

DOPING:

CUESTIÓN DE ÉTICA



DOPING:

Cuestión de Ética

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA



DOPING: **Cuestión de Ética**

**Institución Universitaria Escuela
Nacional del Deporte**

Editorial Escuela Sin Fronteras

CALI 2024

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA



Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

González Arango, Luis Fernando, autor
Doping : cuestión de ética / Luis Fernando González Arango [y otros]. --
Santiago de Cali : Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte :
Editorial Escuela Sin Fronteras, 2023.
206 páginas.

Bibliografía al final de cada capítulo.

ISBN 978-628-96110-1-4 (impreso) -- 978-628-96110-2-1 (pdf)

1. Doping en deportes 2. Deportistas - Nutrición 3. Rendimiento deportivo
4. Ética aplicada

CDD: 362.29088796 ed. 23

CO-BoBN- a1133908

**Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte
Editorial Escuela Sin Fronteras**

Doping Cuestión de Ética

Luis Fernando González Arango
Betty Oviedo Sarria
Andrés Jenuer Matta Miramar
Diana Carolina Zambrano Rojas
Dianora Fajardo Colorado
Isabel Cristina Rojas Padilla
Diana Lucia Quiceno
Alejandra Pantoja Vallejo
Ricardo Rengifo Cruz
Yury Vergara López

CONSEJO DIRECTIVO

Delegado de la Alcaldía de Santiago de Cali

Luz Marina Cuéllar Salazar

Delegado de la Presidencia de la República

Ronald Alfonso Idrobo Botello

Delegada del Ministerio de Educación

Gloria Mercedes Carrasco

Representante de los Ex Rectores

Hugo Alberto Ibarra Hinojosa

Representante del Sector Productivo

Luis Fidel Moreno Rumie

Representante de los Docentes

Ramón López Ferrer

Representante de las Directivas Académicas

Roger Stiver Micolta Truque

Representante de los Egresados

Jaime Ricardo Cardona Medina

Representante de los Estudiantes

Maria Fernanda Gallardo Florián

Rectora

Patricia Martínez

ISBN 978-628-96110-1-4 (impreso)

ISBN 978-628-96110-2-1 (pdf)

Editorial Escuela Sin Fronteras, 2024

Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte

Calle 9 # 34-01, Santiago de Cali

Tel: 5540404 Ext 217

www.endeporte.edu.co

Colombia, Santiago de Cali 2024

Derechos reservados de la Institución Universitaria
Escuela Nacional del Deporte.

Institución de educación superior vigilada y supervisada
por el Ministerio de Educación Nacional.

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro
por cualquier medio, sin permiso escrito de la Editorial
Escuela Sin Fronteras.

COMITÉ GENERAL DE INVESTIGACIONES

Representante Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte

Libardo Córdoba Rentarúa

Representante Facultad de Salud y Rehabilitación

Adriana Orejuela Upegui

Representante Facultad de Ciencias Económicas y de la Administración

Darío José Espinal Ruiz

Representante Consejo Académico

Diana Ximena Martínez Arce

Directora Técnica de Investigaciones

Sandra Parra Hinojosa

.....
COMITÉ ÉTICA DE INVESTIGACIONES

Representante Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte

Diana Carolina Zambrano Ríos

Representante Facultad de Salud y Rehabilitación

Juan Carlos Ávila Valencia

Representante Facultad de Ciencias Económicas y de la Administración

Miguel Fernando Reyes Velasco

Directora Técnica de Investigaciones

Sandra Parra Hinojosa

COMITÉ EDITORIAL INSTITUCIONAL

Directora Técnica de Investigaciones

Sandra Parra Hinojosa

Profesional Universitario Biblioteca

Claudia Esperanza Castañeda

Representante de los Editores

Libardo Córdoba Rentarúa

Representante Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte

Ricardo Rengifo Cruz

Representante Facultad de Ciencias Económicas y de la Administración

Saúl Rick Fernández Hurtado

Representante Facultad de Salud y Rehabilitación

Jhonatan Betancourt Peña

Esperanza Gómez Ramírez

.....
Corrección de estilo

Karla Klein Restrepo

Carátula

Edwin Fabian Grisales

Diseño y Diagramación

Edwin Fabian Grisales

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	12
CAPÍTULO 1	14
Doping vs ayudas ergogénicas <i>Luis Fernando González Arango</i>	
CAPÍTULO 2	40
Morir para ganar, dopaje en el deporte <i>Betty Oviedo Sarria</i>	
CAPÍTULO 3	60
Dopaje genético <i>Andrés Jenuer Matta Miramar, Diana Carolina Zambrano Ríos</i>	
CAPÍTULO 4	84
La nueva era del dopaje, la epigenética <i>Dianora Fajardo Colorado</i>	
CAPÍTULO 5	104
Retos y métodos diagnósticos en la identificación del doping <i>Andrés Jenuer Matta Miramar, Diana Carolina Zambrano Ríos</i>	
CAPÍTULO 6	126
Alternativas nutricionales al doping <i>Isabel Cristina Rojas Padilla</i>	
CAPÍTULO 7	140
Doping y consecuencias corporales <i>Diana Lucía Quiceno</i>	
CAPÍTULO 8	158
Sustancias dopantes y ayudas ergogénicas en los gimnasios <i>Alejandra Pantoja Vallejo</i>	
CAPÍTULO 9	176
Aproximaciones éticas al fenómeno del dopaje en nuestra sociedad <i>Ricardo Rengifo Cruz</i>	
CAPÍTULO 10	190
¡Doping, Cuerpo, Cultura! <i>Yury Vergara López</i>	

Presentación

Histórica y fundamentalmente la actividad física, el ejercicio y el deporte, entre otras manifestaciones, se han distinguido por promover bienestar y salud para quien lo efectúa. Sus orígenes han vislumbrado la misiva inherente a favor de la vida y del medio ambiente, en procura de la supervivencia del hombre y el medio que le rodea en una relación biunívoca que evita cualquier tipo de perjuicio a ambos. De ello la ética se ha encargado, abasteciendo la respuesta fenotípica del deportista y suscitando prácticas preventivas, puesto que el entrenamiento irrumpe la homeostasis natural del ser humano. Esto, para llevarlo al límite de sus capacidades físicas, lo que, en ocasiones, es contrario a la naturaleza deportiva.

Los deportistas pueden lograr sus objetivos, si el entrenamiento se realiza de manera organizada y planificada, teniendo en cuenta que el trasegar deportivo no es un proceso apresurado ni mucho menos atropellado. Sin embargo, contrasta con nuestro mundo cada vez más precipitado y compulsivo que incita a entrenadores, deportistas y, en más situaciones, a individuos que practican actividades deportivas de manera no competitiva, a querer trascender y superar las marcas establecidas sin evaluar las consecuencias. En algunas ocasiones, las marcas alcanzadas no son las esperadas y las consecuencias no son las deseadas, todo esto buscando la anhelada medalla, el reconocimiento social o la remuneración económica.

Juntamente con los aspectos éticos y legales, más el escarnio público, derivados del uso de sustancias dopantes, esta práctica resulta latente-mente oscura y delicada. Afecta tanto el organismo como la psiquis de sus usuarios y no corresponde al deporte, ni ninguna otra manifestación de este. Amargamente día a día, y a pesar de que numerosas publicaciones médicas indican que el consumo prolongado de sustancias dopantes puede reducir la calidad y la duración de la vida, existe un número creciente de personas dispuestas a usarlos. Es, aún más lamentable, que esta práctica insana se propague por confusión mediática, manipulación o desconocimiento. Lo anterior, entonces, ha motivado la recopilación de aclaraciones, por parte de expertos, sobre los factores que envuelve este tópico y, así, desmitificar y desmotivar estas nefastas prácticas.

Profesor Luis Fernando González Arango.

CAPÍTULO 1

Doping vs. ayudas ergogénicas

Luis Fernando González Arango

Profesional en Deporte de la Escuela Nacional del Deporte

MSc en Actividad Física y Deporte de la Universidad Autónoma de Manizales

Docente en la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte

Coordinador de la Cátedra de Levantamiento de Pesas

Coordinador del Semillero de Investigación Êfes

Grupo de Investigación Educar 2030

luisf.gonzalez@endeporte.edu.co

1. Introducción

El deportista que entrena para los altos logros tiene como objetivo alcanzar o sobrepasar los límites de sus capacidades físicas para lograr el éxito deportivo y personal. En el proceso para lograrlo, se ve inmerso en el uso de medios y métodos para optimizar el funcionamiento de su organismo. Así, recurre a ayudas ergogénicas que incrementen su rendimiento; no obstante, una vasta cantidad de estas ayudas no se han probado científicamente y se desconoce si alcanzan o no el efecto esperado. Otras ayudas, denominadas sustancias dopantes o

doping, están prohibidas debido a que se ha demostrado que afectan gravemente la salud de quienes recurren a ellas. Las ayudas ergogénicas se agrupan en nutricionales (suplementos dietarios que contienen vitaminas, minerales y sustancias energéticas), no nutricionales (ayudas mecánicas, psicológicas, fisiológicas y farmacológicas) y sustancias prohibidas o sustancias dopantes. Con el fin de aclarar dudas e informar en qué se diferencian estas ayudas, este capítulo expone la naturaleza y clasificación de las ayudas ergogénicas legales e ilegales.

2. Antecedentes

Algunos autores atribuyen el origen de la palabra *doping* al término holandés "*Dop*", que era el nombre que recibía una bebida alcohólica hecha con la piel de la uva. Esta bebida la ingerían los guerreros zulúes para mejorar sus destrezas en la batalla. La relación entre el deporte y las ayudas ergogénicas es tan pretérita como el deporte mismo. Están los ejemplos de Ramsés II bebiendo tónicos enriquecidos (vino) y del legendario luchador griego Milón de Crotona, ganador de cinco títulos olímpicos consecutivos (532-516 a. C.). Este era capaz de cargar un buey sobre sus hombros consumiendo carne, pan y vino. Los casos anteriores tienen que ver con las propiedades medicinales del alcohol para aliviar la fatiga o el dolor.

Por su parte, en la antigua Grecia los deportistas tenían dietas especiales y pociones estimulantes para fortalecerse; también, quienes conducían las cuadrigas daban a sus caballos una combinación de agua, miel y alcohol para otorgarles más energía a la hora de correr. Sin embargo, también consumían varios alucinógenos y estimulantes, como

la estricnina, para sobrellevar el cansancio y aumentar la intensidad de los combates. Conjuntamente, debido al uso generalizado de semillas de amapola en el pan durante la antigua Grecia y Roma, los atletas, eventualmente, presentaban algún grado de morfina en su sangre.

En las décadas de los 70 y 80, la marcha atlética y las carreras de ultramaratón se tornaron muy populares en Gran Bretaña y los Estados Unidos. Popularmente, las carreras recibían el nombre de *wobbles* (tambaleo), debido al uso generalizado de alcohol, tónicos y otros estimulantes y fármacos. En 1876, el caminante estadounidense Edward Payson Weston retó al británico William Perkins a realizar una caminata de 185 km en 24 horas, misma que completó mascando hojas de coca, actuación que generó controversia.

Con la invención de la bicicleta y, con ello, las competencias de ciclismo, se popularizó el uso de nitroglicerina, una droga para estimular el corazón después de un ataque cardíaco. Este hecho condujo a pensar que mejoraría la capacidad cardíaca y respiratoria de los ciclistas. Sin

embargo, generó alucinaciones, falta de estabilidad y coherencia en los deportistas.

En el siglo XIX, con frecuencia, los ciclistas y otros deportistas de resistencia utilizaban estricnina, cafeína, cocaína y alcohol (brandy o whisky). En la maratón de los Juegos Olímpicos de 1904 en San Luis, el atleta Thomas Hicks logró la victoria con la ayuda de huevos crudos, inyecciones de estricnina y dosis de brandy administradas a lo largo de la carrera. Por ello, el estado físico en el que llegó el corredor de la maratón fue impactante y propició el establecimiento de normas más rigurosas y puestos de socorro por parte de los organizadores de los Juegos de Londres de 1908.

A pesar de ello, la maratón de Londres fue una tragedia, pues solamente 27 de los 55 corredores llegaron a la meta, debido a la temperatura de 35°C y el aumento del recorrido en 1,5 km. Por consiguiente, se fijó para siempre la distancia en 42 km y 195 m, como la distancia límite para la maratón.

En 1920, se evidenció la necesidad de crear restricciones respecto al uso de determinadas sustancias en el deporte. Hacia 1928, la IAAF (Federación Internacional de Atletismo) se convirtió

en la primera Federación Deportiva Internacional en prohibir el dopaje (uso de sustancias estimulantes). Tras la muerte del ciclista danés Knud Ene-mark Jensen, mientras competía durante los Juegos Olímpicos de Roma en 1960, y luego de que los resultados de la necropsia revelaran rastros de anfetamina, aumentó la presión sobre las autoridades deportivas para que controlaran las sustancias consumidas por los deportistas.

En 1966, la Unión Internacional de Ciclismo (UCI por sus siglas en francés) y la FIFA, fueron las primeras federaciones internacionales en incorporar controles de dopaje en sus respectivos campeonatos mundiales. El año siguiente, el Comité Olímpico Internacional (COI) creó la Comisión Médica y dispuso su primera lista de sustancias prohibidas.

En 1968, se introdujeron, por primera vez, los controles de sustancias en los Juegos Olímpicos de Invierno en Grenoble y en los Juegos Olímpicos de México. En el año anterior, se hizo notoria una vez más la urgencia de implementar el antidopaje debido a otra muerte trágica, la del ciclista Tom Simpson durante el Tour de Francia.

La Agencia Mundial Antidopaje - AMA (*World Anti-Doping Agency* - WADA) se estableció oficialmente el día 10 de noviembre de 1999 en Lausanne, Suiza. Su creación la promovió el COI y su instauración comenzó a gestarse desde la celebración de la Primera Conferencia Permanente sobre antidopaje, efectuada en Ottawa en el año 1988. En aquel entonces, el Príncipe Alexander de Mérode, presidente de la Comisión Médica del COI, y el Ministro de Deportes canadiense, la dirigieron. En la actualidad, la AMA se encarga de los controles del dopaje en todo el mundo.

2.1 Ayudas ergogénicas

Etimológicamente, la palabra ergogénica proviene de los términos griegos *ergon* (trabajo) y *gennan* (producción), por lo que las ayudas ergogénicas no tienen un carácter exclusivamente nutricional. Por el contrario, se pueden encontrar ayudas ergogénicas mecánicas, psicológicas, entre otras. Es decir, una ayuda ergogénica es todo método o técnica que ayuda a mejorar la producción de trabajo o a incrementar el rendimiento del deportista. Para que las ayudas ergogénicas sean tratadas como legales, tienen que cumplir los criterios de no encontrarse en méto-

dos o sustancias dopantes. Por ello, deben cumplir las siguientes características (Gallego et al., 2006):

- No ser nocivas para la salud del deportista.
- No estar prohibidas por las autoridades nacionales o internacionales que regulan las competiciones de cada deporte.

Todo lo demás, es considerado dopaje.

2.1.1 Naturaleza de las ayudas ergogénicas

Se pueden diferenciar tres grupos generales de ayudas para mejorar el desempeño de los deportistas:

- a. Las ayudas legales permitidas por los organismos deportivos internacionales que rigen cada deporte. En la dosificación correcta, se ha comprobado, científicamente, que no representan peligro alguno para la salud de los deportistas y no se incurre en delito alguno al emplearlas.
- b. Las ayudas prohibidas por los organismos deportivos internacionales. A pesar de ello, son usadas, pero no se ha reportado deterioro en la salud de los deportistas.

c. Las que ocasionan sanciones por estar prohibidas tanto por los organismos deportivos internacionales como por la Agencia Mundial Antidopaje, y que diversos estudios han demostrado que son perjudiciales para la salud.

2.1.2 Clasificación

Las ayudas ergogénicas se dividen en dos grandes grupos:

a) No nutricionales

- Mecánicas
- Psicológicas
- Fisiológicas
- Farmacológicas legales

b) Nutricionales

- Suplementos

2.2 Ayudas ergogénicas mecánicas

En el diseño industrial, se conoce como el área de ergonomía y busca la adecuación del entorno para la mejor funcionalidad puesta al servicio del hombre. En el ámbito del deporte,

este tipo de ayudas permiten mejorar el desempeño del deportista, debido a los materiales que se usan en el proceso de fabricación de trajes e implementos en cada práctica deportiva. Se encuentran ayudas como trajes, calzado, cascos, bicicletas, pistas sintéticas, esquís, entre otros. Se puede pensar que, por el hecho de no representar invasiones al organismo del deportista, no pueden existir ayudas mecánicas ilegales. Sin embargo, se han encontrado casos en que estas ayudas pueden repercutir en una ventaja desleal sobre los contendientes, incidiendo en fraude.

En primer lugar, se encuentra el tema de las bicicletas con motor que, desde el 2014, se descubrieron con casos como el de Hesjedal quien cayó durante la séptima etapa de la vuelta a España. Intentó recuperar su bicicleta, pero la grabación de esta caída muestra que la bicicleta no dejó de moverse sobre la carretera, a pesar de que los pedales estaban inmóviles. Durante el Campeonato Mundial de Ciclocross Sub-23 de 2016, realizado en Bélgica, los jueces de la UCI descubrieron que la ciclista nacional Femke Van den Driessche llevaba un pequeño motor unido a la parte trasera de su bicicleta. En su defensa, afirmó que hubo un

error de bicicleta y esta no pertenecía a ella. Tras descubrir que, posiblemente algunos ciclistas estarían utilizando bicicletas con motor, a lo que denominaron “doping tecnológico”, la UCI tomó cartas en el asunto y creó pruebas de rayos x y mediciones de campo eléctrico sobre las bicicletas para evaluar si poseen o no motor y así penalizar a quienes los utilicen.

En contraparte, se permite el uso de motores en las bicicletas para ciclo-montañismo, lo que ha generado el debate sobre a quién corresponde esta nueva práctica: a la UCI o a la Federación Internacional de Motociclismo (FIM). De momento, ambas agremiaciones internacionales se debaten la posesión de esta modalidad, a pesar de que la UCI emitió un comunicado oficial y se mostró muy sorprendida y decepcionada tras el anuncio de la FIM sobre la organización de una Copa del Mundo el 01 y 02 de junio del 2020 en Francia para bicicletas eléctricas. La UCI, previamente, había notificado a la FIM, en septiembre de 2017, que consideraba que los eventos de bicicletas eléctricas de montaña se someterían exclusivamente a su reglamento, calificando de “eventos prohibidos” los de la FIM.

En segundo lugar, se encuentra el caso de la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (IAAF por sus siglas en inglés) con el caso del atleta con prótesis, Óscar Pistorius, quien solicitó a la IAAF que le permitiera competir con atletas convencionales. Sin embargo, tras un estudio científico independiente, se concluyó que las prótesis de guepardo, también denominadas *Cheetahs*, ofrecen claras ventajas mecánicas. Tras realizar pruebas en noviembre de 2008, en un Instituto de Biomecánica y Ortopedia, la IAAF, con aprobación y participación de Pistorius, evaluó si sus prótesis debían considerarse como ayudas técnicas y si representaban una ventaja o no sobre otros atletas que no las usan. El resultado fue que Pistorius pudo correr con sus “*Cheetahs*” a la misma velocidad que los velocistas sin discapacidad con un gasto de energía de aproximadamente un 25% menos. Se encontró que, al alcanzar la velocidad promedio de carrera, correr con las prótesis necesita menos energía adicional que correr con extremidades naturales. El trabajo positivo o la energía devuelta de los *Cheetahs* es casi tres veces mayor que la obtenida por la articulación del tobillo humano en la carrera máxima. Esto significa

que la ventaja mecánica de la prótesis, en relación con la articulación sana del tobillo de un atleta sin discapacidad, es superior al 30%.

Luego de analizar el caso Pistorius, la IAAF emitió la regla 144.2 de competencia para resolver el tema del uso de "ayudas técnicas" durante la competencia. Esta regla prohíbe el uso de cualquier dispositivo técnico que incorpore muelles, ruedas o cualquier otro elemento que proporcione al usuario una ventaja sobre otro atleta que no utilice tal dispositivo. En otros deportes, como el esquí en descenso sobre nieve y la natación, se permite el uso de trajes que, por materiales o tejidos, son más aerodinámicos e hidrodinámicos y facilitan al deportista su desempeño, como el caso de los trajes de piel de tiburón en natación. En el análisis de Britez, J. (2013), se encontró que los deportistas que usan este tipo de trajes consumen 5% menos oxígeno frente a grupos control. La aclaración de la regla SW 10.7 hecha por la FINA en abril de 2008, que permitía el traje Speedo confirmando que en los trajes de competición se puede incorporar zonas de poliuretano. Fue vuelta atrás para establecer trajes solo textiles en el nuevo Reglamento de 2009 - 2013.

2.3 Ayudas ergogénicas psicológicas

Este tipo de ayudas se apoyan en técnicas de motivación, visualización, concentración, relajación, control de la ansiedad, hipnosis, entre otras. Buscan el grado óptimo de concentración del deportista en el entrenamiento y la competencia. Al respecto, Ortín et al. (2009). afirman que las técnicas derivadas de ayudas ergogénicas psicológicas constituyen una manifestación más del entrenamiento deportivo. Estas ayudas, día a día, se han fijado como la metodología de trabajo de muchos entrenadores, deportistas y equipos deportivos. La preparación psicológica de los deportistas se basa en el entrenamiento de habilidades mentales que incrementan el rendimiento en el entrenamiento y la competición. También, se utilizan en el período transitorio y preparatorio, buscando establecer la actuación del deportista antes, durante y después de las competiciones y poner en práctica las habilidades psicológicas experimentadas (Godoy et al., 2009).

Los psicólogos deportivos son parte del equipo multidisciplinar que debe velar por el cumplimiento a cabalidad del plan de entrenamiento. En los últi-

mos años, son quienes han propuesto técnicas tan utilizadas como la visualización; sin embargo, existen ayudas ergogénicas de todo tipo. Está el caso del grito, como recurso ergogénico estudiado por Aguilar y Salas (2013), quienes investigaron su efecto en el incremento de la fuerza de prensión de mano en 44 adolescentes, 25 mujeres y 19 hombres, con una edad promedio de 16.10 ± 0.7 años. Estos aplicaban la mayor prensión de mano en un dinamómetro por tres intentos con la mano dominante y tres con la no dominante, emitiendo un grito en el momento de la ejecución, y tres intentos más con cada mano sin emitir el grito. Luego de este experimento, los investigadores concluyeron que emitir un grito en el momento de realizar la acción de prensión de mano, incrementó la cantidad de fuerza medida en kilogramos. Esto, independientemente del género y de que se realizará con la mano dominante o no dominante. Con ello, se afirmó que los resultados fueron producto de un estímulo neuromuscular, más que de factores de dominancia o género.

Otro estudio significativo sobre el grito fue el de Zamora y Rojas (2002), quienes analizaron el efecto del grito como recurso ergogénico psicológico en la

potencia de piernas en practicantes de Kung Fu. Para el grupo experimental, se percibió una leve mejora, concluyendo que la implementación del grito personal, como un recurso ergogénico psicológico, puede afectar positivamente la potencia de las piernas. Esto es posible si se utiliza en el momento en el que se realiza el gesto específico, en este caso, los saltos. Otra ayuda ergogénica psicológica que también se ha estudiado es el uso de música en el deporte, como una herramienta motivadora en entrenamientos anaeróbicos y aeróbicos.

Brooks y Brooks (2016) analizaron los efectos del uso de la música en la mejora del rendimiento. Esta revisión proporcionó una perspectiva sobre las adaptaciones específicas de la aptitud física adquiridas, utilizando, selectivamente, un entrenamiento de resistencia, sobrecarga o combinado. Los investigadores encontraron que la mayor respuesta a la música, como ayuda motivadora, se observó en los entrenamientos aeróbicos o de resistencia, mientras que el entrenamiento con sobrecarga y el entrenamiento anaeróbico, deben ser investigados con más detalle. Es decir, que la utilización de la música, como ayuda ergogénica psicológica, se debe es-

tudiar más en casos de rendimiento submáximo y máximo, así como en el ejercicio de intensidad moderada versus el ejercicio de alta intensidad, antes de llegar a conclusiones definitivas.

2.4 Ayudas ergogénicas fisiológicas

Técnicas de calentamiento, masaje, crioterapia, fisioterapia, autotransfusión sanguínea e inhalación de oxígeno, se agrupan en este tipo de ayudas. Todas ellas deben ser administradas por profesionales del área de la fisioterapia o fisiatría, quienes tengan conocimiento y experiencia en el campo deportivo, para prevenir el defecto o el exceso en la dosis de administración. La mayor parte de este tipo de ayudas busca incrementar las capacidades físicas, principalmente en procesos de rehabilitación deportiva, dando un resultado menos significativo, mas no despreciable en el rendimiento deportivo. Tal es el caso de la crioterapia o aplicación de frío localizado o general que se ha estudiado, frente a la utilización de diferentes técnicas, como la recuperación activa, el masaje, los estiramientos, la electroestimulación, la terapia hiperbárica, las medias com-

presivas, las inmersiones en agua y la terapia de contrastes con agua, con el fin de evaluar todas estas técnicas y sus resultados en el rendimiento deportivo.

Luego de la revisión sistemática de Dupuy *et al.* (2018), se documentó que la aplicación del frío reducía el dolor posterior al entrenamiento, pero en menor medida que el masaje, las prendas compresivas o la inmersión en el agua. Por tanto, su efectividad ante la inflamación no ha demostrado un resultado significativo frente a otras técnicas. Esto puede deberse a la heterogeneidad que existe entre las investigaciones sobre el tipo de exposición al frío y los tiempos que se analizan. Consecuentemente, se requiere investigar más sobre la criogenia en la búsqueda de mejorar el rendimiento de los deportistas para encontrar resultados concluyentes.

El caso de la electroestimulación como ayuda ergogénica es diferente a la crioterapia, pues ha demostrado que no solo ayuda en procesos de rehabilitación, sino que también beneficia significativamente el entrenamiento de la fuerza. Según Herrero *et al.* (2003), se debe tener en cuenta que la electroestimulación requiere combi-

narse con el entrenamiento deportivo, por lo que el deportista, al recibir la estimulación eléctrica, presenta contracciones musculares involuntarias. Esto hace que los diferentes tipos de fibras, sumado al trabajo voluntario realizado, incrementen la calidad de contracción y, por ende, el desarrollo de la fuerza. Esta debe traducirse positivamente mediante la realización del gesto deportivo global o parcial, para aguantar tensiones voluntarias y obtener conjuntamente un progreso en su fortalecimiento muscular.

Para Guerrero Guzmán (2019), en función a los objetivos y las metas a perseguir, se debe trabajar con la aplicación de la intensidad de las frecuencias en Hercios (Hz), desde las más bajas, que permiten la relajación, hasta las más altas, que permiten el desarrollo de la fuerza máxima. Debe tenerse en cuenta que las frecuencias más elevadas solamente se aplican en deportistas altamente capacitados ya entrenados, buscando el desarrollo de gestos y capacidades específicas. Por ejemplo, en la preparación física de los deportistas de levantamiento de pesas, se deberían aplicar las siguientes frecuencias, dependiendo del objetivo del entrenamiento:

- 1-10 Hz: Favorece la relajación muscular/anestésica y la circulación.
- 10-20 Hz: Aumenta la resistencia aeróbica y la capacidad oxidativa muscular.
- 20-50 Hz: Mejora el tono y la firmeza muscular.
- 50-75 Hz: Induce a la hipertrofia.
- 75-120 Hz: Incrementa la fuerza máxima.
- 120-150 Hz: Desarrolla la fuerza explosiva.

