aplicación es muy interesante debido al gran incremento en la contaminación de nuestros mares y océanos con estos compuestos. Desde los años 70 los científicos advirtieron e intentaron alertar a la sociedad de este problema. Ahora, casi 5 décadas más tarde, el problema es mucho peor de lo esperado, la abundancia de los microplásticos y su distribución es mayor de lo que se había estimado [84, 85, 86]. Ya en el 2001 se estimaba que la cantidad de plásticos en el pacífico era seis veces mayor a la biomasa de plancton [87] y en 2014 Cózar *et al.* exponían que habían de 7.000 a 35.000 toneladas en todo el océano [88]. En Canarias hay una gran polución por estos microplásticos, ya en 2014 se determinó que habían más de 100 gramos de estos por litro de arena [89]. Con respecto a los metales pesados, algunos estudios han relacionado el Cadmio, el Zinc o la Plata con una menor movilidad de los espermatozoides. Por otro lado, reducen la glucosa oxidada y el consumo de oxígeno por parte de los espermatozoides debido a su alto grado de oxidación, lo que se traduce en un grado menor de energía para los gametos sexuales masculinos [90, 91].

Conclusiones

1. El factor masculino, de forma individual, es responsable de un 25-30% de los casos de infertilidad, suponiendo un 50% en conjunto con las causas de origen idiopático.
2. El deporte de alto rendimiento, el índice de masa corporal y los niveles de consumo de cafeína y de pescado, pueden afectar a la fertilidad masculina. Estos factores han sido seleccionados en el presente trabajo por su presencia cotidiana en la sociedad actual.
3. Con el fin de evitar la influencia de factores externos al estudio en el análisis de las muestras, se ha diseñado una encuesta que permita focalizar el efecto de aquellos hábitos que hemos seleccionado.
4. El conocimiento de los hábitos extraídos de las encuestas, en comparación con el análisis de las muestras correspondientes, puede proporcionar información sobre su efecto en la calidad seminal y con ello alertar a la sociedad, con el fin de aumentar la probabilidad de obtener descendencia.
5. La obtención de resultados favorables en este estudio no sólo permitirá reducir gastos económicos en el ámbito de la reproducción asistida, sino que también proporcionará información sobre la presencia de microplásticos y metales pesados en el pescado y su impacto en el ser humano que lo consume.

Conclusions

1. Male factor, individually, is responsible in 25-30% of cases of infertility, assuming 50% together with causes of idiopathic origin.
2. The high performance sport, the body mass index and the levels of caffeine and fish consumption can affect male fertility. These factors have been selected in this work for their daily presence in today's society.
3. To avoid the influence of external factors in the analysis of the samples, a survey has been designed to focus on the effect of selected habits.
4. The knowledge of the habits extracted from the surveys, in comparison with the analysis of the corresponding samples, can provide information about its effect on semen quality and thereby raise public awareness alt society, in order to increase the probability of obtaining offspring.
5. Obtaining favourable results in this study will not only reduce economic costs in the field of assisted reproduction, but it also will provide information about the presence of microplastics and heavy metals in fish and its impact on the humans who consume it.

Anexo I: encuesta

Encuesta anónima de colaboración a la investigación

AUTOR: Ángel Daniel Rodríguez Zamora

Investigación: Influencia de los hábitos de consumo y el deporte en la fertilidad masculina.

** Se ruega contestar a todos los apartados con total sinceridad. En aquellas preguntas con varias opciones a elegir se debe seleccionar solo una de las presentes. Rodear el punto que acompaña a la respuesta seleccionada y no rellenar los apartados que se encuentren dentro de un recuadro.*

Edad: _____

Peso: _____

Altura: _____

Índice de masa corporal (IMC)

IMC =

1. ¿Tiene hijos?

- No.
- Sí con pareja anterior.
- Sí, con pareja actual.
- Sí, con varias parejas.

2. Responder en caso de tener hijos: ¿Su pareja ha tenido algún aborto? ¿Cuántos?

- No.
- Sí, con más de 1 pareja: ____
- Sí, sólo con 1 pareja: ____

3. Indique si su ocupación laboral actual se engloba dentro de los siguientes campos. En caso contrario, escríbala en "otras".

