



TRABAJO FIN DE GRADO

**CONTAMINANTES EN SUPLEMENTOS
ALIMENTICIOS: EFECTOS ADVERSOS Y RIESGO
DE DOPAJE**

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

AUTOR: JESÚS ZAPATA LINARES

TUTOR: GUILLERMO GERVANSINI RODRIGUEZ

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Problemática actual con el uso de suplementos alimenticios	8
1.2. Definiciones	9
1.3. Clasificación	10
1.3.1. <i>Clasificación de los suplementos alimenticios retirados del mercado según La Administración de drogas y alimentos de Estados Unidos (FDA) (9)</i>	12
1.3.2. <i>Clasificación de sustancias prohibidas según la Agencia Mundial Antidopaje (AMA)</i>	12
1.4. Regulación actual	12
1.4.1. <i>Marco regulatorio europeo sobre los suplementos alimenticios</i>	13
1.5. Contaminantes en suplementos: sustancias más frecuentes	14
1.5.1. <i>Esteroides anabolizantes androgénicos</i>	14
1.5.2. <i>Estimulantes del sistema nervioso central</i>	15
1.5.3. <i>Diuréticos</i>	17
1.6. Contaminantes en suplementos: sustancias menos frecuentes	18
1.6.1. <i>Benzodiazepinas</i>	18
1.6.2. <i>Corticoesteroides</i>	19
1.6.3. <i>Moduladores hormonales y metabólicos</i>	20
1.6.4. <i>Otros agentes anabólicos</i>	21
1.6.5. <i>Péptido librador de la hormona del crecimiento</i>	22
1.6.6. <i>Factores estimulantes de la eritropoyesis: cobalto</i>	23
1.7. ¿Por qué se contaminan los suplementos alimenticios?	24
1.8. ¿Estoy tomando un suplemento contaminado o no?	25
1.8.1. <i>Pruebas de terceros para la seguridad de suplementos alimenticios</i>	27
1.8.2. <i>Sellos utilizados en algunas empresas de terceros</i>	28
1.9. Casos de deportistas positivos por suplementos alimenticios	29
1.9.1. <i>El caso de Jessica Hardy. Relación con el caso de Alberto Contador</i>	29
1.9.2. <i>El caso de Asafa Powell</i>	31
1.9.3. <i>El caso de Samuel Sánchez</i>	32
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO	33
3. MATERIAL Y MÉTODOS	34
3.1. Revisión bibliográfica	34
3.1.1. <i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	34
3.1.2. <i>Búsqueda bibliográfica</i>	34

3.1.3.	<i>Estrategia de búsqueda</i>	35
3.1.4.	<i>Proceso de selección de artículos</i>	36
3.2.	Encuesta sobre el uso de suplementos alimenticios	36
3.2.1.	<i>Análisis estadístico</i>	36
4.	RESULTADOS	38
4.1.	Revisión bibliográfica	38
4.2.	Cuestionario	48
4.2.1.	<i>Descripción de los resultados</i>	48
4.2.2.	<i>Análisis estadístico</i>	50
5.	DISCUSIÓN	56
6.	CONCLUSIONES	61
7.	AGRADECIMIENTOS	62
8.	BILBIOGRAFÍA	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla clasificatoria general sobre los suplementos alimenticios disponibles para consumo.	11
Tabla 2. Descripción de los estudios analizados.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultado de búsqueda en Google: comprar suplementos alimenticios (18.700.000 resultados).....	9
Figura 2. Estructura química de un esteroide típico (testosterona)	14
Figura 3. Estructura química de un estimulante típico (anfetamina).....	16
Figura 4. Estructura química de un diurético típico (Hidroclorotiazida).	17
Figura 5. Estructura química de una benzodiazepina típica (Diazepam).	19
Figura 6. Estructura química de un corticoesteroide típico (Hidrocortisona)	20
Figura 7. Estructura química de un inhibidor de la aromatasas típico (Tamoxifeno).....	20
Figura 8. Estructura química de un SARM típico (Ostarina).	21
Figura 9. Estructura química de una hormona del crecimiento típica (GHRP-2).....	22
Figura 10. Estructura química del cobalto	23
Figura 11. Árbol de decisiones para la toma de suplementos alimenticios o ayudas ergogénicas	26
Figura 12. Sellos utilizados por algunas empresas de terceros.....	28
Figura 13. Jessica Hardy	29
Figura 14. Alberto Contador.	30
Figura 15. Asafa Powell.....	31
Figura 16. Samuel Sánchez.	32
Figura 17. Diagrama de flujos: resultados de búsqueda bibliográfica	38
Figura 18. Distribución por sexo.....	48
Figura 19. Distribución por edad	48
Figura 20. Resultado de la pregunta 3	48
Figura 21. Resultado de la pregunta 4	49
Figura 22. Resultado de la pregunta 5	49
Figura 23. Resultado de la pregunta 6	49
Figura 24. Resultado de la pregunta 7	50
Figura 25. Resultado de la pregunta 8	50
Figura 26. Distribución del sexo de acuerdo a las diferentes respuestas respecto al consumo de suplementos	51
Figura 27. Distribución de las respuestas del consumo de suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a sustancias en los suplementos	51
Figura 28. Distribución de las respuestas del consumo de suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la creencia de dopaje por su uso	52
Figura 29. Distribución de las respuestas del consumo de suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a su compra online.....	52
Figura 30. Distribución de las respuestas del consumo de suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la práctica de deporte	53
Figura 31. Distribución de las respuestas de la presencia de sustancias en suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la creencia de dopaje por su uso	53

Figura 32. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la seguridad de los suplementos.....	54
Figura 33. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la creencia de dopaje por suplementos	54
Figura 34. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la compra online de suplementos	54
Figura 35. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto al consumo de suplementos	55
Figura 36. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la creencia de sustancias ilegales en suplementos	55
Figura 37. Astérix consumiendo la poción mágica.....	60

ABREVIATURAS

UE: Unión Europea

RAE: Real Academia Española

EEUU: Estados Unidos

FDA: Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos

AMA: Agencia Mundial Antidopaje

DHEA: dihidroepiandrosterona

EAA: esteroides anabolizantes androgénicos

DHT: dihidrotestosterona

TDAH: trastorno por déficit de atención e hiperactividad

DMAA: dimetilamilamina

FEA: feniletilamina

GABA: ácido gamma-aminobutírico

SARMS: moduladores selectivos del receptor de andrógenos

SIDA: síndrome de inmunodeficiencia adquirida

GHRP: péptido liberador de la hormona del crecimiento

GH: hormona del crecimiento

GHRP-2: péptido liberador 2 de la hormona del crecimiento

IGF: factores de crecimiento insulinoides

IGF-1: factor de crecimiento insulinoide 1

IGF-2: factor de crecimiento insulinoide 2

HIF-1 α : factor inducible por hipoxia 1 α

HIF-2 α : factor inducible por hipoxia 2 α

EPO: eritropoyetina

COI: Comité Olímpico Internacional

ONAD: Organizaciones Nacionales Antidopaje

AEPSAD: Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte

AEMPS: Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios

JJOO: Juegos Olímpicos

TAS: Tribunal de Arbitraje Deportivo

IAAF: Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo

UCI: Unión Ciclista Internacional

MeSH: Medical Subject Headings

RESUMEN

Título: Contaminantes en suplementos. Riesgo de dopaje y efectos adversos.

Autor: Jesús Zapata Linares

Tutor: Guillermo Gervasini Rodríguez

Curso Académico: 2020/2021

Objetivos: revisión bibliográfica para dar a conocer la existencia habitual de contaminantes en los suplementos alimenticios y sus posibles repercusiones sobre la salud. Realización de una encuesta para recoger el pensamiento general de la población sobre el uso de suplementos alimenticios y la presencia de contaminantes en estos.

Material y métodos: búsqueda bibliográfica en 3 bases de datos con una serie de términos y criterios de inclusión y exclusión rescatando aquellos artículos que respondían a nuestros objetivos. Lanzamiento de una encuesta de 8 preguntas realizada mediante la herramienta Google Forms a través de diferentes redes sociales para proceder después a un análisis estadístico mediante el programa IBM SPSS Statistics 22.

Resultados: de los 627 artículos obtenidos con criterios de inclusión y exclusión finalmente fueron 15 los que cumplían los objetivos planteados por el estudio. Por otro lado, la encuesta fue realizada por 600 personas (en su mayoría hombres) donde los hombres y los consumidores de suplementos mostraban una inclinación favorable o no en la mayoría de las cuestiones.

Conclusiones: es más que frecuente la contaminación (esteroides y estimulantes principalmente) de los suplementos sin un 100% de seguridad de su pureza. En las 600 muestras de la encuesta los hombres y deportistas consumían más suplementos, además la edad mostró ser un condicionante para varias de las preguntas realizadas.

Summary:

Objetives: showing the habitual existence of contaminants in dietary supplements and collecting the general thought of the population about the use of dietary supplements through a survey.

Methodology: i used three databases to find the most suitable articles. We did a survey with Google Forms and we share at social networks. I used IBM SPSS Statistics 22 for statistical analysis.

Results: i have found 627 articles and i have used 15 articles. The survey was done by 600 people

Conclusion: the presence of contaminants in dietary supplements is frequent, principally steroids and stimulants. In the survey men and athletes consumed more supplements and the oldest people conditioned several of the questions asked it.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática actual con el uso de suplementos alimenticios

Desde edad temprana los atletas han intentado elevar la escala de la ventaja competitiva empleando diferentes estrategias, ¿una de ellas?, el empleo de ayudas ergogénicas y suplementos alimenticios (1).

En este punto comienza la problemática. ¿Cuál es el límite entre “ayuda” y dopaje? Y más peligroso aún, ¿qué repercusiones sobre la salud del deportista tiene? La ingesta de un producto inadecuado, a dosis incorrectas o de dudoso origen puede culminar con graves problemas sobre la salud y/o con resultados positivos en los controles antidoping (2).

¿Y por qué del auge de este problema ahora? Bueno, el uso de suplementos en la práctica deportiva se ha realizado desde siempre, pero es a partir del 2002 (cuando se les dota un marco jurídico en la Unión Europea (UE)) y a partir del 2011 (con nuevos perfiles de consumidores) cuando la expansión de la industria se ha ido incrementando paulatinamente (3,4). Una población cada vez más envejecida, una mayor preocupación por la salud y un mayor acceso a internet y las nuevas tecnologías son las claves de la irrupción de este nuevo perfil de consumidor: el mConsumer. Este nuevo tipo de perfil se asocia a clientes preocupados por su bienestar que realizan sus compras a través de dispositivos móviles (5). La comodidad es la principal baza para adquirir este tipo de productos por internet, donde los peligros que acapara la compra online se encuentran a flor de piel: falta de regulación, inexistencia de receta médica y ninguna garantía en su formulación, contenidos y efectos (6).

Así mismo en la Figura 1 podemos observar el impacto al que nos referimos cuando queremos comprar suplementos alimenticios online.



Figura 1. Resultado de búsqueda en Google: comprar suplementos alimenticios (18.700.000 resultados).

1.2. Definiciones

- “Acción o efecto de suplir”
- “Cosa o accidente que se añade a otra cosa para hacerla íntegra o perfecta”

Éstas son las dos definiciones acuñadas por la Real Academia Española (RAE) para la palabra suplemento (<https://dle.rae.es/suplemento>).

- “Cosa, cualidad o circunstancia que se añade a otra para hacerla íntegra o perfecta”

Mientras tanto esta es la que utiliza la RAE para la palabra complemento (<https://dle.rae.es/complemento?m=form>).

Observamos que ambos términos comparten una definición muy similar, no obstante, al añadir el adjetivo “alimenticio” es probable que se esté haciendo un mal uso de ambas definiciones ya que suplir, que puede ser entendido como sustituir, es diferente a complementar. Así pues, dentro de este marco teórico, lo más correcto sería hablar de complemento alimenticio.

Del mismo modo con la regulación del uso de este tipo de productos en la directiva 2002/46/CE de la UE se utiliza el término de “complemento alimenticio” donde queda definido como: “los productos alimenticios cuyo fin sea complementar la dieta normal y consistentes en fuentes concentradas de nutrientes o de otras sustancias que tengan un efecto nutricional o fisiológico, en forma simple o combinada, comercializados en forma dosificada, es decir cápsulas, pastillas, tabletas, píldoras y otras formas similares, bolsitas de polvos, ampollas de líquido, botellas con cuentagotas y otras formas similares de líquidos y polvos que deben tomarse en pequeñas cantidades unitarias” (3).

Por otra parte, tenemos el término de “ayuda ergogénica” que engloba un aspecto más amplio. Dicho concepto se define como “cualquier maniobra o método (nutricional, físico, mecánico, psicológico o farmacológico) realizado con el fin de aumentar la capacidad para desempeñar un trabajo físico y mejorar el rendimiento”. Así pues, podemos decir que un complemento alimenticio es una ayuda ergogénica (2).

No obstante, es difícil imponer una definición única o unitaria de “suplemento o complemento” aunque sea precisa en algunas instituciones como la UE o Estados Unidos (EEUU). Esto se debe a la falta de consenso global para determinar qué es esta categoría y que queda dentro y fuera de ella. Todo ello da lugar a grandes discrepancias entre los diferentes países para definir y regular estos productos: lo que en un país se considera suplemento alimenticio en otro puede ser complemento dietético, con unas connotaciones completamente diferentes (7).

1.3. Clasificación

Los suplementos alimenticios se han clasificado y categorizado de muchas formas paralelamente a su estudio, pero ninguna acaba siendo del todo satisfactoria. La falta de un consenso global como hablaba en el apartado anterior y la gran diversidad o variedad que abarca dicho grupo son los motivos que hacen que clasificar los diferentes suplementos sea una misión más que difícil (8).

De manera general los suplementos alimenticios se han clasificado según su uso como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla clasificatoria general sobre los suplementos alimenticios disponibles para consumo. Adaptado de Nieves Palacios Gil de Antuñano y cols (2).

Categoría por uso	¿Para qué se usa?	Ejemplos
<u>Productos para deportistas</u>	Productos especializados y útiles para cuando no es práctico garantizar una fuente de nutrientes con los alimentos comunes y habituales.	Geles, bebidas deportivas, barras, confitería deportiva y proteínas en polvo.
<u>Suplementos de uso médico</u>	Utilizados para tratar cuestiones de uso clínico como deficiencias nutricionales diagnosticadas	Suplementos multivitamínicos, minerales, hierro, calcio, suplementos de vitamina D, probióticos...
<u>Suplementos o ayudas ergogénicas</u>	Destinados para aumentar el rendimiento	Cafeína, β-alanina, proteínas, creatina, bicarbonato, nitrato y combinados de ellos.
<u>Alimentos funcionales y superalimentos</u>	Su función es garantizar y optimizar la salud y el rendimiento	Derivados de hierbas, algas, fibras vegetales, semillas (como la chía), frutas alcalinizantes, bayas y extractos.
<u>Otros suplementos</u>	Suplementos para adelgazar, aumentar la energía y la libido, evitar la pérdida de cabello...	Amplia variedad y gama de extractos y concentrados de vegetales y hierbas (batidos, comprimidos...)

1.3.1. *Clasificación de los suplementos alimenticios retirados del mercado según La Administración de drogas y alimentos de Estados Unidos (FDA) (9).*

Del mismo modo la FDA establece una lista clasificatoria, pero sobre aquellos suplementos que han sido eliminados del mercado por contaminación. En él se establece la fecha de prohibición, la compañía que lo comercializaba, el nombre del producto, el contaminante que presentaba, el lote y la categoría del producto (para desarrollo muscular, para pérdida de peso, para ganancia de energía o para la mejora sexual).

Como se indica, en dicha lista aparece únicamente una pequeña parte de todos los suplementos que pueden estar contaminados, por lo que es responsabilidad del consumidor el tener cuidado a la hora de tomar ciertos productos comercializados según esta categoría.

1.3.2. *Clasificación de sustancias prohibidas según la Agencia Mundial Antidopaje (AMA)*

Así pues, la AMA establece una lista de sustancias y métodos prohibidos que es actualizada anualmente para incorporar o retirar sustancias o métodos que atentan tanto contra la salud del deportista como contra los valores éticos del deporte (10).

Cualquiera de los productos de la lista puede encontrarse incorporado en un suplemento alimenticio, por lo que todo deportista debe de conocer aquello que está tomando para no dar positivo en un test antidoping y para lo más importante de todo: proteger su propia salud (11).

1.4. Regulación actual

Uno de los principales sino el principal problema del abuso actual de suplementos alimenticios es la falta y escasa regulación que presentan. A pesar de que existe un marco legislativo dentro de la UE para su uso, la falta de consenso global provoca un gran vacío que es aprovechado por aquellos que quieren hacer trampa y

dinero. Lo que en un país está incluido como suplemento o complemento, por ejemplo, la dihidroepiandrosterona (DHEA) en EEUU, en otros países está regulado y sujeto a supervisión sanitaria. En este marco internacional no ayudan la postura de países como China o India que presentan un marco regulatorio y un arraigo cultural en cuanto a la medicina tradicional o fitomedicina se refiere (7).