Los estudios en el tema de la electroestimulación recomiendan combinar este método con el entrenamiento activo, debido a que, por un lado, se puede perder la capacidad contráctil de los músculos voluntarios por el uso exclusivo de la electroestimulación; por otro lado, el abuso en el uso de las frecuencias de onda más allá de 150 Hz y la frecuencia semanal por encima de tres días a la semana, pueden repercutir en el sobreentrenamiento del deportista y derivar en una lesión.

2.5 Ayudas ergogénicas farmacológicas

El principal objetivo de este texto es dar claridad al lector sobre las diferencias entre las ayudas legales y las ilegales; además del hecho de ilegalidad, sobre lo nocivas que son para la salud de quien las usa. Uno de los puntos en los que más confusión se puede encontrar sobre si se pueden utilizar o no y si son perjudiciales para la salud, es el de las ayudas ergogénicas farmacológicas. A pesar de que son legales y no deterioran la salud del deportista, si se abusa de su consumo, pueden causar efectos adversos en ambos casos. Este grupo de ayudas abarcan sustancias como: arginina, cafeína, carnitina, creatina, bicarbonato de sodio, glucosamina, citrato sódico, ginseng, lecitina, yohimbina, piruvato, fosfatos antioxidantes, glutatión, inosina, colina, ácido pangámico y smilax, sustancias que están permitidas por la Organización Mundial Antidopaje, con ciertos niveles de restricción, y que se profundizan a continuación:

2.5.1 Arginina

La arginina se califica como un aminoácido semi-esencial, precursor del óxido nítrico (NO), en una reacción mediada por la enzima óxido nítrico sintetasa. Es semi-esencial, debido a que puede ser sintetizado en el organismo; sin embargo, la cantidad que se produce no satisface los requerimientos diarios. Se debe plantear una dieta rica en alimentos que lo contengan, como jugo de sandía, mariscos, nueces o carne (Huerta et al., 2019). Algunos estudios avalan la efectividad de la arginina para favorecer el incremento de óxido nítrico, motivando su utilización en la práctica deportiva para mejorar el rendimiento de los deportistas. Esto, debido a las propiedades que ejerce en la recuperación muscular, la regulación de la contracción muscular, la respiración mitocondrial, la mejora del flujo sanguíneo, y la disminución de las concentraciones de lactato y amoníaco, participantes del desarrollo de la fatiga muscular. El exceso en la ingesta de arginina puede causar filtración glomerular, aumento de la presión arterial, aparición de calambres musculares, náuseas, vómitos o diarrea.

2.5.2 Cafeína

La cafeína es un alcaloide de la familia de las xantinas, sustancias procedentes de las purinas cuya forma natural se presenta en las plantas de café, té, mate, cacao, guaraná y nuez de cola. La cafeína es una de las sustancias psicoactivas de mayor consumo a nivel mundial, junto con la teobromina de la planta del cacao y la teofilina del té negro y verde (Cormano *et al.*, 2019). El efecto principal de la cafeína en el ser humano se ejerce en el sistema nervioso central. Causa incremento de la lipólisis, reducción de la concentración de potasio durante el ejercicio, aumento de la contracción muscular y ahorro del glucógeno muscular, lo que conlleva mejoras en el entrenamiento a largo plazo (Moreno, 2016).

En el deporte, la cafeína se prohibió desde 1984, pero la Agencia Mundial Antidopaje (WADA), en el 2004, decidió eliminarla de la lista de sustancias prohibidas. Actualmente, los deportistas pueden tomar cafeína libremente durante el entrenamiento, principalmente, en deportes de resistencia. No obstante, si se abusa en el consumo de cafeína, el deportista puede presentar cefalea, insomnio, irritabilidad, nerviosismo, crisis de angustia, ataques

de pánico, taquicardia, aumento del estado de alerta, temblores, hiperactividad, psicosis aguda, hiperreflexia, espasmos musculares, palpitaciones, alcalosis respiratoria, gastritis, úlcera péptica, reflujo gastroesofágico y esofagitis erosiva.

2.5.3 Carnitina

La L-Carnitina es una amina cuaternaria que se metaboliza al unirse a los ácidos grasos de cadena larga y conducirlos hasta el interior de la mitocondria. Esta molécula se puede sintetizar en el hígado, los riñones y el cerebro, a partir de dos aminoácidos, lisina y metionina. Las necesidades diarias de L-carnitina se solventan por medio de la síntesis endógena; sin embargo, la suplementación con este aminoácido puede favorecer la eliminación del tejido graso, fomentando la β -oxidación de los ácidos grasos. A pesar de ello, la Comisión Australiana de Deporte la ha incluido dentro del grupo B de los suplementos deportivos, debido a que su eficacia está poco demostrada y requiere mayor investigación (Llamas & Lou, 2014).

Las principales fuentes de carnitina son alimentos como, con las siguientes

tes concentraciones: carne de ternera: 95 mg; carne de cerdo: 27,7 mg; pescado: 5,6 mg; pechuga de pollo: 3,9 mg; pan integral: 0,36 mg; macarrones: 0,126 mg; huevos: 0,0121 mg; y zumo de naranja: 0,0019 mg. Los posibles efectos adversos de la L-carnitina se presentan a nivel gastrointestinal y consisten en diarrea, vómitos y dolor de estómago. Estos efectos se presentan en la mayoría de los casos por el exceso en la suplementación.

2.5.4 Creatina

La creatina se encuentra de forma natural en el cuerpo en el músculo esquelético, alrededor de un 95%, mientras que el 5% restante se encuentra en pequeñas cantidades en el cerebro y los testículos. Proviene, principalmente, del consumo de carne roja y mariscos. La creatina sintetizada artificialmente se ha empleado exitosamente en el tratamiento de deportistas con intervenciones quirúrgicas o en fase de rehabilitación, ayudando en la recuperación de la masa muscular; también, en cardiópatas, para elevar la funcionalidad cardiovascular. El organismo humano precisa una cantidad total de 2 gm de creatina diarios de los que el 50% es sintetizado por el propio

organismo mediante el hígado y páncreas; es transportada especialmente al músculo y cerebro. El otro 50% debe ser aportado a través de la dieta, principalmente, de pescado, carne, leche, huevos o ciertos vegetales (Kreider et al., 2017).

La creatina es una de las ayudas ergogénicas nutricionales más populares entre deportistas. Se encuentra en grandes cantidades en la dieta y, por lo tanto, su uso no está prohibido por ninguna organización deportiva. No se reportaron efectos adversos más que la ganancia de peso corporal, generalmente como agua, debido a que la creatina arrastra agua al interior de la célula muscular. Sin embargo, tomar cantidades excesivas de creatina puede provocar dolor de estómago y diarrea; si no se aumenta la ingesta de agua, se puede sufrir de calambres y deshidratación.

2.5.5 Bicarbonato de sodio

El consumo de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) aumenta las concentraciones de bicarbonato (HCO_3^-) en sangre, facilitando el flujo de H^+ y lactato de la célula muscular, lo que retarda el proceso de acidificación. Algunos

estudios demuestran que la ingesta de bicarbonato de sodio mejora el desempeño en ejercicios de alta intensidad y, principalmente, de carácter intermitente (Dahmer et al., 2020). El uso adecuado del bicarbonato de sodio, por vía oral o intravenosa con supervisión médica, parece no acarrear efectos adversos. Sin embargo, el abuso puede derivar en peritonitis o alteraciones graves en los niveles de electrolitos.

2.5.6 Glucosamina

La glucosamina se sintetiza naturalmente en el organismo. Es una sustancia presente en el cuerpo, en el líquido que rodea las articulaciones, y también en otros lugares en la naturaleza. Por ejemplo, la glucosamina utilizada en los suplementos dietarios se obtiene a menudo de las conchas de los mariscos; también, puede sintetizarse en un laboratorio. Proviene de la L-glutamina (aminoácido) y de la glucosa (azúcar), y de participar en la biosíntesis de glicoproteínas y glucosaminoglicanos. Se le atribuye la formación de ácido hialurónico, sustancia que participa en la síntesis de tejido cartilaginoso.

Junto a la condroitina, ayuda las articulaciones, resultando beneficioso, también, a largo plazo, en los procesos de rehabilitación a causa de lesiones físicas. La glucosamina favorece la reconstrucción de las articulaciones dañadas. Su principal función es recuperar el tejido conectivo después de una lesión (Restaino et al., 2019). Es relativamente segura cuando se ingiere en dosis de 3-6 gr por día; sin embargo, puede causar ciertos efectos leves, entre ellos, náuseas, acidez, diarrea y estreñimiento. Los efectos secundarios poco comunes son somnolencia, reacciones de la piel y cefalea. Puede brindar cierto alivio al dolor en personas con artrosis, especialmente, en aquellas con artrosis en la rodilla.

2.5.7 Citrato sódico

La suplementación con bicarbonato de sodio o citrato sódico se ha recomendado como estrategia para disminuir la acumulación de iones de hidrógeno (H⁺) en la célula muscular, lo que se constituye en el motivo más importante de la fatiga muscular en ejercicios de alta intensidad y corta duración. Varios estudios han mostrado que la ingesta de citrato sódico (bicarbona-

to de sodio) aumenta el pH de la sangre, con la dosis más recomendada de 0,5 g/kg. Un meta-análisis mostró un efecto poco claro de su administración sobre el rendimiento con la dosis típica de 0,5 g/kg. (de Salles & Junior, 2018).

2.5.8 Ginseng

El ginseng se extrae de la raíz de una planta del género panax. Se utiliza cada vez más como ayuda ergogénica en el deporte de altos logros, por sus beneficios sobre la mejora del rendimiento y la disminución de la fatiga (Torras, 1993). El principio activo del Panax Ginseng son las llamadas saponinas o ginsenósidos (GNC). Las saponinas son glucósidos derivados de compuestos triterpénicos y los terpenos son compuestos orgánicos con un número de carbonos múltiplo de 5 n, siendo n dos como mínimo. Ginsenósido proviene de la unión de "ginseng" y "glucósido".

En la medicina oriental, se reconocen los siguientes beneficios:

1. Incremento del vigor corporal y prevención del decaimiento físico.
2. Incremento de la acción hemato-poyética.

3. Mejora de las facultades mentales y funciones nerviosas.
4. Incremento de la secreción de los líquidos corporales.
5. Regulación de la función pulmonar.
6. Fortalecimiento del sistema gastrointestinal.
7. Actúa como desintoxicante y cura las infecciones.

El ginseng más completo es el rojo coreano, por contener más ginsenósidos. Hasta el momento, se puede afirmar que la ingesta continuada de ginseng mejora la capacidad de trabajo físico y el consumo máximo de oxígeno, y disminuye la concentración de lactato en sangre, lo que es más notorio en individuos sedentarios.

Entre los posibles efectos secundarios, se pueden incluir:

- Diarrea
- Insomnio
- Dolor de cabeza
- Latido cardiaco rápido
- Aumento o disminución de la presión arterial
- Dolor en las mamas y sangrado vaginal

2.5.9 Lecitina

Es una sustancia orgánica presente en la membrana celular. Se obtiene de las grasas animales, la yema del huevo y algunas semillas. La lecitina contiene fosfatidilcolina que, a su vez, contiene colina que se relaciona directamente con el neurotransmisor acetilcolina, sustancia clave para la correcta transmisión nerviosa (Shurtleff & Aoyagi, 2016). Se ha demostrado que los niveles de colina disminuyen cuando se realizan esfuerzos intensos y prolongados. La reducción de los niveles de colina puede estar asociado al aumento de fatiga, ya que disminuye la acetilcolina y puede ralentizar los impulsos nerviosos, incrementando el tiempo de reacción. La lecitina se encuentra, principalmente, en la soya, los huevos, la leche y el girasol. Sus fosfolípidos pueden formar liposomas, bicapas lipídicas, micelas o estructuras lamelares, dependiendo de la hidratación y la temperatura. No se han descrito efectos adversos para las dosis normales de lecitina que contienen los alimentos o suplementos.

2.5.10 Yohimbina

Es un alcaloide que se extrae del pausinystalia johimbe, que es un árbol de África Occidental. Es un ingrediente de algunos suplementos dietéticos que afirman favorecer la pérdida de peso y mejorar la función sexual. Puede inducir la vasodilatación y un aumento del tono y motilidad intestinal, así como un aumento de la lipólisis en el adipocito. Su uso es bajo formulación médica, debido a que, en dosis de 20 mg o más, puede generar efectos secundarios graves, como dolor de cabeza, presión arterial alta, ansiedad, agitación, aceleración del ritmo cardíaco, infarto, insuficiencia cardíaca e, incluso, la muerte National Institutes of Health, (2019).

2.5.11 Piruvato

El piruvato de sodio es una sal de la forma de anión conjugado del ácido pirúvico conocido como piruvato. Se encuentra naturalmente en el organismo. Se usa en los suplementos para adelgazar, ya que puede incrementar el metabolismo de las grasas, reducir el peso y la grasa corporal, combatir la flacidez muscular, estimular la respiración celular, incrementar la energía

y mejorar el rendimiento de la actividad física (de Antuñano, N. P. G. *et al.*, 2019). El piruvato posee una acción antioxidante y parece ser seguro hasta 30 g por día por 6 semanas; sin embargo, puede causar diarrea, gases y distensión abdominal.

2.5.12 Fosfatos antioxidantes

Los fosfatos son compuestos que se encuentran naturalmente en la mayoría de los alimentos (Benini *et al.*, 2011). El fosfato orgánico, presente en alimentos proteicos, como lácteos, carnes y huevos, es hidrolizado en el tracto intestinal y absorbido entre un 40% y 60%. Las legumbres, los frutos secos y las semillas contienen grandes cantidades de fosfatos en forma de fitatos. La adecuada suplementación con fosfatos antioxidantes, durante los procesos de adaptación y recuperación del deportista, previene el estrés oxidativo o desbalance entre especies antioxidantes y prooxidantes. También, se relaciona con los potenciales efectos negativos, como el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles y el cáncer. La adición de compuestos nutricionales antioxidantes, en forma de suplemen-

tos en la dieta, puede reducir considerablemente estos efectos, permitiendo el restablecimiento de las defensas. Hasta el momento, no se han descrito efectos adversos para las dosis normales de fosfatos que contienen los alimentos o suplementos.

2.5.13 Glutación

El glutatión es un tripéptido constituido por los aminoácidos glutamato, cisteína y glicina. Es el principal antioxidante y ayuda a proteger las células de las especies reactivas del oxígeno, como los radicales libres y los peróxidos. Hasta la fecha, las investigaciones sugieren que el glutatión por vía oral no se absorbe bien a través del tracto gastrointestinal (Witschi *et al.*, 1992). Sin embargo, las concentraciones de glutatión parecen recuperarse con la ingesta de S-adenosil-metionina y precursores de glutatión ricos en cisteína, como la N-acetilcisteína. El uso inadecuado o exceso en el consumo de glutatión puede ocasionar desequilibrios en la tiroides, disfunción en el hígado y dolor abdominal severo.

2.5.14 Inosina

La inosina tiene muchas funciones, entre ellas, la producción de trifosfato de adenosina (ATP). Los suplementos de inosina han sido recomendados como un estimulante energético para deportistas. Se puede encontrar en la levadura de cerveza y el hígado vacuno. La inosina también está disponible en forma purificada y se comercializa como suplemento deportivo con una dosis aproximada de 5 a 6 gm diarios. La evidencia científica aún es insuficiente para afirmar que pueda beneficiar al corazón; a pesar de ser conocida como estimulante del rendimiento para los atletas, la evidencia sugiere que no funciona para este propósito. Se sugiere que altas dosis de inosina (McNaughton et al., 1999), de 5,000 a 10,000 mg por día durante 5 a 10 días, podrían aumentar el riesgo de problemas relacionados con el ácido úrico, como la gota o cálculos renales.

2.5.15 Colina

La colina es un nutriente que se encuentra en carnes, huevos, pollo, productos lácteos, papas, frijol, nueces, semillas, granos enteros y verduras crucíferas, como brócoli y coliflor. El

cerebro y el sistema nervioso la necesitan para regular la memoria, el estado de ánimo, y el control muscular y otras funciones. El hígado puede producir una pequeña cantidad de colina, pero la mayor parte de la colina en el organismo proviene de los alimentos que se consumen. Obtener demasiada colina puede causar un olor corporal a pescado, vómito, sudoración o salivación pesada, hipotensión arterial y lesión hepática. Algunas investigaciones sugieren que cantidades de colina superiores -hombres mayores de 19 años 550 mg y mujeres mayores de 19 años 425 mg- podrían aumentar el riesgo de una enfermedad cardíaca.

2.5.16 Ácido pangámico

También denominado vitamina B15 o ácido D-glucónico dimetil aminoacético. Se encuentra, principalmente, en la levadura de cerveza 128 mg / 100 g, el germen de trigo 70 mg / 100 g y el salvado de trigo 40 mg / 100 g. Su nombre, ácido pangámico, deriva de las raíces *Pan* (universal) y *Gamic* (semilla). Se le atribuye propiedades antioxidantes que estimulan la respiración celular y el incremento de la disponibilidad de oxígeno en los esfuerzos aeróbicos,

aunque no se ha demostrado científicamente. En estudios de obstetricia, se afirma que, gracias a que presenta 8 radicales metilos, puede tener propiedades biológicas para activar los fenómenos de oxidación y respiración tisular. Se considera que la necesidad diaria del organismo es aproximadamente de 2 mg (Lino, 2000). En la actualidad, no existen estudios concluyentes sobre su uso y efectos en población deportista.

2.5.17 Smilax

Smilax scobinicaulis es una planta trepadora que se encuentra en las zonas cálidas de Asia y América. Todos los segmentos de las plantas del género *Smilax* se utilizan para la elaboración de varias bebidas tradicionales y productos alimenticios. En la medicina tradicional china, las raíces de *Smilax* se utilizan, a menudo, en la preparación de remedios contra la artritis y las lumbalgias. Entre sus derivados, se pueden encontrar esteroides, como el sitosterol. En el deporte, se han empleado como anabolizantes, pero no existe literatura científica sobre los efectos de su uso como ayuda ergogénica.

2.6 Doping

El *doping* consiste en el uso o la administración de sustancias o el empleo y la aplicación de métodos prohibidos en el deporte federado, perjudiciales para la salud de quien los usa. Estas sustancias están destinadas a aumentar artificialmente las capacidades físicas de los deportistas o modificar los resultados de las competiciones deportivas (Martínez et al., 2017). También, se considera *doping* el promocionar entre los deportistas o incitarlos a utilizar estas sustancias o métodos, hecho que, en muchos países, está penalizado no solo por reglamentos deportivos, sino también por leyes gubernamentales.

El dopaje o *doping* (en inglés) se divide tres grupos:

a) *Farmacológicos*

- Estimulantes psico-motores (cocaína, pemolina, anfetaminas, cafeína, alcohol, cannabis).
- Analgésicos narcóticos (metadona, heroína).
- Aminas simpaticomiméticos (efedrina).

b) Anabolizantes

- Esteroides (testosterona, estanozolol, mesterolona, nandrolona).
- Peptídicos (Epo, Gh, Acth, Hcg, Igf-1, insulina, factores de liberación hipotalámicos).

c) Otros

- Clenbuterol
- P-Bloqueantes
- Diuréticos, métodos enmascaradores (probenecid)
- Anestésicos locales, corticosteroides

La utilización de sustancias dopantes conlleva una serie de implicaciones éticas, legales y sociales. Más allá de ello, el uso de sustancias dopantes también suscita el escarnio público, generando una percepción de opacidad y desconfianza en torno a la integridad del deporte. Esta práctica no solo impacta en el funcionamiento fisiológico del organismo de quienes la emplean, sino que también afecta profundamente su salud mental.

Es importante destacar que el dopaje no encuentra cabida en el ámbito deportivo ni en ninguna de sus manifes-

taciones. Representa una clara transgresión de los valores fundamentales que sustentan el espíritu deportivo, incluida la búsqueda del rendimiento a través del esfuerzo y la superación personal. La práctica del dopaje no solo socava la integridad del deporte, sino que también menoscaba la credibilidad de los logros obtenidos mediante métodos legítimos y éticos, llegando a afectar incluso a aquellos que han hecho un proceso honesto, debido a sanciones generalizadas que afectan equipos nacionales donde pagan justos por pecadores.

Además de los riesgos evidentes para la salud que conlleva el uso de sustancias dopantes, su práctica introduce una desigualdad injusta en la competición, quebrantando el principio de igualdad de condiciones para todos los participantes. Esto no solo distorsiona el resultado de las competiciones, sino que también deteriora la confianza del público en la equidad y la justicia dentro del deporte.

El dopaje representa una traición a los valores que el movimiento Olímpico y el Deporte en general suscitan, tales como el juego limpio, el respeto de sí y de los demás y la excelencia deportiva. Por tanto, es fundamental aunar

esfuerzos para combatir esta práctica y promover un ambiente deportivo basado en la honestidad, la integridad y el *fair play* donde todos tengamos cabida y no solo aquellos con el poder económico que compra los avances científicos para utilizarlos de manera deshonesto en una practica tan noble como el deporte.

Referencias

- Aguilar, R. C., & Salas, J. D. Z. (2013). Efecto del grito personal como recurso ergogénico en la fuerza de prensión de mano en adolescentes. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 8(2), 35-39. <https://www.redalyc.org/pdf/1793/179329660003.pdf>
- Benini, O., D'Alessandro, C., Gianfaldoni, D., & Cupisti, A. (2011). Extra-phosphate load from food additives in commonly eaten foods: a real and insidious danger for renal patients. *Journal of Renal Nutrition*, 21(4), 303-308. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2010.06.021>
- Britez, J. (2013). Natación: ¿Pulverización de récords o doping tecnológico? In 10º Congreso Argentino de Educación Física y Ciencias 9-13 de septiembre de 2013 La Plata. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Educación Física. <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=eventos&d=Jev3118>
- Brooks, K., & Brooks, K. (2016). Aumento del Rendimiento Deportivo a través del Uso de la Música. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 30(2), 25-32. <https://g-se.com/aumento-del-rendimiento-deportivo-a-traves-del-uso-de-la-musica-1273-sa-r57cfb271e11e1>
- Cormano, E. B., Redondo, R. B., Rogel, M. B., & Bach-Faig, A. (2019). Efecto de la cafeína como ayuda ergogénica para evitar y prevenir la fatiga muscular. *Archivos de Medicina del Deporte*, 36(6), 368-375. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev01_barcelo.pdf
- Dahmer, R., de Souza, Y. M., & Benetti, F. (2020). Efeitos do bicarbonato de sódio e beta alanina em jogadores de futebol. *RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, 14(87), 409-415. <https://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/1710>

- de Antuñano, N. P. G., Marqueta, P. M., Redondo, R. B., Fernández, C. C., Bonafonte, L. F., Aurrekoetxea, T. G., ... & García, J. A. V. (2019). Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte-2019. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte*, 36(Suppl. S1), 7-83. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/esSiqueira/ibc-185183>
- de Salles Painelli, V., & Junior, A. H. L. (2018). Thirty years of investigation on the ergogenic effects of sodium citrate: is it time for a fresh start? *British Journal of Sports Medicine*, 52(14), 942-943. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096516>
- Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugué, B. (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, soreness, fatigue, and inflammation: a systematic review with meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 9, 312968. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00403>
- Gallego, J. G., Collado, P. S., & Verdú, J. M. (2006). *Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje*. Ediciones Díaz de Santos. ISBN: 84-7978-770-8.
- Guerrero Guzmán, G. G. (2019). Electroestimulación como método auxiliar en la preparación física de los deportistas de halterofilia para el desarrollo de la fuerza. (Tesis de maestría). Universidad Machala, Guayaquil, Ecuador.
- Godoy D., Vélez M., y Pradas F. (2009). Nivel de dominio de las habilidades psicológicas en jóvenes jugadores de tenis de mesa, bádminton y fútbol. *Revista de Psicología del Deporte* 2009. Vol. 18, núm. 1 pp. 7-22. <https://www.redalyc.org/pdf/2351/235119250001.pdf>
- Herrero, A. J., López, D. G., & López, J. G. (2003). Influencia de la estimulación eléctrica neuromuscular sobre diferentes manifestaciones de la fuerza en estudiantes de educación física. *Lecturas: Educación física y deportes*, 58. <https://efdeportes.com/efd58/elect.htm>
- Huerta Ojeda, Á., Domínguez de Hanna, A., & Barahona-Fuentes, G. (2019). Efecto de la suplementación de L-arginina y L-citrulina sobre el rendimiento

físico: una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 36(6), 1389-1402. Epub 24 de febrero de 2020. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02478>

Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., ... & Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>

Llamas Dios, J., & Lou Bonafonte, J. M. (2014). *L-Carnitina como suplemento nutricional en el Deporte* (Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, Perú, Zaragoza). <https://zaguan.unizar.es/record/15188>

Lino, J. M. O. (2000). Ayudas ergogénicas en el deporte. *Arbor*, 165(650), 171-185.

Martínez-Sanz, J. M., Sospedra, I., Mañas Ortiz, C., Baladía, E., Gil-Izquierdo, A., & Ortiz-Moncada, R. (2017). Intended or unintended doping? A review of the presence of doping substances in dietary supplements used in sports. *Nutrients*, 9(10), 1093. <https://doi.org/10.3390/nu9101093>

McNaughton, L., Dalton, B., & Tarr, J. (1999). Inosine supplementation has no effect on aerobic or anaerobic cycling performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 9(4), 333-344. <https://doi.org/10.1123/ijsn.9.4.333>

Moreno, A. G. (2016). La cafeína y su efecto ergogénico en el deporte (segunda parte). *Archivos de Medicina del Deporte*, 33(3), 200-206. https://archivos-demedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev01_moreno_parte2.pdf

National Institutes of Health. (2019). Pérdida de peso. Office of Dietary Supplements. Recuperado de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Weight-Loss-DatosEnEspanol/>

Ortín, F., Garcés, E., & Olmedilla, A. (2009). *Aspectos Psicosociales de la Actividad Física para la Salud*. (pág. 36). Murcia: Fundación Universitaria Iberoamericana.