- Agricultura.
- Producción de pesticidas, herbicidas o PVC.
- Industrias o sectores con exposición a inhalación o contacto con disolventes orgánicos.
- Metalurgia, siderurgia y soldadura, en contacto con metales pesados.
- Fundición de metales, panadería, ceramistas o proximidad a altas temperaturas.
- Ocupaciones con períodos de tiempo sentado de más de 6 horas y conductores profesionales (taxistas, chóferes, etc.).
- Otras: _____

4. ¿Ha sufrido algún traumatismo en la zona genital?

- Sí.
- No.

5. ¿Suele exponerse a altas temperaturas? (Saunas, baños termales, etc.)?

- Sí.
- No.

6. ¿Ha superado algún tipo de cáncer o se ha sometido a tratamientos de quimioterapia, radioterapia o cirugía escrotal a lo largo de su vida?

- Sí.
- No.

7. ¿Presenta algún tipo de enfermedad de transmisión sexual (VIH, Hepatitis, Sífilis, etc.) o padece o ha padecido varicocele, hidrocele, criptorquidia o alguna enfermedad febril o infecciosa en los últimos 90 días?

- Sí.
- No.

8. ¿Es usted vegetariano o vegano?

- Sí.
- No.

9. ¿Hace usted deporte? En caso afirmativo, seleccione la modalidad y cuánto tiempo le dedica semanalmente. En esta pregunta puede seleccionar más de una opción si practica más de un deporte.

- No.
- Sí, running menos de 100 km a la semana.
- Sí, running 100 o más km a la semana.
- Sí, ciclismo menos de 5 horas a la semana.
- Sí, ciclismo 5 o más horas a la semana.
- Otros (indique modalidad y tiempo o distancia semanal): _____

10. ¿Toma usted café? En caso afirmativo, indique el número de tazas (100 ml) que consume al día.

- No.
- Sí, 1-3 tazas/día.
- Sí, 4-6 tazas/día.
- Sí, más de 6 tazas/día.

11. ¿Consume usted otro tipo de bebidas con cafeína (por ejemplo: Coca-Cola)? En caso afirmativo, indique la cantidad de botellas de 0,5 litros a la semana.

- No.
- Sí, 1-7 botellas/semana.
- Sí, 8-14 botellas/semana.
- Sí, más de 14 botellas/semana.

12. ¿Estaría usted dispuesto a llevar una dieta mediterránea estricta durante 6 meses?

- Sí.
- No.