Dentro de la UE existe una regulación de los complementos como alimentos, así como de aquellas vitaminas y minerales que pueden formar parte de los mismos. También existe una serie de normas establecidas por la Comisión Europea para intentar proteger a los consumidores y evitar riesgos para la salud, para ello ha elaborado una lista de sustancias que tienen (o se sospecha) efectos adversos contra la salud (12).

1.4.1. Marco regulatorio europeo sobre los suplementos alimenticios.

- Directiva 2002/46/CE: Regulación inicial del uso de suplementos alimenticios y establecimiento de una lista de vitaminas y/o minerales utilizados en los complementos y los requisitos del etiquetado (3).
- Reglamento (CE) nº 178/2002: Consideración de los suplementos como productos alimenticios y otorgamiento de la responsabilidad al operador de la empresa alimentaria que se encarga de comercializar el producto (13).
- Reglamento (CE) nº 1925/2006: Regula la adición de sustancias para enriquecer los alimentos (14).
- Reglamento (CE) nº 1333/2008: Establece una lista de aditivos autorizados para su uso en suplementos alimenticios: edulcorantes, colorantes... (15).
- Reglamento (CE) nº 2015/2283: Evaluación de sustancias sin historial clínico seguro en la UE de antes de 1997 (16).

No obstante, la Directiva 2002/46/CE y el Reglamento (CE) nº 1925/2006 quedaron modificados por el Reglamento (CE) nº 1170/2009 tanto en la lista de vitaminas y minerales como en la adición de sustancias para enriquecer los alimentos (17).

Así pues, España como estado miembro de la UE estableció el Real Decreto 1487/2009 del 26 de septiembre para trasponer al ordenamiento jurídico español la Directiva 2002/46/CE emitida por la UE (18). Este Real Decreto fue modificado por el Real Decreto 130/2018 del 16 de marzo (19).

1.5. Contaminantes en suplementos: sustancias más frecuentes

Aunque cualquiera de las diferentes sustancias que la AMA cataloga como dopantes pudiera aparecer en un suplemento alimenticio, existen algunas que se encuentran más frecuentemente en estos preparados.

La mayoría de los suplementos retirados del mercado por contaminación presentan: esteroides anabolizantes androgénicos, estimulantes del sistema nervioso central y/o diuréticos (20). Todas ellas son sustancias recogidas por la AMA como prohibidas tanto por su capacidad de mejorar el rendimiento como por los problemas de la salud que acarrea su uso no sujeto a prescripción médica (10).

1.5.1. Esteroides anabolizantes androgénicos

Los esteroides anabolizantes androgénicos (EAA) son derivados sintéticos de las hormonas sexuales masculinas (testosterona principalmente, Figura 2) (21). Aquellos cuyo uso no ha sido probado en humanos se conocen como EAA de diseño (20).

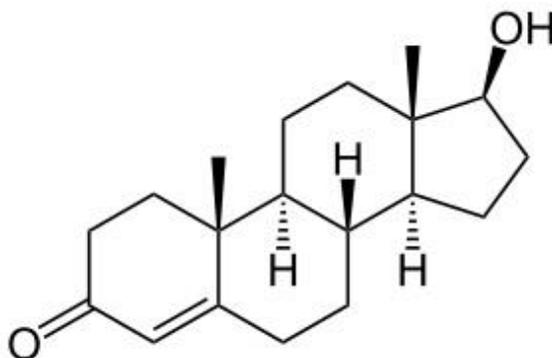


Figura 2. Estructura química de un esteroide típico (testosterona).

Disponible en:

<http://esteroides1.blogspot.com/2012/>

- Mecanismo de acción: aumento de la síntesis de proteínas al interactuar con receptores androgénicos intracelulares nucleares, desencadenando el desarrollo de caracteres sexuales secundarios masculinos mediante expresión génica (22).
- Aplicación clínica: tratamiento de varias enfermedades como por ejemplo anemias, enfermedades terminales y debilitantes, cáncer de mama con metástasis, reposición en insuficiencia testicular o hipogonadismo (22).
- Aplicación en el dopaje: aumento de la fuerza y del tamaño muscular al aumentar la síntesis proteica (22).
- Efectos adversos: disminuye la secreción de gonadotropinas y por lo tanto de testosterona endógena, ictericia colestésica, síntomas psicóticos, agresividad, irritabilidad, enfermedad renal y hepática, enfermedad coronaria y eventos cardiovasculares (22,23).
 - Efectos adversos específicos en hombres: calvicie, ginecomastia y esterilidad.
 - Efectos adversos específicos en mujeres: calvicie, voz grave, hirsutismo e inhibición de la ovulación.
- Ejemplos de anabolizantes presentes en suplementos alimenticios: estanozolol, DHEA, dihidrotestosterona (DHT), oxandrolona, androstenodiona, metandienona, methasteran. También existen prohormonas que se metabolizan en EAA en el cuerpo, por ejemplo, el prostanazolol (20,24,25).
- Comercializado como: productos o suplementos para el desarrollo muscular (9,20).

1.5.2. *Estimulantes del sistema nervioso central*

Los estimulantes son un tipo de fármaco que es capaz de excitar poderosamente el sistema nervioso central (23).

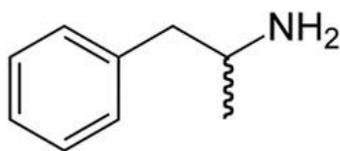


Figura 3. Estructura química de un estimulante típico (anfetamina).

Disponible en:

<https://informacionsobredrogas.com/composicion-quimica-de-la-anfetamina/>

- Mecanismo de acción: aumenta la liberación de catecolaminas (noradrenalina y dopamina) y/o inhiben (bloquean) su recaptación. Se produce así unos niveles muy altos de estos neurotransmisores en el espacio sináptico lo que aumenta el estado de alarma, la actividad locomotriz y la euforia (23).
- Aplicación clínica: son unos fármacos que presentan una aplicación muy limitada. Algunos de ellos se usan para tratar el trastorno por déficit de atención e hiperactividad en niños (TDAH), por ejemplo, el metilfenidato (22,23).
- Aplicación en el dopaje: reducción del cansancio físico y/o mental y aumento pequeño pero significativo del rendimiento deportivo (sobre todo en deportes de resistencia) (23).
- Efectos adversos: algunos de ellos son taquicardias, ansiedad, pánico, alucinaciones, aumento de la agresividad, psicosis anfetamínica (similar a un brote agudo de esquizofrenia) y eventos cardiovasculares (22,23).
- Ejemplos de estimulantes presentes en suplementos alimenticios: sibutramina, efedrina, dimetilamiloamina (DMAA) y otros derivados de anfetaminas, feniletilamina (FEA) y derivados y locaserina. Muchos de ellos son derivados de la anfetamina (Figura 3) (20,24,25).
- Comercializado como: productos o suplementos para la pérdida de peso y ganancia de energía (quemagrasas) (9,20).

1.5.3. Diuréticos

Los diuréticos son un tipo de fármacos cuyo principal objetivo es aumentar la diuresis a través del riñón (23). En los suplementos alimenticios aparecen más asiduamente los diuréticos tiazídicos y los diuréticos de asa (20).

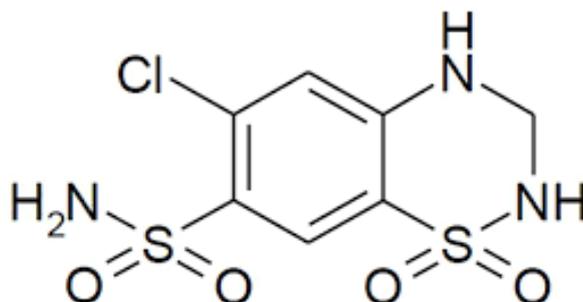


Figura 4. Estructura química de un diurético típico (Hidroclorotiazida).

Disponible en:

https://cima.aemps.es/cima/pdfs/ipe/82074/IPE_82074.pdf

- **Mecanismo de acción:** aumenta la excreción de diferentes electrolitos en el riñón y/o inhiben su recaptación. Para disminuir la concentración de electrolitos, el riñón incrementa la cantidad de agua aumentando así la diuresis (22,23).
 - Diuréticos tiazídicos: inhiben el transportador de Na^+ y Cl^- en el túbulo contorneado distal (TCD), por lo que aumenta su concentración en la orina.
 - Diuréticos de asa: inhiben el proceso de reabsorción de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , por lo que aumenta su concentración en la orina. Se conocen como diuréticos “de alto techo” por la gran eliminación de electrolitos que provoca.
- **Aplicación clínica:** fármacos que presentan varias aplicaciones como hipertensión arterial, síndrome nefrótico, edema pulmonar agudo o insuficiencia renal (26,27).
- **Aplicación en el dopaje:** enmascarar sustancias dopantes (al aumentar el volumen de agua disminuye su concentración), se utiliza en deportes de escala que presentan división por peso como boxeo, lucha o levantamiento de pesas,

también en deportes con peso corporal bajo como gimnasia o ballet y para conseguir pérdidas de peso rápidas (23-25).

- Efectos adversos: múltiples como arritmias e insuficiencia cardíaca (en los de asa por la pérdida de K^+ que es fundamental en los tejidos contráctiles, por lo que se utilizan fármacos ahorradores de potasio), deshidratación, trastornos electrolíticos, disminución de la tensión arterial y mareos (22,23).
- Ejemplos de diuréticos encontrados en suplementos: hidroclorotiazida (diurético tiazídico), Figura 4 (9).
- Comercializado como: productos o suplementos para la pérdida de peso (9,20).

1.6. Contaminantes en suplementos: sustancias menos frecuentes

Existen otro tipo de sustancias que aparecen en los suplementos alimenticios y aunque estén presentes en menor proporción también pueden acarrear graves problemas para la salud (20,24,25).

1.6.1. Benzodiazepinas

Los benzodiazepinas (como el diazepam (Figura 5)) son un tipo de ansiolítico que actúa sobre la conformación A del receptor del ácido gamma-aminobutírico (GABA) (neurotransmisor relajante) aumentando así la afinidad entre receptor y GABA. Este producto es utilizado para disminuir ansiedad y agresividad, disminuir el tono muscular, anticonvulsiónante... Sin embargo, también tiene efectos adversos y peligrosos como su toxicidad aguda, dependencia, tolerancia, ataxia y confusión entre otros. Su aplicación dopante es limitada siendo una sustancia no prohibida por la AMA, pero con relevantes efectos secundarios para la salud (23,28).

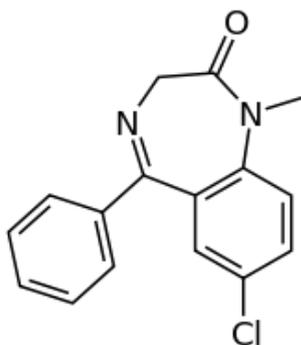


Figura 5. Estructura química de una benzodiazepina típica (Diazepam).

Disponible en:

<https://www.farmaciegermana.com/blog/benzodiazepinas-hipnoticos-ansioliticos-solucion-o-problema>

1.6.2. Corticoesteroides

Los corticoesteroides o glucocorticoides son el producto final (también mineralcorticoides) del eje fisiológico de la hormona corticotropina. Estos productos se unen a receptores nucleares induciendo o reprimiendo la transcripción de determinados genes. Los glucocorticoides se usan como fármacos en diferentes trastornos inflamatorios y autoinmunes, en la enfermedad de Addison o hiperplasia adrenal, asma y en el síndrome de Cushing (23). Su uso en el dopaje viene justificado por el aumento de los andrógenos suprarrenales (más débiles que los esteroides) pero a la vez aumenta la proteólisis y disminuye la captación de glucosa del músculo, por lo que su uso como agente dopante estaría discutido. Por otro lado, sus efectos adversos derivan más bien de un consumo prolongado a largo plazo siendo algunos de ellos: atrofia y debilidad muscular, calambres, hiperglucemia, trastornos menstruales, cambios de humor y síntomas gastrointestinales (22,23). Algunos suplementos presentan contaminación por corticoesteroides como la hidrocortisona cuya formulación química aparece reflejada en la Figura 6 (9).

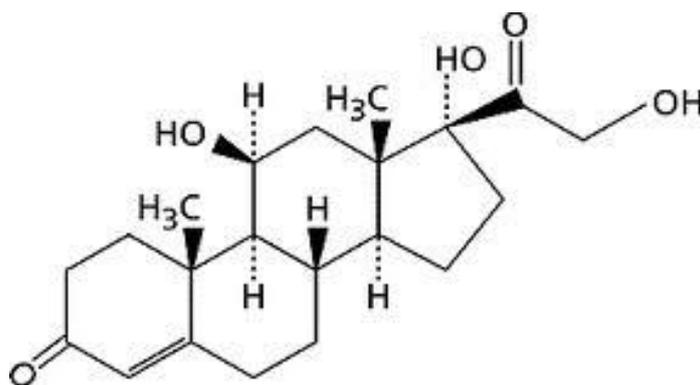


Figura 6. Estructura química de un corticoesteroide típico (Hidrocortisona). Disponible en: <https://dermas.info/?farma=hidrocortisona>

1.6.3. Moduladores hormonales y metabólicos

Algunas sustancias como los inhibidores de la aromatasa (por ejemplo, el tamoxifeno, Figura 7), han aparecido en diferentes suplementos que aseguraban un aumento del desarrollo muscular (9). Los inhibidores de la aromatasa son un tipo de fármaco utilizado en el cáncer de mama. La aromatasa convierte los andrógenos en estrógenos, así pues, estos inhibidores bloquean la actividad enzimática de dicha enzima evitando la mencionada conversión. Su aplicación en el dopaje viene dada por el aumento indirecto de andrógenos, ocasionando todos los efectos anteriormente mencionados en los esteroides. No obstante, de su uso se han descrito varios efectos adversos como problemas tromboembólicos y trombosis venosa profunda, trastornos osteomusculares, náuseas, sofocos, artritis y debilidad (23).

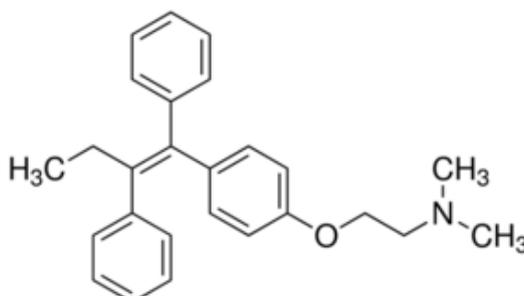


Figura 7. Estructura química de un inhibidor de la aromatasa típico (Tamoxifeno). Disponible en: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/t5648?lang=es®ion=ES>

1.6.4. Otros agentes anabólicos

Recientemente se ha descubierto que algunos suplementos alimenticios presentan un nuevo tipo de fármaco en desarrollo: los moduladores selectivos del receptor de andrógenos (SARMS) como por ejemplo el ligandrol y la ostarina (Figura 8) (29). Este tipo de ligando actúa como agonista total en los receptores de los órganos anabólicos (músculo y huesos) pero como agonista parcial en los receptores de tejidos androgénicos, lo que deriva en un aumento de las características anabólicas del individuo sin la presencia de efectos androgénicos. Estas funciones de los SARMS los hacen muy útiles para tratar enfermedades como el hipogonadismo, la osteoporosis, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) y diferentes anemias, pero al mismo tiempo los hacen muy suculentos para el mundo del dopaje por sus múltiples beneficios y sus escasos efectos adversos al anular la acción androgénica de los dopantes anabólicos clásicos (30). No obstante, al parecer sigue existiendo riesgo de eventos cardíacos y problemas asociados con el hígado (29).