- Restaino, O. F., Finamore, R., Stellavato, A., Diana, P., Bedini, E., Trifuoggi, M., ... & Schiraldi, C. (2019). European chondroitin sulfate and glucosamine food supplements: a systematic quality and quantity assessment compared to pharmaceuticals. *Carbohydrate Polymers*, 222, 114984. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.114984>
- Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (2016). *History of Lecithin and Phospholipids (1850-2016): Extensively Annotated Bibliography and Sourcebook, Including Phosphatides and Liposomes*. Soyinfo Center. ISBN: 978-1-928914-86-0.
- Torras Toll, R. (1993). El Ginseng como ayuda ergogénica: revisión. *Apunts Medicina de l'Esport (Castellano)*, 30(118), 301-310. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6284654>
- Witschi, A., Reddy, S., Stofer, B., et al. (1992). The systemic availability of oral glutathione. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 43(6), 667-669. <https://doi.org/10.1007/BF02284971>
- Zamora, J. D., & Rojas, W. S. (2002). Efecto del grito como recurso ergogénico psicológico en la potencia de piernas en practicantes de Kung Fu. *Cuadernos de psicología del deporte*, 2(1). <https://revistas.um.es/cpd/article/view/105041>



Capítulo 2

Morir para ganar, dopaje en el deporte

Betty Oviedo Sarria

Maestría en Ciencias Biomédicas, Universidad del Valle

Licenciatura en Biología y Química, Universidad Santiago de Cali

Docente Universitario, Escuela Nacional del Deporte

Coordinadora de los Cursos de Ciencias Biológicas

Grupo de investigación: Deporte y Rendimiento Humano

bioquimica@endeporte.edu.co

Experiencia personal

Cuando inicié la búsqueda del tema que quería presentar, entre muchos documentos que revisé, hubo uno que me atrajo inmediatamente. Cuando lo leí, definí que ese era el título que debía llevar mi ponencia. Lo que realmente quiero manifestar, a través de estas palabras, es que, antes de que alguien decida usar el *doping*, primero debe saber la importancia que tienen los esteroides que se producen en nuestro cuerpo y la realidad de sus funciones. De allí, el interés de muchos por querer superar su producción y llegar al límite, lo que puede cambiar sus vidas e, inclusive, provocar la muerte. A

veces, se realiza esta práctica por falta de conocimiento o por las recomendaciones de a quienes les interesan, a cualquier costo, las medallas que se puedan ganar.

Ser docente, trabajar en el medio del deporte y conocer a muchos deportistas me motivó a llevar un mensaje, desde las ciencias básicas, que invite a conocer el cuerpo y sus reacciones ante las demandas de la actividad deportiva; cómo recuperarse de manera natural y más adecuada, de acuerdo a la práctica deportiva; y, también, por si en algún momento llega la tentación de usar el *doping*, cuáles son los efectos adversos tanto para la salud como

para la reputación como deportista al ser descubierto. No se puede ignorar el impacto y la popularidad que muchas de estas sustancias tienen en la gente del común, quienes buscan una perfección física, desconociendo las alteraciones funcionales, fisiológicas, bioquímicas y psicológicas que, en la mayoría de los casos, son irreversibles, con el único objetivo de encajar en los patrones de belleza que impone la sociedad.

1. Introducción

El término *doping*, utilizado en Sudáfrica durante el siglo XVIII para referirse a una bebida alcohólica que tenía efectos estimulantes, pasó a formar parte del inglés, refiriéndose a una sustancia con efectos sedantes y alucinógenos. A finales del siglo XIX, el término sirvió para describir una bebida con efectos narcóticos. A principios del siglo XX, comenzó a emplearse para aludir a los efectos mejoradores del rendimiento físico.

2. Antecedentes

En 1928, la Federación Internacional Atlética Amateur prohibió el dopaje. En

1968, el Comité Olímpico Internacional empezó a realizar controles obligatorios de dopaje. Como resultado de ello, en 1999, se fundó la WADA (World Anti-Doping Association). Posteriormente, en los Juegos Olímpicos de Atenas de 2004, Triviño (2013), se estableció por primera vez un control anti dopaje sistemático. Han pasado varias décadas y el tema sobre el *doping* cada vez llama más la atención, debido a la aparición de muchos atletas que acuden a su uso para lograr su objetivo: "ganar". Estos atletas, muchas veces, son inducidos por su grupo de asesores que ejercen presión sobre ellos para lograr metas más rápidamente. Esta situación ocasiona mucho estrés en el atleta, al llevar la carga de cumplir las responsabilidades y metas en corto tiempo a costa de su salud.

Desde años atrás, se han escrito libros y realizado documentales sobre la muerte de muchos atletas. Este hecho se empezó a evidenciar en la década de los 60 con los ciclistas. En 1967, impactó el caso de Tom Simpson, cuya muerte se atribuyó al uso indebido de drogas, lo que alertó al público sobre los riesgos. La preocupación de ese momento era buscar si había más deportistas que estuvieran reali-

zando esta práctica y encontrar la forma de detectarlo en sus tejidos. Pero, ¿cuántos más habrían muerto por tal motivo? A partir de ese momento, se encendieron las alarmas entre médicos y equipos de trabajo, así que iniciaron, entre sus atletas, la búsqueda de fármacos que pudiesen ocasionar la muerte (Ramos, 2000). Este es solo uno de los tantos casos que se conocen y que se quedaron en la impunidad, pero su uso, al día de hoy, sigue creciendo. Son numerosos los atletas que terminan sus carreras por las sanciones que la medicina, específicamente la del deporte, tiene la responsabilidad de promover para preservar la salud y prevenir las enfermedades.

Cuando el deportista opta por el uso del *doping*, lo hace comprometiéndose a unas metas que no están libremente a su alcance y voluntad, además de no ser resultados propios de su actividad controlada (Vásquez, 2018). Más grave aún, cuando se administran productos sin verdadera indicación médica y a espaldas del deportista, con el fin de rendir más. En este problema, no solo se involucran médicos, sino también entrenadores, directivos, escuelas, medios de comunicación, entre otros. Todos estos actores dependen de lo que puedan ganar en las compe-

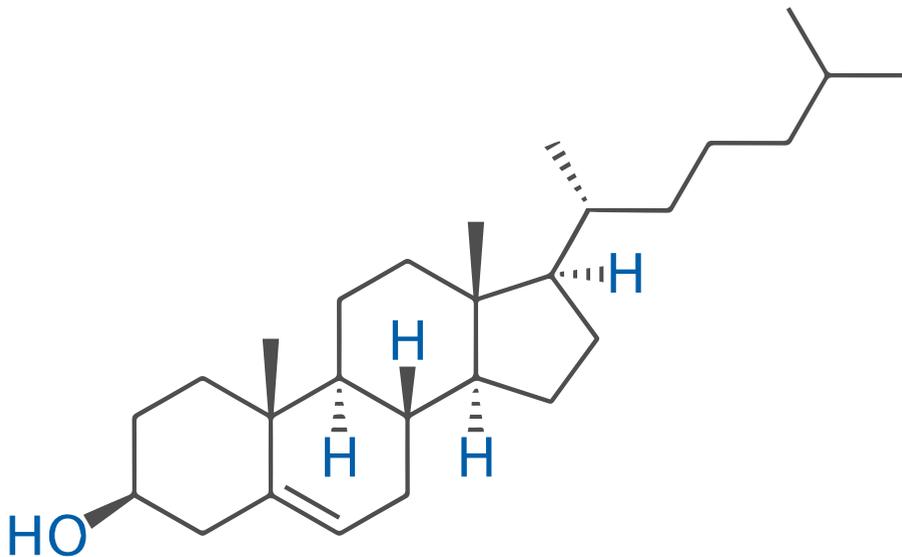
tencias o a través de los patrocinadores, que mantendrían su apoyo únicamente si el atleta logra ganar. Además, se encuentran los productores y distribuidores de sustancias prohibidas quienes ganan mucho dinero con esta práctica, no solo en el contexto de los deportistas de alto rendimiento, que en realidad son pocos, sino también entre los aficionados, que son muchos en gimnasios y clubes alrededor del mundo. Entre esos productos, los más comunes son las proteínas, los anabolizantes, la hormona del crecimiento y la eritropoyetina, además de una larga lista de sustancias farmacológicas. Este hecho aumenta el riesgo de caer en esta tentación creada por la necesidad de ganar.

La aparición y producción de esteroides anabólicos androgénicos (EAA) en el deporte, ya no es problema de algunas disciplinas; hoy en día, es un problema que se ha extendido a toda la población en general. Los EAA son versiones sintéticas de la hormona masculina testosterona y muestran propiedades anabólicas y androgénicas. Las propiedades anabólicas responsables de las características de unión muscular se convierten en la principal atracción para aquellos que los usan. Antes de desarrollar el tema

del uso de los esteroides anabólicos androgénicos, se hace necesario la comprensión del desarrollo biológico que los esteroides tienen en el cuerpo humano y su procedencia. Este tema debería explicarse con gran amplitud a todos aquellos que deciden usar estas técnicas, para que tengan un conocimiento fiable sobre los efectos adversos para la salud, al emplear esas sustancias.

Esas sustancias se producen naturalmente en el cuerpo, por lo que cabe mencionar cómo se produce y qué beneficios trae para la vida. En este caso, se explica el uso de los esteroides, por ser los más nombrados en el ámbito del ejercicio. Los esteroides se sintetizan en el colesterol (Figura 1), molécula que tiene una función biológica que proviene una parte de la dieta (exógeno) y la otra parte la sintetiza el organismo (endógeno). Este colesterol hace parte de las membranas celulares, donde se modula la fluidez, la permeabilidad y, en consecuencia, su función. Además, sirve como precursor de todas las hormonas esteroideas, ácidos biliares y vitamina D. El colesterol es una molécula esencial para muchos animales, incluido el hombre, y proviene de un único precursor: el acetato.

Figura 1 Estructura del colesterol

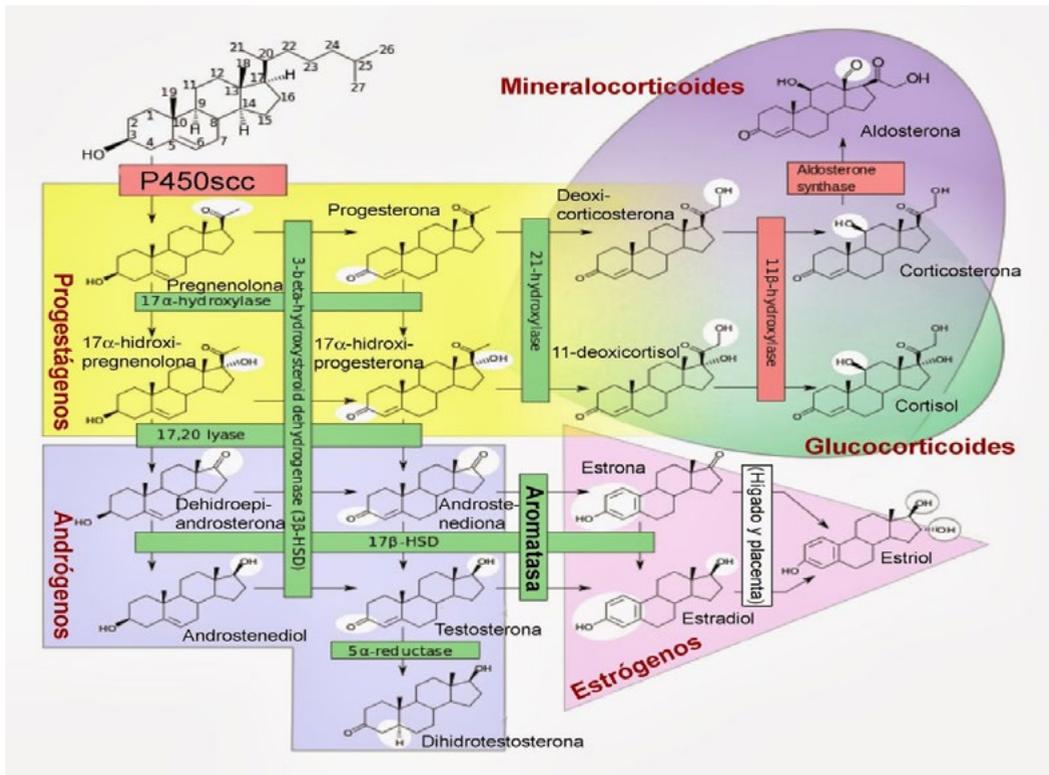


Fuente: quimicafacil (2020)

Si la dieta llega a ser excesiva, se incrementa el colesterol sérico por encima de los niveles recomendables, al punto de causar la aparición de aterosclerosis. Ello implica un riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares. Es importante reconocer y promover que los estilos de vida saludable y una dieta adecuada logran reducir las concentraciones de colesterol plasmático, antes de llegar al uso de tratamientos farmacológicos. El colesterol es sintetizado en los hepatocitos. Los hepatocitos, las células típicas del hígado, tienen un retículo endoplásmico liso muy desarrollado. Prácticamente, todos los tejidos que contienen células nucleadas son capaces de sintetizar colesterol. La fracción microsomal (retículo endoplásmico liso) del citosol es responsable de la síntesis de la mayoría de los lípidos requeridos para la elaboración de nuevas membranas de la célula, incluyendo glicerofosfolípidos y colesterol.

Las hormonas esteroides regulan múltiples procesos biológicos, entre los que destacan la homeostasis hidroelectrolítica, las respuestas al estrés y la función reproductiva, además de regular distintas conductas. Las hormonas esteroides se sintetizan a partir del colesterol en células específicas del ovario/testículo, la corteza suprarrenal, la placenta y el sistema nervioso central (SNC). Estas hormonas se clasifican en progestinas, glucocorticoides, mineralocorticoides, andrógenos y estrógenos (Figura 2). Las hormonas son importantes en las ciencias del deporte, pues se relacionan con el control biomédico del entrenamiento deportivo y el uso que han tenido en el dopaje. La actividad física genera cambios importantes a diferentes niveles en sistemas, órganos, células e, incluso, cambios moleculares que deben regularse para mantener el equilibrio interno, y las hormonas hacen parte de esta regulación.

Figura 2 Síntesis de hormonas esteroideas

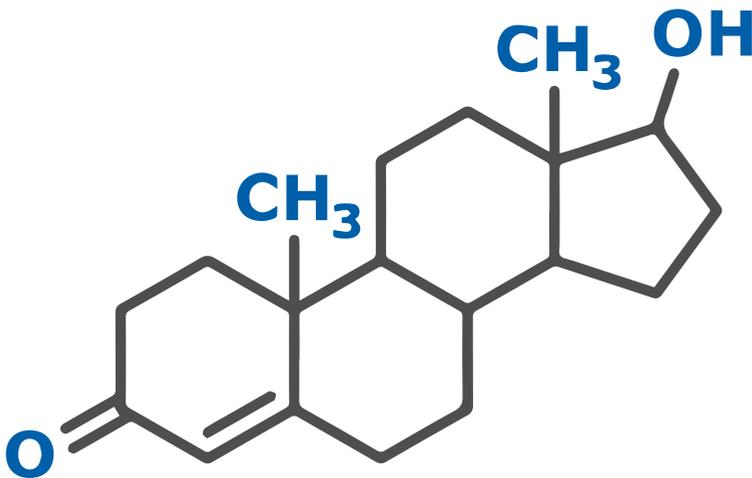


Fuente: Haggstrom, (2014).

El rendimiento en el ejercicio está influido por la respuesta hormonal que afecta los procesos metabólicos. Esta respuesta hormonal durante el ejercicio proporciona información sobre la movilización de diferentes sustratos metabólicos. La determinación de las concentraciones hormonales puede proveer información sobre la adaptación a ciertos niveles de intensidad y duración del ejercicio, sobre los efectos de las sesiones de entrenamiento y los tiempos de recuperación, así como también sobre los problemas de adaptabilidad, como el agotamiento, la fatiga o el sobreentrenamiento. Debe considerarse que, en los cambios de la concentración hormonal, observados durante o después del ejercicio físico, puede haber un efecto de los cambios en la tasa de aclaramiento metabólico de estas hormonas o cambios por hemoconcentración.

En este caso, se aborda una de ellas, que es muy importante, la hormona testosterona (Figura 3). La testosterona es una hormona esteroide de efecto anabolizante sobre los tejidos. Su síntesis controla el eje hipotálamo-hipofisario-testicular. Además de su función en el comportamiento sexual y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios en el hombre, la testosterona interviene en el control del metabolismo, originando un aumento en la síntesis proteica. También, influye sobre el crecimiento óseo y la retención de calcio; como resultado de su función anabolizante, se da el aumento de la matriz ósea. Después de la pubertad, los huesos crecen considerablemente de grosor, depositando cantidades adicionales de calcio. La testosterona induce un efecto específico sobre la pelvis, estrechando la abertura pélvica, alargándola y aumentando la fuerza de resistencia de la cintura pélvica entera. Durante la adolescencia y el principio de la adultez, la testosterona eleva el metabolismo basal aproximadamente de un 5 a un 10%, logrando incrementar el índice de eritropoyesis, y ejerce un poco de influencia sobre la reabsorción de sodio en los túbulos renales.

Figura 3 Estructura química de la testosterona



Fuente: Borráz et al. (2015).

Cabe resaltar la importancia de los efectos en la testosterona inducidos por el ejercicio, especialmente en los que se encuentran implicadas la fuerza, potencia y velocidad. La testosterona sube linealmente en respuesta al ejercicio a una intensidad-umbral determinada. Cuando el ejercicio se incrementa hasta el agotamiento, se ha observado que desciende hasta en un 40%. En hombres, el 90-95% de la testosterona total se produce en los testículos y el otro 5-10% se produce en la corteza suprarrenal. En mujeres, la producción es de 10 a 20 veces menor que la del hombre. La producción diaria de testosterona en los hombres normales es de 7 mg y en las mujeres oscila entre 1 a 2 mg. Esta producción desciende en los hombres a medida que van envejeciendo. La vida media de la testosterona en el hombre es muy pequeña, alrededor de 12 minutos.

La testosterona es permeable a la membrana de la célula muscular y la membrana nuclear. Al llegar al núcleo de la célula muscular, estimula el RNA mensajero y los mecanismos de producción de proteínas contráctiles (actina y miosina). Con respecto a los efectos androgénicos de la testosterona (es decir, la síntesis proteínica y

el desarrollo de la masa muscular), no se han registrado efectos significativos. Además de estimular la síntesis de proteínas, la testosterona también estimula la producción de glucógeno muscular (estimulando el glucógeno), así como la síntesis de fosfocreatina. Con respecto al sistema renal y la producción de glóbulos rojos, estimula la síntesis de eritropoyetina. En el sistema nervioso central, se describen aumentos en la motivación y la agresividad, relacionados con los niveles de testosterona altos.

El entrenamiento de fuerza ocasiona, en un principio, un aumento de los valores basales de testosterona (entre un 17% a un 36%), encontrando mayores valores en los entrenados que en los sedentarios. La testosterona no desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la fuerza máxima, pero es vital en el desarrollo de la potencia explosiva y la velocidad del movimiento. Los valores de la testosterona varían de acuerdo con la intensidad y duración del ejercicio. Si el ejercicio es prolongado e intenso, parece provocar descensos en los niveles de testosterona plasmáticos. Si el ejercicio es de corta duración y baja intensidad, el nivel de testosterona puede aumentar en los primeros minutos, pero

desciende luego de 3 horas, pudiendo permanecer así durante horas o días, si el entrenamiento ha sido de larga duración. En fatiga aguda, luego de un ejercicio de alta intensidad, existen altos niveles de testosterona, probablemente, debido a la disminución de la inactivación a nivel hepático.

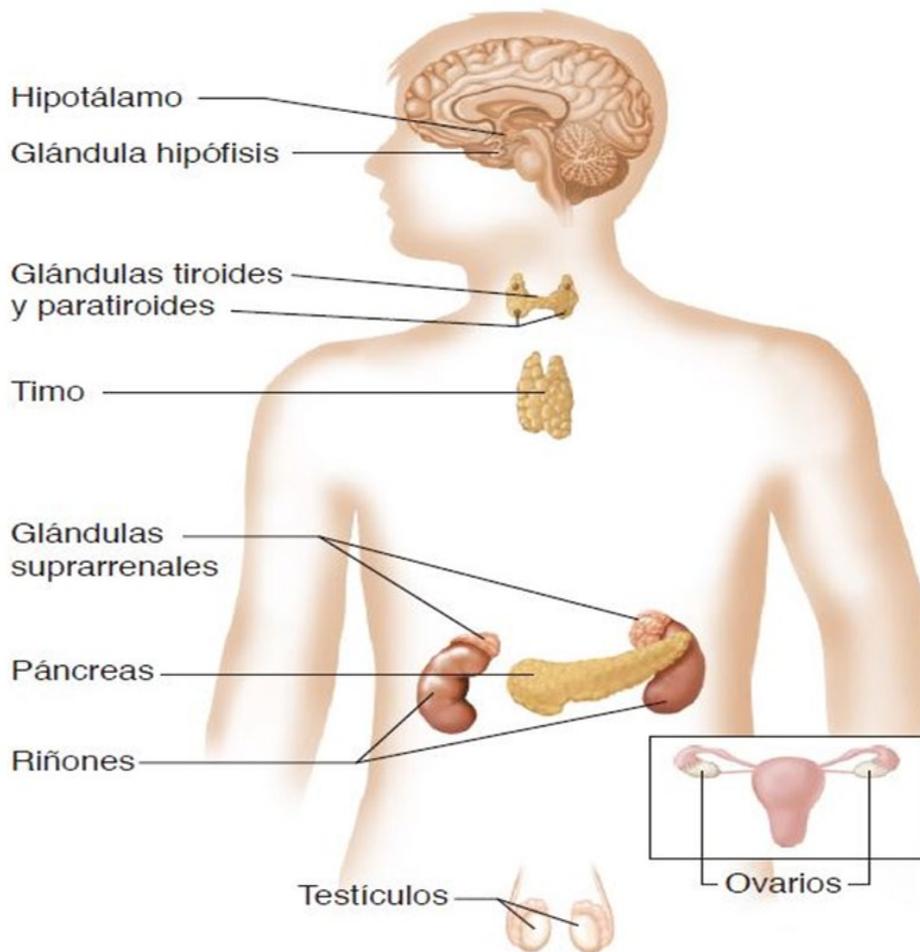
Los programas de entrenamiento deportivo pretenden mejorar el rendimiento mediante la exposición a cargas de trabajo de intensidad creciente. Sin embargo, ocasionalmente, se produce una desadaptación, el denominado Síndrome de Sobreentrenamiento (SSE), que perjudica gravemente el rendimiento y la salud del deportista. Para el diagnóstico del SSE, se ha recurrido a diversos marcadores, entre los que cabe destacar los hormonales.

La monitorización de las hormonas implicadas en la regulación de las respuestas de estrés permite evaluar el grado de adaptación al entrenamiento.

Se podrían exponer muchos más casos en los que siempre se verán involucrados estos mensajeros intracelulares, que detectan cualquier cambio a nivel celular que afecta positiva o negativamente la salud. No se puede omitir, al hablar de ella, que la testosterona es una de las tantas hormonas importantes que se producen en el cuerpo, como se puede apreciar en la Figura 4, en la que se visualizan las diferentes glándulas que se encuentran distribuidas en él. Por eso es importante reconocerlas y saber de dónde provienen.

2.1 Sistema endocrino

Figura 4 Distribución del sistema endocrino



Fuente: Kenney et al. (2014).

Una hormona es una sustancia química secretada por una célula o grupo de células, que ejerce efectos fisiológicos sobre otras células del organismo.

2.1.1 Funciones del sistema endocrino

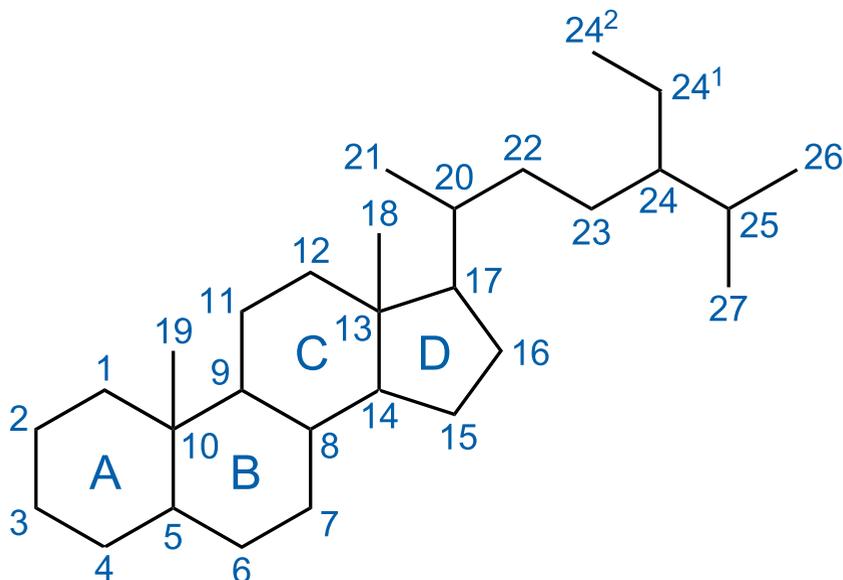
- Crecimiento y desarrollo
- Control del metabolismo intermedio
- Homeostasis
- Reproducción
- Maduración del sistema nervioso

Después de explicar el origen de los esteroides, su importancia a nivel celular y su comportamiento cuando se realiza actividad física, se pueden abordar los que el hombre ha creado para tratar de superar su acción. Desde su aparición en la escena deportiva en la década de 1950, los esteroides androgénicos anabólicos (EAA), a menudo, han sido el fármaco preferi-

do para mejorar el rendimiento de los atletas en una variedad de disciplinas y continúan siendo uno de los temas más controversiales en el deporte actual.

Los EAA son derivados sintéticos de la hormona sexual masculina testosterona y muestran efectos anabólicos y androgénicos en el cuerpo. La palabra esteroide es entendida por muchas personas como drogas que los atletas usan para mejorar el rendimiento, sin saber que esto es el resultado del uso de esteroides anabólicos androgénicos (EAA). Esteroide es el nombre químico dado a la sustancia con una estructura química característica de múltiples anillos, como se observa en la Figura 5.

Figura 5 Estructura química básica del esteroide

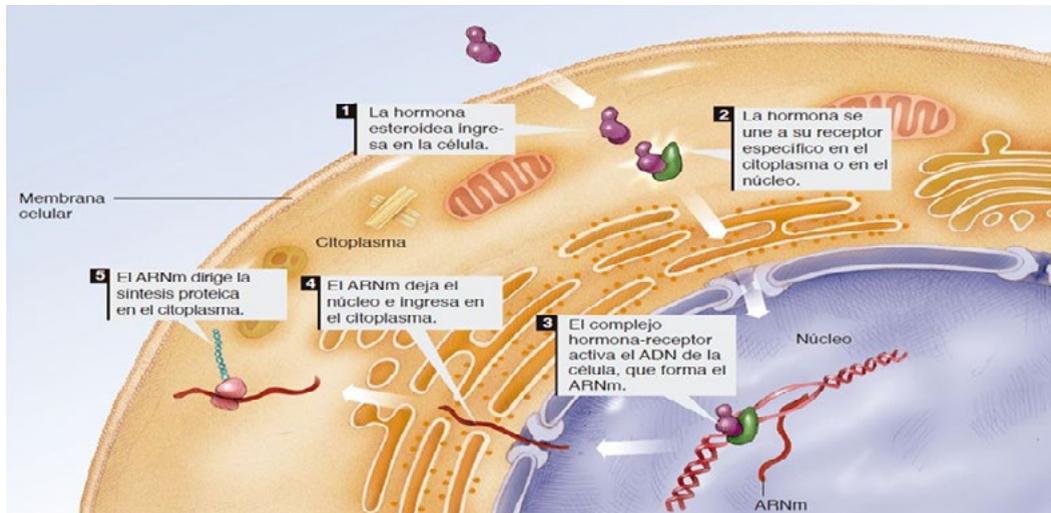


Fuente: Lugo, A. R. (2013).