Bibliografía

- [1] Jorrín, J.G. 2018. El Confidencial. https://www.elconfidencial.com/economia/2018-12-11/espana-menor-numero-nacimientos-historia-defunciones_1698198/. Consultado el 10 de mayo de 2019.
- [2] Salas-Huetos, A., Bulló, M., & Salas-Salvadó, J. 2017. Dietary patterns, foods and nutrients in male fertility parameters and fecundability: A systematic review of observational studies. *Human Reproduction Update*, 23(4), 371–389. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmx006>
- [3] Boivin, J., Bunting, L., Collins, J. A., & Nygren, K. G. 2007. International estimates of infertility prevalence and treatment-seeking: potential need and demand for infertility medical care. *Human Reproduction*, 22, 1506–1512. <https://doi.org/10.1093/humrep/dem046>
- [4] Zegers-Hochschild, F., Adamson, G. D., Dyer, S., Racowsky, C., de Mouzon, J., Sokol, R., Rienzi, L., Sunde, A., Schmidt, L., Cooke, I. D., Simpson, J. L. & van de Poel, S. 2017. The International Glossary on Infertility and Fertility Care. *Fertility and Sterility*, 108(3), 393–406. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2017.06.005>
- [5] Estadística del deporte federado. 2017. http://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:79ce5fb6-29a0-4b9b-950a-85b3f9c25c46/Estadistica_Deporte_Federado_2017.pdf. Consultado el 12 de mayo de 2019.
- [6] CMD Sport. 2016. La práctica deportiva en España crece un 45,9%. <https://www.cmdsport.com/multideporte/actualidad-multideporte/la-practica-deportiva-en-espana-crece-un-459/>. Consultado el 12 de mayo de 2019.
- [7] Gebreegziabher, Y., Marcos, E., McKinon, W., & Rogers, G. (2004). Sperm characteristics of endurance trained cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 25(4), 247–251. <https://doi.org/10.1055/s-2004-819933>
- [8] Wise, L. A., Cramer, D. W., Hornstein, M. D., Ashby, R. K., & Missmer, S. A. (2011). Physical activity and semen quality among men attending an infertility clinic. *Fertility and Sterility*, 95(3), 1025–1030. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2010.11.006>
- [9] De Souza, M. J., Arce, J. C., Pescatello, L. S., Scherzer, H. S., & Luciano, A. A. 1994. Gonadal hormones and semen quality in male runners. A volume threshold effect of endurance training. *Int J Sports Med*, 15, 383–91. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021075>
- [10] Pilar, S. A. 2016. La epidemia de la obesidad en España. <http://www.rtve.es/las-claves/la-obesidad-en-espana-2019-01-15/>. Consultado el 12 de mayo de 2019.
- [11] World Health Organization. 2018. Obesidad y sobrepeso. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. Consultado el 12 de mayo de 2019.
- [12] Informe del consumo de alimentación en España. 2017. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/informeconsumoalimentacionenespana2017_prefinal_tcm30-456186.pdf. Consultado el 8 de mayo de 2019.
- [13] Pearson-Jones, B. 2017. A map of all the countries that drink the most coffee. <https://www.indy100.com/article/map-countries-drink-most-coffee-7685421>. Consultado el 12 de mayo de 2019.
- [14] Moussa, M. M. 1983. Caffeine and sperm motility**Supported by World Health Organization grant M8-181-4-M191. This work was done at the University of California, Davis, School of Medicine, Davis, California. *Fertility and Sterility*, 39(6), 845–848. [https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(16\)47128-1](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(16)47128-1)
- [15] Confederación Española de Pesca (cepesca). 2017. <http://cepesca.es/wp-content/uploads/2018/12/Informe-del-Sector-Pesquero-Español-2017-CEPESCA.pdf>. Consultado el 13 de mayo del 2019.
- [16] Lass, A., & Belluzzi, A. 2019. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and IVF treatment. *Reproductive BioMedicine Online*, 38(1), 95–99. <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2018.10.008>
- [17] Gartner, L. P. & Hiatt, J. J. 2002. *Histología. Texto y atlas*. McGraw Hill Interamericana, 463–483.
- [18] López García, M. J., Urbano Felices, A., & Cárdenas Povedano, M. 2012. Manual de laboratorio para el análisis del semen. <http://dx.doi.org/10.3926/oss.5>
- [19] Eskenazi, B., Wyrobek, A. J., Slotter, E., Kidd, S. A., Moore, L., Young, S., & Moore, D. 2003. The association of age and semen quality in healthy men. *Human Reproduction*, 18(2), 447–454. <https://doi.org/10.1093/humrep/deg107>
- [20] Stone, B. A., Alex, A., Werlin, L. B., & Marrs, R. P. 2013. Age thresholds for changes in semen parameters in men. *Fertility and Sterility*, 100(4), 952–958. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2013.05.046>
- [21] Durairajanayagam, D. 2018. Lifestyle causes of male infertility. *Arab Journal of Urology*, 16(1), 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.aju.2017.12.004>
- [22] Carlsen, E., Andersson, A. M., Petersen, J. H., & Skakkebaek, N. E. 2003. History of febrile illness and variation in semen quality. *Human Reproduction*, 18(10), 2089–2092. <https://doi.org/10.1093/humrep/deg412>