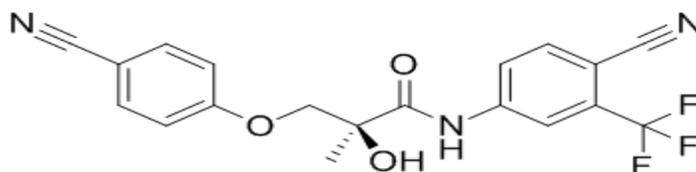


Figura 8. Estructura química de un SARM típico (Ostarina). Disponible en:

https://www.chemsrc.com/en/cas/841205-47-8_601292.html

1.6.5. Péptido librador de la hormona del crecimiento

El péptido librador de la hormona del crecimiento (GHRP) es un tipo de proteína que estimula la liberación de hormona del crecimiento (GH) en la adenohipófisis. Principalmente, es el péptido liberador 2 de la hormona del crecimiento (GHRP-2) el que se encuentra en algunos suplementos alimenticios (31). El GHRP-2 (Figura 9) y los demás péptidos relacionados son agonistas del receptor de grelina estimulando así la liberación de GH en la hipófisis. Sin embargo, no es la hormona del crecimiento si no los factores de crecimiento insulinoideos (IGF) y más concretamente el factor de crecimiento insulinoide 1 (IGF-1), los que realizan los efectos demandados por el dopaje. Los IGF son producidos en el hígado en respuesta a la liberación de GH y se encargan de mediar una serie de efectos anabólicos y de promoción del crecimiento. Los efectos fisiológicos más relevantes de su aplicación dopante incluyen un incremento de la masa muscular, favorecimiento del crecimiento óseo y un aumento de la tasa de filtración glomerular. La aplicación clínica de GH viene dada por un déficit de la misma (enanismo hipofisario) o una alteración en la formación o acción de los IGF. No obstante, puede causar diferentes efectos adversos como acromegalia en adultos, así como mareos, sofocos, diabetes, hipertensión, dolores articulares y edema (23). Además, algunos de estos suplementos contenían GHRP con una actividad oral excesivamente alta pudiendo desencadenar potencialmente efectos farmacéuticos (31).

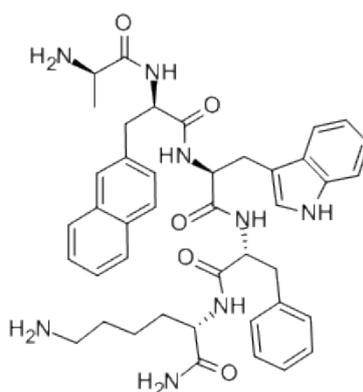


Figura 9. Estructura química de una hormona del crecimiento típica (GHRP-2). Disponible en:

<http://spanish.raw-hormonepowders.com/sale-8646675-raw-human-growth-peptides-powder-ghrp-2-with-dosage-instructions-ghrp2.html>

1.6.6. Factores estimulantes de la eritropoyesis: cobalto

El cobalto (Figura 10) es un mineral que en su forma iónica (Co^{2+}) se comporta como si de un fenómeno hipóxico se tratase: estabiliza el factor inducible por hipoxia 1α (HIF- 1α) y el factor inducible por hipoxia 2α (HIF- 2α) que favorece una mayor producción de eritropoyetina (EPO) (32). La EPO es un citoquina glucoproteica que estimula la producción de eritrocitos (proteínas encargadas del transporte de oxígeno molecular (O_2) por la sangre) aumentando así la cantidad de O_2 circulante. De ahí proviene su utilización en el dopaje suponiendo una clara ventaja sobre todo en deportes aeróbicos como ciclismo y atletismo de fondo (23,32). Entre las décadas de 1940 y 1970 el tratamiento con altas dosis de Co^{2+} fue muy utilizado para el abordaje de anemias de diferentes causas sin embargo su terapia fue abandonada debido al aumento significativo de la hemoglobina, el hematocrito y los reticulocitos y su relación con intoxicación aguda, lesión orgánica, enfermedad gastrointestinal, disfunción tiroidea, efectos miocárdicos y alteraciones neuronales y sensoriales. En el deporte ecuestre, el dopaje por cobalto es un tema de primordial importancia que se ha extendido hasta el deporte humano con una preocupación demostrada desde la incorporación como sustancia prohibida por la AMA en 2015. En esta línea, el cobalto ha sido encontrado en suplementos alimenticios que prometían una estimulación de la eritropoyesis y mejora del rendimiento en deportes de resistencia (32).

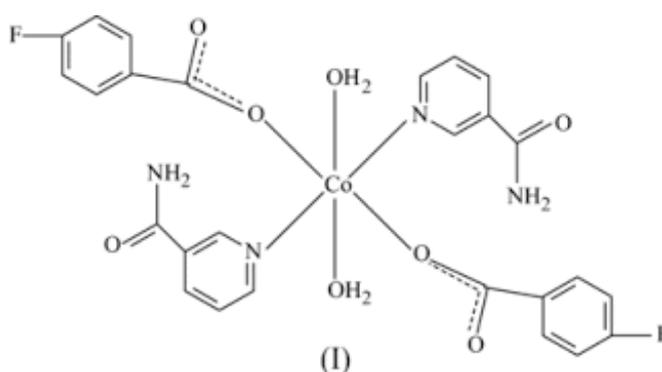


Figura 10. Estructura química del cobalto. Disponible en:

<http://cobaltoinformacion.blogspot.com/2011/03/quimica-general.html>

1.7. ¿Por qué se contaminan los suplementos alimenticios?

La contaminación de los suplementos alimenticios es algo difícil de evaluar, aunque se establece que las causas de esta se deben fundamentalmente a dos criterios: contaminación intencional (añadiéndole un componente no declarado que no figura en el etiquetado) y por contaminación cruzada (de forma accidental y casual). Al parecer la contaminación cruzada acapara la mayor parte de la misma, debiéndose esta fundamentalmente a una mala limpieza de los recipientes destinados al transporte y almacenamiento de dichos suplementos, sobre todo cuando en la misma línea de producción se fabrican otros productos como pueden ser preparados de prohormonas (33,34).

Del mismo modo la cosa se complica aún más cuando se descubrió que la fuente de algunas de las mencionadas contaminaciones cruzadas no es la propia línea que se encarga de fabricar los productos finales, sino que puede deberse a contaminación previa de los componentes en ella empleados o bien por adicciones posteriores de sustancias no declaradas (34).

Para ello se realizan pruebas de calidad tanto al inicio de la fabricación como del producto final, sin embargo, algunas empresas rehúsan de realizar estos procesos de calidad y utilizan proveedores de materias primas que no son cualificadas. Es por ello que existe un gran riesgo de que productos contaminados salgan a la venta (34).

Así pues, estos productos que finalmente salen a la venta pueden ser perfectamente consumidos tanto por deportistas como por otro tipo de cliente sin que en el etiquetado aparezca mención alguna al componente que no saben que están consumiendo, confiando en la seguridad y regulación del suplemento. Por otro lado, otros suplementos si hacen mención de componentes prohibidos que presentan en ellos, pero en forma de formulación química o por sinónimos, produciendo el desconcierto en deportistas y otros consumidores (35).

1.8. ¿Estoy tomando un suplemento contaminado o no?

Quizás la pregunta a responder primero sería: ¿de verdad necesito un suplemento alimenticio o una ayuda ergogénica? Para resolver esta pregunta el Comité Olímpico Internacional (COI) estableció un árbol de decisiones (Figura 11) para orientar a deportistas tanto amateur como profesionales (pudiendo presentar una deficiencia nutricional o no) a la hora de tomar suplementos o ayudas ergogénicas. Del mismo modo también se apunta en el propio consenso del COI el hecho de acudir al consejo de un médico o nutricionista adecuado si de verdad se precisa del uso de algún suplemento alimenticio o ayuda ergogénica (35).

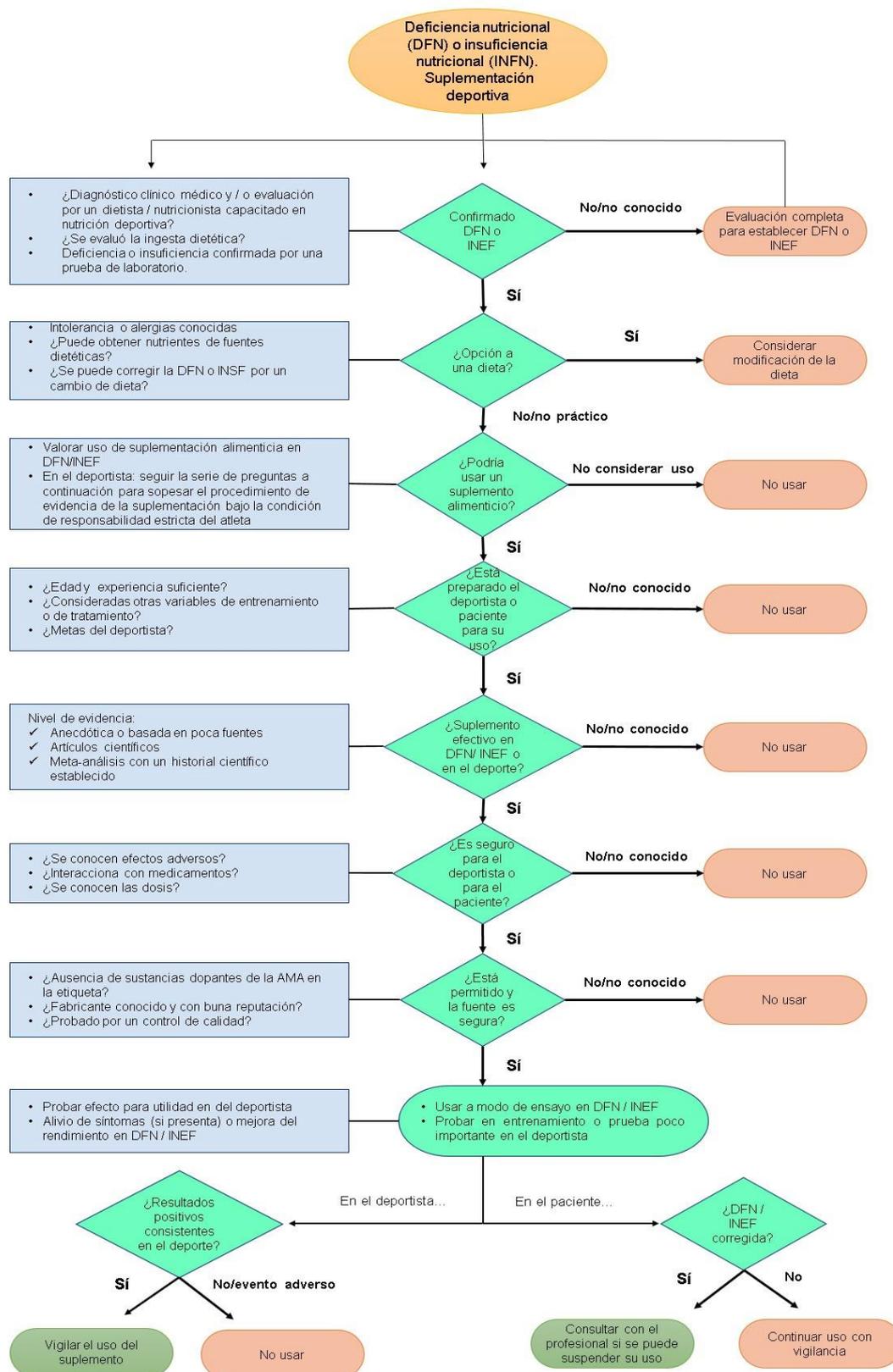


Figura 11. Árbol de decisiones para la toma de suplementos alimenticios o ayudas ergogénicas. Adaptado de Ronald J Maughan y cols (35).

Como indica la AMA, si no seguimos estas recomendaciones institucionales y profesionales corremos el riesgo de sufrir de dopaje involuntario y de graves consecuencias para la salud, en las cuales se establece que la responsabilidad de ambas recae en el propio deportista o consumidor (36).

Así pues, para evitar este percance la AMA publica en su página web información sobre los diferentes suplementos con resultados positivos en sus laboratorios acreditados. No obstante, la AMA no aprueba ni participa en ningún proceso de certificación de suplementos ni en la fabricación de los mismos pese a que algunas empresas afirmen que sus suplementos o productos han sido certificados y/o aprobados por la AMA. Podría analizar un material comercial únicamente cuando lo solicite un departamento u organización antidopaje en el marco de una investigación en un caso positivo de doping (11).

La AMA también deriva responsabilidades y autoridad a Organizaciones Nacionales Antidopaje (ONAD) para luchar por la salud del deportista y la ética del deporte (37). En el caso de España tenemos la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEPSAD) en cuyo apartado de “*Alertas*” en su página web aparece información y enlaces sobre diferentes suplementos eliminados del mercado por contener componentes no declarados (38,39). Del mismo modo también podemos buscar información relacionada con los suplementos en la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS), donde buscando mediante el comando “*complemento*” o bien en el apartado de “*medicamentos ilegales*” nos aparece una serie de suplementos alimenticios eliminados del mercado, la mayoría relacionados con extractos de hierbas y pérdida de peso (40,41).

Así pues, aunque la AMA no los respalda oficialmente, reconoce la existencia de empresas de terceros que evalúan y prueban la seguridad de diferentes suplementos alimenticios. Estos probadores reducen el riesgo de contaminación, aunque no lo eliminan por completo (11).

1.8.1. Pruebas de terceros para la seguridad de suplementos alimenticios

Como he mencionado anteriormente existen una serie de empresas u organizaciones que se encargan de analizar diferentes suplementos alimenticios en busca de sustancias prohibidas para otorgar cierta seguridad a los consumidores.

Algunas de estas empresas son: el proyecto de la Autoridad Antidopaje de los Países Bajos en Holanda (<https://www.dopingautoriteit.nl/programmas/nzvt>) , la Lista de Colonia en Alemania (<https://www.koelnerliste.com/>), Informed Sports en Reino Unido (<https://sport.wetestyoutrust.com/>) , Consumer Labs en Estados Unidos y Canadá (<https://www.consumerlab.com/>) y NSF Internacional (<https://www.nsf.org/>) con repercusión internacional. Asimismo, tenemos a AegisShield una empresa que analiza sobre todo suplementos alimenticios y otros productos relacionados con el mundo el deporte, presenta un extensión móvil para que sea más sencillo comprobar el suplemento que se está consumiendo (<https://www.aegisshield.com/>).

1.8.2. Sellos utilizados en algunas empresas de terceros

Muchas de estas empresas disponen de “sellos de aprobación” (como podemos observar en la Figura 12) para colocarlos en la etiqueta de aquellos suplementos que han sido evaluados en cuanto a calidad, pureza y composición (20,42).



Figura 12. Sellos utilizados por algunas empresas de terceros.

Adaptado de Neilson M Mathews y cols (20)

1.9. Casos de deportistas positivos por suplementos alimenticios

No solo los efectos adversos son un inconveniente a la hora de tomar suplementos contaminados, el dar positivo inintencionadamente en una prueba antidopaje puede ser una auténtica pesadilla si eres un deportista profesional (24). Algunos deportistas que han pasado por ello pueden ser la nadadora estadounidense Jessica Hardy, el polémico caso del ciclista español Alberto Contador, su compatriota Samuel Sánchez y el velocista jamaicano Asafa Powell.

1.9.1. El caso de Jessica Hardy. Relación con el caso de Alberto Contador



Figura 13. Jessica Hardy. Disponible en: https://www.ecured.cu/Jessica_Hardy

Jessica Hardy (Figura 13) es una nadadora estadounidense (récord mundial en 50 metros braza y medalla de oro en Los Juegos Olímpicos (JOO) de Londres 2012 en relevos 4x100 metros) que en 2008 dio positivo por clenbuterol (43,44).

El clenbuterol es un agente anabólico que se utiliza como promotor de crecimiento (engorde) en la producción animal en países como China y México, en la Unión Europea está regulado. Presenta las típicas características dopantes de las sustancias anabólicas y efectos adversos como: temblores, taquicardia, hipopotasemia, vasodilatación periférica, interrupciones respiratorias entre otros muchos (45).

En un principio Hardy se exponía a una sanción de dos años por la ingesta de esta sustancia dopante, pero tras el análisis por parte de un laboratorio (que precisó de la AMA) de los suplementos que tomaba Hardy se comprobó que estaban contaminados con clenbuterol por lo que la sanción se redujo a un año. Los suplementos que tomaba Jessica Hardy provenían de “AdvoCare” una compañía de salud cuyo principal consumidor eran deportistas estadounidenses. Este caso adquirió mucha importancia ya que confirmó la presencia de clenbuterol en algunos suplementos alimenticios (46).

Por otra parte, tenemos a Alberto Contador Velasco (Figura 14), ciclista español conocido por su habilidad para la escalada y ser miembro del selecto grupo de cinco corredores ganadores de las tres grandes vueltas: el tour de Francia, el Giro de Italia y la Vuelta de España. Dio positivo por clenbuterol en septiembre 2010 durante el Tour de Francia (47).



Figura 14. Alberto Contador. Disponible en:

https://as.com/ciclismo/2017/07/23/tour-francia/1500831416_187494.html

Alberto Contador se defendió en todo momento en que la presencia de clenbuterol se debía a la ingesta de un filete de solomillo contaminado de una carnicería de Irún (46).

La AMA sostuvo que “era más probable” la contaminación por suplementos alimenticios como paso previamente con Jessica Hardy y aseguró que sería una buena defensa (podría rebajar la condena de 2 a 1 año) pero Contador negó el tomar algún suplemento que no fuera el que le suministrara su cuerpo médico, defendiendo que entonces hubieran dado positivo también el resto de los ciclistas que conformaban el equipo (46).