Existen muchas formas sintéticas de esteroides que se han usado en todo el mundo. Los principales son los corticosteroides y los EAA, pero se debe de tener cuidado en no confundirlos. Los corticosteroides son versiones sintéticas de hormonas que se producen naturalmente en los tejidos suprarrenales y antiinflamatorios. Se usan para tratar afecciones médicas, como el asma y la artritis. No se usan para desarrollar músculos. Los EAA son derivados sintéticos de la hormona sexual masculina testosterona y tienen un uso medicinal limitado. Se emplean, principalmente, para tratar la anemia y distrofia muscular; también, como parte de una terapia de reemplazo, generalmente, para hombres mayores que han perdido la capacidad de producir su propia testosterona. En estos casos, los EAA se prescriben en una dosis fisiológica (aproximadamente 50-75 mg por semana).

La forma en que funcionan los EAA es similar para todos los esteroides a nivel celular. Como los EAA son liposolubles, pueden difundirse a través de la membrana celular hacia el citoplasma de una célula. Aquí se unen a un receptor de esteroides y se transportan al núcleo de una célula, donde se unen al ADN y promueven la transcripción del ARN mensajero (ARNm). Esto deriva en un aumento en la síntesis de proteínas (Figura 6), cuyos efectos dependen del tipo de células a las que se ha unido el EAA. Por ejemplo, en las células musculares, el tamaño del músculo aumentará; en las células óseas, el tamaño del hueso aumentará.

Figura 6 Mecanismo de acción de las hormonas esteroideas



Fuente: Nieves et al. (2018).

Las hormonas son importantes en las ciencias del deporte, pues se relacionan con el control biomédico del entrenamiento deportivo y el uso que han tenido en el dopaje. La actividad física genera cambios importantes a diferentes niveles en sistemas, órganos, células e, incluso, moléculas, que deben ser regulados para mantener el equilibrio interno, y las hormonas hacen parte de esta regulación.

El rendimiento en el ejercicio depende, en parte, del efecto que tienen las hormonas sobre los procesos metabólicos. Por esta razón, la magnitud de la respuesta hormonal en el ejercicio permite conocer, de alguna manera, lo que ocurre con la movilización de varios sustratos metabólicos.

Cuando el atleta entrena intensamente, los niveles de testosterona caen drásticamente. Entonces, el cuerpo produce una hormona glucocorticoide que reduce la inflamación. Es una hormona catabólica, al igual que la testosterona, que descompone el tejido muscular. Se ha investigado que, cuando se utilizan en dosis superiores a las dosis fisiológicas, los EAA afectan los niveles de testosterona; también, disminuyen los niveles de glucocorticoides. Esto da como resultado una reparación muscular acelerada junto con el bloqueo de los efectos de desgaste muscular de glucocorticoides, lo que permite que los músculos se vuelvan más grandes y fuertes.

2.2 Tipos de esteroides

Se clasifican, según su vía de administración, en orales y en inyectables. Se debe destacar que los inyectables siempre se inyectan vía intramuscular y nunca por vía intravenosa. Hacerlo por vía intravenosa podría derivar en una embolia que puede ser fatal, además de las grandes variaciones de EAA presentes en el cuerpo. Cuando se administran por vía oral, las moléculas de testosterona no modificadas se degradan rápidamente por el hígado, pudiendo producir toxicidad hepática.

El término correcto de estos compuestos es esteroides anabólicos androgénicos. Anabólico se refiere al desarrollo muscular y androgénico, al aumento de las características sexuales masculinas. Las personas que usan indebidamente esteroides anabólicos, por lo general, los toman por boca, los inyectan en los músculos o los aplican en forma de crema o gel sobre la piel. Las dosis pueden ser entre 10 y 100 veces más altas que las dosis que se recetan para tratar problemas médicos.

Tabla 1 Ejemplos de esteroides AAS orales e inyectables con sus nombres genéricos

ESTEROIDES ORALES	ESTEROIDES INYECTABLES
Methandrostenolone (Dianabol *)	Undecenoato de boldenona (Equipoise)
Oxandrolona (Anavar *)	Decanoato de nandrolona (Deca)
Oximetolona (Anadrol *)	Sustanon (Sostenon)
Undecanoato de testosterona (andriol)	Enantato de testosterona (Testoviron)
Acetato de Methenolona (Primobolan *)	Cipionato de testosterona (Testex Leo)
Estanozolol (Winstrol *)	Stanozolol (Winstrol Depot)
* 17- α - Alquilado	

Tabla 2 Diferencias de vida media y tiempos de detección de esteroides orales e inyectables

ESTEROIDES ORALES			ESTEROIDES INYECTABLES		
ESTEROIDE	VIDA MEDIA	TIEMPOS DE DETECCIÓN	ESTEROIDE	VIDA MEDIA	TIEMPOS DE DETECCIÓN
Dianabol	8H	6 Semanas	Sobrepeso	15 días	5 Meses
Anavar	12H	3 Semanas	Deca	15 días	18 Meses
Anadrol	<16H	8 Semanas	Sustanon	18 días	3-4 Meses
Andriol	<12H	5 Semanas	Enantato de testosterona	10,5 días	3 Meses
Primobolan	6H	5 Semanas	Cipionato de testosterona	12 días	3 Meses
Winstrol	8H	3 Semanas	Winstrol Depot	24 Horas	9 Semanas

2.3 Usos indebidos de esteroides

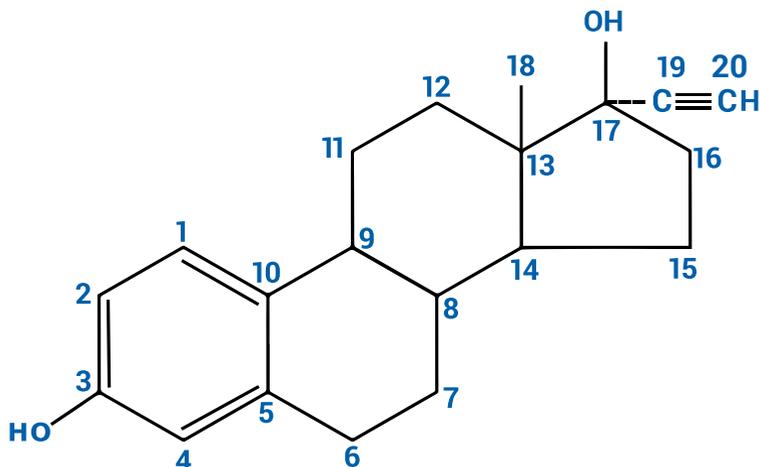
- Consumo cíclico: tomar varias dosis durante un tiempo, suspender el consumo un tiempo y luego reiniciarlo.
- Consumo apilado: combinar dos o más esteroides distintos, y mezclar esteroides orales con esteroides inyectables.
- Consumo piramidal: aumentar lentamente la dosis o la frecuencia del consumo indebido de esteroides, llegar a una cantidad pico y

luego reducir el consumo gradualmente hasta llegar a cero.

- Consumo de meseta: alternar, sobrepone o sustituir esteroides para evitar que se produzca tolerancia.

No existe evidencia científica de que ninguna de estas prácticas reduzca las consecuencias médicas perjudiciales de estas drogas. Cuando se usan por algunos meses, muchos cambian al uso de los EAA inyectables. Una diferencia marcada entre los dos usos de EAA, está en el cambio de la posición 17-β a 17-α.

Figura 7 Nomenclatura de la molécula de testosterona



Nota. Los números se refieren a átomos de carbono; β y α, a la estereoquímica de los grupos hidroxilo e hidrógeno en el carbono 17. Fuente: Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (2018).

Socialmente, se desconoce si existen efectos adversos asociados al uso de este tipo de esteroides; sin embargo, al momento de elegirlos, son más quienes piensan en los beneficios que quienes piensan en los riesgos. Eso beneficios son ganancia de fuerza, aumento de la masa muscular, menor tiempo de recuperación y ventaja ganadora en el deporte. Estos efectos se encuentran bien documentados en la literatura actual. Los efectos posi-

tivos y negativos dependen del tipo y la especificidad de la droga, la dosis, la vía, la frecuencia, la forma y el tiempo total de la administración; también, de la edad, el género, la dieta, el entrenamiento, la herencia, la experiencia en la actividad y la situación físico-psíquica del atleta, siendo su acción diferente en cada individuo. Las siguientes tablas presentan algunos de los efectos que se pueden dar por el uso de estos esteroides.

Tabla 3 *Efectos secundarios de los EAA sobre el organismo*

Hepáticos	Aumento de la hepatotoxicidad Cáncer en el hígado
Cardiovasculares	Disminución del colesterol HDL Aumento de la LDL Aumento del colesterol total Disminución de los triglicéridos Retención de líquidos (presión arterial elevada) La hipertrofia cardiaca
Reproductivos y endocrinos	Disminución de la LH Disminución de la FSH Disminución del funcionamiento de tiroides
Dermatológicos	Cabello graso Piel grasa Alopecia Quistes sebáceos Aumento de la incidencia del acné

Psiquiátricos	Cambios de humor Posible agregación Posible hostilidad Dependencia y / o adicción
---------------	--

Fuente: Kutscher, E. C., Lund, B. C., & Perry, P. J. (2002).

Tabla 4 Efectos secundarios de los EAA por género

En los hombres	Disminución de la espermatogénesis Morfología de los espermatozoides anormales Feminización de los machos Disminución del tamaño de los testículos
En las mujeres	Hirsutismo Engrosamiento de la voz Hipertrofia del clítoris Disminución de la masa de la mama Amenorrea Calvicie de patrón masculino

Fuente: Kutscher, E. C., Lund, B. C., & Perry, P. J. (2002).

Se evidencia que los esteroides anabolizantes androgénicos son hormonas muy positivas para desarrollar capacidades físicas e hipertrofia muscular. Ello conduce a su uso indiscriminado, además porque los resultados que se pueden obtener en muy corto tiempo. Por tanto, resulta indispensable tener muy presente los efectos que se pueden producir a corto, mediano y largo

plazo. Esto porque puede afectar nocivamente el buen funcionamiento del organismo, por lo que cabe cuestionarse sobre si vale la pena exponer la vida utilizando sustancias con el fin de obtener "súper resultados", sin el esfuerzo que se puede lograr cuidando el cuerpo, dejando que se adapte naturalmente a las actividades realizadas y cultivando una buena alimentación.

Referencias

- Advisory Council on the Misuse of Drugs (ACMD). (2010). Consideration of the Anabolic Steroids. Londres, Reino Unido. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/215472/dh_130262.pdf
- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. (2018). Ficha técnica [PDF]. Recuperado de https://cima.aemps.es/cima/pdfs/ipe/83762/IPE_83762.pdf
- Colesterol. (2020-03-24). Recuperado de <https://quimicafacil.net/compuesto-de-la-semana/colesterol/>
- Haggstrom, M. (2014). Diagram of the pathways of human steroidogenesis. *WikiJournal of medicine*, 1(1), 1-5. DOI: 10.15347/wjm/2014.005
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2014). Fisiología del deporte y el ejercicio. Editorial Médica Panamericana, SA. ISBN: 9788498357433
- Kutscher, E. C., Lund, B. C., & Perry, P. J. (2002). Anabolic steroids: a review for the clinician. *Sports medicine*, 32, 285-296. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232050-00001>
- Lugo, A. R. (2013). Buen uso de los esteroides tópicos. *Medicina Cutánea Ibero-Latino-Americana*, 41(6), 245-253. ISSN 0210-5187 (Digital).
- Nieves, A. A., Prieto, G. A., Rodríguez, H. V., Arroyo, I. C., Salces, M. S., Cruz, O. V., ... & Molina, V. I. H. (2018). ¿Cómo actúan las hormonas esteroides? *Educación química*, 14(4), 196-201. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2003.4.66226>
- Ramos Gordillo. (2000). *Dopaje y Deporte. Antecedentes y Evolución*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Servicio de Publicaciones, Las Palmas de Gran Canaria, España. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?>
- Triviño, J. L. P. (2013). El dopaje: una visión alternativa. *El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho*, (35), 30-42. ISSN: 1576-5995
- Vásquez Cadenillas, M. A. S. (2018). El Dopaje Deportivo y la Protección Eficaz de los Derechos Fundamentales de los Deportistas. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5322>

CAPÍTULO 3

Dopaje genético

Andrés Jenuer Matta Miramar¹

Diana Carolina Zambrano Ríos¹

¹BSc, MSc, PhD(c) en Ciencias Biomédicas de la Universidad del Valle

Profesor en la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte

Grupo de investigación: Deporte y Rendimiento Humano

andres.matta@endeporte.edu.co

diana.zambrano@endeporte.edu.co

1. Introducción

La naturaleza humana conlleva plantearse que, siempre que haya competencia, también es probable que haya intentos de obtener una ventaja sobre el oponente. La historia del dopaje en el deporte es un excelente ejemplo que comenzó hace más de 2000 años en las olimpiadas griegas antiguas. Ha perdurado hasta tiempos modernos, en los que los atletas utilizan formas más sofisticadas de dopaje, como el dopaje genético (Gordillo, 2000). Este procedimiento se describe como la inyección de genes en las células musculares, donde se vuelven indistinguibles del ADN (ácido desoxirribonucleico) del receptor (Custer, 2007).

El genoma humano se denomina el libro de la vida, dado que en él se encuentra almacenada la información básica de los seres humanos. El desciframiento ha abierto la ventana a un conjunto de posibilidades para tratamientos genéticos, así como para las tecnologías que los desarrollarán en el ámbito terapéutico y en el mejorador. Incluso, aparece, en un horizonte cercano, la capacidad para manipular y diseñar seres humanos con unos rasgos y capacidades particulares (Mottram, 2015).

Un gen es la unidad biológica de la herencia y los códigos simplificados para fabricar una proteína. En algunos casos, los genes son defectuosos y llevan información incorrecta que implica una carencia de la síntesis o viceversa. En este caso, la terapia genética intenta reparar el gen defectuoso. Pero si esto es posible, se debe considerar un abuso del aumento de las proteínas musculares. La terapia genética está todavía lejos de ser un tratamiento médico aprobado y establecido; la ocurrencia de demasiadas complicaciones, dentro de varios ensayos, indica la carencia de control. En primer lugar, hay efectos nocivos a corto plazo, como las respuestas inmunes severas que llevan a la muerte o el desarrollo de condiciones, como la leucemia. En segundo lugar, hay efectos a largo plazo derivados de la falta de control en la expresión génica.

En este sentido, sea con el objetivo de estudiar el impacto de un programa de entrenamiento dirigido al rendimiento, analizar los efectos de la actividad física o evaluar el riesgo de padecer una enfermedad hereditaria, la información del genoma humano pasa a ser un elemento importante en las diversas investigaciones. Ello, porque aporta conocimientos que permiten

optimizar el rendimiento de un deportista de alto nivel, rentabilizar los efectos de la práctica del ejercicio físico o llevar a cabo una práctica deportiva segura, evaluando el riesgo de una enfermedad hereditaria asociada.

2. Antecedentes

2.1 Genética, genómica, genotipo y fenotipo

La actividad física es un campo de investigación que está experimentando la biología molecular y, en particular, los campos de la genómica y la genética humana, con los objetivos de estudiar el impacto de un programa de entrenamiento, analizar los efectos de la actividad física, evaluar el riesgo de padecer muerte súbita, y seleccionar y perfeccionar talentos deportivos. Por lo anterior, la información del genoma humano pasa a ser un elemento importante en las investigaciones. Las aplicaciones de la investigación en biología molecular han conducido al uso, a veces indiscriminado, de un vocabulario específico. Por consiguiente, se considera conveniente conceptualizar algunos de estos términos para poder enmarcar la temática abordada en este documento.

La genética se entiende como el campo de las ciencias que intenta descifrar cómo la herencia se transmite de una generación a la siguiente y cómo se desarrollan estos procesos. Así, uno de los objetivos de la genética es estudiar los patrones de herencia y cómo éstos se transmiten de padres a hijos; mientras, la genómica incluye un conjunto de ciencias y técnicas dedicadas a estudiar el funcionamiento, la evolución y el origen de los genomas (Passarge, 2005). Aunque la genética y la genómica son conceptualmente diferentes, ambas comparten unidades básicas de estudio: los genes y el ADN.

Genotipo y fenotipo son otros dos conceptos básicos que deben tenerse en cuenta para entender algunas cuestiones que se derivan de la investigación en este ámbito. El genotipo se refiere a todo el material genético del individuo. El rasgo observable de un individuo se llama fenotipo (Novo, 2007). Por ejemplo, al hablar de enfermedades, si un individuo tiene una predisposición genética a padecer una enfermedad cardiovascular, ello se refiere al genotipo. Si esta enfermedad se manifiesta y desarrolla, se refiere al fenotipo.

2.2 La información genética

Todo organismo vivo tiene su propia información genética contenida en la molécula de ADN. En ella, se encuentran las unidades de herencia, los genes. Los humanos tenemos 30.000 genes distribuidos en 23 pares de cromosomas (22 autosómicos y 1 par sexual), localizados en el núcleo de las células. Cada par de cromosomas (homólogo) tiene los mismos genes de los que hay dos copias, denominadas alelos. Cada gen contiene la información necesaria para la síntesis de una proteína, la unidad funcional del organismo (Birney et al., 2007).

La molécula de ADN está formada por 4 tipos diferentes de nucleótidos, repetidos millones de veces. La mayoría del ADN no codifica para proteínas y los fragmentos que lo hacen son los denominados genes (conformado por exones e intrones). En la porción codificadora del gen, cada grupo de tres nucleótidos codifica para un determinado aminoácido y así, hasta conformar la secuencia de la proteína. Del genoma humano se ha descrito que, al menos, el 1,5% contiene secuencias que codifican para proteínas (Birney et al., 2007). El resto es material que puede ayudar al funcionamiento co-

rrecto, pero su función aún no está claramente establecida.

En ocasiones, se pueden producir cambios en el orden de los nucleótidos (inserción, delación y duplicación), que son defectos genéticos. Estos cambios se denominan mutaciones que pueden causarse por errores en los mecanismos de replicación y reparación del DNA. Además, pueden producir la síntesis de una proteína diferente o defectuosa que puede originar una ventaja u ocasionar una enfermedad; también, se pueden originar por efectos del ambiente. El efecto de la mutación dependerá de la importancia de la proteína en la función del cuerpo humano. Si la mutación afecta el ADN de una célula germinal o reproductiva, se transmitirá a las siguientes generaciones y causará una enfermedad hereditaria.

En general, todos los seres humanos presentan pequeñas variaciones, llamadas polimorfismos, en un lugar determinado del ADN. Los polimorfismos no suelen causar enfermedades, pero pueden alterar la respuesta del individuo, produciendo variaciones en la predisposición, la evolución y la respuesta al ambiente (Brugada & Roberts, 1998). Aproximadamente, el

99.9% de la secuencia del ADN de dos individuos diferentes es la misma. Una proporción significativa de las diferencias encontradas en los individuos, es decir, sus diferencias fenotípicas y/o susceptibilidades, radica en el 0.1% de variación; a este tipo de variaciones genéticas, se les conoce como polimorfismos genéticos que representan diferentes formas en las secuencias de ADN.

2.3 Genes asociados a la condición física

Las variantes genéticas inciden en el rendimiento deportivo y en las personas que practican ejercicio físico con el objetivo de mejorar la salud. En general, estas variantes estudiadas en deportistas de élite son muy comunes en la población. Los genes relacionados con el metabolismo de la glucosa, metabolismo de lípidos y lipoproteínas en la sangre, la respuesta cardiorrespiratoria al ejercicio máximo y algunos asociados a la intolerancia al ejercicio (Tabla 1), son aspectos importantes tanto para la población en general como para los deportistas. Si bien el estudio de las características genéticas de atletas de alto nivel aporta información valiosa sobre los beneficios

del ejercicio físico en la población general, no todas las variantes que pueden encontrarse en deportistas de élite pueden ser un referente de salud en el mundo del *fitness* (Bray et al., 2009). Aunque las investigaciones relacionadas con los fenotipos de la condición física en la actualidad son pocas, se han reportado algunos genes asociados a fenotipos relevantes para la condición física.

Tabla 1 Principales genes asociados con el deporte

Objetivo del ejercicio	Gen.	Nombre
Muscular	<i>CK-MM</i>	<i>Creatine kinase, muscle.</i>
	<i>ACTN3</i>	<i>Actinin, alpha 3.</i>
	<i>MLCK</i>	<i>Myosin light polypeptide kinase.</i>
	<i>ACE</i>	<i>Angiotensin I converting enzyme.</i>
	<i>AMPD1</i>	<i>Adenosine monophosphate deaminase 1.</i>
	<i>IGF-1</i>	<i>Insulinlike growth factor 1.</i>
Tendones	<i>MTTT</i>	<i>Transfer RNA, mitochondrial, threonine.</i>
	<i>COL1A1</i>	<i>Collagen, type I, alpha 1.</i>
	<i>TNC</i>	<i>Tenascin C.</i>
Resistencia	<i>PPARD</i>	<i>Peroxisome proliferator-activated receptor-delta.</i>
	<i>NRF2</i>	<i>Nfe2-related factor 2.</i>
	<i>PGC-1</i>	<i>Progastricsin.</i>
	<i>HIF-1alfa</i>	<i>Hypoxiainducible factor 1, alpha subunit.</i>
	<i>EPAS-1</i>	<i>Endothelial pas domain protein 1.</i>
	<i>GYS1</i>	<i>Glycogen synthase 1.</i>
	<i>ADRB2</i>	<i>Adrenergic, Beta2, receptor.</i>
	<i>CHRM2</i>	<i>Cholinergic receptor, muscarinic, 2.</i>
	<i>VEGF</i>	<i>Vascular endothelial growth factor A.</i>
<i>AMPD1</i>	<i>Adenosine monophosphate deaminase 1.</i>	

	<i>PPARGC1A</i>	<i>Peroxisome proliferative activated receptor, gamma, coactivator 1, alpha.</i>
	<i>ADRA2A</i>	<i>Adrenergic, alpha2A, receptor.</i>
	<i>ACE</i>	<i>Angiotensin I converting enzyme.</i>
Metabolismo de glucosa	<i>VDR</i>	<i>Vitamin D (1,25 dihydroxyvitamin D3) receptor.</i>
	<i>ADIPOR1</i>	<i>Adiponectin receptor 1.</i>
	<i>PPARG</i>	<i>Peroxisome proliferative activated receptor, gamma.</i>
	<i>UCP1</i>	<i>Uncoupling protein 1.</i>
	<i>ADRB2</i>	<i>Adrenergic, Beta2, receptor.</i>
	<i>ADRB3</i>	<i>Adrenergic, Beta 3, receptor.</i>
	<i>LEPR</i>	<i>Leptin receptor.</i>
	<i>LEP</i>	<i>Leptin.</i>
	<i>IL6</i>	<i>Interleukin 6.</i>
	<i>LIPC</i>	<i>Lipase, hepatic.</i>
	<i>ACE</i>	<i>Angiotensin I converting enzyme.</i>
Metabolismo de lípidos	<i>FGB</i>	<i>Fibrinogen, B beta polypeptide.</i>
	<i>ADRB2</i>	<i>Adrenergic, Beta2, receptor.</i>
	<i>NPY</i>	<i>Neuropeptide Y.</i>
	<i>APOC3</i>	<i>Apolipoprotein CIII.</i>
	<i>STS</i>	<i>Steroid sulfatase (microsomal).</i>
	<i>APOA1</i>	<i>Apolipoprotein AI.</i>
	<i>LIPC</i>	<i>Lipase, hepatic.</i>
	<i>ADIPOR1</i>	<i>Adiponectin receptor 1.</i>
	<i>FGA</i>	<i>Fibrinogen, A alpha polypeptide.</i>
	<i>FGB</i>	<i>Fibrinogen, B beta polypeptide.</i>
	<i>SERPINE1</i>	<i>Serine (or cysteine) proteinase inhibitor.</i>

	<i>LPL</i>	<i>Lipoprotein lipase.</i>
	<i>CETP</i>	<i>Cholesteryl ester transfer protein, plasma.</i>
	<i>APOE</i>	<i>Apolipoprotein E.</i>
	<i>STS</i>	<i>Steroid sulfatase (microsomal).</i>

2.4 Genética en selección y perfeccionamiento de talentos deportivos

El entrenamiento deportivo es un proceso que tiene un carácter continuo y constante, dirigido a la formación y el desarrollo de los conocimientos, habilidades y capacidades del deportista, para lograr resultados deportivos, en función de su etapa de preparación. Para el logro de este proceso, no basta con una consecuente formación, sino que también es necesario partir de la mejor "materia prima" posible, lo que, en este caso, se traduce en una adecuada selección del deportista. La selección y el perfeccionamiento de talentos deportivos se realizan por medio de pruebas de eficiencia (físicas, psicológicas y morfológicas). Este proceso posibilita el aprovechamiento del tiempo de los entrenadores para potencializar las capacidades físicas requeridas en cada deporte.

El alto nivel competitivo hace que este

proceso sea complejo, debido a que se busca perfección y mejoramiento de marcas en el rendimiento deportivo. Uno de los factores que, la mayoría de las veces, no se tiene en cuenta, es el genético (pruebas de ADN), por su elevado costo. Este es de vital importancia porque ofrece información sobre las funcionales del individuo, con el estudio del fenotipo, el genotipo y la relación que estos establecen con el medio. La influencia del componente genético es relevante porque permite conocer las máximas potencialidades funcionales del deportista. Esto constituye un paso para lograr mayor eficiencia en el proceso de preparación del deportista, descartando a quienes no llegarán a ser futuros talentos y, a la vez, identificando el verdadero talento deportivo.

Es necesario incluir métodos genéticos aplicados al deporte que no demandan elevados costos y que aporten al proceso de selección de talentos. La eficiencia en la selección resulta

importante, desde el punto de vista económico, sobre todo para los países subdesarrollados donde, muchas veces, está limitado el recurso que se emplea con este fin. Al considerar una evaluación del potencial genético del atleta, se logrará un desarrollo favorable en función de las exigencias que le demande la especialidad deportiva. Esto, porque se establecerán aspectos débiles y fuertes en función del componente físico. Así, se facilitará la planificación del entrenamiento para potencializar los aspectos fuertes y desarrollar los aspectos débiles.

Una predisposición de las cualidades físicas básicas, en diferentes niveles de calificación deportiva, puede ser observada precozmente. Toda persona nace con cierta predisposición a la fuerza, la resistencia, la flexibilidad y la coordinación motora más o menos manifiesta. Esa predisposición se potenciará con el entrenamiento deportivo (Dantas et al., 2004). En caso de que no exista ese ambiente favorable, esta predisposición no se desarrollará de forma plena. Existe un criterio referente a que el fenotipo (F) depende de la información genética contenida en sus cromosomas o genotipo (G), la influencia del medio ambiente en que se desarrolla el sujeto (A) y la expresividad genética, dada por la interacción que se establece entre el medio ambiente y el genotipo (G A), así como de un pequeño error (e) (Campos et al., 2004).

No obstante, el efecto que tiene el componente genético en el resultado deportivo, al momento de realizarse la selección del talento deportivo, se hace sobre la base del resultado de pruebas físicas en las que se miden indicadores físicos y, en ocasiones, funcionales. Es decir, la manifestación global del fenotipo del sujeto, sin entrar a discriminar la influencia que tiene cada uno de los elementos que intervienen. La aplicación de pruebas físicas genera resultados que representan las características funcionales y morfológicas del organismo producidas durante su desarrollo. Los cambios que se producen no solo dependen del componente genético, también dependen de la relación que se establece con el medio ambiente (entrenamiento deportivo), en donde se condicionan las diferentes cualidades físicas que, posteriormente, se materializan en capacidades físicas del individuo.