- [23] Gulum, M., Cece, H., Yeni, E., Savas, M., Ciftci, H., Karakas, E., Celik, H., & Yagmur, I. 2012. Diffusion-Weighted MRI of the testis in hydrocele: A pilot study. *Urologia Internationalis*, 89(2), 191–195. <https://doi.org/10.1159/000339132>
- [24] Meiorow, D. & Schenker, J. G. 1995. Infertility: Cancer and male infertility. *Human Reproduction*, 10(8), 2017–2022. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.humrep.a136228>
- [25] Tanrikut, C., & Schlegel, P. N. 2010. Varicocele and Male Infertility. *Reproductive Endocrinology and Infertility: Integrating Modern Clinical and Laboratory Practice*, 445–451 https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1436-1_28
- [26] Oliva, A., Spira, A., & Multigner, L. 2001. Contribution of environmental factors to the risk of male infertility. *Human Reproduction*, 16(8), 1768–1776. <https://doi.org/10.1093/humrep/16.8.1768>
- [27] Ratcliffe, J. M., Schrader, S. M., Steenland, K., Clapp, D. E., Turner, T., & Hornung, R. W. 1987. Semen quality in papaya workers with long term exposure to ethylene dibromide. *British Journal of Industrial Medicine*, 44(5), 317–326. <https://doi.org/10.1136/oem.44.5.317>
- [28] Uzumcu, M., Suzuki, H., & Skinner, M. K. 2004. Effect of the anti-androgenic endocrine disruptor vinclozolin on embryonic testis cord formation and postnatal testis development and function. *Reproductive Toxicology*, 18(6), 765–774. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2004.05.008>
- [29] Wong, W. Y., Zielhuis, G. A., Thomas, C. M. G., Merkus, H. M. W. M., & Steegers-Theunissen, R. P. M. 2003. New evidence of the influence of exogenous and endogenous factors on sperm count in man. *European Journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology*, 110(1), 49–54. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(03\)00162-3](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(03)00162-3)
- [30] Zober, A., Hoffmann, G., Ott, M. G., Will, W., Germann, C., & van Ravenzwaay, B. 1995. Study of Morbidity of Personnel with Potential Exposure to Vinclozolin. *Occupational and Environmental Medicine*, 52(4), 233–241. <http://www.jstor.org/stable/27730307>
- [31] Chitra, K. C., Sujatha, R., Latchoumycandane, C., & Mathur, P. P. 2001. Effect of lindane on antioxidant enzymes in epididymis and epididymal sperm of adult rats. *Asian Journal of Andrology*, 3(3), 205–208. <http://europemc.org/abstract/MED/11561191>
- [32] Defamie, N., Mograbi, B., Roger, C., Cronier, L., Malassine, A., Brucker-Davis, F., Fenichel, P., Segretain, D. & Pointis, G. 2001. Disruption of gap junctional intercellular communication by lindane is associated with aberrant localization of connexin43 and zonula occludens-1 in 42GPA9 Sertoli cells. *Carcinogenesis*, 22(9), 1537–1542. <https://doi.org/10.1093/carcin/22.9.1537>
- [33] Latchoumycandane, C., Chitra, K. C., & Mathur, P. P. 2003. 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) induces oxidative stress in the epididymis and epididymal sperm of adult rats. *Archives of Toxicology*, 77(5), 280–284. <https://doi.org/10.1007/s00204-003-0439-x%0A>
- [34] Latchoumycandane, C., & Mathur, P. P. 2003. Induction of oxidative stress in the rat testis after short-term exposure to the organochlorine pesticide Methoxychlor. *Archives of Toxicology*, 76(12), 692–698. <https://doi.org/10.1007/s00204-002-0388-9>
- [35] Saradha, B., Vaithinathan, S., & Mathur, P. P. 2008. Single exposure to low dose of lindane causes transient decrease in testicular steroidogenesis in adult male Wistar rats. *Toxicology*, 244(2-3), 190–197. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2007.11.011>
- [36] Vaithinathan, S., Saradha, B., & Mathur, P. P. 2008. Transient inhibitory effect of methoxychlor on testicular steroidogenesis in rat: an in vivo study. *Archives of Toxicology*, 82(11), 833–839. <https://doi.org/10.1007/s00204-008-0301-2>
- [37] Naha, N., & Chowdhury, A. R. 2006. Inorganic Lead Exposure in Battery and Paint Factory: Effect on Human Sperm Structure and Functional Activity. *Journal of UOEH*, 28(2), 157–171. <https://doi.org/10.7888/juoeh.28.157>
- [38] Xu, D. X., Shen, H. M., Zhu, Q. X., Chua, L., Wang, Q. N., Chia, S. E. & Ong, C. N. 2003. The associations among semen quality, oxidative DNA damage in human spermatozoa and concentrations of cadmium, lead and selenium in seminal plasma. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 534(1), 155–163. [https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(02\)00274-7](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(02)00274-7)
- [39] Jensen, T. K., Bonde, J. P., & Joffe, M. 2006. The influence of occupational exposure on male reproductive function. *Occupational Medicine*, 56(8), 544–553. <https://doi.org/10.1093/occmed/kql116>
- [40] Jurewicz, J., Radwan, M., Sobala, W., Radwan, P., Bochenek, M., & Hanke, W. 2014. Effects of occupational exposure - Is there a link between exposure based on an occupational questionnaire and semen quality. *Systems Biology in Reproductive Medicine*, 60(4), 227–233. <https://doi.org/10.3109/19396368.2014.907837>
- [41] Jurewicz, J., & Hanke, W. 2011. Exposure to phthalates: Reproductive outcome and children health. A review of epidemiological studies. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 24(2), 115–141. <https://doi.org/10.2478/s13382-011-0022-2>