Finalmente, el Tribunal de Arbitraje Deportivo (TAS) sancionó a Contador con dos años de suspensión siendo “la causa más probable” la ingesta de suplementos alimenticios contaminados, por delante de una transfusión sanguínea o por la ingesta de un filete infectado por clenbuterol (46).

1.9.2. El caso de Asafa Powell

Asafa Powell (Figura 15), natural de Spanish Town, fue un atleta jamaicano especialista en pruebas de velocidad (100m lisos, 200m lisos y 4x100m lisos por relevos) con un gran recorrido en mundiales y JJOO donde se hizo con medallas de todos los sabores: oro, plata y bronce. En el año 2005 consiguió bajar la



Figura 15. Asafa Powell. Disponible en: <https://www.dw.com/es/atletismo-tyson-gay-y-asafa-powell-dan-positivo-por-doping/a-16950472>

plusmarca mundial de 100 m lisos, que estaba en posesión de Tim Montgomery, a 9,77s. Un año después, el 11 de junio y 18 de agosto de 2006 volvió a correr a ese mismo tiempo, esto le llevó a ser elegido atleta del año por la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (IAAF) en 2006. En septiembre de 2007, en Rieti (Italia) consiguió la proeza más grande de su carrera al volver a bajar la plusmarca mundial de 100m lisos que estaba en su poder a 9,74s. Sin embargo, le duró poco la hazaña porque en mayo del año siguiente su compañero de equipo Usain Bolt le arrebató el récord (9,72s) para pulverizarlo en 2009 (9,58s) (48-50).

En el Mundial de Moscú del año 2013, Asafa Powell (y su compañera Sherone Simpson) dio positivo por un estimulante, oxilofrina (51).

La oxilofrina es una sustancia emparentada con la efedrina, perteneciente a la familia de los simpaticomiméticos y es utilizada normalmente para el tratamiento de la hipotensión, el aumento de la oxigenación en sangre y estimulación del latido cardíaco. Así pues, el empleo de esta droga en aquellas personas que no presentan los criterios de tratamiento correspondientes puede provocar la presencia de taquicardias, alteraciones del ritmo cardíaco, hipertensión y todos los problemas cardiacos que esto conlleva (52).

En el ámbito deportivo esta droga, con efecto de duración corta, tiene también un efecto estimulante del sistema nervioso central y de la capacidad muscular y cardíaca. Aquí es donde se beneficia el atleta, pues le otorga una mayor reactividad (52).

Finalmente, Powell fue suspendido por 18 meses al corroborarse que la oxilofrina se encontraba en los suplementos alimenticios que tomaba tanto él como Simpson, Epiphany D1. A partir de entonces la AMA alertó de su presencia y la AEPSAD emitió un comunicado advirtiendo de la posible existencia de este estimulante en algunos suplementos alimenticios (52,53).

1.9.3. *El caso de Samuel Sánchez*

Samuel Sánchez (Figura 16) fue un ciclista español cuyos mayores éxitos fueron una etapa del Tour de Francia, cinco etapas de la Vuelta de España y como logro significativo la medalla de oro en los JJOO de Pekín 2008 en la modalidad de ciclismo en ruta (54).



Figura 16. Samuel Sánchez.

Disponible en:

https://www.biografiasyvidas.com/biografia/s/sanchez_samuel.htm

Samuel Sánchez dio positivo por GHRP-2 y por su metabolito el 9 de agosto de 2017. Le sancionaron con dos años de inactividad y tras las pruebas presentadas por Samuel, la Unión Ciclista Internacional (UCI) estableció que el positivo se debió a un suplemento alimenticio contaminado, manteniendo así los dos años de suspensión. Aun así, como el juicio de la UCI fue a los 21 meses de detectarse el positivo, solo le quedó por cumplir el tiempo restante hasta el 16 de agosto de 2019 (55,56).

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Más allá de una opción de tratamiento para determinadas carencias o afecciones, la suplementación alimenticia ha experimentado un ascenso progresivo durante los últimos años en la población. Este auge se relaciona con un aumento de la preocupación general por la salud, el bienestar y la forma física recurriendo a este tipo de ayudas para alcanzar un estado óptimo.

Es en las competiciones deportivas, cuando la diferencia entre “ganar o perder” es mínima, donde se ha hecho muy popular este tipo de recursos y una población espejo de sus héroes ha llevado este quehacer al deporte amateur e incluso a la vida sedentaria.

Pero es sobre todo la frecuencia con la que este tipo de productos se encuentran en gimnasios y establecimientos relacionados (completamente normalizados) lo que me ha llevado a su estudio. Siempre he dudado de la composición y procedencia de este tipo de productos y tras los positivos por parte de diferentes deportistas en los últimos años en relación a ello, mi curiosidad aumentó. Las muertes extrañas y prematuras de varios fisicoculturistas de renombre como Andreas Münzer (31 años) o Dallas McCarver (26 años) no hicieron más que reavivar mi interés en el tema, más aún después de publicarse sus autopsias con la presencia de múltiples sustancias prohibidas en su cuerpo.

Si bien es cierto que muchos de los deportistas implicados toman sustancias dopantes conscientemente otros tantos no, así como gran parte de la población que consume suplementos alimenticios desconociendo su posible contaminación. Por todo ello y debido al interés que me suscita este tema he decidido realizar dicho estudio.

Por lo tanto, pretendo dar a conocer la existencia habitual de contaminantes en los suplementos alimenticios y sus posibles repercusiones sobre la salud. Del mismo modo mediante la realización de una encuesta mi objetivo es recoger el pensamiento general de la población sobre el uso de suplementos alimenticios y la presencia de contaminantes en estos.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica sistemática y cualitativa valorando criterios de inclusión y exclusión sobre la presencia de contaminantes, según la definición de la AMA, en los suplementos alimenticios y sustancias no declaradas en la etiqueta con su posible relación con casos positivos de dopaje, así como sus efectos adversos para la salud.

3.1.1. *Criterios de inclusión y exclusión*

Fueron incluidos todos los artículos que cumplían con las siguientes características:

- ✓ Artículos científicos a texto completo
- ✓ Ser realizados en humanos
- ✓ Caso clínico, artículo original o revisión
- ✓ Publicados en los últimos 10 años
- ✓ En inglés o en español

Del mismo modo fueron excluidos todos aquellos artículos que:

- ✗ No estaban presentes a texto completo
- ✗ No estaban realizados en humanos
- ✗ No cumplían con los objetivos buscados

3.1.2. *Búsqueda bibliográfica*

El rastreo y la búsqueda de artículos fueron realizados mediante las siguientes bases de datos:

- PubMed: es una Biblioteca Nacional de Medicina de los EEUU. Se trata de una base de datos de acceso libre y especializada en ciencias de la salud. Incluye más de 23 millones de citas de literatura biomédica de Medline. En la que no solo se permite ejecutar búsquedas sencillas, si no también consultas más complejas mediante las funciones de búsqueda por campos. Los resultados de dichas búsquedas pueden guardarse con diferentes herramientas y mostrarse

según distintos formatos. PubMed incluye, además, links a numerosos sitios que entregan artículos a texto completo (57).

- ScienceDirect: plataforma electrónica que ofrece artículos a texto completo escritos por investigadores de renombre internacional. Tiene acceso a más de 12 millones de artículos y capítulos de libros, casi 2500 títulos de revistas y más de 30000 libros electrónicos, un creciente número de revistas de acceso abierto disponibles sin costo y archivos digitales que datan desde 1823 (58).
- Scopus: Es la mayor base de datos de resúmenes y literatura revisada por expertos. Que cuenta con herramientas inteligentes que permiten controlar, analizar y visualizar investigaciones académicas. Incluye el contenido de más de 5000 editores y 105 países diferentes. Ofreciendo un detallado resumen de los resultados de investigación mundial en los campos de la ciencia, tecnología, medicina y otras muchas disciplinas (59).

3.1.3. Estrategia de búsqueda

Las búsquedas bibliográficas fueron desempeñadas desde enero a mayo de 2021 en las bases de datos citadas anteriormente. Para la búsqueda de artículos se emplearon términos MeSH (Medical Subject Headings) y No MeSH en las distintas bases de datos para abarcar un mayor número posibles de artículos. Las palabras claves fueron utilizadas en su idioma de origen (inglés o español) enlazadas mediante el operador booleano “AND” u “OR”.

Los términos o palabras claves empleados fueron los siguientes:

- “Nutritional supplement/s”
- “Dietary supplement/s” (MeSH)
- “Prohibited substance”
- “Banned substance”
- “Doping agent/s”
- Contaminants
- Doping
- “Doping in sports” (MeSH)
- “Adverse effects”
- “Secondary effects”

3.1.4. *Proceso de selección de artículos*

Tras la realización de la búsqueda se acotó la misma mediante los criterios de inclusión anteriormente mencionados. Seguidamente se procedió a una lectura primero del abstract y posteriormente del texto completo para valorar si cada documento abordaba de forma relevante nuestro tema en cuestión.

3.2. Encuesta sobre el uso de suplementos alimenticios

Paralelamente se lanzó una encuesta sobre el uso de suplementos alimenticios en una población general mediante la herramienta Google Forms (<https://www.google.es/intl/es/forms/about/>). Dicho cuestionario incluía las siguientes cuestiones:

- 1º. Sexo
- 2º. Edad
- 3º. ¿Practicas deporte?
- 4º. ¿Tomas suplementos alimenticios o similares (proteínas, creatina, vitaminas, productos para perder peso, etc.)?
- 5º. ¿Confías en la seguridad de los suplementos alimenticios?
- 6º. ¿Has comprado alguna vez suplementos alimenticios por internet?
- 7º. ¿Crees que los suplementos alimenticios pueden contener sustancias que no aparezcan en la etiqueta?
- 8º. ¿Piensas que un deportista puede dar positivo en dopaje por tomar suplementos alimenticios?

La encuesta fue enviada a través de correo electrónico y compartida por las redes sociales, WhatsApp, Twitter e Instagram, con la posibilidad de ser realizada una única vez.

3.2.1. *Análisis estadístico*

Cada pregunta fue relacionada con una variable cuya distribución quedó orquestada del siguiente modo:

- 1º. Pregunta: Sexo (variable categórica)
- 2º. Pregunta: Edad (variable cuantitativa)
- 3º. Pregunta: Deporte (variable categórica)
- 4º. Pregunta: Consumo (variable categórica)
- 5º. Pregunta: Seguridad (variable categórica)
- 6º. Pregunta: Online (variable categórica)
- 7º. Pregunta: Sustancias (variable categórica)
- 8º. Pregunta: Dopaje (variable categórica)

La identificación de diferencias entre variables categóricas, por ejemplo, sexo y consumo, se determinó mediante el test de Chi cuadrado.

Para identificar diferencias en la edad (única variable cuantitativa) entre los grupos resultantes de las respuestas (siempre tres o cuatro opciones) se utilizó el test no paramétrico de Kruskal Wallis, ya que un análisis previo de Kolmogorv-Smirnov mostro que la distribución de la edad no se ajustaba a la normalidad.

En todos los casos se tomó un valor de p menor de 0,05 como estadísticamente significativo. El análisis de todos los resultados obtenidos en la encuesta se realizó con el programa IBM SPSS Statistics 22.

4. RESULTADOS

4.1. Revisión bibliográfica

Tras el proceso de selección de artículos hemos obtenido los resultados que aparecen en la Figura 17 para, a continuación, proceder al análisis de los artículos en cuestión.

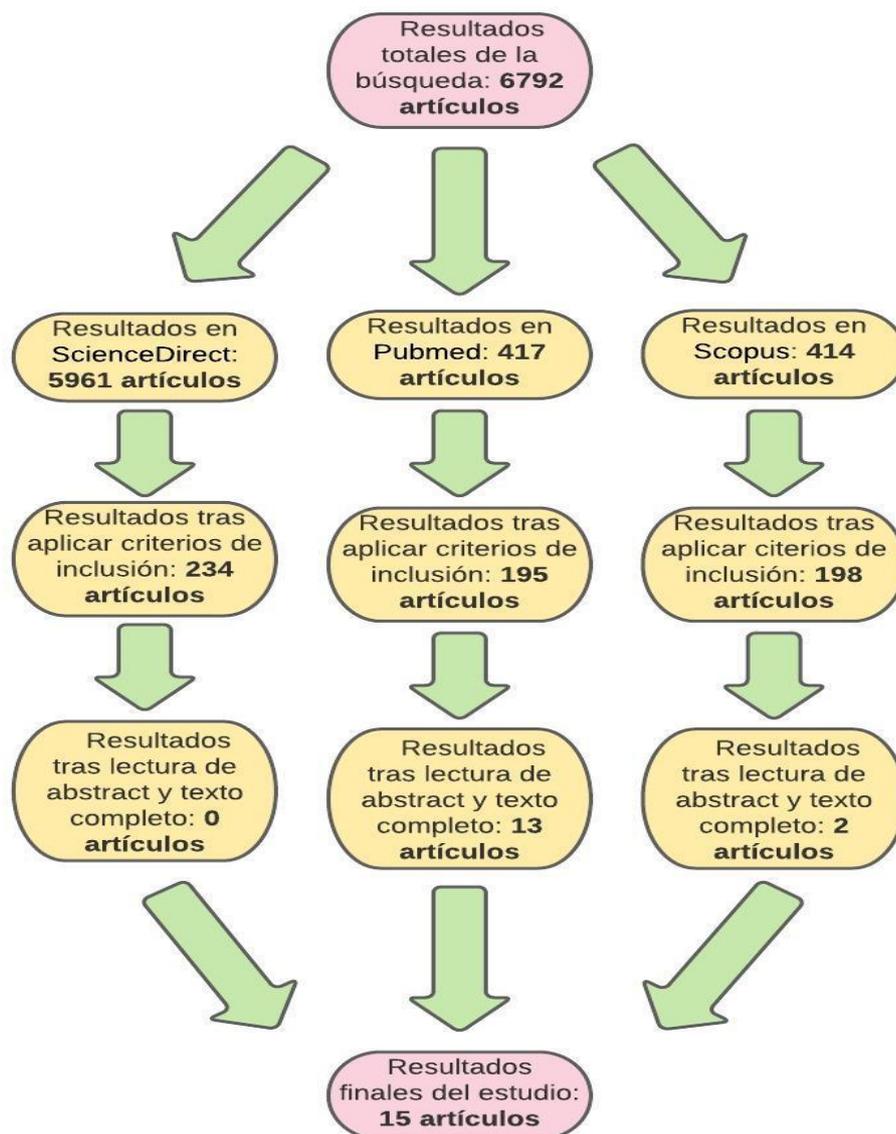


Figura 17. Diagrama de flujos: resultados de búsqueda bibliográfica

Seguidamente se procedió al análisis de los 15 artículos seleccionados. Todos ellos versaban sobre contaminantes presentes en suplementos alimenticios que podían estar declarados o no en el etiquetado del producto. 3 de estos artículos abordaban el tema desde la detección de esteroides anabólicos androgénicos, 5 de ellos pretendían detectar estimulantes dentro de los suplementos nutricionales, 1 artículo trataba la contaminación con diuréticos, 1 artículo hablaba sobre SARMS presentes en complementos nutricionales, 1 artículo pretendía dar a conocer la presencia de hormonas del crecimiento en un suplemento nutricional, 1 artículo estudiaba la contaminación de suplementos con estimulantes de la eritropoyesis como el cobalto, 1 artículo hablaba sobre glucocorticoides presentes en suplementos alimenticios, 1 artículo analizaba diferentes sustancias en suplementos (esteroides, inhibidores de la aromatasa y SARMS) y el artículo que queda aborda la presencia de benzodiazepinas en suplementos que aunque no son sustancias prohibidas por la AMA, su consumo ha aumentado de forma exponencial los últimos años por lo que puede ser interesante conocer su posible contaminación (60).

En la Tabla 2 aparece el análisis completo de cada uno de los artículos estudiados diferenciando entre: objetivos, suplementos implicados, sustancias encontradas, categoría de la sustancia, riesgo de dopaje, efectos adversos y observaciones.