Un buen desarrollo de la resistencia depende no solo de las cargas apli-

cadadas durante el proceso de entrenamiento deportivo, también dependen de la cantidad de fibras rojas que se produjeron durante el proceso ontogénico. Con la determinación del genoma humano se ha revelado un misterio, habría que buscar qué relación guarda con el desarrollo de las capacidades físicas, cuestión aún no resuelta. No obstante, si se conociera qué genes codifican una mayor fuerza, rapidez o resistencia, a los países subdesarrollados les resultaría prohibitivo el empleo de esta tecnología, debido a sus elevados costos. Luego, entonces, si se contara con otro sistema de marcadores biológicos, que fueran relativamente fáciles de determinar y procesar, se estaría en condiciones de lograr el sueño de una detección precoz del talento deportivo.

2.5 Dopaje

El dopaje ha existido desde el inicio de los tiempos como una forma de potenciar el estado físico de los hombres quienes, en principio, se dedicaban a la cacería y la guerra. Empleaban plantas, brebajes, infusiones y otras sustancias para aumentar su resistencia, fuerza o velocidad, lo que les permitía cubrir más territorio en menos tiempo

o tener más fuerza que sus rivales de batalla (Gordillo et al., 2008). En todas las civilizaciones primitivas, se pueden encontrar estos métodos de "dopaje" que, en ese tiempo, no tenían la connotación que tienen actualmente. Inclusive, en estos tiempos modernos, aún hay culturas aborígenes y otras civilizadas que emplean ayudas ergogénicas para mejorar sus capacidades físicas (Canyameras, 2016).

En los primeros tiempos del deporte en la antigua Grecia, también encontraron presencia del dopaje. Los atletas de ese entonces se valían de brebajes que les ayudaban a incrementar su fuerza. Por lo general, mediante efectos narcóticos, mejoraban su resistencia, retrasaban la fatiga y, así, obtenían una ventaja sobre sus rivales (De Vivo Creazzo, 2013). Luego de la revolución industrial, también hubo una revolución en el deporte y su significado. Ahora ya no es un tributo a los dioses, sino un negocio con mucho dinero de por medio. Por tanto, han surgido laboratorios dedicados a crear sustancias farmacéuticas (De Bortoli & De Bortoli, 2003) y métodos que le permitan al deportista magnificar sus capacidades deportivas, dejando de lado los valores éticos que promulga el deporte.

La palabra dopaje apareció por primera vez en 1889, para referirse a la utilización de narcóticos en caballos de carreras. En 1963, en Francia, se dio la primera definición de dopaje en el marco del primer coloquio europeo de medicina deportiva, definiéndose así: se considera "dopaje la utilización de sustancias y medios destinados a incrementar artificialmente el rendimiento en una competición y que pudieran perjudicar la integridad física y psíquica del deportista" (COI, 1990). De acuerdo con la Agencia Mundial Antidopaje (WADA, 2009), el dopaje se define como:

[...] la administración o uso por parte de un atleta de cualquier sustancia ajena al organismo o cualquier sustancia fisiológica tomada en cantidad anormal, por una vía anormal con la sola intención de aumentar en un modo artificial y deshonesto su rendimiento en la competencia (Gordillo *et al.*, 2008, p. 35).

Los primeros casos de dopaje moderno se dieron en 1865, por parte de nadadores que cruzaban el canal de Ámsterdam. En el ciclismo, apareció en las carreras de 6 días, cuando sólo había un corredor por equipo en 1879 (Par-

do *et al.*, 2006). En el fútbol y boxeo, los deportistas consumían cócteles de brandy, píldoras y cocaína a inicios del siglo XX (Gordillo *et al.*, 2008). Luego, en 1960 apareció el dopaje hormonal y etiológico. Al respecto, Gordillo *et al.* (2008) abordan la utilización de esteroides en atletas norteamericanos, especialmente, en lanzadores. Aunque el dopaje siempre ha estado presente en el deporte, fue desde los juegos olímpicos de México, en 1968, cuando el Comité Olímpico Internacional (COI) inició el control antidopaje (Ahmetov & Rogozkin, 2009; IOC, 2016).

En algunas ocasiones, los deportistas se aplican medicamentos para tratar malestares de salud, pero en realidad, lo que se busca es consumir alguna sustancia activa en estos medicamentos que permita incrementar su rendimiento deportivo (Evans *et al.*, 2009). No obstante, el dopaje va en contra de los valores del ser humano ideal y de lo esperado de un deportista. Esto, debido a que el *doping* destruye el espíritu deportivo, pues "doparse es rendirse ante los miedos y destruir el cuerpo" (Arévalo & Peña, 2017, p. 64).

2.5.1 El dopaje genético

El genoma humano se denomina el libro de la vida porque almacena la información básica de un ser humano, como se mencionó previamente. La interpretación realizada hace unos cuantos años abrió la posibilidad a un conjunto amplio de oportunidades para los tratamientos genéticos y las tecnologías que los desarrollarán, tanto en el ámbito terapéutico como en el mejorador. Incluso, en un futuro cercano, se vislumbra la capacidad para manipular y diseñar seres humanos con rasgos y capacidades particulares (Azzazy et al., 2009). Otros autores señalan que la investigación genética abrió la posibilidad de elaborar terapias y de que puedan nacer seres humanos con menos enfermedades, aunque esto esté condicionado a muchas variables. Como sueñan los denominados "transhumanistas", la ingeniería genética puede ofrecer, en el futuro, que los individuos tengan más capacidad para elegir su propio destino y dejar de estar sometidos a los límites impuestos por la Naturaleza (Azzazy et al., 2009).

El avance científico y médico, en pos de mejorar el rendimiento físico, ha ido explorando vías hasta llegar a lo que

se conoce como dopaje genético. Este se entiende como la modulación de la actividad de un gen existente para lograr una ventaja fisiológica adicional. Se han señalado algunos genes candidatos para el dopaje genético, como la Eritropoyetina (EPO), el factor-1 de crecimiento insulina (IGF-1), la hormona del crecimiento (GH) y los Hipoxia-inducible factor-1 (HIFs), así como los receptores de activación de los proliferadores de los peroxisomas (PPAR α). Cada uno de estos genes está vinculado a un mejoramiento del rendimiento específico, ya sea a la mayor transferencia del oxígeno a los músculos, al aumento de la masa muscular o al aumento de la altura (Azzazy et al., 2009).

Existen dos tipos de mejora genética, la modificación de células somáticas y la modificación de la línea germinal. El primero se refiere, principalmente, a genes modificados que se insertan en las células del cuerpo y no se transmiten a la descendencia. Este tipo de tratamientos supone la intervención en las células para modificar el genoma con el objetivo de hacer a los humanos más resistentes a enfermedades o mejorar sus capacidades físicas (National Human Genome Research Institute, 2018). El segundo, produce

cambios genéticos que se transmiten a las generaciones futuras, a través de la alteración de un embrión temprano (National Human Genome Research Institute, 2018). Se conoce como modificación genética en línea germinal.

En ese segundo tipo de tratamiento, las modificaciones se realizan en la línea germinal de las células (esperma, óvulos no fertilizados o embriones recién fertilizados), para aumentar sus capacidades metabólicas y, de este modo, mejorar la salud o las capacidades de rendimiento físico. Dado que muchas de las estructuras básicas del organismo se establecen en etapas muy tempranas de la vida, estas modificaciones tienen que realizarse antes de que los individuos hayan nacido, porque la mayor parte de las capacidades se determinan con carácter previo al desarrollo celular. De esta manera, el resultado de este tipo de intervención genética será heredable y podrá ser transmitido de una generación a la siguiente.

2.5.2 Métodos de terapia genética o dopaje

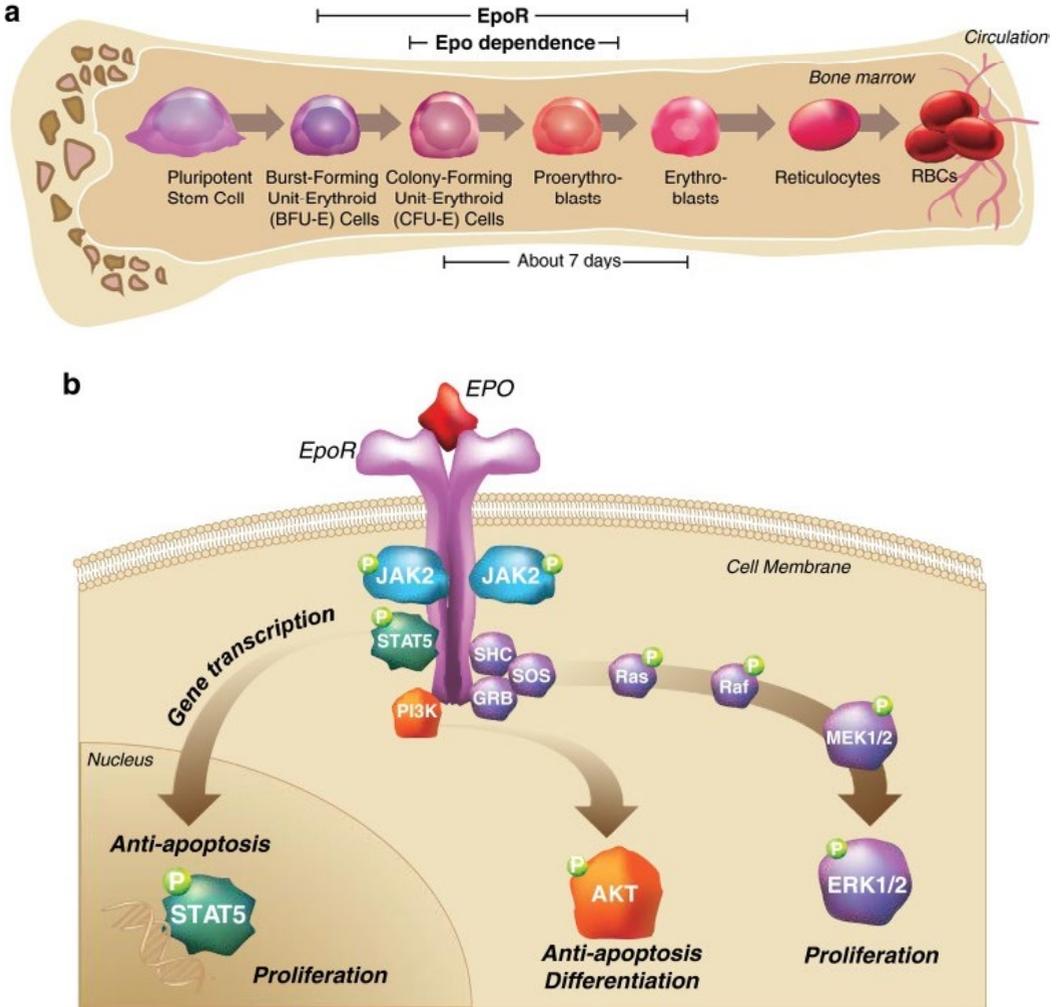
El objetivo general de la terapia genética es promover la expresión de un

gen funcional en un individuo poco saludable para corregir una enfermedad causada por una mutación genética subyacente. El candidato ideal para la terapia genética es quien tenga una condición monogénica causada por un producto génico no funcional o aberrante, como en la distrofia muscular de Duchenne (DMD). La terapia genética "clásica", en este caso, sería el mecanismo para administrar el gen de distrofia a un individuo afectado. Este es el enfoque más común para la terapia genética. La terapia genética "no clásica" es el término utilizado para describir este procedimiento cuando el objetivo del tratamiento es controlar la expresión de genes o los efectos de expresión génica, como en el cáncer. La terapia genética es una herramienta prometedora en el tratamiento de enfermedades genéticas, ya que establece el tratamiento en la fuente del defecto subyacente y, si se logra la expresión celular continua, permite una administración más constante.

Existen, en la actualidad, tres métodos de terapia genética aplicados en el deporte. El primero, conocido como el método *in vivo*, es la inyección directa de ADN o productos que activen la expresión de genes específicos en la célula receptora en el músculo objetivo

(Haisma & De Hon, 2006). Aunque es, quizás, la opción "más simple y barata", es el método menos eficiente, debido a su "pobre capacidad de control de integración y expresión". Este método permite emplear vectores no integradores que conducirán a una expresión génica a corto plazo en las células somáticas, pero a la expresión génica a largo plazo en las células post-mitóticas, como las neuronas y las fibras musculares. Sin embargo, este método carece del potencial para seleccionar las células genéticamente modificadas. El método *in vivo* también conlleva el riesgo de que el vector se integre en las células germinales, transmitiendo la modificación genética a las futuras generaciones o, potencialmente, dañando otros genes. Esto, debido a la naturaleza aleatoria de la integración, cuyos efectos pueden manifestarse durante el desarrollo de las generaciones posteriores (Van der Gronde et al., 2013).

Figura 1 Método *in vivo*

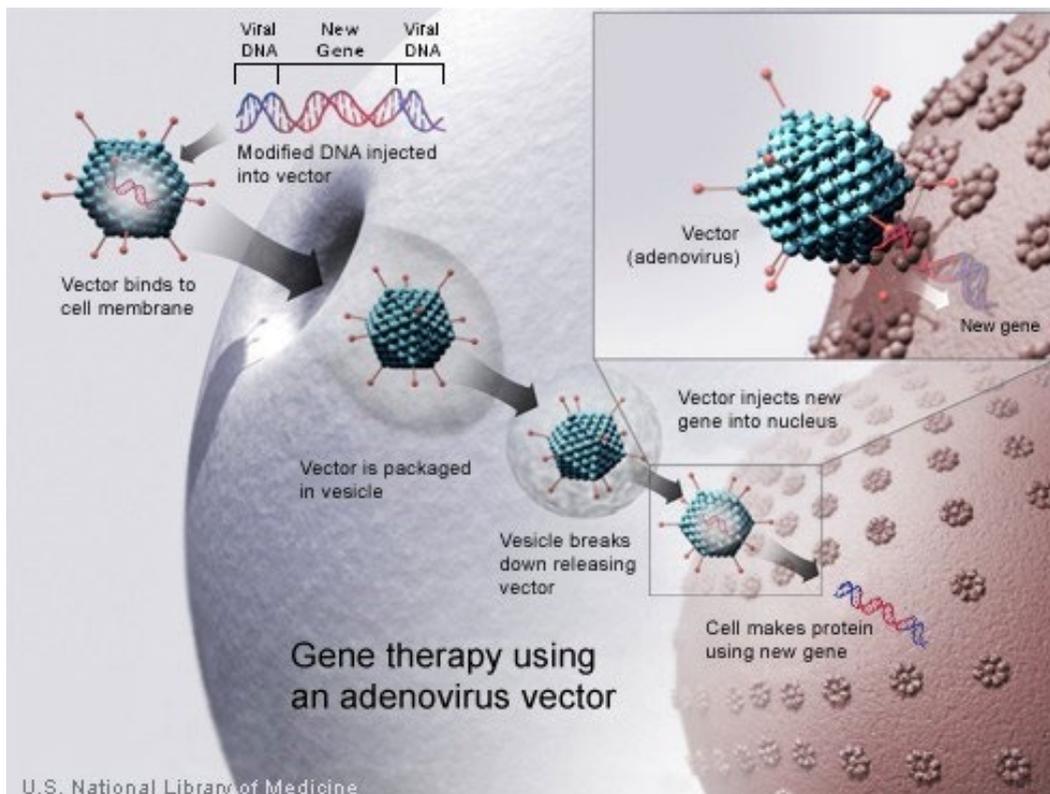


Nota. (a) Diferenciación en glóbulos rojos maduros. (b) Vías de señalización estimuladas por EpoR al unirse a Epo. Fuente: Elliott et al. (2014).

El segundo método es la transferencia *ex vivo* que implica la modificación genética de las células fuera del cuerpo, antes de reinsertarse nuevamente en el atleta (Van der Gronde et al., 2013). La ventaja de este método es que permite

un mayor control sobre la expresión del gen. El principal inconveniente de este enfoque es su complejidad y los mayores costos asociados al procedimiento. Sin embargo, independientemente de la técnica utilizada, se requiere emplear un vector, que es un organismo que transporta material genético de una especie a otra (Reiss & Straughan, 1996). La forma más común de vector es un vector viral, porque los efectos de la terapia génica en el paciente duran más cuando se utiliza este método de administración (Fischetto & Bermon, 2013). Un vector no viral, como el plásmido sintético DNA, también es otra posibilidad; pero, como con el método *in vivo*, la eficacia es cuestionable. Ambos métodos conllevan el riesgo de inducir una regulación genética incorrecta y nuevos defectos genéticos (Friedmann & Hoffman, 2009).

Figura 2 Método *ex vivo*, terapia génica usando un vector



Nota. Fuente: U.S. National library of Medicine, 2018

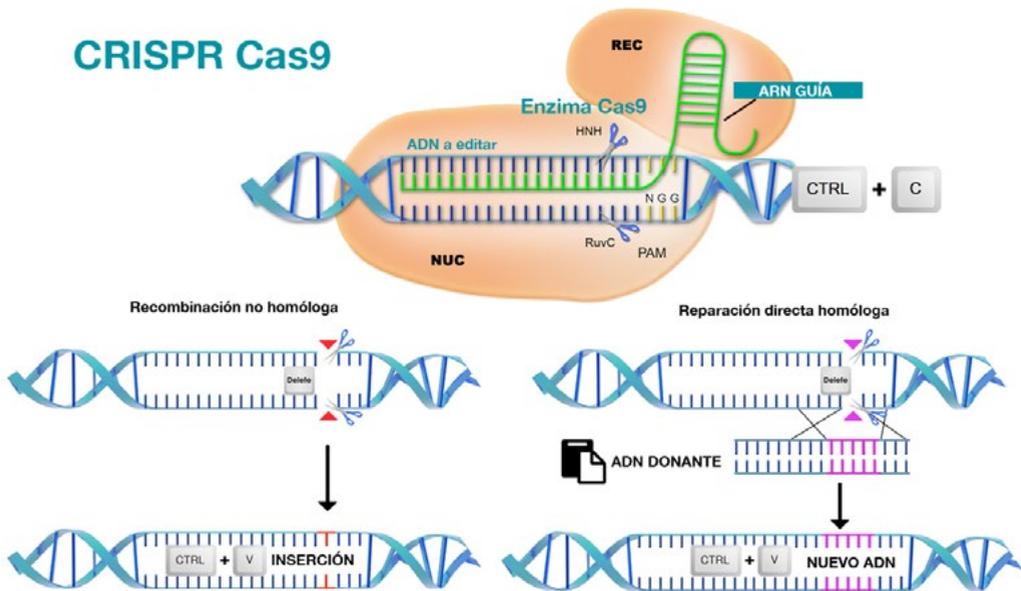
El tercer método de manipulación genética es uno más contemporáneo que se centra en el uso de CRISPR-Cas9. Se trata de una tecnología de edición de genes que utiliza “tijeras moleculares” para hacer cortes y cambios en las secuencias de ADN. Este procedimiento es más barato, preciso y, tecnológicamente, más directo que las tecnologías anteriores. Las siglas CRISPR/Cas9 provienen de *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente inter-espaciadas). Es el nombre de una serie de proteínas, principalmente unas nucleasas, denominadas así por el sistema asociado a CRISPR. Todo comienza con el diseño de una molécula de ARN (CRISPR o ARN guía) que luego se inserta en una célula. Una vez dentro, reconoce el sitio exacto del genoma donde la enzima Cas9 deberá cortar. El proceso de editar un genoma con CRISPR/Cas9 incluye dos etapas.

En la primera etapa, el ARN guía se asocia con la enzima Cas9. Este ARN guía es específico de una secuencia concreta del ADN, de tal manera que, por las reglas de complementariedad de nucleótidos, estos se hibridaron en esa secuencia (la que nos interesa editar o corregir). Entonces, actúa Cas9,

que es una enzima endonucleasa (es decir, una proteína capaz de romper un enlace en la cadena de los ácidos nucleicos), cortando el ADN. Básicamente, el ARN guía actúa de perro lazarillo llevando a Cas9, el ejecutor, al sitio donde ha de realizar su función.

En la segunda etapa, se activan al menos dos mecanismos naturales de reparación del ADN. El primero, llamado indel (inserción-delección), hace que, después del sitio de corte (la secuencia específica del ADN donde se unió el ARN guía), aparezca un hueco en la cadena y se inserte un fragmento de cadena. Esto deriva en la pérdida de la función original del segmento de ADN cortado. Un segundo mecanismo permite la incorporación de una secuencia exactamente en el sitio original de corte. Para esto, lógicamente, se debe dar a la célula la secuencia que se quiere para que se integre en el ADN (Ginn et al., 2018).

Figura 3 Método de manipulación genética CRISPR-Cas9



Nota. Fuente: Tian et al. (2019).

2.5.3 Detección de dopaje genético

Cualquiera que sea la perspectiva que favorezca, debe enfatizarse que el dopaje genético difiere, en gran medida, del dopaje farmacéutico tradicional, en el sentido de que, actualmente, no existe una prueba acreditada para detectar el dopaje genético. Esto se debe a que la proteína producida por el gen extraño es estructural y funcionalmente muy similar a las proteínas endógenas. Sin embargo, se han identificado una serie de técnicas experimentales

que podrían usarse para detectar la mejora genética en los atletas. Uno de los métodos es una biopsia muscular en el punto de inyección (Baoutina et al., 2008). Este procedimiento plantea numerosas preocupaciones prácticas y legales. En primer lugar, respecto a cuándo se realizaría la biopsia. Es probable quitar una porción de músculo que mantenga a un atleta fuera de acción durante un período significativo, por lo que no se puede hacer cerca o durante un torneo o juego competitivo. En segundo lugar, respecto a la naturaleza extremadamente invasiva

de la operación. Es poco probable que cualquier atleta brinde su consentimiento "voluntario e informado" para el procedimiento, tal como lo exige el Código Médico del Movimiento Olímpico de 2016.

Otros métodos de detección más indirectos incluyen la medición de alteraciones en la expresión génica, especialmente en los glóbulos blancos (transcriptómica) y en la sangre u orina (proteómica) (Baoutina et al., 2010). Puede ser posible detectar la manipulación genética basada en "la presencia de trazas de ADN transgénico en la circulación sanguínea después de la transferencia de genes somáticos". Sin embargo, parece no haber una línea de demarcación entre esos niveles de sangre/orina que podrían considerarse "normales" y aquellos que podrían y que constituirán evidencia de dopaje genético (Fischetto & Bermon, 2013). Esto representa un problema, particularmente pronunciado, cuando se considera la diferente composición genética, dieta, etnia y ambiente de varios atletas (Wells, 2009). Por ejemplo, se descubrió que un gen asociado con niveles más bajos de testosterona era siete veces más común en hombres coreanos que en hombres suecos. En consecuencia, la falta de un umbral

definitivo para tales pruebas sugiere que la posibilidad de un falso positivo, para estos métodos indirectos de detección, es bastante alta.

Por lo anterior, se debería monitorear los niveles de hematocrito de un atleta a lo largo del tiempo, para formar un nivel de referencia individual para cada atleta (Fore, 2010). La idea con esto es que la AMA podría comparar esta 'huella genética' de los atletas con la prueba posterior para observar cualquier aumento sospechoso en los niveles de hematocrito que puedan proporcionar evidencia de dopaje genético. Esta propuesta para monitorear variables hematológicas es un componente clave del programa de pasaporte biológico, que fue introducido por la UCI y la AMA en 2008, después de que varios atletas, en los Juegos Olímpicos de Invierno de 2006, exhibieron niveles inusualmente altos de hemoglobina en la sangre (Robinson et al., 2011). En lo que respecta a la modificación genética, se sugiere que, incluso si tal enfoque fuera viable, es poco práctico, porque no considera la posibilidad de que los atletas puedan haberse dopado genéticamente antes de analizar su muestra de referencia. En consecuencia, un atleta podría ocultar su mejora genética ilícita

porque la terapia génica, a diferencia de las drogas más convencionales, tiene el potencial de ser permanente y la AMA presumirá lógicamente que el atleta simplemente nació con estos rasgos atléticos favorables.

Debido a estas preocupaciones, se recomienda que se escanee el genoma de un atleta a principios de la adolescencia o, incluso, durante la infancia. No obstante, este procedimiento es una sugerencia sabia porque, en realidad, puede impulsar el uso del dopaje genético, incluso a una edad más temprana, para evitar la detección. Si la terapia génica eventualmente se convierte en una forma legítima de tratamiento en la sociedad, su amplia disponibilidad puede alentar a los futuros padres a buscar la última mejora genética para proporcionar un buen comienzo en la vida de sus hijos. Esta posibilidad plantea dos preocupaciones: la primera preocupación se refiere a la probable violación del derecho del niño a un futuro autónomo y abierto (Miah, 2010). Es probable que un padre que se ha tomado la molestia de diseñar a su hijo para que se convierte en atleta, lo obligue indebidamente a practicar deporte, independientemente de los verdaderos deseos de su hijo. La segunda preocupación se refiere a

la normalización de las drogas entre los niños, pues cada vez más padres buscan una «píldora mágica» para mejorar la calidad de vida de sus hijos.

En consecuencia, para superar los peligros y garantizar una detección precisa, las pruebas de referencia deben realizarse al nacer o, incluso, prenatalmente. Sin embargo, es probable que este esquema esté repleto de preocupaciones de privacidad (Tamburrini & Tannsjo, 2005). Además, continúa siendo dudoso si la ciencia o las finanzas que existen actualmente puedan implementarlo de manera efectiva.

2.5.4 Dopaje genético y riesgos para la salud

La terapia génica está todavía lejos de ser un tratamiento médico aprobado y establecido. La ocurrencia de demasiadas complicaciones dentro de varios ensayos indica la carencia de control. Además, el aspecto que causa mayor preocupación son los riesgos para la salud conocidos y desconocidos. No es posible conocer los resultados del uso de la terapia génica en personas sanas, y es muy probable que surjan muchos problemas de salud. Pueden presentarse efectos

nocivos a corto plazo, como las inmuno respuestas severas que llevan a la muerte o el desarrollo de condiciones como la leucemia, y efectos a largo plazo derivados de la falta de control en la expresión génica.

Un gen integrado produce sustancias dependiendo de si son necesarias o no; por ejemplo, el aumento de los factores de crecimiento no se podría parar y podrían aumentar el riesgo de tumores. Un abuso de EPO con drogas es reversible si se para la toma, pero si el abuso de EPO se une a la integración de genes adicionales de la EPO en los eritrocitos, aumentan para toda la vida y, consecuentemente, incrementan los problemas cardiovasculares. En general, se desconocen los efectos a largo plazo que acarrea alterar el material genético del cuerpo, pero, durante los experimentos, se han producido varias muertes. Entre los potenciales efectos secundarios del dopaje genético se encuentran desarrollo de cáncer, desajustes metabólicos, alergias, entre otros.