- [42] Sheiner, E. K., Sheiner, E., Hammel, R. D., Potashnik, G., & Carel, R. 2003. Effect of occupational exposures on male fertility: literature review. *Industrial Health*, 41(2), 55–62. <https://doi.org/10.2486/indhealth.41.55>
- [43] Hjollund, N. H., Storgaard, L., Ernst, E., Bonde, J. P., & Olsen, J. 2002. The relation between daily activities and scrotal temperature. *Reproductive Toxicology*, 16(3), 209–214. [https://doi.org/10.1016/S0890-6238\(02\)00026-6](https://doi.org/10.1016/S0890-6238(02)00026-6)
- [44] Hjollund, N. H., Bonde, J. P., Jensen, T. K., & Olsen, J. 2000. Diurnal scrotal skin temperature and semen quality. The Danish First Pregnancy Planner Study Team. *International Journal of Andrology*, 23(5), 309–318. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2605.2000.00245.x>
- [45] Orzylowska, E. M., Jacobson, J. D., Bareh, G. M., Ko, E. Y., Corselli, J. U., & Chan, P. J. 2016. Food intake diet and sperm characteristics in a blue zone: A Loma Linda Study. *European Journal of Obstetrics Gynecology and Reproductive Biology*, 203, 112–115. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2016.05.043>
- [46] Chavarro, J. E., Toth, T. L., Sadio, S. M., & Hauser, R. 2008. Soy food and isoflavone intake in relation to semen quality parameters among men from an infertility clinic. *Human Reproduction*, 23(11), 2584–2590. <https://doi.org/10.1093/humrep/den243>
- [47] Mínguez-Alarcón, L., Afeiche, M. C., Chiu, Y. H., Vanegas, J. C., Williams, P. L., Tanrikut, C., Toth, T. L., Hauser, R. & Chavarro, J. E. 2015. Male soy food intake was not associated with in vitro fertilization outcomes among couples attending a fertility center. *Andrology*, 3(4), 702–708. <https://doi.org/10.1111/andr.12046>
- [48] Hamilton-Reeves, J. M., Vazquez, G., Duval, S. J., Phipps, W. R., Kurzer, M. S., & Messina, M. J. 2010. Clinical studies show no effects of soy protein or isoflavones on reproductive hormones in men: Results of a meta-analysis. *Fertility and Sterility*, 94(3), 997–1007. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2009.04.038>
- [49] Beaton, L. K., McVeigh, B. L., Dillingham, B. L., Lampe, J. W., & Duncan, A. M. 2010. Soy protein isolates of varying isoflavone content do not adversely affect semen quality in healthy young men. *Fertility and Sterility*, 94(5), 1717-1722. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2009.08.055>
- [50] Messina, M. 2010. Soybean isoflavone exposure does not have feminizing effects on men: A critical examination of the clinical evidence. *Fertility and Sterility*, 93(7), 2095–2104. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2010.03.002>
- [51] Santos, M. 2018. Incidencia de los factores ambientales en la reproducción humana: nuevas tecnologías y hábitos tóxicos. Diseño experimental. Trabajo de Fin de Grado. Sección de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de La Laguna.
- [52] World Health Organization. 2010. WHO Laboratory Manual for the Examination of Human Semen and Cervical Mucus-Semen Interaction (5th ed.). Cambridge University Press.
- [53] World Health Organization. 2010. Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44441/9789243599977_spa.pdf?sequence=1. Consultado el 6 de mayo de 2019.
- [54] Józków, P., Mędraś, M., Lwow, F., Zagrodna, A., & Słowińska-Lisowska, M. 2017. Associations between physical activity and semen quality in young healthy men. *Fertility and Sterility*, 107(2), 373-378.e2. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2016.11.004>
- [55] Gaskins, A. J., Afeiche, M., Tanrikut, C., Petrozza, J. C., Hauser, R., & Chavarro, J. E. 2013. Physical and sedentary activities in relation to semen quality. *Fertility and Sterility*, 100(3), S123. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2013.07.1628>
- [56] Encuesta de hábitos deportivos en España. 2015. <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:cd14bedb-feb2-49ea-a433-2565a48d5898/encuesta-de-habitos-deportivos-2015-sintesis-de-resultados.pdf>. Consultado el 6 de mayo de 2019.
- [57] Lucía, A., Chicharro, J. L., Pérez, M., Serratos, L., Bandrés, F., & Legido, J. C. (2017). Reproductive function in male endurance athletes: sperm analysis and hormonal profile. *Journal of Applied Physiology*, 81(6), 2627–2636. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.6.2627>
- [58] Muñoz, V., Gargallo, P., Jueas, Á., Flández, J., Calatayud, J., & Colado, J. C. 2019. Influence of the different types and parameters of the physical exercise on seminal quality: a systematic review of the literature, 14, 25–42. <https://doi.org/10.12800/ccd.v14i40.1223>
- [59] Duclos, M. 2001. Effets de l'entraînement physique sur les fonctions endocrines. *Annales d'Endocrinologie*, 62, 19-32. DOI: AE-02-2001-62-1-C1-0003-4266-101019-ART2
- [60] Ferramosca, A., Moscatelli, N., Di Giacomo, M., & Zara, V. 2017. Dietary fatty acids influence sperm quality and function. *Andrology*, 5(3), 423–430. <https://doi.org/10.1111/andr.12348>
- [61] Instituto Nacional de Estadística. 2017. Determinantes de salud (obesidad y sobrepeso). http://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259926457058&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalle¶m3=1259924822888. Consultado el 7 mayo de 2019.