Tabla 2. Descripción de los estudios analizados

ARTÍCULOS	OBJETIVOS	SUPLEMENTOS IMPLICADOS	SUSTANCIA ENCONTRADA	CATEGORÍA DE LA SUSTANCIA	RIESGO DE DOPAJE	EFECTOS ADVERSOS	OBSERVACIONES
Rahnema y cols (61).	Identificar los esteroides de diseño que se venden con mayor frecuencia en los suplementos dietéticos.	Suplemento de vitamina B: <i>Healthy Life Chemistry</i>	-Dimetazina (2 α , 17 α dimetil-5 α -androstan-17 β -ol-3-one-azine) -Methasterona (Superdrol)	EAA de diseño	Muy elevado	Hepatotoxicidad grave, colestasis, insuficiencia renal aguda.	Ambos esteroides se encuentran alquilados en -17 α , lo que aumenta tanto su biodisponibilidad como su toxicidad. No aparecen mencionados en la etiqueta.
Gustavo de Albuquerque Calvanti y cols (62).	Informar sobre la detección de un esteroide de diseño nunca probado para uso humano en un suplemento nutricional.	Suplemento nutricional: <i>Ultradrol de Laboratorios Antaeus</i>	Metilestenbolona (2,17 α - dimetil-17 β -hidroxi-5 α -androst-1-en-3-ona)	EAA de diseño	Muy elevado	Daño hepático: carcinoma, colestasis e hiperplasia.	Se encuentra alquilado en -17 α lo que aumenta tanto su biodisponibilidad como su toxicidad. Se menciona en la etiqueta mediante su formulación química.
Torsten Arndt y cols (63).	Análisis de la orina en una mujer ex adicta a los opiáceos que mostró un cuadro clínico alterado y comportamiento con miosis,	Suplemento de hierbas: <i>Krypton</i>	Mitraginina (de la planta Kratom)	-Estimulante en dosis bajas -Opioide y analgésico en dosis altas	No hay referencia. Actualmente en la lista de monitoreo para valorar su inclusión en la lista prohibida.	Pocas referencias debido a su desaprobación para su uso en humanos, pero se ha relacionado	El mismo producto presentaba también adulteración con tramadol, así como medicamentos emergentes y antiguos. Todo ello

ARTÍCULOS	OBJETIVOS	SUPLEMENTOS IMPLICADOS	SUSTANCIA ENCONTRADA	CATEGORÍA DE LA SUSTANCIA	RIESGO DE DOPAJE	EFECTOS ADVERSOS	OBSERVACIONES
	picazón, agitación y euforia.					con efectos psicoactivos	potencia sus más que probables efectos secundarios.
Sven Guddat y cols (64).	Monitorear la presencia de Kratom o mitraginina en un atleta que mostró su presencia en la orina por primera vez.	Suplemento de hierbas: <i>Krypton</i> Bebidas energéticas de grandes eventos deportivos	Mitraginina (de la planta Kratom)	-Estimulante en dosis bajas -Opioide y analgésico en dosis altas	Se detectó mitraginina en 4 muestras de orina en un control de dopaje en un importante evento deportivo internacional de fuerza.	Efectos secundarios potenciales, incluso se han reportado casos de muerte por el uso incorrecto de Kratom y su combinación con otras drogas.	Se posiciona como un potencial candidato a producto de hierbas mal utilizado para mejorar el rendimiento en deportes profesionales. En Asia la hoja de Kratom se ha utilizado tradicionalmente para aumentar la carga de trabajo físico, provocar efectos eufóricos, controlar el dolor y como sustituto de los opioides.
Katja Walpurgis y cols (65).	Estudiar los perfiles de eliminación de ostarina microdosificada y caracterizar la	Encontrado en productos utilizados como suplementos: <i>Ostarine</i> <i>LGD-4033</i>	Ostarina	Otros agentes anabólicos: SARMS	Muy elevado, 148 positivos entre 2015-2018.	Escasos efectos secundarios	La ostarina se ha convertido en los últimos años en el SARM más

ARTÍCULOS	OBJETIVOS	SUPLEMENTOS IMPLICADOS	SUSTANCIA ENCONTRADA	CATEGORÍA DE LA SUSTANCIA	RIESGO DE DOPAJE	EFECTOS ADVERSOS	OBSERVACIONES
	excreción urinaria dependiente del tiempo del fármaco y metabolitos seleccionados.						relevante dentro del dopaje.
Donata Favretto y cols (66).	Probar la plausibilidad de las concentraciones urinarias de hidroclorotiazida observadas con la ingestión de suplementos nutricionales de un deportista que dio positivo en 2018.	Se analizaron 5 suplementos utilizados por un deportista los días previos a la competición. También se analizaron los mismos suplementos, pero obtenidos a parte de forma sellada.	Hidroclorotiazida	Diurético tiazídico	Muy elevado. El mismo deportista dio positivo dos veces seguidas en un intervalo de tiempo de 7 días.	No se realizó un estudio sobre los posibles efectos adversos de la sustancia en cuestión, pero advierten sobre los problemas para la salud que pueden acarrear.	En el mismo estudio se advierte también sobre la presencia de este diurético en diferentes medicamentos permitidos y recetados para la práctica deportiva.
Andreas Thomas y cols (67).	Demostrar la posible implementación de un ensayo rutinario flexible para la detección de hormonas del crecimiento tanto en muestras de orina como en suplementos alimenticios.	Suplemento nutricional de Chipre que prometía una mejora del crecimiento.	GHRP-2	Hormonas peptídicas y factores del crecimiento.	Hasta la fecha no se notificaron casos positivos de dopaje por GHRP-2 pero la disponibilidad del compuesto bioactivo y su prohibición por la AMA lo	No se evaluaron los efectos secundarios en este estudio, pero se alerta del peligro para la salud que supone un posible uso indebido.	Esta sustancia aparecía reflejada en la etiqueta, aunque en forma de formulación química (con una secuencia incorrecta de aminoácidos) y sin indicar cantidad por comprimido. Este estudio permitió demostrar

ARTÍCULOS	OBJETIVOS	SUPLEMENTOS IMPLICADOS	SUSTANCIA ENCONTRADA	CATEGORÍA DE LA SUSTANCIA	RIESGO DE DOPAJE	EFFECTOS ADVERSOS	OBSERVACIONES
					hacen más que probable.		que las hormonas del crecimiento podían encontrarse en suplementos alimenticios.
Yulia B Monakhova y cols (68).	Desarrollo y validación de un método para la detección de DMAA en suplementos alimenticios y productos de nutrición deportiva.	Se analizaron un total de 16 suplementos comercializados como productos para perder peso.	1,3-DMAA en 9 de los 16 suplementos analizados	Estimulantes	Debido a la presencia de estas sustancias en este tipo de productos es muy probable obtener una prueba positiva en un control de dopaje.	Taquicardia, náuseas, vómitos, aumento de la presión arterial sistólica y eventos cardiovasculares	Se relaciona el uso de DMAA en suplementos alimenticios con casos de muerte no traumática en el ejército de EE.UU. La mayoría de los suplementos no indicaba en la etiqueta la presencia de DMAA y en otros sí, pero sin indicar la cantidad real.
M Thevis y cols (69).	Analizar la presencia de sustancias prohibidas en suplementos comercializados como estimulantes de la eritropoyesis y	Se analizaron un total de 19 suplementos obtenidos de forma online y por confiscación.	Cobalto y Níquel en 11 de los suplementos analizados.	Factores estimulantes de la eritropoyesis.	Muy elevado. En el mismo estudio se valoró las concentraciones de ambos metales en la orina de atletas y de	Ambos son metales esenciales pero su exposición a dosis elevadas se asocia a graves efectos secundarios y	En 9 de los productos analizados no había mención alguna a los compuestos encontrados. En los otros 2 existían unas

ARTÍCULOS	OBJETIVOS	SUPLEMENTOS IMPLICADOS	SUSTANCIA ENCONTRADA	CATEGORÍA DE LA SUSTANCIA	RIESGO DE DOPAJE	EFFECTOS ADVERSOS	OBSERVACIONES
	potenciadores de la resistencia.				estudiantes. Se obtuvieron unos valores medios mucho más elevados en deportistas.	problemas de salud.	proporciones mayores a lo que indicaba la etiqueta.
Dorota Kwiatkowska y cols (70).	Analizar la presencia de nuevos estimulantes de diseño en la orina de deportistas y en un suplemento nutricional originario de Polonia y comercializado en Reino Unido.	Suplemento nutricional: <i>NOXPUMP</i> (de Polonia), que prometía un aumento de la fuerza, energía, resistencia y motivación.	NN-DMPPA BMPEA	Estimulantes de diseño	Muy elevado. En los años 2013 y 2014, 4 atletas dieron positivo en un control antidopaje por estas sustancias.	Al ser estimulantes nuevos de diseño se desconocen sus posibles problemas para la salud, pero al ser sustancias análogas de las anfetaminas estos pueden ser muy graves.	En las muestras de orina de los deportistas, 3 de ellos dieron también positivo en Oxilofrina. La presencia de múltiples estimulantes en las muestras de orina sugiere la ingesta y a la vez contaminación de varios suplementos alimenticios.
Pieter A Cohen y cols (71).	Determinar la presencia de estimulantes de diseño en suplementos alimenticios que contienen deterenol (en la	Se analizaron 35 suplementos deportivos para pérdida de peso de 17 marcas diferentes.	Deterenol BMPEA Fenprometamina Octodrina Oxilofrina Higenamina 1,3-DMAA 1,4-DMAA 1,3-DMBA	Estimulantes de diseño	Muy elevado, debido a la prohibición de la AMA de las sustancias menciona-das.	Estos cócteles de estimulantes nunca se han probado en humanos y se desconoce su seguridad. Se relaciona con	Muchos de los suplementos analizados incluían más de un estimulante prohibido en el mismo producto (hasta 4) y con hasta 8 mezclas

ARTÍCULOS	OBJETIVOS	SUPLEMENTOS IMPLICADOS	SUSTANCIA ENCONTRADA	CATEGORÍA DE LA SUSTANCIA	RIESGO DE DOPAJE	EFECTOS ADVERSOS	OBSERVACIONES
	etiqueta) en EE.UU.					efectos secundarios graves como: paro cardíaco, ictus hemorrágico y muerte súbita.	de estimulantes diferentes.
V Abbate y cols (72).	Identificar las sustancias activas específicas (y su dosis) en suplementos dietéticos de culturismo sospechosos de contener esteroides anabólicos.	Se analizaron 24 suplementos adquiridos en dos tiendas fitness y tres tiendas online	DHEA Metil-1-testosterona Androstenodiona DMT Methasterona Androst-4-eno-3,11,17-triona Furazabol DMT reducido 19-norandrosta-4,9-dien-3,17-diona 4-cloro-17 α -metil-androst-4-eno-3,17- β -diol Adrenosterona Metatasterona 6-bromo-androstenediona	EAA	Muy elevado, de los 24 suplementos 23 estaban contaminados con 13 esteroides diferentes. Todos eran productos utilizados en el mundo del culturismo.	Gran peligro debido a que muchos de ellos no han sido testados en humanos sus posibles efectos toxicológicos a parte de los efectos adversos característicos de los esteroides.	De los 23 suplementos contaminados, 16 presentaban un etiquetado incorrecto. El consumo de mucho de ellos aún con un etiquetado correcto evidencia la normalización de dichos productos en este deporte y la escasez de controles antidopaje en el mismo.
Shuyin Jiang y cols (73).	Desarrollar una metodología rápida para identificar barbitúricos y	Se analizaron 45 lotes de suplementos alimenticios de 20 marcas	Clonazepam Diazepam Alprazolam	Benzodiacepinas	Hasta la fecha no se consideran a las benzodiace-	Somnolencia, mareos, debilidad, depresión respiratoria.	3 de los 45 lotes estaban contaminados con las sustancias mencionadas.

ARTÍCULOS	OBJETIVOS	SUPLEMENTOS IMPLICADOS	SUSTANCIA ENCONTRADA	CATEGORÍA DE LA SUSTANCIA	RIESGO DE DOPAJE	EFECTOS ADVERSOS	OBSERVACIONES
	benzodiace-pinas en suplementos alimenticios	diferentes que decían tener propiedades para mejorar el sueño y el estrés			pinas como sustancias prohibidas por la AMA.	Su uso prolongado puede ocasionar tolerancia, dependencia y adicción.	Pese a no estar prohibidos por la AMA, son suplementos disponibles abiertamente para cualquier deportista o persona sedentaria, con los problemas que eso acarrea para la salud y la práctica deportiva.
Li Li y cols (74).	Establecer un método novedoso para la detección rápida de seis glucocorticoides añadidos ilegalmente en suplementos dietéticos.	Se compraron 5 suplementos para añadirles corticoides y probar la nueva herramienta. Previamente se analizaron descubriendo que uno de ellos ya estaba contaminado.	Hidrocortisona	Glucocorticoides	Posible. Se descubrió que un suplemento ya estaba contaminado con hidrocortisona, una sustancia prohibida por la AMA	Disminución del control del eje suprarrenal, infección, diabetes mellitus, osteoporosis, síndrome de Cushing	El método resultó útil para detectar glucocorticoides de forma rápida y podría implementarse en los controles antidoping.
Konstantinos Tsarouhas y cols (75).	Analizar los suplementos alimenticios más frecuentes usados por 170	Múltiples suplementos: <i>-Aminoácidos, proteínas y vitaminas.</i>	Ligandrol Ostarina DHEA DHT Estanozolol	-Otros agentes anabólicos: SARMS (ligandrol y ostarina)	Muy elevado. El 60% de los deportistas tomaban estos suplementos.	No se hace referencia a los efectos adversos de	Los productos de creatina y proteína no estaban contaminados,

ARTÍCULOS	OBJETIVOS	SUPLEMENTOS IMPLICADOS	SUSTANCIA ENCONTRADA	CATEGORÍA DE LA SUSTANCIA	RIESGO DE DOPAJE	EFFECTOS ADVERSOS	OBSERVACIONES
	jóvenes deportistas. 12 de ellos indicaban tomar agentes anabólicos de forma consciente y voluntaria.	- <i>Extractos vegetales</i> - <i>Potenciadores naturales de testosterona</i> - <i>Potenciador natural sustituto de los esteroides</i>	Nandrolona Tamoxifeno	-EAA (DHEA, DHT, estanozolol y nandrolona) -Inhibidores de la aromatasa (tamoxifeno)	Además de que muchos de ellos tomaban sustancias dopantes voluntariamente.	las sustancias en cuestión.	salvo uno de ellos con ligandrol. La mayoría de ellos tenían un etiquetado incorrecto o inexistente y algunos productos venían sin embalaje, en bolsas de plástico y sin información del producto.

EAA: esteroides anabolizantes androgénicos, **SARMS:** moduladores selectivos del receptor de andrógenos, **SARM:** modulador selectivo del receptor de andrógenos, **GHRP-2:** péptido liberador 2 de la hormona del crecimiento, **AMA:** Agencia Mundial Antidopaje, **DMAA:** dimetilamilamina, **1,3-DMAA:** 1,3-dimetilamilamina, **1,4-DMAA:** 1,4-dimetilamilamina, **EE.UU:** Estados Unidos, **NN-DMPPA:** N,N-dimetil-2-fenilpropan-1-amina, **BMPEA:** β-metilfenetilamina, **1,3-DMBA:** 1,3-dimetilbutilamina, **DHEA:** dihidroepiandrosterona, **DMT:** desoximetiltestosterona, **DHT:** dihidrotestosterona.

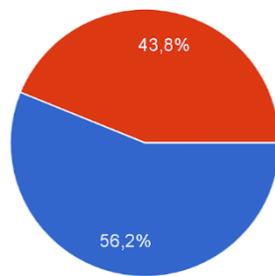
4.2. Cuestionario

En cuanto a la realización del cuestionario, obtuvimos finalmente un tamaño muestral de 600 respuestas.

4.2.1. Descripción de los resultados

El índice de participación entre sexo y edad viene reflejado por la Figura 18 y la Figura 19, en ellas se puede observar una mayor participación del sexo masculino y de un rango de edad de 20-30 años.