Para finalizar, a lo largo de la historia, la sociedad ha encontrado un sitio especial para los pocos que son más rápidos, más fuertes y físicamente mejor dotados. En la actualidad, em-

pieza a haber estudios lo suficientemente consistentes que indican que los genes pueden desempeñar un papel importante en la condición física de los deportistas de élite, a pesar de que aún es pronto para determinar si un gen o grupo de genes puede determinar el potencial deportivo de un sujeto. Las terapias genéticas están diseñadas para alterar genes dañados o enfermos y los atletas intentarán abusar de estas terapias para mejorar su rendimiento. El uso de tecnologías de transferencia génica no terapéuticas para mejorar el rendimiento implica muchos riesgos de salud. Los gobiernos y las organizaciones deportivas deberían comenzar a elaborar políticas apropiadas con respecto al uso de terapias genéticas por parte de atletas sanos para aumentar su rendimiento.

Referencias

- Ahmetov, I. I., & Rogozkin, V. A. (2009). Genes, athlete status and training- an overview. *Genetics and sports*, 54, 43-71. <https://doi.org/10.1159/000235696>
- Arévalo, H. A., & Peña, Y. N. M. (2017). Dopaje en el ciclismo: métodos, sustancias y controles. una mirada actual. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 3(2), 7.
- Azzazy, H. M., Mansour, M. M., & Christenson, R. H. (2009). Gene doping: of mice and men. *Clinical biochemistry*, 42(6), 435-441. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2009.01.001>
- Baoutina, A., Alexander, I. E., Rasko, J. E., & Emslie, K. R. (2008). Developing strategies for detection of gene doping. *The Journal of Gene Medicine: A cross disciplinary journal for research on the science of gene transfer and its clinical applications*, 10(1), 3-20. <https://doi.org/10.1002/jgm.1114>
- Baoutina, A., Coldham, T., Bains, G. S., & Emslie, K. R. (2010). Gene doping detection: evaluation of approach for direct detection of gene transfer using erythropoietin as a model system. *Gene therapy*, 17(8), 1022-1032. <https://doi.org/10.1038/gt.2010.49>
- Birney, E., Stamatoyannopoulos, J. A., Dutta, A., Guigó, R., Gingeras, T. R., Margulies, E. H., ... & Fu, Y. (2007). Identification and analysis of functional elements in 1% of the human genome by the ENCODE pilot project. *Nature*, 447(7146), 799-816. <https://doi.org/10.1038/nature05874>
- Bray, M. S., Hagberg, J. M., Perusse, L., Rankinen, T., Roth, S. M., Wolfarth, B., & Bouchard, C. (2009). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 34-72. <https://shre.ink/8hnT>
- Brugada, R., & Roberts, R. (1998). The molecular genetics of arrhythmias and sudden death. *Clinical cardiology*, 21(8), 553-560. <https://doi.org/10.1002/clc.4960210805>

- Campos, N., Cepeda, N. T., Riu, J. M. P., & Font, G. R. (2004). Genética y deporte. *Apuntes: Educación física y deportes*, Dialnet (77), 85-88. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1048998>
- Canyameras Rojas, T. (2016). El tratamiento de los casos de dopaje de Contador, Armstrong y Landis en la prensa generalista española. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. <https://ddd.uab.cat/record/168409>
- Custer, K. J. (2007). From mice to men: genetic doping in international sports. *Hastings Int'l & Comp. L. Rev.* 30:181–210. <https://shre.ink/8h93>
- Dantas, P. M. S., Alonso, L., & Fernandes Filho, J. (2004). A dermatoglia no futsal brasileiro de alto rendimento. *Fitness & performance journal*, (3), 136-142. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2954366>
- De Bortoli, Â. L., & De Bortoli, R. (2003). Un doble enfoque de la utilización de los fármacos: ¿dopaje o salud? *Lecturas: Educación física y deportes*, (58), 32. <https://efdeportes.com/efd58/dopaje.htm>
- De Vivo Creazzo, D. E. (2013). El dopaje en el deporte y sus repercusiones en la empresa. *Instname: Colegio de Estudio Superiores de Administración (CESA)*. <https://shre.ink/8h9B>
- Elliott, S., Sinclair, A., Collins, H., Rice, L., & Jelkmann, W. (2014). Progress in detecting cell-surface protein receptors: The erythropoietin receptor example. *Annals of hematology*, 93(2), 181-192. <https://doi.org/10.1007/s00277-013-1947-2>
- Evans, C. H., Ghivizzani, S. C., & Robbins, P. D. (2009). Orthopedic gene therapy in 2008. *Molecular Therapy*, 17(2), 231-244. <https://doi.org/10.1038/mt.2008.265>
- Fischetto, G., & Bermon, S. (2013). From gene engineering to gene modulation and manipulation: Can we prevent or detect gene doping in sports? *Sports Medicine*, 43(10), 965-977. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0075-4>
- Fore, J. (2010). Moving beyond "gene doping": preparing for genetic modification in sport. *Va. JL & Tech.*, 15, 76. <https://shre.ink/8hHI>

- Friedmann, T., & Hoffman, E. P. (2009). Genetic doping in sport: applying the concepts and tools of gene therapy. Murray T, Maschke K, Wasunna A (eds) Performance-enhancing technologies in sports: ethical, conceptual and scientific issues. John Hopkins University Press, Baltimore, pp 241–254.
- Ginn, S. L., Amaya, A. K., Alexander, I. E., Edelstein, M., & Abedi, M. R. (2018). Gene therapy clinical trials worldwide to 2017: An update. *The journal of gene medicine*, 20(5), 1–16. <https://doi.org/10.1002/jgm.3015>
- Gordillo, A. S., Ruíz Caballero, J. A., & Quiroga Escudero, M. E. (2008). Dopaje y Aparato Cardiovascular: efectos y alteraciones. *Canarias médica y quirúrgica*, 6(17), 32–39. <https://shre.ink/8hHa>
- Gordillo, A. (2000). El problema del doping y sus consecuencias. (Navarro García, Ed.). Las Palmas, Gran Canaria. *Medicina del deporte*. ISBN: 84-931121-1-9.
- Haisma, H. J., & de Hon, O. (2006). Gene doping. *International journal of sports medicine*, 27(4), 257–266. <https://doi.org/10.1055/s-2006-923986>
- International Olympic Committee (2014a) Olympic Charter. International Olympic Committee. Available at: http://www.olympic.org/Documents/olympic_charter_en.pdf
- Miah, A. (2010). Towards the transhuman athlete: therapy, non-therapy and enhancement. *Sport in Society*, 13(2), 221–233. <https://doi.org/10.1080/17430430903522947>
- Mottram, D. (2015). The evolution of doping and anti-doping in sport. In: Mottram D, Chester N (eds) *Drugs in sport*, 6th edn. Routledge, London, pp 21–36. ISBN: 9781003096160
- National Human Genome Research Institute. (2018). Somatic cells. <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Somatic-Cells?id=186>
- Novo Villaverde, F. J. (2007). *Genética Humana. Conceptos, mecanismos y aplicaciones de la Genética en el campo de la Biomedicina*. Madrid: Editorial Pearson Prentice Hall, 93-102.

- Pardo, R., González, A., & Irureta, T. (2006). El fenómeno del dopaje desde las perspectivas de las ciencias sociales. (pp. 299–309). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Passarge, E. (2005). *Genética. Texto y atlas*. 3a Edición. Madrid: Ed. Médica Panamericana. ISBN: 978-84-9835-192-7.
- Reiss, M., & Straughan, R. (1996). *Improving nature? The science and ethics of genetic engineering*. Cambridge University Press, Cambridge. ISBN: 0-521-45441-7.
- Robinson, N., Saugy, M., Verneq, A., & Sottas, P. E. (2011). The athlete biological passport: an effective tool in the fight against doping. *Clinical chemistry*, 57(6), 830-832. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2011.162107>
- Tamburrini, C., & Tännsjö, T. (Eds.). (2005). *Genetic technology and sport*. London: Routledge, pp 1–10. ISBN: 9780203481646.
- Tian, X., Gu, T., Patel, S., Bode, A. M., Lee, M. H., & Dong, Z. (2019). CRISPR/Cas9—An evolving biological tool kit for cancer biology and oncology. *NPJ precision oncology*, 3(1), 8. <https://doi.org/10.1038/s41698-019-0080-7>
- U.S. National Library of Medicine. (2018). How does gene therapy work? [Internet]. Bethesda: National institutes of health; 2018 [updated 23 January].
- Van der Gronde, T., de Hon, O., Haisma, H. J., & Pieters, T. (2013). Gene doping: an overview and current implications for athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 47(11), 670-678. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091288>
- Wells, D. J. (2009). Gene doping: possibilities and practicalities. *Genetics and Sports*, 54, 166-175. <https://doi.org/10.1159/000235703>



CAPÍTULO 4

La nueva era del dopaje, la epigenética

Dianora Fajardo Colorado

BSc, MSc en Ciencias Biomédicas de Universidad del Valle

Docente en la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte

Grupo de Investigación Educar 2030

myriam.fajardo@endeporte.edu.co

1. Introducción

Las interacciones complejas entre las múltiples modificaciones epigenéticas y su regulación durante el ejercicio es un tema de gran relevancia, debido a las implicaciones que estas puedan tener para mejorar la comprensión de las adaptaciones agudas y crónicas a actividades físico-deportivas. Hasta la fecha, son varios los estudios que evidencian la asociación entre el ejercicio y los diversos cambios epigenéticos en los seres humanos (Terruzzi et al., 2011; Barres et al., 2012; Ehlert et al., 2013; Jacques et al., 2019), y el consumo de ciertos alimentos o la exposición a agentes químicos o farmacológicos (Burdge et al., 2007; Choi & Friso, 2010).

Lo anterior, genera nuevos interrogantes en el mundo deportivo, dado que los deportistas están expuestos a grandes niveles de estrés físico y mental, dietas rigurosas y, en varias ocasiones, sustancias dopantes que, al igual que los otros tres factores (dieta, estrés y ejercicio), pueden interactuar con el genoma del individuo, generando cambios fenotípicos hasta ahora poco estudiados. Este nuevo enigma abre nuevamente el debate sobre el uso de estas sustancias, enfatizando que muchos deportistas ignoran la influencia negativa de estos medicamentos en su salud. Lastimosamente, en las últimas décadas pareciera que se ha abierto una brecha

en el alto rendimiento, entre los logros de los deportistas y la salud de estos (Avella & Medellín, 2012; Merino et al., 2018).

En ese sentido, es esencial considerar, además del aspecto poco ético del dopaje en los deportes, el gran riesgo que representa para la condición física el uso de este tipo de sustancias. Para describir cómo las sustancias dopantes podrían generar cambios en el genoma de los organismos que las consumen, es necesario explicar a qué hace referencia la palabra epigenética. La epigenética proviene de *'epigenesis'*, la cual fue acuñada por Aristóteles para describir la elaboración de una diversidad de partes a partir de un huevo indiferenciado, en oposición a la teoría de la preformación. Posteriormente, Conrad Waddington utilizó este término para describir la idea de un "paisaje epigenético", una forma de ilustrar cómo los genes influyen en las decisiones del destino celular (Stern, 2003).

En la actualidad, este término se usa ampliamente para describir cómo el medio ambiente puede influir en la expresión génica o la reprogramación celular; incluso, podría explicar cómo la información no genética pue-

de transmitirse a la próxima generación (Stern, 2003; Henikoff & Grealley, 2016). Particularmente, todos estos fenómenos tienen en común la memoria celular que es fundamental para el desarrollo de plantas y animales multicelulares. Para que se mantenga la homeostasis de este proceso, es fundamental el mantenimiento del estado de la actividad de un gen. Esta se puede alterar por estrés, un cambio en la expresión génica, una señal de desarrollo, una señal ambiental o la producción de un pequeño ARN. Es justo ahí en donde el estudio de la epigenética se vuelve trascendental, para explicar todos los posibles cambios fenotípicos que se pueden dar en los organismos (Stotz & Griffiths, 2016; Bošković & Rando, 2018).

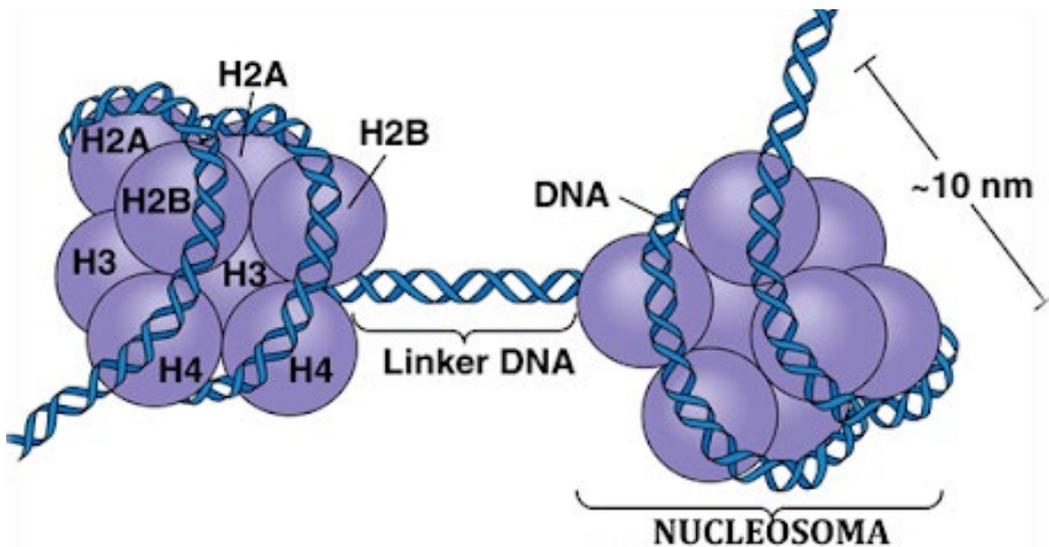
2. Antecedentes

2.1 Mecanismos epigenéticos

La cromatina es una estructura intracelular en la que se empaqueta el ADN, el cual se envuelve alrededor de un octámero de proteínas histonas dentro del núcleo celular eucariota. Esto forma una estructura llamada nucleosoma que consiste en aproximadamente 200 pb de ADN y ocho histonas (dos

moléculas de cada histona H2A, H2B, H3 y H4), como muestra la Figura 1. Las histonas forman un núcleo central (octámero) alrededor del que se envuelve el ADN aproximadamente dos veces. El empaquetamiento del ADN se modula mediante modificaciones postranscripcionales en la cola amino terminal de las histonas que están mediados por enzimas modificadoras de cromatina específicas. Estos cambios en la cromatina pueden tener profundos efectos sobre la expresión génica. Cabe resaltar que existen varios mecanismos que pueden generar esas alteraciones, entre las que se destacan las modificaciones post-traduccionales de las histonas, la metilación del ADN y los ARN no codificantes (Kim et al., 2009).

Figura 1 *Octámero de histonas*



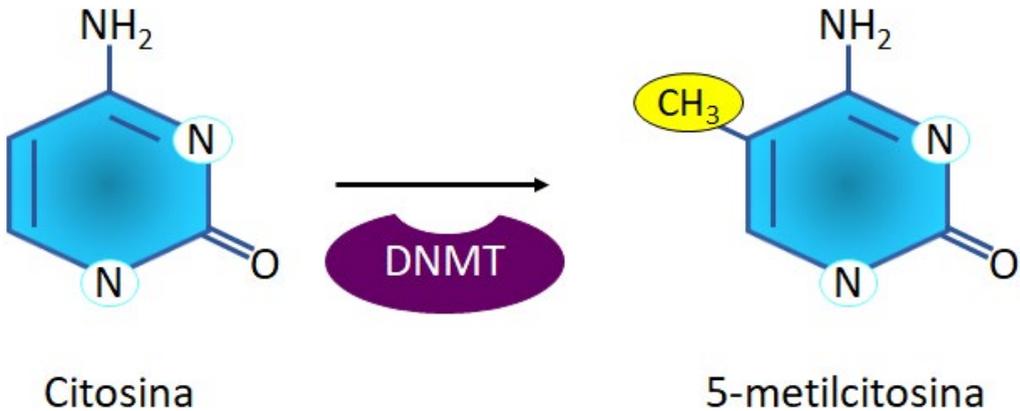
Nota. El ADN se envuelve alrededor de ocho proteínas histonas, formando una estructura llamada nucleosoma. Fuente: Adntro (2023).

Las modificaciones postraduccionales de las histonas son importantes reguladores epigenéticos. Dentro de estas modificaciones se encuentran algunos mecanismos, como la metilación, acetilación, fosforilación y ubiquitinación. Hasta la fecha, se ha investigado que estos procesos tienen un efecto distintivo sobre la dinámica de la cromatina. Por ejemplo, la acetilación de histonas activa, principalmente, la transcripción de genes, mientras que la desacetilación de histonas favorece el silenciamiento de genes (Stotz, & Griffiths, 2016; Bošković & Rando, 2018). Sin embargo, esa correlación no siempre es cierta y sigue siendo controversial. Lo más destacable es que la dinámica de estas interacciones controla el grado de envoltura del ADN alrededor de las histonas, para regular la transcripción de los genes asociados. Los estudios muestran que entre más compacta esté la cromatina, más se asocia a la represión génica, mientras que entre más relajada se encuentre, más se asocia a la activación génica. Además, informes anteriores revelan que los marcadores epigenéticos podrían heredarse transgeneracionalmente (Frías-Lasserre & Villagra, 2017). Un informe reciente sugiere el modo paterno de la herencia epigenética basada en histonas

que determina la fertilidad de la futura progenie (Tabuchi et al., 2018). Ello proporciona un mecanismo potencial para mostrar cómo el mapa epigenético paterno puede afectar el desarrollo y la salud de la descendencia.

Otros mecanismos importantes son las modificaciones químicas del ADN que se reconocen como mecanismos epigenéticos clave para mantener el estado celular y la memoria. La metilación de la citosina en la posición 5 (5 mCy) es un mecanismo generalizado (pero no universal) central para muchos paradigmas de la herencia epigenética. Se basa en la adición de un grupo metilo al carbono 5' de un residuo de citosina cuando es seguido por una guanina, constituyendo lo que se conoce como un dinucleótido CpG; el mecanismo se lleva a cabo por enzimas metiltransferasas (DNMT) (Figura 2). La 5 mCy representa aproximadamente el 3-4% de todas las citosinas y se distribuyen uniformemente en todo el genoma de todas las células de mamíferos (Globisch *et al.*, 2010). Curiosamente, los estudios han demostrado una correlación entre diferentes condiciones patológicas y la expresión diferencial de los niveles de 5 mCy globales y específicos de genes (Jones, 1999; Ehrlich, 2002).

Figura 2 Metilación de ADN

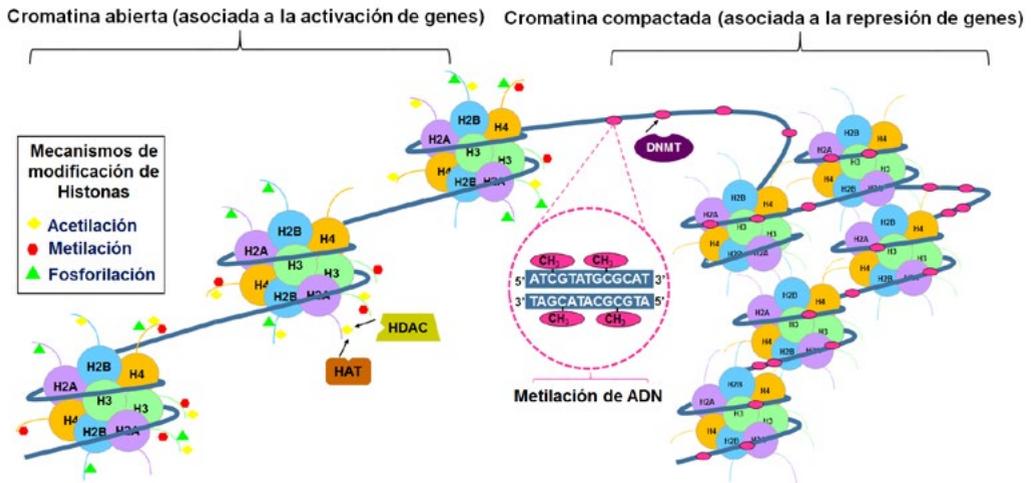


Nota. Este mecanismo ocurre en el carbono 5 de la citosina, a través del ADN metiltransferasa (DNMT). Este proceso se asocia a la compactación de la cromatina y, con ello, a la represión génica. Fuente: Bird (2002).

Tanto para la metilación del ADN, así como para las modificaciones postraduccionales de las histonas, existen numerosas enzimas modificadoras de cromatina y ácido nucleico. Algunos ejemplos que no son exhaustivos y se han revisado extensamente en otros lugares, incluyen histonas metiltransferasas, glicosiltransferasas, desmetilasas, acetiltransferasas, desacetilasas, deacilasas, metiltransferasas y desmetilasas de ADN y ARN (Tessarz & Kouzarides, 2014; Rothbart

& Strahl, 2014; Verdin & Ott, 2015; Allis & Jenuwein, 2016), como lo muestra la Figura 3. Estas enzimas utilizan, como sustratos y cofactores, metabolitos derivados de diversas vías metabólicas, como el ciclo de metionina, el ciclo de los ácidos tricarboxílicos, la beta-oxidación, la glucólisis, entre otros. Por lo tanto, se ha observado que son mecanismos finamente regulados, reversibles y altamente susceptibles a epimutaciones.

Figura 3 Principales mecanismos epigenéticos



Como se puede observar en la figura anterior, los nucleosomas están formados por un octámero de proteínas histonas; sus colas amino-terminales son susceptibles a modificaciones postraduccionales, como acetilación, metilación y fosforilación. La expresión de un gen depende del estado de la cromatina, si está abierta se puede llevar a cabo la transcripción y por eso está asociada con la expresión génica. Por el contrario, si está cerrada, la cromatina es inaccesible y se asocia con la represión génica. HAT: histona acetiltransferasa; HDAC: histona desacetilasa; DNMT: DNA metiltransferasa. El otro mecanismo se refiere a los ARN no codificantes que son abre-

viados y usualmente llamados como "ncRNA". Existen varios tipos de ncRNA, como los miRNA, los RNA pequeños, los RNA largos, entre otros, que, como su nombre lo dice, son moléculas de ARN funcional que no se traducen a proteínas, a diferencia del ARN mensajero, y que actúan como importantes reguladores génicos (Costa, 2008; Esteller, 2011).

Los estudios transcriptómicos y bioinformáticos sugieren la existencia de miles de ncARNs. Aunque la función de muchos de los ncARNs identificados no está confirmada (incluso puede que muchos no sean funcionales), se ha observado que varios de estos están involucrados en la regulación

del proceso de traducción y la aparición de ciertas enfermedades. Igualmente, los estudios muestran que pueden modular la metilación del ADN y las modificaciones de las histonas para regular la expresión génica en mamíferos (Costa, 2008; Frías-Lasserre & Villagra, 2017), lo que sugiere la relación entre ncRNAs y epigenética. De esta forma, en la actualidad, existe una creciente evidencia que muestra que el rendimiento de un deportista está influenciado no sólo por el código genético, sino también por numerosos procesos epigenéticos que influyen en la expresión génica.

Se sabe que las modificaciones epigenéticas se ven afectadas por factores internos y externos, como dieta, actividad física, infecciones microbianas, factores demográficos, estrés, consumo de alcohol, entre otros (Schmitt-Ney et al., 1992). Por esta razón, es importante mostrar cómo el entorno y los hábitos de vida pueden generar cambios en el organismo, mismos que, incluso, pueden transmitirse a las siguientes generaciones. Además, se cree que, en el caso de los cambios inducidos por fármacos, se puede aumentar el riesgo de cáncer (Tentori & Graziani, 2007).

2.2 Impacto del ejercicio, la alimentación y las sustancias dopantes en el epigenoma

Se realizó un estudio con 23 voluntarios jóvenes y sanos de ambos sexos que no realizaban ejercicio intenso regularmente. Estos individuos estuvieron bajo un régimen de ejercicios supervisados de extensión de rodilla con una sola pierna aleatoria, durante tres meses (45 minutos, cuatro sesiones por semana), donde la pierna no entrenada se usó como una pierna de control intraindividual. Posteriormente, se tomaron biopsias de músculo esquelético del vasto lateral de ambas piernas en reposo, antes y después del período de entrenamiento. Los resultados mostraron mejoras en el rendimiento y un aumento de la actividad enzimática en la pierna entrenada, confirmando que la respuesta al entrenamiento fue altamente significativa (Lindholm et al., 2014).

A nivel genético, se encontraron cambios en la metilación en casi 4919 sitios en todo el genoma en la pierna entrenada, de los que 839 sitios tuvieron un cambio absoluto de al menos 5% en su nivel de metilación promedio después del entrenamiento, con un máximo de 9%. En este caso, el entrena-

miento de resistencia indujo cambios significativos en la metilación. A partir de este estudio, y otros reportados en la amplia literatura que hay sobre este tema (Terruzzi et al., 2011; Ehlert et al., 2013; Jacques et al., 2019), se puede evidenciar que el ejercicio por sí sólo genera cambios y adaptaciones en el organismo. A este panorama deben agregarse ciertos factores, como la alimentación y el estrés, que también generan modificaciones importantes en los genomas.

Los estudios reportados en el campo nutricional muestran que los nutrientes y los componentes bioactivos de los alimentos pueden modificar los fenómenos epigenéticos y alterar la expresión de genes a nivel transcripcional. Algunos ejemplos son el folato, la vitamina B-12, la metionina, la colina y la betaína, que pueden afectar la metilación del ADN y la metilación de histonas, al alterar el metabolismo del carbono. Por su parte, los componentes alimentarios bioactivos pueden afectar directamente a las enzimas involucradas en los mecanismos epigenéticos. Por ejemplo, la genisteína (soja) y la catequina del té afectan las metiltransferasas de ADN. El resveratrol (uvas), el butirato (frutas y verduras), el sulforafano (vegetales

crucíferos) y el sulfuro de dialilo (ajos y cebollas) inhiben la histona deacetilasa y la curcumina inhibe las histonas acetiltransferasas.

La actividad enzimática alterada por estos compuestos puede afectar los procesos fisiológicos y patológicos durante el ciclo de vida, al alterar la expresión génica (Choi & Friso, 2010). Asimismo, se ha observado que el grado de estrés que manejan los deportistas también puede liberar neurotransmisores y factores de crecimiento, que generan cambios en la expresión génica por mecanismos epigenéticos. A esto, entonces, se le suma la ingesta ilegal de sustancias anabólicas que pueden afectar la actividad genética, ya sea en forma de activación o represión de genes importantes. Los agentes dopantes más utilizados son las hormonas de crecimiento y los esteroides anabólicos, en donde se estima que cada cuarto de los deportistas toma combinaciones de esteroides anabólicos e IGF-1 (factor de crecimiento similar a la insulina 1).

Aunque se sabe poco sobre los efectos a largo plazo en la expresión génica, estas sustancias podrían influir en el patrón epigenético del genoma (Nikolopoulos, Spiliopoulou & Theo-

charis, 2011). Como es sabido, la testosterona regula la masa del músculo esquelético durante la pubertad y mantiene la masa muscular en la vida adulta. Los datos de los ensayos clínicos coinciden en que la administración de testosterona aumenta la masa y la fuerza del músculo esquelético en adultos jóvenes y mayores (Ferrando et al., 2002; Sinha-Hikim et al., 2002; Bhasin et al., 2005; Storer et al., 2008). El aumento inducido por testosterona en la masa muscular en los hombres, está asociado con la hipertrofia muscular y un aumento en el número de células satélite (Sinha-Hikim et al., 2003). Por esta razón, muchos deportistas consumen estos esteroides androgénicos anabólicos.