- [62] **Sociedad española de cirugía de la obesidad (seco)**. 2018. La obesidad también afecta al cerebro: puede causar trastornos psicológicos. http://www.seco.org/La-obesidad-tambien-afecta-al-cerebro-puede-causar-trastornos-psicologicos_es_1_100.html. Consultado el 7 de mayo de 2019.
- [63] **Durairajanayagam, D.** 2018. Lifestyle causes of male infertility. *Arab Journal of Urology*, 16(1), 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.aju.2017.12.004>
- [64] **Hammoud, A. O., Wilde, N., Gibson, M., Parks, A., Carrell, D. T., & Meikle, A. W.** 2008. Male obesity and alteration in sperm parameters. *Fertility and Sterility*, 90(6), 2222–2225. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2007.10.011>
- [65] **Eisenberg, M. L., Kim, S., Chen, Z., Sundaram, R., Schisterman, E. F., & Buck Louis, G. M.** 2014. The relationship between male BMI and waist circumference on semen quality: Data from the LIFE study. *Human Reproduction*, 29(2), 193–200. <https://doi.org/10.1093/humrep/det428>
- [66] **Sermondade, N., Faure, C., Fezeu, L., Shayeb, A. G., Bonde, J. P., Jensen, T. K., Van Wely, M., Cao, J., Martini, A. C., Eskandar, M., Chavarro, J. E., Koloszar, S., Twigt, J. M., Ramlau-Hansen, C. H., Borges, E. Jr., Lotti, F., Steegers-Theunissen, R. P. M., Zorn, B., Polotsky, A. J., La Vignera, S., Eskenazi, B., Tremellen, K., Magnusdottir, E. V., Fejes, I., Hercberg, S., Lévy, R. & Czernichow, S.** 2013. BMI in relation to sperm count: An updated systematic review and collaborative meta-analysis. *Human Reproduction Update*, 19(3), 221–231. <https://doi.org/10.1093/humupd/dms050>
- [67] **Craig, J. R., Jenkins, T. G., Carrell, D. T., & Hotaling, J. M.** 2017. Obesity, male infertility, and the sperm epigenome. *Fertility and Sterility*, 107(4), 848–859. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2017.02.115>
- [68] **Pasqualotto, F. F., Lucon, A. M., Sobreiro, B. P., Hallak, J., Pasqualotto, E. B., & Arap, S.** 2003. Does caffeine intake impair semen quality and hormonal levels in a fertile population? *Fertility and Sterility*, 80, 231. [https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(03\)01533-4](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(03)01533-4)
- [69] **Florack, E. I., Zielhuis, G. A., & Rolland, R.** 1994. Cigarette smoking, alcohol consumption, and caffeine intake and fecundability. *Preventive Medicine*, 23(2), 175–180. <https://doi.org/10.1006/pmed.1994.1024>
- [70] **Salas-Huetos, A., Bulló, M., & Salas-Salvadó, J.** 2017. Dietary patterns, foods and nutrients in male fertility parameters and fecundability: A systematic review of observational studies. *Human Reproduction Update*, 23(4), 371–389. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmx006>