Sexo
600 respuestas



● Hombre
● Mujer

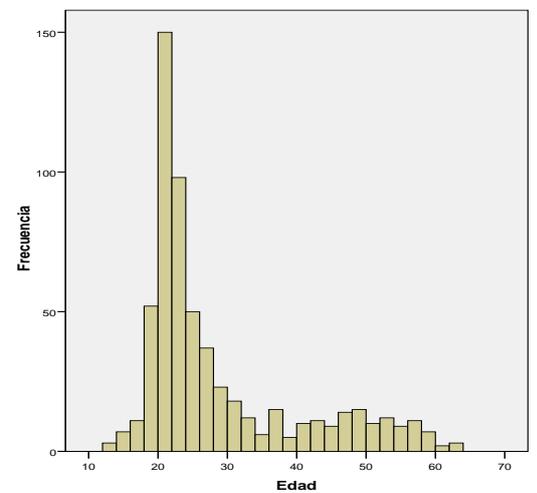
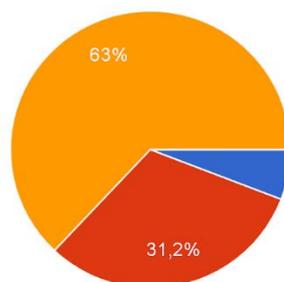


Figura 18. Distribución por sexo

Figura 19. Distribución por edad

Los resultados obtenidos en el resto de las preguntas del cuestionario vienen reflejados en las siguientes figuras que aparecen a continuación (de la 20 a la 25):

¿Practicas deporte?
600 respuestas



● Nunca
● A veces
● Habitualmente

Figura 20. Resultado de la pregunta 3

¿Tomas suplementos alimenticios o similares (proteína, creatina, productos para perder peso...)?
600 respuestas

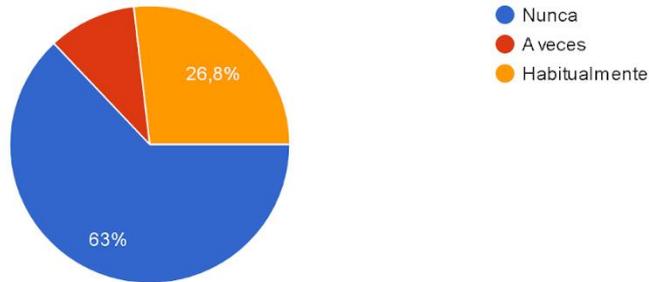


Figura 21. Resultado de la pregunta 4

¿Confías en la seguridad de los suplementos alimenticios?
600 respuestas

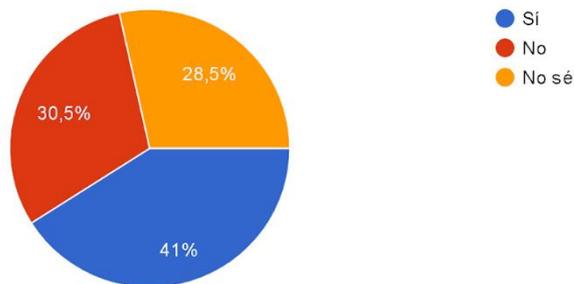


Figura 22. Resultado de la pregunta 5

¿Has comprado alguna vez suplementos alimenticios en internet?
600 respuestas

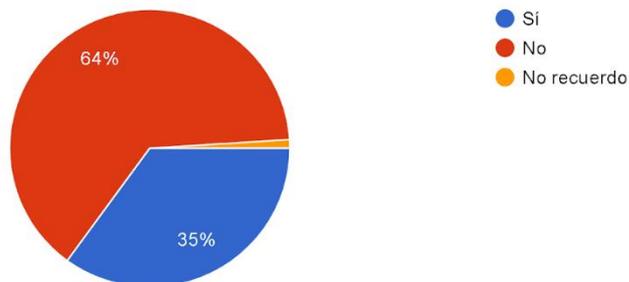


Figura 23. Resultado de la pregunta 6

¿Crees que los suplementos alimenticios pueden contener sustancias que no aparezcan en la etiqueta?

600 respuestas

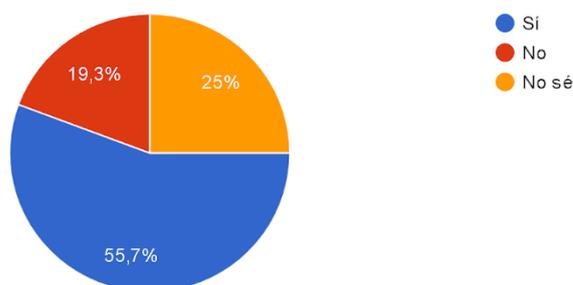


Figura 24. Resultado de la pregunta 7

¿Piensas que un deportista puede dar positivo en dopaje por tomar suplementos alimenticios?

600 respuestas

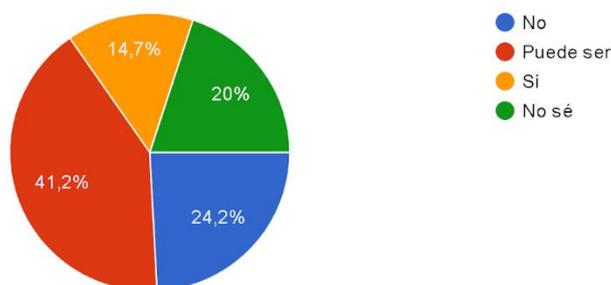


Figura 25. Resultado de la pregunta 8

4.2.2. Análisis estadístico

Una vez obtenidas las respuestas del cuestionario procedimos al análisis estadístico de estas.

En primer lugar, procedimos a la comparación de las variables categóricas entre sí mediante el test del Chi cuadrado.

Los hombres encuestados consumían significativamente más suplementos alimenticios que las mujeres ($p=1,7767E-21$), tal y como se observa en la Figura 26. Por

otra parte, al analizar si había relación entre un consumo mayor o menor de estos suplementos y la creencia de que pudiera haber una posible contaminación, observamos que las personas que menos consumen este tipo de productos son aquellas que efectivamente piensan que pudieran estar contaminados ($p=4,97E-7$, Figura 27).

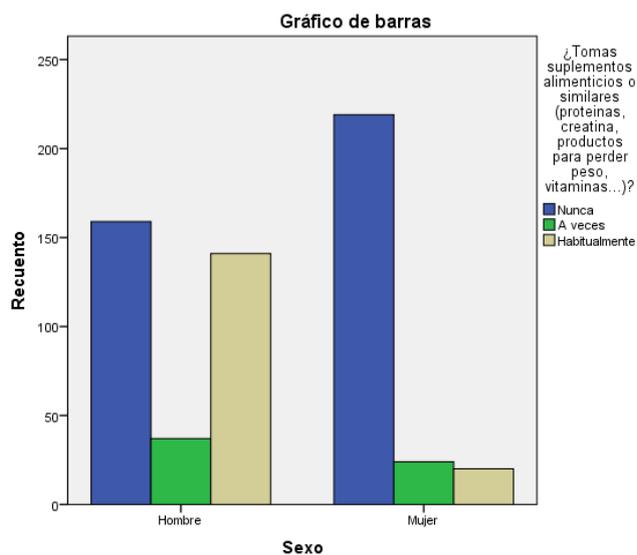


Figura 26. Distribución del sexo de acuerdo a las diferentes respuestas respecto al consumo de suplementos

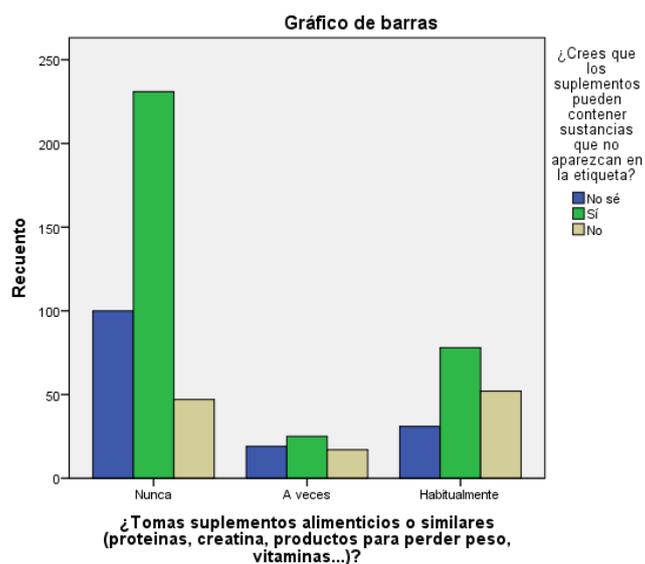


Figura 27. Distribución de las respuestas del consumo de suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a sustancias en los suplementos

Del mismo modo aquellas personas que tomaban suplementos alimenticios consideran que no se puede dar positivo en un test antidoping por su consumo aun así aquellos que no consumían prefieren optar por las respuestas “Puede ser” o “No sé” antes que dar un “Sí” rotundo en un posible positivo por dopaje ($p=1,1E-20$, Figura 28). Al analizar la posible relación entre el consumo de dichos productos y su compra online, obtenemos de forma significativa ($p=9,04E-96$) que aquellos que tomaban suplementos alimenticios adquieren estos productos a través de Internet como podemos observar en la Figura 29.

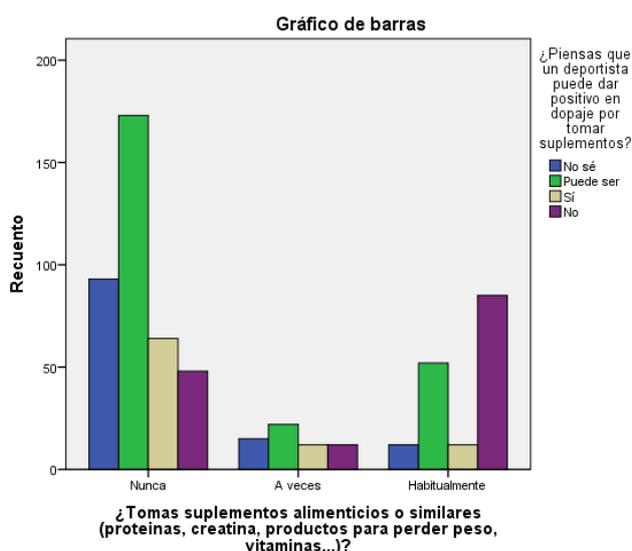


Figura 28. Distribución de las respuestas del consumo de suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la creencia de dopaje por su uso

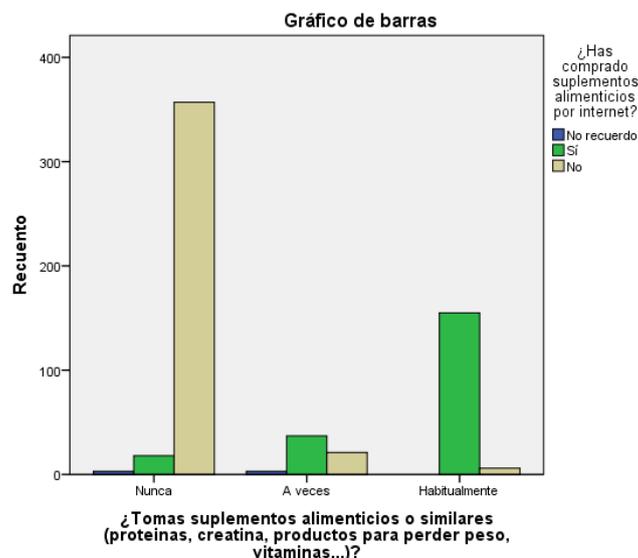


Figura 29. Distribución de las respuestas del consumo de suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a su compra online

Cuando procedimos a analizar si existía relación entre un consumo mayor o menor de suplementos y la práctica de deporte, se obtuvo un valor significativo de $p=5,44E-28$ que indicaba que aquellas personas que consumían suplementos alimenticios realizaban casi en su totalidad la práctica de deporte sin embargo aquellos que practicaban deporte no tenían por qué consumir estos productos (Figura 30).

En la Figura 31 ($p=2,65E-17$) examinamos si la creencia de la presencia de sustancias ilegales en los suplementos predispone a un mayor pensamiento del riesgo de dopaje al consumir estos productos. Efectivamente aquellas personas que pensaban que los suplementos pueden estar contaminados creen que es posible un positivo en un test antidoping y aquellos participantes que negaban la contaminación de los suplementos optaban mayoritariamente por un pensamiento en el cual no se obtiene un resultado analítico adverso en una prueba antidopaje.

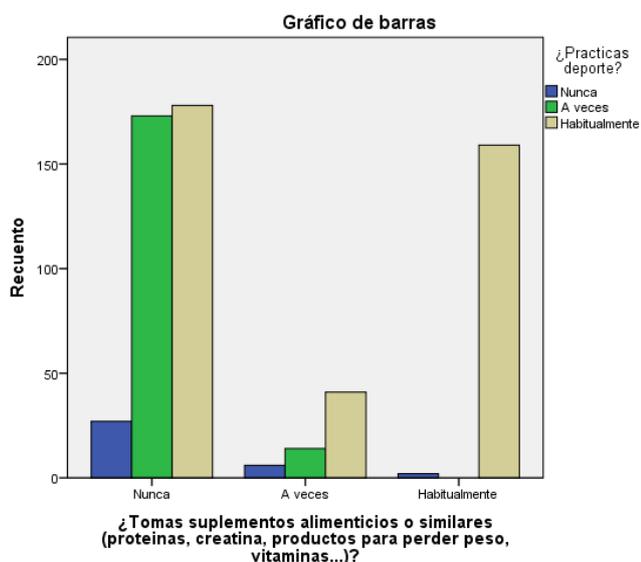


Figura 30. Distribución de las respuestas del consumo de suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la práctica de deporte

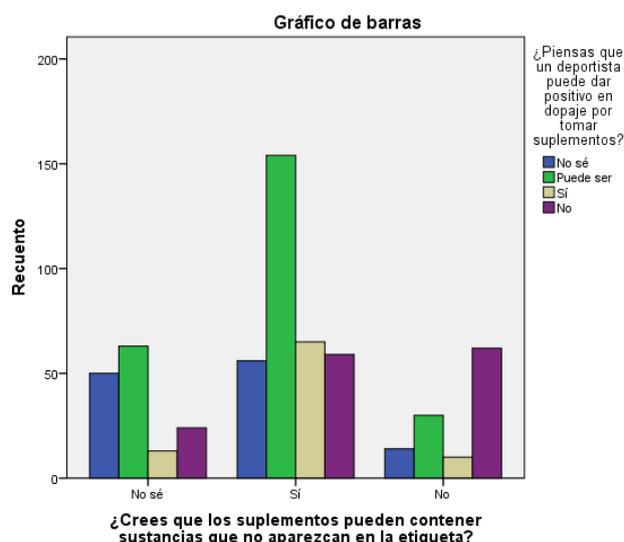


Figura 31. Distribución de las respuestas de la presencia de sustancias en suplementos de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la creencia de dopaje por su uso

A continuación, analizamos las diferencias entre los grupos de respuesta respecto a la edad de los encuestados, que presentó una mediana de 23 (rango 50). Obtuvimos resultados significativos para dos de las preguntas.

En primer lugar, las personas de mayor edad tenían menos confianza en la seguridad de los suplementos ($p = 0.038$, Figura 32). Además, estas mismas personas fueron las que mayoritariamente consideraban que el consumo de estos productos puede llevar aparejado un positivo en un test antidopaje ($p = 0,003$, Figura 33).

Por otro lado, cuando procedimos al análisis de las respuestas de la compra online de suplementos respecto a la edad se obtuvo un resultado al límite de la significación ($p=0.051$). Podemos observar su distribución en la Figura 34.

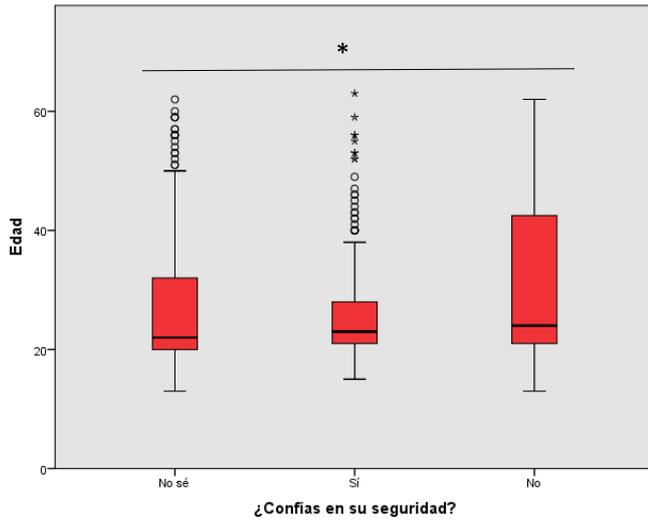


Figura 32. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la seguridad de los suplementos

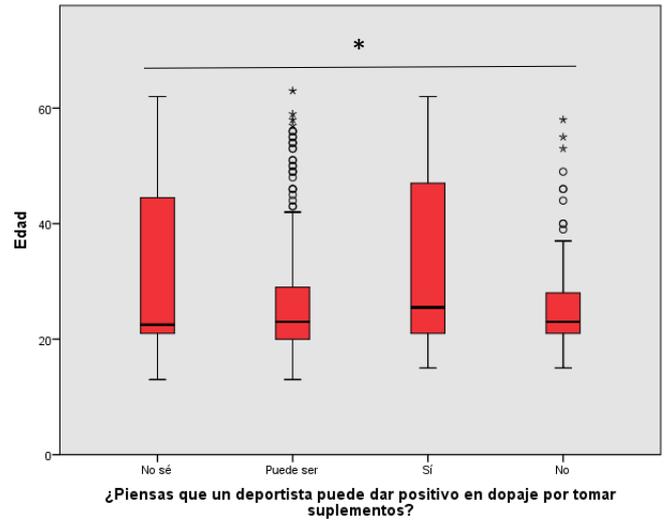


Figura 33. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la creencia de dopaje por suplementos

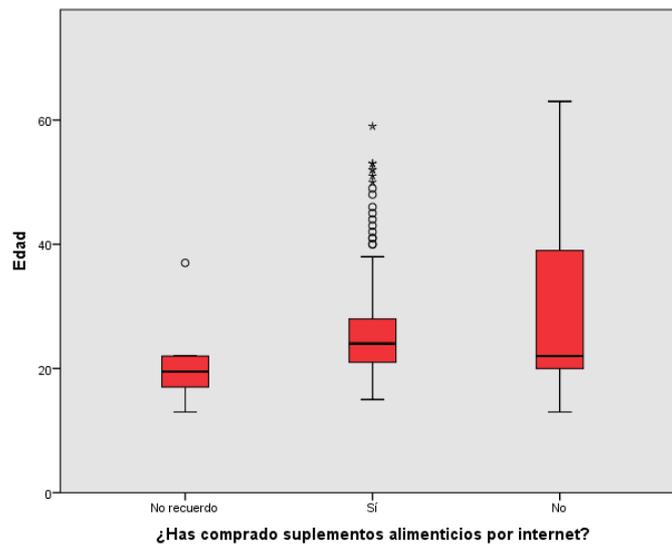


Figura 34. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la compra online de suplementos

Para las Figuras 35 y 36 tampoco se obtuvieron diferencias significativas respecto a la edad.