Aunque el efecto androgénico que estimula la miogénesis se entiende de manera incompleta, una posible explicación es que la testosterona se activa o genera un efecto sinérgico con otros efectores del crecimiento muscular, como la hormona de crecimiento (GH) y el IGF-1. La administración de testosterona en humanos y roedores aumenta los niveles circulantes de GH e IGF-1 y la deficiencia de esta se relaciona con niveles reducidos de IGF-1 en humanos (Bhasin et al., 2001; Lewis et al., 2002; Lewis et al.,

2007). Muchas personas que utilizan los esteroides anabólicos ignoran que estas sustancias pueden tener efectos aún después de dejar de utilizarlos. Así lo demuestra un estudio realizado por Egner et al. (2013), en donde un grupo de ratas fueron tratadas con propionato de testosterona durante 14 días. Este tratamiento indujo un incremento del 66% en el número de mionúcleos y un aumento del 77% en el área de la sección transversal de la fibra.

Tres semanas después de retirar el medicamento, el tamaño de la fibra disminuyó al mismo nivel que el de los animales tratados con placebo. Tres meses después de su aplicación, los animales fueron expuestos a ejercicios de sobrecarga durante 6 días. Los investigadores observaron que el área transversal de la fibra aumentó en un 31%, mientras que los músculos del grupo control no crecieron significativamente, sugiriendo, así, que el número elevado y prolongado de mionúcleos constituye una "memoria celular" que facilita la hipertrofia de sobrecarga muscular posterior (Egner et al., 2013). Es importante mencionar que este tipo de roedores en cautiverio viven aproximadamente 2 años, por lo que 3 meses constituyen aproximadamente el 12% de su vida útil y, de for-

ma análoga, corresponderá a hacer un análisis de los efectos del consumo de esteroides en humanos, una década después de haberlos dejado.

Lo anterior, plantea grandes interrogantes sobre las posibles consecuencias que podría tener el tiempo prolongado de exposición a estas sustancias, especialmente, en usuarios recurrentes de altos logros deportivos. A nivel genético, se ha observado que, después de la administración de esteroides anabólicos, hay un incremento en la expresión de IGF-1, junto con alteraciones en la expresión de varias proteínas de unión a IGF-1 en el músculo. En un estudio, el tratamiento con GH sistémico provocó un aumento significativo en la transcripción de cada promotor de IGF-1 en una hora de administración de hormonas y condujo a una acumulación sostenida de ARNm de IGF-1. La inducción coordinada de ambos promotores de IGF-1 por GH estuvo acompañada de hiperacetilación de las histonas H3 y H4 en la cromatina asociada al promotor, una disminución de la lisina monometilada 4 de la histona H3 (H3K4) y el reclutamiento de la ARN polimerasa II al promotor de IGF-1 (Chia et al., 2010; Schwarzenbach, 2011; Serra et al., 2011).

Los resultados anteriores evidencian una modificación en la arquitectura de la cromatina y, aunque el mecanismo no es del todo claro, se especula que IGF-1 puede modular la metilación genómica para promover el desarrollo normal de los músculos. Las investigaciones en cultivos celulares muestran que, después de una exposición de 6 horas, IGF-1 incrementa la metilación global del ADN. Este cambio en el patrón de metilación nuclear se basa en el hecho de que IGF-1 puede estimular la actividad de la metionina sintasa (Waly et al., 2004). Por esta razón, se plantea que la administración de testosterona, hormona de crecimiento o IGF-1 como agentes dopantes, podría tener efectos profundos en el epigenoma de los atletas. Igualmente, es necesario aclarar que los efectos a largo plazo, tanto en la salud de los deportistas como transgeneracionales, aún se desconocen.

2.3 La epigenética en los métodos de detección del dopaje

Estos estudios, en conjunto, muestran que la administración de sustancias dopantes, al igual que la actividad física, generan adaptaciones y cambios

hasta el nivel molecular. Es muy conocido que un gran desafío para la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) y el Comité Olímpico Internacional (COI), es prevenir riesgos graves para la salud y reducir la ventaja competitiva injusta entre los atletas. Por lo tanto, se necesitan métodos específicos, sensibles y validados. Desde hace varios años, los biomarcadores se han utilizado para detectar enfermedades biológicas, por lo que, en la actualidad, se han propuesto nuevos biomarcadores epigenéticos. También, se han planteado nuevas técnicas de detección, utilizando las bondades de la epigenética, que permitan identificar, por ejemplo, una firma de genes metilados diferencialmente por abuso de dopaje.

En este sentido, se ha estudiado el potencial de los ncRNAs como candidatos biológicos. Aunque aún sigue siendo debatido, parece haberse convertido en la herramienta adecuada en las manos antidopaje. Teniendo en cuenta que el problema es discriminar entre GH endógena y exógena, se utiliza para detectar el abuso mediante un método indirecto basado en la evaluación del nivel de IGF-1 (Schwarzenbach, 2011). Todas las estrategias aplicadas para caracterizar siRNA en fluidos biológicos son comparables a

un enfoque experimental "RNomics", que puede ayudar como un posible vínculo entre el genoma y el proteoma en el próximo futuro (Thomas et al., 2013). También se denominan "antagomirs" y representan una nueva estrategia que podría desempeñar un papel importante en el control de dopaje.

Los antagomirs bloquean la acción del miARN endógeno, aumentando la expresión de ciertos genes diana. Uno de los ejemplos más destacados está representado por el gen de la miostatina que, actualmente, tiene el mayor potencial de uso indebido en el deporte, dadas las numerosas investigaciones en investigación de drogas (Schiera et al., 2017). Aunque la mayoría de las moléculas de ARN son inestables, los miARN circulantes son altamente estables, probablemente, porque están protegidos en exosomas y micropartículas; también, son fácilmente detectables en fluidos corporales, como orina, saliva y plasma (Mitchell et al., 2008; Leuenberger et al., 2013). Alternativamente, los miARN circulantes pueden estar asociados con proteínas protectoras específicas.

Muchas tecnologías avanzadas tienen que configurarse para crear perfiles de

miRNA y detectar cualquier cambio en la concentración (Weber et al., 2010). El enfoque más utilizado es la transcripción inversa cuantitativa (qRT)-PCR, que sigue siendo el método más sensible y confiable para detectar miRNA circulantes. Por lo general, este método necesita validar los resultados de la primera detección realizada por microarrays. La mayoría de las herramientas existentes (por ejemplo, qRT-PCR y microarrays) ofrecen una alta sensibilidad y especificidad en la investigación de ncRNA: son capaces de detectar con precisión un amplio espectro de ncRNA seleccionados y requieren un conocimiento previo de la secuencia de interés.

Entre los diversos métodos disponibles para aislar exosomas antes de realizar análisis posteriores, como microarrays o qRT-PCR, el más innovador es la secuenciación de próxima generación (NGS). La tecnología NGS no requiere ningún conocimiento previo de ncRNAs y, por lo tanto, permite que todas las especies de ncRNA se secuencien de manera eficiente (Schierra et al., 2017; Quek et al., 2017). Otra propuesta para identificar el dopaje a través de la epigenética, es mediante perfiles de metilación específicos para dopaje (en todo el genoma). Para ello,

se ha propuesto un control con inmunoprecipitación de metil-CpG (MCIp) de ADN metilado, seguido de secuenciación de próxima generación (NGS). En un segundo paso, la metilación de las regiones metiladas, diferencialmente identificadas, se cuantifica de manera de alto rendimiento mediante espectroscopía de masas MALDI-TOF.

Con base en las técnicas anteriores, se realizó un estudio piloto para desarrollar una firma de genes metilados, que podría ser útil como biomarcador de alto rendimiento para la detección de dopaje en células sanguíneas. Para esto, se estudiaron 31 sujetos que fueron clasificados como grupo control (C), fisicoculturistas naturales (no dopantes) (BB) y fisicoculturistas que abusan de sustancias anabólicas (ABB). A pesar de que el estudio mostró resultados interesantes, el uso como potencial biomarcador para la detección de dopaje se ve obstaculizado por varias limitaciones y factores de confusión, ya que solo se pudieron detectar pocas diferencias significativas de metilación; además de que el genoma de los individuos es diferente, lo que genera interferencia en la interpretación de los resultados.

Debido a lo anterior, los autores concluyeron que el análisis de perfiles de metilación en células sanguíneas es susceptible a varios factores de confusión, además de proporcionar información muy limitada. Por tanto, plantean que son necesarios más estudios en los que se prefiera el análisis de perfiles en tejidos diana, como el músculo (Diel et al., 2015). Aunque la epigenética no es una ciencia nueva, aún hay diversos campos por explorar, especialmente, en el deporte y todos los factores que contribuyen al alto rendimiento. Hasta la fecha, los estudios evidencian cambios moleculares debido al suministro de estas sustancias, que generan cambios en la respuesta al entreno, particularmente, potenciando ciertas cualidades benéficas para conseguir altos logros.

Estos resultados plantean un nuevo debate y un desafío para las entidades que trabajan en el antidopaje, considerando el hecho de que estas sustancias pueden tener un impacto en la expresión génica y, con ello, generar resultados a largo plazo, incluso años después de dejar de usarlos. Por esta razón, se plantean interrogantes como: ¿Cuánto tiempo se debería suspender a un deportista que fue positivo para *doping*, si la "memoria epigenéti-

ca" sigue vigente? ¿Qué sucede si un individuo abusa de los esteroides en la adolescencia y luego se convierte en un atleta "limpio" y tiene éxito olímpico? Debido a esto, cabe mencionar que se requiere realizar más estudios que permitan evaluar más sustancias dopantes, y determinar cómo y en qué medida pueden modificar el fenotipo de los deportistas a través de los cambios epigenéticos.

Igualmente, hay que resaltar el papel de las nuevas tecnologías en las ciencias "Ómicas", las cuales han proporcionado nuevos enfoques en el intento de desarrollar medios efectivos para detectar el uso de estas sustancias. Aunque existen muchos obstáculos, como los factores intrínsecos y extrínsecos, que pueden afectar las mediciones, además de los factores críticos de confusión como el sexo, la edad, la altitud o el ejercicio físico, es necesario que las organizaciones reguladoras del deporte se involucren y apoyen más las investigaciones relacionadas con la genética y la epigenética del deporte.

Referencias

- Adntro. (2023). ¿Qué es el ADN? Recuperado de <https://adntro.com/es/blog/aprende-genetica/que-es-adn/>
- Allis, C. D., & Jenuwein, T. (2016). The molecular hallmarks of epigenetic control. *Nature Reviews Genetics*, 17(8), 487-500. <https://doi.org/10.1038/nrg.2016.59>
- Avella, R. E., & Medellín, J. P. (2012). Los esteroides anabolizantes androgénicos, riesgos y consecuencias. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 15, 47-55. <https://shre.ink/8hkM>
- Barres, R., Yan, J., Egan, B., Treebak, J. T., Rasmussen, M., Fritz, T., ... & Zierath, J. R. (2012). Acute exercise remodels promoter methylation in human skeletal muscle. *Cell metabolism*, 15(3), 405-411. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.01.001>
- Bhasin, S., Woodhouse, L., Casaburi, R., Singh, A. B., Bhasin, D., Berman, N., ... & Storer, T. W. (2001). Testosterone dose-response relationships in healthy young men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2001.281.6.E1172>
- Bhasin, S., Woodhouse, L., Casaburi, R., Singh, A. B., Mac, R. P., Lee, M., ... & Storer, T. W. (2005). Older men are as responsive as young men to the anabolic effects of graded doses of testosterone on the skeletal muscle. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90(2), 678-688. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-1184>
- Bird, A. (2002). DNA methylation patterns and epigenetic memory. *Genes & development*, 16(1), 6-21. <https://genesdev.cshlp.org/content/16/1/6.full>
- Bošković, A., & Rando, O. J. (2018). Transgenerational epigenetic inheritance. *Annual review of genetics*, 52, 21-41. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-120417-031404>
- Burdge, G. C., Slater-Jefferies, J., Torrens, C., Phillips, E. S., Hanson, M. A., & Lillycrop, K. A. (2007). Dietary protein restriction of pregnant rats in the F0 generation induces altered methylation of hepatic gene promoters in the adult male offspring in the F1 and F2 generations. *British Journal of Nutrition*, 97(3), 435-439. doi:10.1017/S0007114507352392

- Chia, D. J., Young, J. J., Mertens, A. R., & Rotwein, P. (2010). Distinct alterations in chromatin organization of the two IGF-I promoters precede growth hormone-induced activation of IGF-I gene transcription. *Molecular Endocrinology*, 24(4), 779-789. <https://doi.org/10.1210/me.2009-0430>
- Choi, S. W., & Friso, S. (2010). Epigenetics: A New Bridge between Nutrition and Health. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 1(1), 8-16. <https://doi.org/10.3945/an.110.1004>
- Costa, F. F. (2008). Non-coding RNAs, epigenetics and complexity. *Gene*, 410(1), 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2007.12.008>
- Diel P., Gerhauser C., Plass C. (2015). *Epigenetic Profiling to Detect Doping Abuse*. wada-ama.org/en <https://shre.ink/8hTt>
- Egner, I. M., Bruusgaard, J. C., Eftestøl, E., & Gundersen, K. (2013). A cellular memory mechanism aids overload hypertrophy in muscle long after an episodic exposure to anabolic steroids. *The Journal of physiology*, 591(24), 6221-6230. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.264457>
- Ehlert, T., Simon, P., & Moser, D. A. (2013). Epigenetics in sports. *Sports medicine*, 43(2), 93-110. <https://doi.org/10.1007/s40279-012-0012-y>
- Ehrlich, M. (2002). DNA methylation in cancer: too much, but also too little. *Oncogene*, 21(35), 5400-5413. <https://doi.org/10.1038/sj.onc.1205651>
- Esteller, M. (2011). Non-coding RNAs in human disease. *Nature reviews genetics*, 12(12), 861-874. <https://doi.org/10.1038/nrg3074>
- Ferrando, A. A., Sheffield-Moore, M., Yeckel, C. W., Gilkison, C., Jiang, J., Achacosa, A., ... & Urban, R. J. (2002). Testosterone administration to older men improves muscle function: molecular and physiological mechanisms. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 282(3), E601-E607. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00362.2001>
- Frías-Lasserre, D., & Villagra, C. A. (2017). The importance of ncRNAs as epigenetic mechanisms in phenotypic variation and organic evolution. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2483. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02483>

- Globisch, D., Münzel, M., Müller, M., Michalakis, S., Wagner, M., Koch, S., ... & Carell, T. (2010). Tissue distribution of 5-hydroxymethylcytosine and search for active demethylation intermediates. *PloS one*, 5(12), e15367. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015367>
- Henikoff, S., & Grealley, J. M. (2016). Epigenetics, cellular memory and gene regulation. *Current biology*, 26(14), R644-R648. <https://shre.ink/8hdZ>
- Jacques, M., Hiam, D., Craig, J., Barrès, R., Eynon, N., & Voisin, S. (2019). Epigenetic changes in healthy human skeletal muscle following exercise— a systematic review. *Epigenetics*, 14(7), 633–648. <https://doi.org/10.1080/15592294.2019.1614416>
- Jones, P. A. (1999). The DNA methylation paradox. *Trends in genetics*, 15(1), 34–37. [https://doi.org/10.1016/S0168-9525\(98\)01636-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9525(98)01636-9)
- Kim, J. K., Samaranyake, M., & Pradhan, S. (2009). Epigenetic mechanisms in mammals. *Cellular and molecular life sciences*, 66(4), 596–612. <https://doi.org/10.1007/s00018-008-8432-4>
- Leuenberger, N., Schumacher, Y. O., Pradervand, S., Sander, T., Saugy, M., & Pottgiesser, T. (2013). Circulating microRNAs as biomarkers for detection of autologous blood transfusion. *PloS one*, 8(6), e66309. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066309>
- Lewis, M. I., Fournier, M., Storer, T. W., Bhasin, S., Porszasz, J., Ren, S. G., ... & Casaburi, R. (2007). Skeletal muscle adaptations to testosterone and resistance training in men with COPD. *Journal of applied physiology*, 103(4), 1299–1310. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00150.2007>
- Lewis, M. I., Horvitz, G. D., Clemmons, D. R., & Fournier, M. (2002). Role of IGF-I and IGF-binding proteins within diaphragm muscle in modulating the effects of nandrolone. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 282(2), E483-E490. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00191.2001>
- Lindholm, M. E., Marabita, F., Gomez-Cabrero, D., Rundqvist, H., Ekström, T. J., Tegnér, J., & Sundberg, C. J. (2014). An integrative analysis reveals coordinated reprogramming of the epigenome and the transcriptome in human skeletal muscle after training. *Epigenetics*, 9(12), 1557–1569. <https://doi.org/10.4161/15592294.2014.982445>

- Merino García, Enoc, Borrego Utiel, Francisco J., Martínez Arcos, M. Ángeles, Borrego Hinojosa, Josefa, & Pérez del Barrio, M. Pilar. (2018). Consecuencias renales del uso de esteroides anabolizantes y práctica de culturismo. *Nefrología (Madrid)*, 38(1), 101-103. <https://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2017.03.004>
- Mitchell, P. S., Parkin, R. K., Kroh, E. M., Fritz, B. R., Wyman, S. K., Pogosova-Agadjanyan, E. L., ... & Tewari, M. (2008). Circulating microRNAs as stable blood-based markers for cancer detection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(30), 10513-10518. <https://doi.org/10.1073/pnas.0804549105>
- Nikolopoulos, D. D., Spiliopoulou, C., & Theocharis, S. E. (2011). Doping and musculoskeletal system: short term and long lasting effects of doping agents. *Fundamental & clinical pharmacology*, 25(5), 535-563. <https://doi.org/10.1111/j.1472-8206.2010.00881.x>
- Quek, C., Bellingham, S. A., Jung, C. H., Scicluna, B. J., Shambrook, M. C., Sharples, R. A., ... & Hill, A. F. (2017). Defining the purity of exosomes required for diagnostic profiling of small RNA suitable for biomarker discovery. *RNA Biology*, 14(2), 245-258. <https://doi.org/10.1080/15476286.2016.1270005>
- Rothbart, S. B., & Strahl, B. D. (2014). Interpreting the language of histone and DNA modifications. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms*, 1839(8), 627-643. <https://doi.org/10.1016/j.bba-grm.2014.03.001>
- Schiera, G., Contrò, V., Sacco, A., Macchiarella, A., Cieszczyk, P., & Proia, P. (2017). From epigenetics to anti-doping application: A new tool of detection. *Human Movement*, 18(1), 3-10. doi:10.1515/humo-2017-0005
- Schmitt-Ney, M., Happ, B., Ball, R. K., & Groner, B. (1992). Developmental and environmental regulation of a mammary gland-specific nuclear factor essential for transcription of the gene encoding beta-casein. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(7), 3130-3134. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.7.3130>

- Schwarzenbach, H. (2011). Impact of physical activity and doping on epigenetic gene regulation. *Drug testing and analysis*, 3(10), 682-687. <https://doi.org/10.1002/dta.294>
- Serra, C., Bhasin, S., Tangherlini, F., Barton, E. R., Ganno, M., Zhang, A., ... & Morris, C. (2011). The role of GH and IGF-I in mediating anabolic effects of testosterone on androgen-responsive muscle. *Endocrinology*, 152(1), 193-206. <https://doi.org/10.1210/en.2010-0802>
- Sinha-Hikim, I., Artaza, J., Woodhouse, L., Gonzalez-Cadavid, N., Singh, A. B., Lee, M. I., ... & Bhasin, S. (2002). Testosterone-induced increase in muscle size in healthy young men is associated with muscle fiber hypertrophy. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00502.2001>
- Sinha-Hikim, I., Roth, S. M., Lee, M. I., & Bhasin, S. (2003). Testosterone-induced muscle hypertrophy is associated with an increase in satellite cell number in healthy, young men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 285(1), E197-E205. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00370.2002>
- Stern, C. D. (2003). Conrad H. Waddington's contributions to avian and mammalian development, 1930-1940. *International Journal of Developmental Biology*, 44(1), 15-22. <https://shre.ink/8hW8>
- Storer, T. W., Woodhouse, L., Magliano, L., Singh, A. B., Dzekov, C., Dzekov, J., & Bhasin, S. (2008). Changes in muscle mass, muscle strength, and power but not physical function are related to testosterone dose in healthy older men. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(11), 1991-1999. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01927.x>
- Stotz, K., & Griffiths, P. (2016). Epigenetics: ambiguities and implications. *History and philosophy of the life sciences*, 38(4), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s40656-016-0121-2>
- Tabuchi, T. M., Rechtsteiner, A., Jeffers, T. E., Egelhofer, T. A., Murphy, C. T., & Strome, S. (2018). *Caenorhabditis elegans* sperm carry a histone-based epigenetic memory of both spermatogenesis and oogenesis. *Nature communications*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06236-8>

- Tentori, L., & Graziani, G. (2007). Doping with growth hormone/IGF-1, anabolic steroids or erythropoietin: is there a cancer risk? *Pharmacological research*, 55(5), 359-369. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.020>
- Terruzzi, I., Senesi, P., Montesano, A., La Torre, A., Alberti, G., Benedini, S., ... & Luzi, L. (2011). Genetic polymorphisms of the enzymes involved in DNA methylation and synthesis in elite athletes. *Physiological genomics*, 43(16), 965-973. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00040.2010>
- Tessarz, P., & Kouzarides, T. (2014). Histone core modifications regulating nucleosome structure and dynamics. *Nature reviews Molecular cell biology*, 15(11), 703-708. <https://doi.org/10.1038/nrm3890>
- Thomas, A., Walpurgis, K., Delahaut, P., Kohler, M., Schänzer, W., & Thevis, M. (2013). Detection of small interfering RNA (siRNA) by mass spectrometry procedures in doping controls. *Drug testing and analysis*, 5(11-12), 853-860. <https://doi.org/10.1002/dta.1519>
- Verdin, E., & Ott, M. (2015). 50 years of protein acetylation: from gene regulation to epigenetics, metabolism and beyond. *Nature reviews Molecular cell biology*, 16(4), 258-264. <https://doi.org/10.1038/nrm3931>
- Waly, M., Olteanu, H., Banerjee, R., Choi, S. W., Mason, J. B., Parker, B. S., ... & Deth, R. C. (2004). Activation of methionine synthase by insulin-like growth factor-1 and dopamine: a target for neurodevelopmental toxins and thimerosal. *Molecular psychiatry*, 9(4), 358-370. <https://doi.org/10.1038/sj.mp.4001476>
- Weber, J. A., Baxter, D. H., Zhang, S., Huang, D. Y., How Huang, K., Jen Lee, M., ... & Wang, K. (2010). The microRNA spectrum in 12 body fluids. *Clinical chemistry*, 56(11), 1733-1741. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2010.147405>

CAPÍTULO 5

Retos y métodos diagnósticos en la identificación del doping

Diana Carolina Zambrano Ríos¹

Andrés Jenuer Matta Miramar¹

¹BSc, MSc, PhD(c) en Ciencias Biomédicas de la Universidad del Valle
Profesor en la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte
Grupo de investigación: Deporte y Rendimiento Humano
andres.matta@endeporte.edu.co
diana.zambrano@endeporte.edu.co

1. Introducción

La lucha contra el *doping* en el deporte, tal como la conocemos hoy, comenzó con la creación de la Comisión Médica del Comité Olímpico Internacional (COI) en 1961, tras la muerte de un ciclista danés, durante los Juegos Olímpicos de Roma el año anterior. Después de un comienzo lento, la lucha comenzó a principios de la década de 1970 bajo el liderazgo del COI y la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo. A pesar de la falta de comprensión y el escaso apo-

yo, incluso de la comunidad deportiva, se tomaron una serie de medidas durante los años setenta y ochenta que, aún, forman las piedras angulares de la estrategia antidoping actual. Además de las campañas de información y educación, los ejemplos más importantes son la introducción de reglas de procedimiento para los controles de *doping*; el establecimiento y el seguimiento de una lista de sustancias y métodos prohibidos; la acreditación de laboratorios de control de *doping*; la

introducción de pruebas dentro y fuera de la competencia; y las reglas para la exención de uso terapéutico y la introducción de muestras de sangre.

Durante la década de 1990, la lucha antidoping obtuvo un apoyo cada vez mayor, tanto dentro como fuera de la comunidad deportiva. Entonces, se creó la Agencia Mundial Antidoping (AMA), conjuntamente con el movimiento olímpico y las autoridades públicas en 1999. El objetivo fue armonizar la gran variedad de normas que se habían desarrollado en organizaciones deportivas para promover actividades *antidoping* (Mueller, 2010). La AMA está llevando a cabo la lucha apoyada por el Código de la AMA, universalmente aceptado, y una Convención Internacional Antidoping, bajo la UNESCO. Por ello, los esfuerzos de la AMA, por aumentar y garantizar la lucha antidoping, han permitido el desarrollo y la certificación de laboratorios clínicos y científicos con tecnología de punta en todo el mundo. Esto, con el propósito de detectar violaciones al reglamento, además de desarrollar nuevas técnicas y metodologías científicas que vayan un paso adelante de los deportistas, entrenadores y comunidades deportivas que quieran

aprovechar, de manera fraudulenta, la ciencia para potenciar ilegalmente las características y cualidades innatas del deportista (World Anti-Doping Agency, 2020).

2. Antecedentes

2.1 Laboratorios certificados por la Agencia Mundial Antidoping (WADA)

Los laboratorios que deseen analizar los controles de *doping* para deportes, bajo el Código Mundial Antidoping, deben lograr y mantener la certificación de la AMA. La Norma Internacional para Laboratorios (ISL) y sus documentos técnicos relacionados, especifican los criterios que deben cumplirse para la acreditación y la nueva acreditación, así como las normas que deben cumplirse para la producción de resultados de pruebas válidos y datos probatorios (Luque de Castro & Luque García, 2003). La certificación de laboratorios por la AMA, se basa en el cumplimiento de dos importantes normas internacionales: **ISO / IEC 17025** y **Norma Internacional para Laboratorios** (World Antidoping Agency, 2016).

La AMA ha establecido lazos estrechos con los organismos de normalización nacionales e internacionales, incluida la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC), para facilitar el proceso de evaluación de los laboratorios para el cumplimiento de ambas normas (World Antidoping Agency, 2016). La efectividad de la lucha global contra el *doping* depende de la capacidad de los laboratorios *antidoping* para identificar, de manera confiable y, a veces, cuantificar las sustancias prohibidas en el deporte, según lo define la Lista de Sustancias y Métodos Prohibidos de la AMA (2020).

La AMA monitorea el desempeño de los laboratorios *antidoping* acreditados, a través de un Esquema de Evaluación de Calidad Externa (EQAS)

continuo. La participación en el EQAS es obligatoria para todos los laboratorios acreditados por la AMA. El Esquema de Evaluación de la Calidad Externa (EQAS) de la AMA permite evaluar la competencia del laboratorio, a través de una evaluación continua de su desempeño, y brinda a los laboratorios la oportunidad de comparar sus resultados, con el objetivo de mejorar la armonización de los resultados de las pruebas entre los laboratorios acreditados. El EQAS de la WADA también incorpora oportunidades educativas para los laboratorios acreditados por la WADA (World Antidoping Agency, s.f.).