- [71] **Jensen, T. K., Swan, S. H., Skakkebaek, N. E., Rasmussen, S., & Jørgensen, N.** 2010. Caffeine intake and semen quality in a population of 2,554 young danish men. *American Journal of Epidemiology*, 171(8), 883–891. <https://doi.org/10.1093/aje/kwq007>
- [72] **Informe del consumo de alimentación en España.** 2017. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/informeconsumoalimentacionenespana2017_prefinal_tcm30-456186.pdf. Consultado el 8 de mayo de 2019.
- [73] **Esmaili, V., Shahverdi, A. H., Moghadasian, M. H., & Alizadeh, A. R.** 2015. Dietary fatty acids affect semen quality: a review. *Andrology*, 3(3), 450–461. <https://doi.org/10.1111/andr.12024>
- [74] **Gaskins, A. J., Sundaram, R., Buck Louis, G. M., & Chavarro, J. E.** 2018. Seafood Intake, Sexual Activity, and Time to Pregnancy. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 103(7), 2680–2688. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-00385>
- [75] **Martínez-Soto, J. C., Domingo, J. C., Cordobilla, B., Nicolás, M., Fernández, L., Albero, P., Gadea, J., & Landeras, J.** 2016. Dietary supplementation with docosahexaenoic acid (DHA) improves seminal antioxidant status and decreases sperm DNA fragmentation. *Systems Biology in Reproductive Medicine*, 62(6), 387–395. <https://doi.org/10.1080/19396368.2016.1246623>
- [76] **Safarinejad, M. R.** 2011. Effect of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on semen profile and enzymatic anti-oxidant capacity of seminal plasma in infertile men with idiopathic oligoasthenoteratospermia: a double-blind, placebo-controlled, randomised study. *Andrologia* 43: 38–47. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2009.01013.x>
- [77] **Bonde, J. P., Toft, G., Rylander, L., Rignell-Hydbom, A., Giwercman, A., Spano, M., Manicardi, G. C., Bizzaro, D., Ludwicki, J. K., Zvyezday, V., Bonfeld-Jørgensen, E. C., Pedersen, H. S., Jönsson, B. A. G., & Thulstrup, A. M.** 2008. Fertility and markers of male reproductive function in Inuit and European populations spanning large contrasts in blood levels of persistent organochlorines. *Environ Health Perspect*, 116: 269–277. <https://doi.org/10.1289/ehp.10700>
- [78] **Kruger, T., Spano, M., Long, M., Eleuteri, P., Rescia, M., Hjelmborg, P. S., Manicardi, G. C., Bizzaro, D., Giwercman, A., Toft, G., Bonde, J. P., & Bonfeld-Jørgensen, E. C.** 2008. Xenobiotic activity in serum and sperm chromatin integrity in European and inuit populations. *Mol Reprod Dev* 75: 669–680. <https://doi.org/10.1002/mrd.20747>