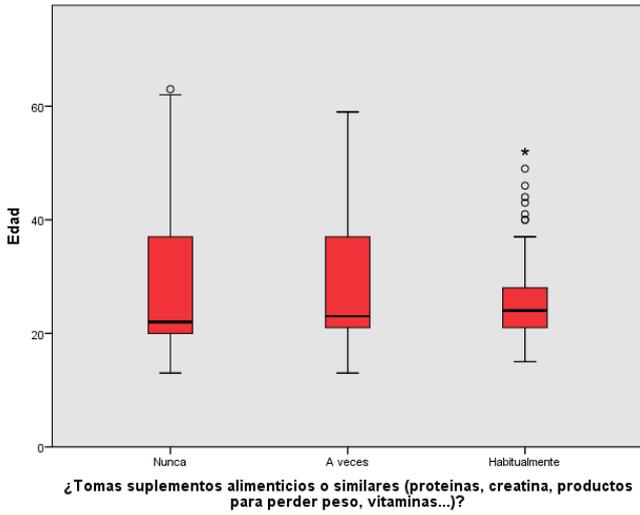


Figura 35. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto al consumo de suplementos

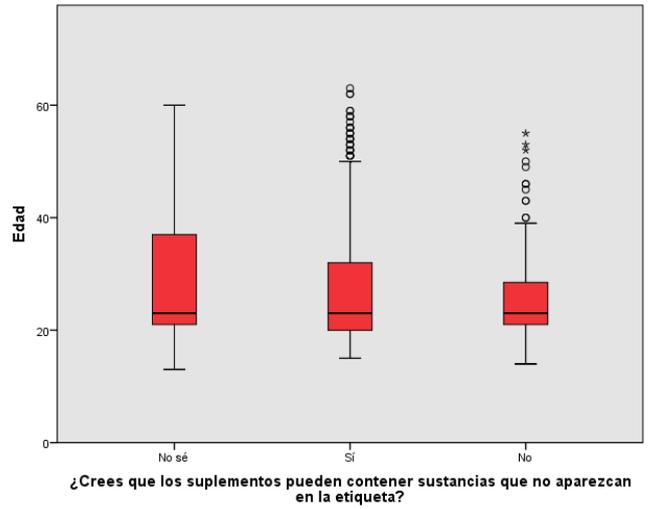


Figura 36. Distribución de la edad de acuerdo a las diferentes respuestas respecto a la creencia de sustancias ilegales en suplementos

5. DISCUSIÓN

“Éxito o fracaso”, dos palabras muy presentes en la sociedad actual que compartimos pero que adquieren una mayor importancia si cabe dentro del ámbito deportivo. Actualmente y debido al grado de excelencia que se pretende alcanzar en cada disciplina, el margen de error en el deporte es cada vez más estrecho. Con una técnica más que pulida, un profundo conocimiento sobre el juego, una concienciación sobre la alimentación a llevar y un entrenamiento individualizado y específico, la diferencia entre ganar o perder es mínima. En este contexto entran en acción los suplementos alimenticios o ayudas ergogénicas. Pero no es oro todo lo que reluce, mediante la revisión bibliográfica que hemos desarrollado durante este trabajo de fin de grado queríamos demostrar, alertar e informar sobre la posible contaminación de estos productos y lo más importante, los riesgos para la salud que pueden acarrear.

Así pues, en el desarrollo de este estudio, nos percatamos de que los contaminantes más utilizados en suplementos o sobre los que se tiene más información son los EAA y los estimulantes. Si bien existen contaminantes clásicos de estas categorías que se utilizan desde mucho antes, existe una gran preocupación hoy en día por el desarrollo de EAA y estimulantes de diseño cuyos efectos farmacológicos y adversos no han sido probados en humanos (76).

Del mismo modo los diuréticos también ocupan un lugar importante dentro de la contaminación de suplementos puesto que, aunque haya escasos estudios informando de su presencia, los diferentes organismos nacionales de la lucha contra el dopaje alertan continuamente de numerosos productos y suplementos eliminados del mercado al incorporar diuréticos no declarados entre sus principios activos (9,39,41).

Otra categoría de contaminante que está viviendo un ascenso exponencial son los SARMS. Los SARMS se están convirtiendo en sustancias comunes en diferentes productos comercializados para el mundo del bodybuilding y como suplementos para el mundo del dopaje debido a sus escasos efectos adversos al bloquear la acción androgénica (77). Son muchos los productos eliminados del mercado por contener este nuevo tipo de sustancia prohibida (9,29).

Aquellos contaminantes menos frecuentes en el estudio que hemos realizado son las hormonas del crecimiento y hormonas peptídicas, inhibidores de la aromataza y

los glucocorticoides. Mención especial tienen las benzodiazepinas, su consumo ha ido aumentando durante los últimos años y el contexto de pandemia mundial que nos ha tocado vivir ha disparado su uso (78,79), por lo que es interesante conocer que estas sustancias se pueden consumir de manera inintencionada a través de suplementos alimenticios.

En los últimos años se ha puesto de moda la utilización de suplementos de clorofila líquida (anunciados por “influencers” e “instagramers”) para la pérdida de peso y la desintoxicación de sustancias. Existen estudios contradictorios sobre su riesgo-beneficio produciendo desde casos de pseudoporfiria con ampollas y vesículas en las manos hasta mostrar resultados útiles en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 (80,81). Es necesario mostrar prudencia sobre este tipo de “productos milagro” que prometen una mejora del peso y de la calidad de vida sin moverte de casa.

En el mismo estudio consideramos que podía ser interesante recoger el conocimiento y el pensamiento de la población en torno a la posible contaminación de los suplementos alimenticios. Es por ello que lanzamos esta encuesta sobre una población general sin especificar en grupos de edad, de sexo o de actividad (deportista o no). Como se puede observar, el índice de participación entre hombres y mujeres fue muy parejo, 56,2% el sexo masculino y 43,8% el sexo femenino, pero por otro lado la distribución de la edad siguió una dinámica más sesgada debido a que se compartió la encuesta por redes sociales donde la población joven tiene un predominio de su uso, por tanto, los participantes fueron en su mayoría personas de un rango de edad de entre 20 y 30 años.

Teniendo en cuenta los posibles falseos en las respuestas de las preguntas de la encuesta, estamos presentes ante una población muy deportista (solo el 5,8% afirmaba no practicar deporte nunca) donde el consumo de suplementos es bastante llamativo (el 37% de los encuestados los consumían) adquiriendo este tipo de productos sobre todo a través de internet (35%).

El resto de las preguntas siguieron una distribución más ambigua sin un decante claro hacía una de las posibles respuestas. El 41% de los encuestados confiaba en la seguridad de estos productos mientras que el resto no se decantaban ni por un “no” (30,5%) ni por un “no sé” (28,5%). Pese a mostrar cierta confianza en la seguridad de los suplementos se obtienen respuestas contradictorias respecto a la posible presencia de sustancias no declaradas en los mismos, solo el 19,3% creían que estos productos

no podían estar contaminados con dopantes ilegales mientras que un 55,7% optan por un “sí” y un 25% por un “no sé”.

No obstante, las repuestas más dispares se obtuvieron en la pregunta número 8. Al ser encuestados sobre posibles positivos en doping por la ingesta de suplementos alimenticios y pese a una mayoría que piensa que estos productos pueden estar contaminados solo el 14,7% abrazaban una respuesta afirmativa en la encuesta. El resto de los porcentajes se reparten entre las otras tres opciones: un 41,2% el “puede ser”, un 20% el “no sé” y un 24,2% el “no” siendo la segunda opción más votada.

Posteriormente procedimos al análisis estadístico de las diferentes respuestas que obtuvimos en la encuesta, donde algunas de las conjeturas que hicimos se cumplieron (como un mayor consumo de suplementos en hombres o una mayor desconfianza de su seguridad en personas mayores) pero otras no (como una mayor compra de suplementos vía internet por parte de los jóvenes). Así pues, en este estudio la edad demostró ser un condicionante para desconfiar en la seguridad de los suplementos alimenticios, así como para creer en su posible repercusión en un test antidoping positivo. Por otro lado, la edad no fue determinante para un mayor o menor consumo de suplementos, una menor o mayor compra online o una predisposición en la creencia de sustancias ilegales presentes en los suplementos. Por otra parte, el sexo también fue un condicionante para el consumo de suplementos, donde los hombres superaban a las mujeres en este aspecto. El resto de las variables cualitativas mostraron relaciones interesantes entre ellas como el consumo de suplementos y la negación de la posibilidad de test positivo por su uso.

En un estudio paralelo sobre las prevalencia del uso de suplementos alimenticios en atletas españoles se realizó también un cuestionario para medir diferentes variables entre los encuestados. En nuestro estudio, el 37% de los encuestados tomaban suplementos alimenticios siendo casi todos ellos personas que practicaban deporte de manera habitual mientras que, en este estudio, de 527 atletas encuestados el 64% tomaban suplementos alimenticios. Al igual que en nuestra muestra (donde los hombres tomaban más suplementos que las mujeres) el consumo de suplementos también es mayor en atletas masculinos que femeninos. En el mismo estudio los deportes que mostraron una mayor frecuencia en el uso de suplementos fueron el culturismo (el que más), ciclismo, atletismo, triatlón y deportes acuáticos. Aunque la compra online fue frecuente, la mayoría adquirirían estos productos en tiendas físicas de suplementos al

contrario que nuestro estudio donde casi la totalidad de los consumidores los compraban por internet. Mientras que en nuestro trabajo el 41% de los encuestados confiaban en la seguridad de los suplementos, en deportistas profesionales este porcentaje se eleva hasta el 92% (82).

La contaminación de suplementos alimenticios es un problema primordial con una base que hay que solucionar de manera internacional: una regulación y una legislación común que aborden de manera global lo que está prohibido y lo que no (7). De lo contrario se contribuiría a esa maquinación de una población deportiva que ya de por sí recurre al mundo del dopaje por diversos factores psicológicos, así como a una población más sedentaria y adolescente que ve en los suplementos una forma de mantener una buena imagen corporal (75).

No obstante, la práctica del dopaje viene desarrollándose desde siempre con una historia propia donde ha ido evolucionando de un hábito completamente normal en sus inicios a ser una praxis condenada durante las primeras décadas del siglo XX y hasta repudiada en los últimos años (83). En las recientes declaraciones del controvertido médico deportivo español Eufemiano Fuentes en el programa “*Lo de Évole*” se mencionan varios aspectos a tener en cuenta: el dopaje ha existido siempre y seguirá existiendo, el tramposo va por delante de la justicia y existen sustancias a día de hoy como la creatina o la bromelina (ambos dispensados en suplementos) que pueden ser prohibidas en el futuro (84).

La influencia de esta práctica es tal que incluso en la cultura popular existen múltiples referencias al mundo del dopaje. Sin ir más lejos, en la versión en película del cómic “*Astérix en los Juegos Olímpicos*” los dos protagonistas galos Astérix y Obélix quedan eliminados de dicha competición al consumir la famosa “poción mágica” (fabricada por el druida Panoramix) que les otorgaba una fuerza sobrehumana (Figura 37) (85).



Figura 37. Astérix consumiendo la poción mágica. Disponible en:

<https://elvelodelalechuza.com/2014/04/19/el-dopaje-en-la-historia-la-literatura-y-los-comics/>

El dopaje es algo que es inherente el mundo del deporte, no se puede separar uno del otro. Lo más importante del problema es saber castigar al culpable y responsable para no cargar al deporte con esta lacra, como decía el recientemente fallecido y para muchos el mejor futbolista de la historia Diego Armando Maradona: “*Yo me equivoqué y pagué, pero la pelota no se mancha*”.

6. CONCLUSIONES

- La contaminación de los suplementos alimenticios es una práctica frecuente.
- No existe un 100% de posibilidades de la seguridad de un suplemento alimenticio.
- En esta revisión las sustancias prohibidas más frecuentes en los suplementos alimenticios son los EAA y los estimulantes del sistema nervioso central
- En este estudio con una muestra de 600 personas los hombres tomaban más suplementos alimenticios que las mujeres.
- En este estudio con una muestra de 600 personas a mayor edad existe mayor desconfianza hacia la seguridad de los suplementos y un pensamiento más favorable hacia un positivo en un test antidoping por su uso.
- En este estudio con una muestra de 600 personas casi todos los consumidores de suplementos alimenticios eran deportistas.

7. AGRADECIMIENTOS

Aprovecho este párrafo para mostrar mis más considerados agradecimientos a mi profesor Dr. Guillermo Gervasini Rodríguez tanto en la tutorización como en la paciencia y dedicación desinteresada que ha mostrado durante el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado.

También agradecer a mis padres, mi hermano, mi conejo Cloromilo, mis amigos y a todos aquellos que realizaron y compartieron la encuesta a través de redes sociales pudiendo llegar así a un mayor número de participantes.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Pavle Jovanov, Višnja Đorđić, Borislav Obradović, Otto Barak, Lato Pezo, Aleksandar Marića, Marijana Sakač. Prevalence, knowledge and attitudes towards using sports supplements among young athlete. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019 jul 4;16(1):27.
2. Nieves Palacios Gil de Antuñano, Pedro Manonelles Marqueta et al. Suplementos nutricionales para el deportista y ayudas ergogénicas en el deporte. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. 2019.
3. Directiva 2002/46/CE del parlamento europeo y del consejo de 10 de junio de 2002 relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros en materia de complementos alimenticios.
4. Afepadi. Complementos alimenticios, ¿que son los complementos alimenticios? [Internet]. 2012 Ene 2 [consultado 28 Ene 2021]. Disponible en: <https://www.afepadi.org/index.php/nuestros-productos/complementos>.
5. Afepadi. Productos dietéticos y vitaminas. Consolidación y expansión a nivel mundial [Internet]. 2018 feb 20 [consultado 28 Ene 2021]. Disponible en: <https://www.afepadi.org/index.php/noticias/item/390-productos-dieteticos-y-vitaminas-consolidacion-y-expansion-a-nivel-mundial>.
6. Vitónica. El riesgo de comprar medicamentos y complementos por internet [Internet]. Delgado; 2010 [consultado 1 Feb 2021]. Disponible en: <https://www.vitonica.com/prevencion/el-riesgo-de-comprar-medicamentos-y-complementos-por-internet#comments>.
7. Johanna T Dwyer, Paul M Coates, Michael J Smith. Dietary supplements: Regulatory challenges and research resources. *Nutrients.* 2018 Jan; 10(1):41.
8. Ina Garthe, Ronald J Maughan. Athletes and supplements: prevalence and perspectives. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018 Mar 1;28(2):126-138.
9. Food and drug administration of Unites States. Tainted products marketed as dietary supplements [Internet]. 2021 Mar 3 [consultado 15 Feb 2021]. Disponible en: https://www.accessdata.fda.gov/scripts/sda/sdNavigation.cfm?sd=tainted_supplements_cder.
10. World Anti-doping Agency. List of prohibited substances and methods [Internet]. 2021 Ene 1 [consultado 16 Feb 2021]. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/content/what-is-prohibited>.
11. World Anti-doping Agency. Prohibited list Q&A [Internet]. [consultado 16 Feb 2021]. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/questions-answers/prohibited-list-qa#item-1358>.
12. European Food Safety Authority. Food supplements [Internet]. [consultado 18 Feb 2021]. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/food-supplements>.

13. Reglamento (CE) no 178/2002 del parlamento europeo y del consejo de 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la autoridad europea de seguridad alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.
14. Reglamento (CE) no 1925/2006 del parlamento europeo y del consejo de 20 de diciembre de 2006 sobre la adición de vitaminas, minerales y otras sustancias determinadas a los alimentos.
15. Reglamento (CE) no 1333/2008 del parlamento europeo y del consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre aditivos alimentarios.
16. Reglamento (CE) no 2015/2283 del parlamento europeo y del consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el reglamento (CE) no 1169/2011 del parlamento europeo y del consejo y se derogan el reglamento (CE) no 258/97 del parlamento europeo y del consejo y el reglamento (CE) no 1852/2001 de la comisión.
17. Reglamento (CE) no 1170/2009 de la comisión de 30 de noviembre de 2009 por la que se modifican la directiva 2002/46/CE del parlamento europeo y del consejo y el reglamento (CE) no 1925/2006 del parlamento europeo y del consejo en lo relativo a las listas de vitaminas y minerales y sus formas que pueden añadirse a los alimentos, incluidos los complementos alimenticios.
18. Real Decreto 1487/2009, de 26 de septiembre, relativo a los complementos alimenticios.
19. Real Decreto 130/2018, de 16 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1487/2009, de 26 de septiembre, relativo a los complementos alimenticios.
20. Neilson M Mathews. Prohibited contaminants in dietary supplements. Sports Health. Jan/Feb 2018;10(1):19-30.
21. U.S. National Library of Medicine. Anabolic steroids [Internet]. 2020 Sep 25 [consultado 5 Mar 2021]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/anabolicsteroids.html>
22. HP Rang, MM Dale, JM Ritter, Pk Moore. Farmacología. 5ª edición. Elsevier; 2004.
23. Louis S Goodman, Alfred Gilman. Manual de Farmacología y terapéutica. 2ª edición. McGraw-Hill Companies; 2015.
24. Katja Walpurgis, Andreas Thomas, Hans Geyer, Ute Mareck, Mario Thevis. Dietary Supplement and Food Contaminations and Their Implications for Doping Controls. Foods. 2020 jul 27;9(8):1012.
25. José Miguel Martínez-Sanz, Isabel Sospedra, Christian Mañas Ortiz, Eduard Baladía, Angel Gil-Izquierdo, Rocio Ortiz-Moncada. Intended or Unintended Doping? A Review of the Presence of Doping Substances in Dietary Supplements Used in Sports. Nutrients. 2017 oct 4;9(10):1093.
26. Douglas L Blowey. Diuretics in the treatment of hypertension. Pediatr Nephrol. 2016 Dec;31(12):2223-2233.

27. David Wile. Diuretics: a review. *Ann Clin Biochem.* 2012 Sep;49(Pt 5):419-431.
28. Suzanne Nielsen. Benzodiazepines. *Curr Top Behav Neurosci.* 2017;34:141-159.
29. Operation supplement safety. SARMS in dietary supplements and other products [Internet]. 2020 Abr 2 [consultado 23 Mar 2021]. Disponible en: <https://www.opss.org/infographic/sarms-dietary-supplements>
30. Jiyun Chen, Juhyun Kim, James T Dalton. Discovery AND therapeutic promise of selective androgen receptor modulators. *Mol Interv.* 2005 Jun;5(3):173-188.
31. Maxie Kohler, Andreas Thomas, Hans Geyer, Michael Petrou, Wilhelm Schänzer, Mario Thevis. Confiscated black market products and nutritional supplements with non-approved ingredients analyzed in the cologne doping control laboratory 2009. *Drug Test Anal.* Nov-Dec 2010;2(11-12):533-537.
32. Schmidt WFJ, Hoffmeister T, Wachsmuth N, Byrnes WC. Cobalt misuse in sports. *Dtsch Z Sportmed.* 2019;70:123-134.
33. Catherine Judkins, Peter Prock. Supplements and inadvertent doping—How big is the risk to athletes. *Med Sport Sci.* 2012;59:143-152.
34. Catherine M G Judkins, Philip Teale, David J Hall. The role of banned substance residue analysis in the control of dietary supplement contamination. *Drug Test Anal.* 2010 Sep;2(9):417-420.
35. Ronald J Maughan, Louise M Burke, Jiri Dvorak, D Enette Larson-Meyer, Peter Peeling, Stuart M Phillips, Eric S Rawson, Neil P Walsh, Ina Garthe, Hans Geyer, et al. IOC Consensus Statement: dietary supplements and the High-Performance athlete. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018 Mar 1;28(2):104-125.
36. World Anti-doping Agency. Strict liability in anti-doping [Internet]. [consultado 4 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/questions-answers/strict-liability-in-anti-doping#main-content>.
37. World Anti-doping Agency. National anti-doping organizations (NADO) [Internet]. [consultado 5 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/who-we-are/anti-doping-community/national-anti-doping-organizations-nado>.
38. Agencia Española de Protección de Salud en el Deporte (AEPSAD). AEPSAD [Internet]. [consultado 10 Abr 2021]. Disponible en: <https://aepsad.culturaydeporte.gob.es/inicio.html>.
39. Agencia Española de Protección de Salud en el Deporte (AEPSAD). Alertas [Internet]. [consultado 12 Abr 2021]. Disponible en: <https://aepsad.culturaydeporte.gob.es/inicio/alertas.html>.
40. Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS). AEMPS. Resultados de la búsqueda de: complementos [Internet]. [consultado 15 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.aemps.gob.es/?s=complementos+>.

41. Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS). Medicamentos ilegales [Internet]. [consultado 18 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.aemps.gob.es/medicamentos-de-uso-humano/medicamentos-ilegales/>.
42. Sharon R Akabas , Gretchen Vannice , John B. Atwater , Tod Cooperman , Richard Cotter , Lisa Thomas. Quality certification programs for dietary supplements. J Acad Nutr Diet. 2016 Sep;116(9):1370-1379.
43. SwimSwam. Jessica Hardy [Internet]. [consultado 22 Abr 2021]. Disponible en: <https://swimswam.com/bio/jessica-hardy/>.
44. Olympic Channel. Jessica Hardy [Internet]. [consultado 22 Abr 2021]. Disponible en: <https://olympics.com/es/atletas/jessica-hardy>.
45. S Guddat, G Fußhöller, H Geyer, A Thomas, H Braun, N Haenelt, A Schwenke, C Klose, M Thevis, W Schänzer. Clenbuterol - regional food contamination a possible source for inadvertent doping in sports. Drug Test Anal. 2012 Jun;4(6):534-538.
46. La información. El caso de Jessica Hardy [Internet]. 2012 Feb 7 [consultado 22 Abr 2021]. Disponible en: https://www.lainformacion.com/deporte/el-caso-de-jessica-hardy_6RHpucmc9kHMNPEr3hUDk1/?autoref=true.
47. Olympic Channel. Alberto Contador [Internet]. [consultado 22 Abr 2021]. Disponible en: <https://olympics.com/en/athletes/alberto-contador>.
48. World Athletics. Asafa Powell es Atleta Mundial del Año - Revista IAAF [Internet]. 2007 Feb 5 [consultado 25 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.worldathletics.org/news/news/asafa-powell-is-world-athlete-of-the-year-i>.
49. EcuRed. Asafa Powell [Internet]. [consultado 25 Abr 2021]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Asafa_Powell.
50. World Athletics. Athlete profile: Usain Bolt [Internet]. [consultado 25 Abr 2021]. Disponible en: <https://worldathletics.org/athletes/jamaica/usain-bolt-14201847>.
51. BBC News/Mundo. El corredor Asafa Powell también da positivo en prueba de dopaje [Internet]. 2013 Jul 14 [consultado 25 Abr 2021]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2013/07/130714_ultnot_dopaje_asafa_powell_yv.
52. Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte, Departamento de Inteligencia e Investigación. Metilsinefrina (Oxilofrina) [Internet]. 2013 Sep 26 [consultado 25 Abr 2021]. Disponible en: <https://aepsad.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:adb62d3b-3582-44e8-9dac-b6d49499d242/suplementos-nutricionales-adulterados-con-oxilofrina.pdf>.
53. RTVE.es. Asafa Powell, sancionado con 18 meses de suspensión por dar positivo [Internet]. 2014 Abr 10 [consultado 26 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.rtve.es/deportes/20140410/asafa-powell-sancionado-18-meses-suspension-dar-positivo/915802.shtml>.
54. Olympic Channel. Samuel Sánchez [Internet]. [consultado 26 Abr 2021]. Disponible en: <https://olympics.com/en/athletes/samuel-sanchez>.

55. EsCiclismo. La UCI confirma una sanción de 2 años para Samuel Sánchez 21 meses después del positivo [Internet]. 2019 May 13 [consultado 26 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.esciclismo.com/actualidad/carretera/51315.html>.
56. 20 minutos. La UCI suspende por dos años a Samuel Sánchez por dopaje y el ciclista se siente satisfecho [Internet]. 2019 May 13 [consultado 26 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.20minutos.es/deportes/noticia/samuel-sanchez-positivo-dopaje-sancion-dos-anos-3639439/0/>.
57. Rosa Trueba-Gómez, José-Manuel Estrada-Lorenzo. La base de datos Pubmed y la búsqueda de información científica. *Semin Fund Esp Reumatol*. 2010;11(2):49–63.
58. ScienceDirect. Qué es ScienceDirect [Internet]. Elsevier; [consultado 27 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/solutions/sciencedirect>.
59. Scopus. Acerca de Scopus [Internet]. Elsevier; [consultado 27 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/solutions/scopus>.
60. María Pilar Vicente Sánchez, Diego Macías Saint-Gerons, et al. Tendencias de uso de ansiolíticos e hipnóticos en España de 2000 a 2011. *Rev Esp Salud Publica*. 2013;87(3):247-255.
61. C D Rahnema, L E Crosnoe, E D Kim. Designer steroids - over-the-counter supplements and their androgenic component: review of an increasing problem. *Andrology*. 2015 Mar;3(2):150-155.
62. Gustavo de Albuquerque Cavalcanti, Felipe Dias Leal, Bruno Carius Garrido, Monica Costa Padilha, Francisco Radler de Aquino Neto. Detection of designer steroid methylstenbolone in "nutritional supplement" using gas chromatography and tandem mass spectrometry: elucidation of its urinary metabolites. *Steroids*. 2013 Feb;78(2):228-233.
63. Torsten Arndt, Ulrich Claussen, Brunhilde Güssregen, Stefanie Schröfel, Birgit Stürzer, Annika Werle, Gerald Wolf. Kratom alkaloids and O-desmethyltramadol in urine of a "Krypton" herbal mixture consumer. *Forensic Sci Int*. 2011 May 20;208(1-3):47-52.
64. Sven Guddat, Christian Görgens, Vanessa Steinhart, Wilhelm Schänzer, Mario Thevis. Mitragynine (Kratom) – monitoring in sports drug testing. *Drug Test Anal*. 2016 Nov;8(11-12):1114-1118.
65. Katja Walpurgis, Ana Rubio, Felicitas Wagener, Oliver Krug, Andre Knoop, Christian Görgens, Sven Guddat, Mario Thevis. Elimination profiles of microdosed ostarine mimicking contaminated products ingestion. *Drug Test Anal*. 2020 Nov;12(11-12):1570-1580.
66. Donata Favretto, Sindi Visentin, et al. Multiple incidence of the prescription diuretic hydrochloro-thiazide in compounded nutritional supplements. *Drug Test Anal*. 2019 Mar;11(3):512-522.
67. Andreas Thomas, Maxie Kohler, Joachim Mester, Hans Geyer, Wilhelm Schänzer, Michael Petrou, Mario Thevis. Identification of the growth-hormone-releasing peptide-2 (GHRP-2) in a nutritional supplement. *Drug Test Anal*. 2010 Mar;2(3):144-148.

68. Yulia B Monakhova, Maren Ilse, Julia Hengen, Oliver El-Atma, Thomas Kuballa, Matthias Kohl-Himmelseher, Dirk W Lachenmeier. Rapid assessment of the illegal presence of 1,3-dimethylamylamine (DMAA) in sports nutrition and dietary supplements using ¹H NMR spectroscopy. *Drug Test Anal.* 2014 Sep;6(9):944-948.
69. M Thevis, O Krug, T Piper, H Geyer, W Schänzer. Solutions Advertised as Erythropoiesis-stimulating Products were Found to Contain Undeclared Cobalt and Nickel Species. *Int J Sports Med.* 2016 Jan;37(1):82-84.
70. Dorota Kwiatkowska, Marzena Wójtowicz, Anna Jarek, Catrin Goebel, Katarzyna Chajewska, Ewa Turek-Lepa, Andrzej Pokrywka, Rymantas Kazlauskas, N,N-dimethyl-2-phenylpropan-1-amine - new designer agent found in athlete urine and nutritional supplement. *Drug Test Anal.* 2015 Apr;7(4):331-335.
71. Pieter A Cohen, John C Travis, Céline Vanhee, Dana Ohana, Bastiaan J Venhuis. Nine prohibited stimulants found in sports and weight loss supplements: denerenol, phenpromethamine (Vonedrine), oxilofrine, octodrine, beta-methylphenylethylamine (BMPEA), 1,3-dimethylamylamine (1,3-DMAA), 1,4-dimethylamylamine (1,4-DMAA), 1,3-dimethylbutylamine (1,3-DMBA) and higenamine. *Clin Toxicol (Phila).* 2021 Mar 23;1-7.
72. V Abbate, A T Kicman, M Evans-Brown, J McVeigh, D A Cowan, C Wilson, S J Coles, C J Walker. Anabolic steroids detected in bodybuilding dietary supplements - a significant risk to public health. *Drug Test Anal.* 2015 Jul;7(7):609-618.
73. Shuyin Jiang, Huijie Tan, Changchuan Guo, Liping Gong, Feng Shi. Development of an ultra-high-performance liquid chromatography coupled to high-resolution quadrupole-Orbitrap mass spectrometry method for the rapid detection and confirmation of illegal adulterated sedative-hypnotics in dietary supplements. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Asses.* 2015;32(10):1749-1759.
74. Li Li, Xin Liang, Tao Xu, Feng Xu, Wei Dong. Rapid Detection of Six Glucocorticoids Added Illegally to Dietary Supplements by Combining TLC with Spot-Concentrated Raman Scattering. *Molecules.* 2018 Jun 21;23(7):1504.
75. Konstantinos Tsarouhas, Nassia Kioukia-Fougia, Petros Papalexis, Aristidis Tsatsakis, Dimitrios Kouretas, Flora Bacopoulou, Christina Tsitsimpikou. Use of nutritional supplements contaminated with banned doping substances by recreational adolescent athletes in Athens, Greece. *Food Chem Toxicol.* 2018 May;115:447-450.
76. P Teale, J Scarth, S Hudson. Impact of the emergence of designer drugs upon sports doping testing. *Bioanalysis.* 2012 Jan;4(1):71-88.
77. Ramesh Narayanan, Christopher C Coss, James T Dalton. Development of selective androgen receptor modulators (SARMs). *Mol Cell Endocrinol.* 2018 Apr 15;465:134-142.
78. Maryse Lapeyre-Mestre, Alexandra Boucher, et al. Addictovigilance contribution during COVID-19 epidemic and lockdown in France. *Therapie.* Jul-Aug 2020;75(4):343-354.
79. A Del Rio, S Graziano, R Tittarelli, F Umani-Ronchi. Increasing diversion of prescribed benzodiazepines and Z-drugs to new psychoactive substances. *Clin Ter.* 2021 Mar 15;172(2):116-118.

80. Enrico Rossi, Kate Borchard, Judith Mary Cole. Pseudoporphyria following self-medication with chlorophyll. *Australas J Dermatol*. 2015 Feb;56(1):47-48.
81. Emily R Koch, Permal Deo. Nutritional supplements modulate fluorescent protein-bound advanced glycation endproducts and digestive enzymes related to type 2 diabetes mellitus. *BMC Complement Altern Med*. 2016 Sep 1;16(1):338.
82. Gabriel Baltazar-Martins, Diego Brito de Souza, Millán Aguilar-Navarro, Jesús Muñoz-Guerra, María del Mar Plata, Juan del Coso. Prevalencia y patrones de uso de complementos dietéticos en deportistas españoles de élite. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019 Jul 18;16(1):30.
83. Eduardo H De Rose. Doping in athletes – an update. *Clin Sports Med*. 2008 Jan;27(1):107-130.
84. ATRESplayer. Lo de Évole. Eufemiano Fuentes [Internet]. [consultado 15 May 2021]. Disponible en: https://www.atresplayer.com/lasexta/programas/lo-de-evole/temporada-2/eufemiano-fuentes_605df8657ed1a846f39af7d7/.
85. AppleTv. Astérix en los Juegos Olímpicos. [Internet]. [consultado 30 May 2021]. Disponible en: <https://tv.apple.com/es/movie/asterix-en-los-juegos-olimpicos/umc.cmc.5zfrcls1qlvdw6d8y9zcqmkql>.