- [79] Roqueta-Rivera, M., Stroud, C.K., Haschek, W.M., Akare, S. J., Segre, M., Brush, R. S., Agbaga, M. P., Anderson, R. E. Hess, R. A., & Nakamura, M. T. 2010. Docosahexaenoic acid supplementation fully restores fertility and spermatogenesis in male delta-6 desaturase-null mice. *J Lipid Res* 51: 360–367. <https://doi.org/10.1194/jlr.M001180>
- [80] Salas-Huetos, A., Babio, N., Carrell, D. T., Bulló, M., & Salas-Salvadó, J. 2019. Adherence to the Mediterranean diet is positively associated with sperm motility: A cross-sectional analysis. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39826-7>
- [81] Eslamian, G., Amirjannati, N., Rashidkhani, B., Sadeghi, M. R., Baghestani, A. R., & Hekmatdoost, A. 2015. Dietary fatty acid intakes and asthenozoospermia: A case-control study. *Fertility and Sterility*, 103(1), 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2014.10.010>
- [82] Conquer, J. A., Martin, J. B., Tummon, I., Watson, L. & Tekpetey, F. 2000. Effect of DHA supplementation on DHA status and sperm motility in asthenozoospermic males. *Lipids* 35: 149–154. <https://doi.org/10.1007/BF02664764>
- [83] Pardo, A. & San Martín, R. 2010. Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud II (2ª edición). Editorial Síntesis. Madrid. España. 74-291.
- [84] Herrera, A., Asensio, M., Martínez, I., Santana, A., Packard, T., & Gómez, M. 2018. Microplastic and tar pollution on three Canary Islands beaches: An annual study. *Marine Pollution Bulletin*, 129(2), 494–502. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.020>
- [85] Carpenter, E. J., & Smith, K. L. 1972. Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science*, 175(4027), 1240–1241. <https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240>
- [86] Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P., & Peck, B. B. 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science (New York, N.Y.)*, 178(4062), 749–750. <https://doi.org/10.1126/science.178.4062.749>
- [87] Moore, C. J., Moore, S. L., Leecaster, M. K., & Weisberg, S. B. 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 42, 1297–1300. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00114-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00114-X)
- [88] Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernández-León, S., Palma, A. T., Navarro, S., García-de Lomas, J., Ruiz, A., Fernández-de Puelles, M. L., & Duarte, C. M. 2014. Plastic debris in the open ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111, 10239–10244. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1314705111>
- [89] Baztan, J., Carrasco, A., Chouinard, O., Cleaud, M., Gabaldon, J. E., Huck, T., Jaffrès, L., Jorgensen, B., Miguelez, A., Paillard, C., & Vanderlinden, J. P. 2014. Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: first diagnosis of three islands in the Canary Current. *Mar. Pollut. Bull.* 80, 302–311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.052>
- [90] Holland, M. K., & White, I. G. 2016. Heavy Metals and Spermatozoa. 1. Inhibition of the Motility and Metabolism of Spermatozoa by Metals Related to Copper**Supported in part by the World Health Organization and Australian Research Grants Committee funds provided to I.G.W. *Fertility and Sterility*, 34(5),483–489. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(16\)45142-3](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(16)45142-3)
- [91] Yuyan, L., Junqing, W., Wei, Y., Weijin, Z., & Ersheng, G. 2008. Are serum zinc and copper levels related to semen quality? *Fertility and Sterility*, 89(4), 1008–1011. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2007.04.028>