A continuación, se documentan los laboratorios certificados por la AMA a nivel mundial.

Tabla 1 Laboratorios anti-doping certificados por la AMA a nivel mundial

CONTINENTE AFRICANO		
Ciudad	Nombre del Laboratorio	Datos de contacto
Bloemfontein, South Africa	South African Doping Control Laboratory - Bloemfontein	Dr. Marthinus Johannes van der Merwe- Director. Pharmacology Building - University of the Free State 205 Nelson Mandela Drive Room F240- Bloemfontein-9301-South Africa. Tel: (27.51) 401 31 82 Fax: (27.51) 401 31 71 mjvdmerwe@ufs.ac.za
CONTINENTE AMERICANO		
NORTEAMÉRICA		
Los Angeles, United States of America	UCLA Olympic Analytical Laboratory	Mr. Brian Ahrens-Director. 2122 Granville Avenue-Los Angeles- California-90025-United States Tel: (1.310) 825 2635 Fax: (1.310) 206 9077 BAhrens@mednet.ucla.edu
Salt Lake City, United States of America	The Sports Medicine Research and Testing Laboratory(SMRTL)	Dr. Daniel Eichner-President. 560 Arapeen Way, Suite 150-Salt Lake City- Utah-84108-United States Tel: (801) 994-9454 / (866) 404-6561 Fax: (801) 994-9455 de@smrtl.org
Montreal, Canada	Laboratoire de contrôle du dopage INRS - Institut Armand- Frappier	Prof. Christiane Ayotte-Director. 531, boulevard des Prairies-Laval-Quebec- H7V 1B7-Canada Tel: (450) 686-5442 Fax: (450) 686-5614 christiane.ayotte@iaf.inrs.ca

CENTROAMÉRICA		
Havana-Cuba	Antidoping Laboratory Sports Medicine Institute	Rodny Montes de Oca Porto-Director. Calle 100 esquina a Aldabó. Boyeros-Ciudad de la Habana-10800-Cuba Tel: (537) 643 76 49 / (537) 643 76 79 Fax: (537) 643 76 83 antidop@inder.cu
SURAMÉRICA		
Río de Janeiro-Brazil	Brazilian Doping Control Laboratory - LBCD	Prof. Henrique Marcelo Gualberto Pereira-Director. (Laboratório Brasileiro de Controle de Dopagem – LBCD – LADETEC / IQ - UFRJ)- Avenida Horácio Macedo, 1281, Polo de Química, bloco C-Cidade Universitária-Rio de Janeiro-21941-598-Brazil Tel: 55 (21) 3938-3728 Fax: 55 (21) 3938-3700 henriquemarcelo@iq.ufrj.br lbcd@iq.ufrj.br
CONTINENTE ASIÁTICO		
Beijing, people's Republic of China	National Anti-Doping Laboratory China Anti-Doping Agency	Pr. Yinong Zhang-Director. 1, An Ding Road-Beijing-Beijing Shi-100029-China Tel: (86.10) 64 98 05 26 Fax: (86.10) 64 91 21 36 zhangyinong@chinada.cn zhanglisi@chinada.cn
Doha, Qatar	Antidoping Lab Qatar, Doping Analysis Lab	Dr. Costas Georgakopoulos-Doping Analysis Laboratory Director. PO BOX 27775-Doha-Qatar Tel: (974) 4413 2991 Fax: (974) 4413 2997 costas@adlqatar.com

Seoul, Korea	Doping Control Center	Dr. Oh-Seung Kwon-Director. Korea Institute of Science and Technology- Hwarangno 14-gil 5-Seoul-02792-South Korea Tel: (82.2) 958 51 84 Fax: (82.2) 958 66 77 oskwon@kist.re.kr
Tokyo, Japan	Anti-Doping Laboratory	Dr. Masato Okano-Director. LSI Medience Corporation-3-30-1 Shimura, Itabashi-ku-Tokyo-174-8555-Japan Tel: (81.3) 5994 2351 Fax: (81.3) 5994 2990 Okano.Masato@mk.medience.co.jp
CONTINENTE EUROPEO		
Ankara, Turkey	Turkish Doping Control Center (TDKM)	Prof. Dr. Ahmet Basaran-Director. Hacettepe University-Sihhiye-Çankaya/ Ankara-06100-Turkey Tel: 90 312 305 2156 /90 312 310 6776 Fax: 90 312 305 2062 aabasaran53@gmail.com
Barcelona, Spain	Catalonian Antidoping Laboratory Fundació Institut Mar D'Investigacions Mèdiques (IMIM)	Dr. Rosa Ventura-Director. c/ Doctor Aiguader, 88-Barcelona-Barcelona- 08003-Spain Tel: (34.93) 316 04 00 Fax: (34.93) 316 04 10 rventura@imim.es
Bucharest, Romania	Romanian Doping Control Laboratory	Dr. Cristina Stan-Director. Bvd. Basarabia, nr. 37-39-Bucuresti, sector 2-022103-Romania Tel: + 40 371 012 753 Fax: + 40 372 007 899 c.stan@lcd.gov.ro

Cologne, Germany	Institute of Biochemistry - German Sport University Cologne	Prof. Mario Thevis-Director Am Sportpark Müngersdorf 6-Köln-50933-Germany Tel: (49.221) 498 24 920 Fax: (49.221) 497 32 36 m.thevis@biochem.dshs-koeln.de
Ghent, Belgium	DoCoLab Universiteit Gent-UGent	Prof. Dr. P. Van Eenoo-Director Technologiepark 30-Zwijnaarde-B-9052-Belgium Tel: (32.9) 331 32 90 Fax: (32.9) 331 32 99 Peter.VanEenoo@ugent.be
Kreischa, Germany	Institute of Doping Analysis and Sports Biochemistry (IDAS)-Dresden	Dr. Detlef Thieme-Director Dresdner Straße 12-Kreischa b. Dresden-01731-Germany Tel: (49.35206) 2060 Fax: (49. 35206) 20620 detlef.thieme@idas-kreischa.de
Lausanne, Switzerland	Laboratoire Suisse d'Analyse du Dopage	Dr. Tiia Kuuranne-Director Centre Hospitalier Universitaire Vaudois et Université de Lausanne-Chemin des Croisettes 22-Epalinges-1066-Switzerland Tel: (41.21) 314 73 30 Fax: (41.21) 314 70 95 Tiia.Kuuranne@chuv.ch
London, United Kingdom	Drug Control Centre	Dr. Alan Brailsford-Chief Scientific Officer King's College London-The Franklin-Wilkins Building London-SE1 9NH-United Kingdom Tel: (44.20) 7848 4848 Fax: (44.20) 7848 4980 alan.brailsford@kcl.ac.uk

Madrid, Spain	Madrid Anti-Doping Laboratory	Dr. Daniel Carreras-Director Laboratorio de Control del Dopaje Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte-c/ El Greco, s/n-Madrid-28040-Spain Tel: (34.91) 542 41 17 Fax: (34.91) 543 72 90 daniel.carreras@aeapsad.gob.es
Oslo, Norway	Norwegian Doping Control Laboratory	Dr. Yvette Dehnes-Director Department of Pharmacology, Oslo University Hospital Trondheimsveien 235-Oslo-0586-Norway Tel: (47) 22 89 49 14 Fax: (47) 22 89 41 51 Yvette.Dehnes@dopinganalyse.no
Paris, France	Agence Française de Lutte contre le Dopage (AFLD)	Dr. Magnus Ericsson-Director Département des Analyses-143 avenue Roger Salengro Châtenay-Malabry-92290-France Tel: (33.1) 46 60 28 69 Fax: (33.1) 46 60 30 17 analyses@aflld.fr m.ericsson@aflld.fr
Roma, Italy	Laboratorio Antidoping FMSI	Prof. Francesco Botrè-Scientific Director Federazione Medico Sportiva Italiana Largo Giulio Onesti 1-Roma-Roma-00197-Italy Tel: +39 06 8797 35 00 Fax: +39 06 8078 971 francesco.botre@uniroma1.it
Seibersdorf, Austria	Seibersdorf Labor GmbH Doping Control Laboratory	Dr. Gunter Gmeiner-Director Seibersdorf-2444-Austria Tel: (43) 50550 3539 Fax: (43) 50550 3566 guenter.gmeiner@seibersdorf-laboratories.at

Stockholm, Sweden	Doping Control Laboratory	Dr. Anton Pohanka-Interim Director Karolinska University Hospital-C2-66-Stockholm-S-141 86-Sweden Tel: (46.8) 58 58 10 75 Fax: (46.8) 58 5810 76 dopinglab.karolinska@sll.se anton.pohanka@sll.se
Warsaw, Poland	Poland Anti-Doping Laboratory	Dr. Dorota Kwiatkowska-Director Trylogii 2/16-Warsaw-01-982-Poland Tel: (48.22) 56 99 930 Fax: (48.22) 56 99 933 anty doping.dep@insp.waw.pl dorota.kwiatkowska@insp.waw.pl
CONTINENTE OCEÁNICO		
Sydney, Australia	Australian Sports Drug Testing Laboratory (ASDTL) - Sydney	Dr. Catrin Goebel-Director National Measurement Institute, Level 3, Australian Sports Drug Testing Laboratory-105 Delhi Road, North Ryde-New South Wales-2113-Australia Tel: (61.2) 94 49 01 11 Fax: (61.2) 94 49 02 95 catrin.goebel@measurement.gov.au

Nota. Se excluyeron los laboratorios que, al 2019, perdieron su certificación.

Fuente: World Antidoping Agency (s.f).

2.2 Pasaporte biológico

Debido al avance en los metabolitos y nuevas tecnologías de *doping*, se hace indispensable una modernización y evolución en las técnicas convencionales de control anti-*doping*. Esta evolución en las pruebas diagnósticas, permite identificar sustancias y metabolitos complejos muy similares a los componentes endógenos que, comúnmente, los atletas están incorporando a sus rutinas para aumentar el rendimiento deportivo. El concepto del "pasaporte biológico del atleta" (ABP), consiste en monitorear las variaciones en los marcadores biológicos propios del deportista, a través de los diferentes períodos del macrociclo de entrenamiento, así como en condiciones patológicas, para luego compararlas con diferencias y comportamientos abruptos sospechosos de *doping* (Robinson et al., 2017).

Para determinar si una variación en el ABP es normal para un atleta, cada variación en el resultado, se compara con los valores base previamente tomados a ese deportista. Esto, para garantizar una correlación estadística entre los resultados y tener bases científicas para el diagnóstico del *doping*. Para ello, se han dispuesto programas y

algoritmos estadísticos bayesianos, con el fin de analizar los resultados, la sensibilidad y la especificidad de los métodos diagnósticos utilizados para garantizar intervalos de confianza entre el 95-99%. Adicionalmente, cuando se sospecha de resultados positivos para *doping*, se realiza un doble o triple ciego entre dos o tres evaluadores expertos que validan los resultados obtenidos, y dan a conocer sus observaciones y juicios acerca de la probabilidad o no de *doping*, evaluando lo siguiente (Robinson et al., 2017).

- Calidad de la muestra y cumplimiento de los protocolos exigidos en la fase preanalítica.
- Estado de salud del atleta, descartando valores anormales a causa de patologías.
- Rango de variación para considerar si es una variación normal o anormal.
- Métodos diagnósticos utilizados y valoración del cumplimiento de controles internos y externos.
- Análisis de datos adicionales para esclarecer el resultado cuando se encuentre en zona gris.

- Cuando los resultados denotan el uso de una o más sustancias prohibidas, se comparan los análisis de un grupo de científicos expertos, para informar a los organismos responsables de un hallazgo contundente de *doping*.

En los últimos años, el ABP ha tomado mayor importancia entre órganos, instituciones y patrocinadoras, considerándolo como la información más relevante ante un diagnóstico de *doping*. Se han establecido diferentes pruebas biológicas en el ABP, que pueden agruparse en tres grandes módulos:

1. **Módulo hematológico.** Se realiza con el fin de detectar manipulaciones sanguíneas con estimulantes eritropoyéticos, como la eritropoyetina (EPO) o las transfusiones de sangre, la concentración de hemoglobina (Hb) y los niveles de reticulocitos que se identificaron como biomarcadores potenciales (Robinson et al., 2017).
2. **Módulo esteroideo.** Los esteroides anabólicos androgénicos han sido las sustancias prohibidas más frecuentemente reportadas por los laboratorios antidoping. Son de difícil diagnóstico y requieren de métodos de laboratorio es-

pecializados y con tecnología de vanguardia, debido a su estrecha relación con metabolitos endógenos (Robinson et al., 2017).

3. **Módulo endocrino.** Las sustancias endocrinas, como las hormonas, en su mayor proporción, son identificadas mediante el uso de métodos directos e indirectos, generando índices de relación. Sin embargo, ciertas hormonas, como la hormona de crecimiento (GH), no se logran detectar con facilidad, puesto que presentan varias isoformas. Además, tienen una vida útil corta y pueden ser alteradas por diferentes estadios normales y patológicos en los atletas (Robinson et al., 2017).

2.3 Diagnóstico de doping

La preparación de muestras para el control de doping es un trabajo de gran dificultad, debido a dos grandes retos a los cuales se enfrentan los laboratorios de diagnóstico: el primero, es la gran cantidad de muestras a tratar y, el segundo, es la variedad de compuestos a monitorear, a causa de las diversas características estructurales y químicas de los analitos in-

cluidos (World Anti-Doping Agency, 2020). Esto implica diferentes procedimientos de preparación de muestras para purificar, concentrar y adecuar para el respectivo análisis, mediante técnicas específicas que incluyen cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS), cromatografía de gases-espectrometría de masas en tándem (GC-MS / MS) o cromatografía líquida-espectrometría de masas en tándem (LC-MS / MS) (Massé, Ayotte & Dugal 1989). La automatización de estos procedimientos preanalíticos es de suprema importancia, porque la organización y disposición de los recursos están estrechamente relacionados con ahorro de tiempo, optimización de reactivos y muestras, seguridad dentro del laboratorio y, finalmente, este conjunto de sucesos tiende a garantizar la calidad y veracidad de los resultados obtenidos (World Anti-Doping Agency, 2020).

2.4 Diagnóstico y monitoreo de variables hematológicas

Se pueden resumir los metabolitos o variables hematológicas que se monitorean en el módulo hematológico del ABP, los cuales son: hemoglobina HB, recuento celular (eritrocitos, leu-

cocitos y plaquetas), porcentaje de reticulocitos, hemoglobina corpuscular media y eritropoyetina EPO (Salamín et al., 1997). La HB es la proteína transportadora de oxígeno del cuerpo. El aumento de la cantidad de HB permite un aumento en la capacidad de transporte de oxígeno y, en última instancia, un aumento en el rendimiento, sobre todo en modalidades deportivas de resistencia. Por lo tanto, el objetivo final del *doping* sanguíneo es aumentar el contenido de HB del cuerpo (Parisotto et al., 2000; Ogunshola & Bogdanova, 2013).

Los reticulocitos son glóbulos rojos jóvenes que se encuentran en la última etapa de su maduración, después de ser expulsados de la médula ósea a la sangre periférica. La vida útil de los reticulocitos es de solo 1 a 2 días, antes de que se conviertan en eritrocitos maduros. El porcentaje de reticulocitos (% Ret) en la sangre periférica, generalmente, dará una indicación de la actividad productiva de la médula ósea. Un alto contenido de reticulocitos indica un aumento de la producción de glóbulos rojos de la médula (por ejemplo, estimulada por EPO, pérdida de sangre o hipoxia), mientras que un bajo contenido de reticulocitos indica una actividad reducida.

Desde un punto de vista analítico, la HB es la variable bioquímica más medida en todo el mundo y, por lo tanto, se han realizado grandes esfuerzos para estandarizar su medición. En contraste, el análisis de reticulocitos no está tan estandarizado, y diferentes analizadores pueden producir resultados ligeramente diferentes. Este hecho se ha eludido implementando un analizador de hematología estandarizado para todos los análisis de ABP, que se realizan únicamente en laboratorios acreditados y aprobados por la AMA. Se han establecido normas estrictas para el muestreo de sangre, el procesamiento de muestras y la evaluación de los resultados, para garantizar resultados confiables en todas las instituciones de análisis.

Además, todos los laboratorios participan en un esquema de control de calidad mensual centralizado, que garantiza la comparabilidad de los resultados entre diferentes analizadores (Gore et al., 2003; Robinson et al., 2011). La información obtenida de la concentración de HB y del % de Ret, está respaldada por otras medidas sanguíneas, como el volumen corpuscular medio, la HB corpuscular media (MCH) y la concentración de glóbulos rojos en MCH. Otras variables se de-

rivan de estos marcadores medidos, una combinación de hematocrito, HB, recuento de células sanguíneas, % de Ret, volumen corpuscular medio, MCH y concentración de MCH, que también se calculan para ayudar con la evaluación (Gore et al., 2003).

2.5 Diagnóstico y monitoreo de variables hormonales

Múltiples variables hormonales pueden detectarse mediante métodos directos e indirectos. Sin embargo, estos métodos convencionales no detectan uno de los objetivos principales del monitoreo anti-*doping*, que es la hormona del crecimiento (GH) (Guha et al., 2010). La GH es una hormona peptídica que presenta varias isoformas y cuya función principal es estimular el crecimiento celular y la regeneración celular. Se ha abusado de la GH en los deportes, al menos desde principios de la década de 1980. Desde entonces, los esfuerzos para su identificación y diagnóstico en pruebas anti-*doping*, han ido en aumento; por ejemplo, en los años 80's se extraía y purificaba, a partir de las glándulas pituitarias extraídas de cadáveres humanos.

Hacia 1985, la tecnología de DNA recombinante permitió sintetizar *in vitro*. No obstante, fue hasta el 2000 que logró introducirse por primera vez como una prueba anti-doping, basada en el patrón de la isoforma obtenida a partir de la tecnología recombinante (Guha et al., 2010). Al mismo tiempo, se descubrieron biomarcadores interesantes de *doping* a partir de la GH, como el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF) -1, la proteína de unión a IGF (IGFBP-3) y los marcadores de GH, acción sobre el recambio de colágeno de los tejidos blandos, como el péptido procolágeno III (Erotokritou et al., 2010; Cox et al., 2014).

La IGF-1 y el péptido procolágeno III forman la base de la llamada prueba GH-2000, que se aplicó, por primera vez, durante los Juegos Olímpicos de 2012. Estos marcadores han sido evaluados para varios factores de confusión, incluyendo edad, sexo, etnia, ejercicio, lesiones óseas y de tejidos blandos, y disciplina deportiva. Curiosamente, se sabe que estos marcadores biológicos presentan bajas variaciones interindividuales, por lo que el uso del atleta, como su propia referencia, puede aumentar significativamente la sensibilidad al *doping* con GH directo e indirecto (Erotokritou et al., 2010; Cox et al., 2014).

El módulo endocrino se puede usar para pruebas de objetivos para GH usando el inmunoensayo y ELISA tipo Sándwich, a partir de anticuerpos monoclonales de ratón de las diferentes isoformas, y para todos los estimuladores de la secreción de GH también se utiliza la cromatografía-espectrometría de masas en casos especiales (Cox et al., 2014).

2.6 Diagnóstico y monitoreo de variables lipídicas

Durante muchos años, los esteroides anabólicos androgénicos fueron las sustancias prohibidas más frecuentemente reportadas por los laboratorios *anti-doping*. Hacia la década de los 80, se propuso utilizar, como dato diagnóstico, el valor de T/E, una proporción de testosterona glucuro conjuntada (T) a epitestosterona (E), en donde una relación superior a 6 era muy probable, debido al abuso de testosterona, las formulaciones afines a la testosterona y la ingesta suplementaria de varios precursores de testosterona. Sin embargo, su validez ha sido cuestionada por la afinidad en la estructura química de estos compuestos; por esa razón, se decidió incluir otros metabolitos inactivos, como androsterona,

etiocolanolona, androstano y dioles, para constituir lo que hoy se conoce como el perfil esteroideo (Ponzetto et al., 2016).

Se considera que los métodos analíticos, como la cromatografía de gases / combustión / espectrometría de masas con relación isotópica (GC / C / IRMS), son la mejor herramienta de detección directa para determinar si la testosterona es de origen endógeno o exógeno. No obstante, actualmente, se han probado diferentes enfoques multiparamétricos indirectos que se encuentran en estudio para validar su fiabilidad (Shackleton et al., 1997). Los perfiles de esteroides se han usado, principalmente, como una herramienta de selección para identificar aquellos atletas que probablemente manipulan y requieren pruebas de orina adicionales o análisis específicos de GC / C / IRMS. La investigación científica y el seguimiento inicial de los perfiles de esteroides, permiten identificar parámetros que detectan el abuso de testosterona y compuestos relacionados (Shackleton et al., 1997; Sottas et al., 2010).

2.7 Diagnóstico y monitoreo de variables genómicas y epigenómicas

Actualmente, los avances científicos se enfocan en la comprensión de las diferentes expresiones del fenotipo, a partir del conocimiento preciso del genotipo. Por esta razón, los estudios de asociación del genoma completo se han empezado a incluir en los últimos exámenes de secuenciación de próxima generación con un enfoque deportivo. Además, los intermedios fenotípicos funcionales, como los ARN, las proteínas y los metabolitos, tienen la ventaja de verse afectados no solo por los cambios genéticos sino también por factores externos procedentes del medio ambiente, incluida la administración de sustancias exógenas. Incluso, se han llegado a establecer diferentes teorías sobre la relación epigenética en el control genético y la expresión fenotípica asociada al *doping* (Van Renterghem et al., 2013).

En el ABP, hoy en día, la información genética no está directamente asociada a la causa de *doping*, sino que se usa para personalizar las concentraciones de biomarcadores fenotípicos para mejorar la detección del *doping* (Sottas & Verneq, 2012). El transcrip-

toma, el proteoma y el metaboloma representan un tesoro de biomarcadores de *doping* que pueden integrarse en un futuro en el ABP. Para identificar perfiles genéticos, es posible emplear métodos diagnósticos, como la cromatografía líquida de espectrometría de masas de alta resolución, que pueden cuantificar de manera sólida hasta 50,000 biomoléculas en una sola gota de sangre, y los secuenciadores de próxima generación con el uso de herramientas bioinformáticas que permita analizar redes y rutas omicas para conocer a profundidad, desde el funcionamiento molecular, el funcionamiento del atleta en condiciones normales y de *doping* (Kuورانne et al., 2014).

2.8 AMA en cifras

Para el año 2016, la AMA recolectó un total de 229,514 muestras que fueron analizadas por los laboratorios certificados por la AMA; se obtuvieron los siguientes resultados: en el 44% de las muestras analizadas, se logró reportar violaciones al código *antidoping*; de las 1326 muestras, el 79% fueron de deportistas de sexo masculino; y los deportes más reportados fueron atletismo, fisicoculturismo, ciclismo, levantamiento de pesas, entre otros (World Antidoping Agency, 2016). Con respecto a los países reportados con *doping*, se encontraron Italia, Francia, Estados Unidos, Brasil y, con un caso reportado, Colombia. A continuación, se muestran las estadísticas reportadas por la AMA (2016).

Figura 1 Resultados generales de las muestras colectadas por la AMA en el 2016

2016 AAF Outcome

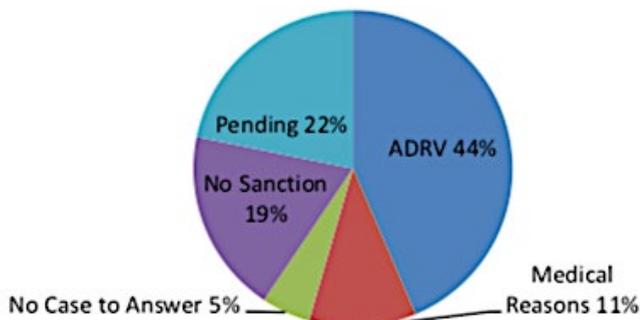
■ ADRV

■ Medical Reasons

■ No Case to Answer

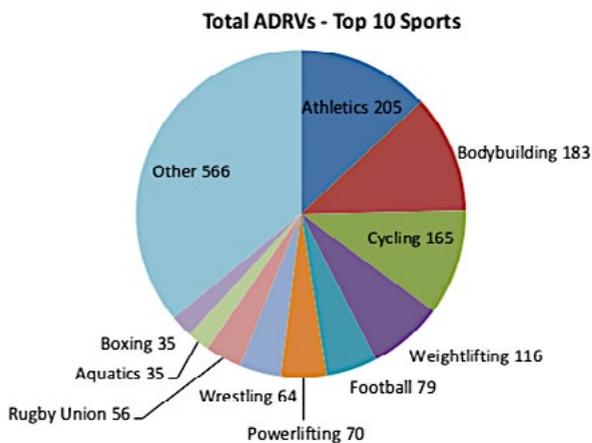
■ No Sanction

■ Pending



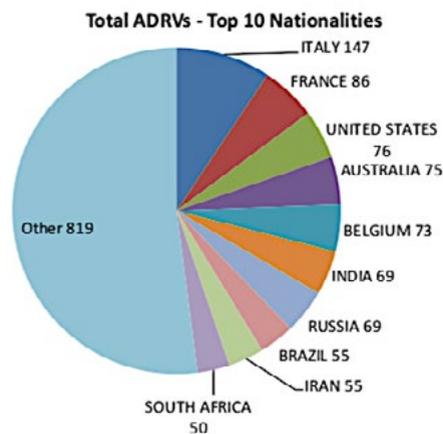
Nota. Fuente: AMA (2016).

Figura 2 Violaciones al código anti-doping por modalidad deportiva de las muestras colectadas por la AMA en el 2016



Nota. Fuente: AMA (2016).

Figura 3 Violaciones al código anti-doping por país de las muestras colectadas por la AMA en el 2016



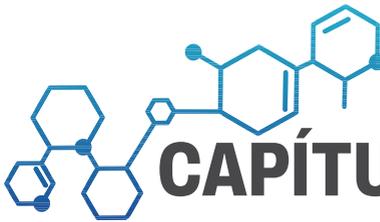
Nota. Fuente: AMA (2016).

Referencias

- Cox, H. D., Lopes, F., Woldemariam, G. A., Becker, J. O., Parkin, M. C., Thomas, A., ... & Hoofnagle, A. N. (2014). Interlaboratory agreement of insulin-like growth factor 1 concentrations measured by mass spectrometry. *Clinical chemistry*, 60(3), 541-548. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2013.208538>
- Erotokritou-Mulligan, I., Eryl Bassett, E., Cowan, D. A., Bartlett, C., Milward, P., Sartorio, A., ... & Holt, R. I. (2010). The use of growth hormone (GH) dependent markers in the detection of GH abuse in sport: Physiological intra individual variation of IGF I, type 3 pro collagen (P III P) and the GH 2000 detection score. *Clinical endocrinology*, 72(4), 520-526. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.2009.03668.x>
- Gore, C. J., Parisotto, R., Ashenden, M. J., Stray-Gundersen, J., Sharpe, K., Hopkins, W., ... & Hahn, A. G. (2003). Second-generation blood tests to detect erythropoietin abuse by athletes. *haematologica*, 88(3), 333-344. <https://www.haematologica.org/article/view/2671>
- Guha, N., Erotokritou-Mulligan, I., Burford, C., Strobridge, G., Brigg, J., Drake, T., ... & Holt, R. I. (2010). Serum insulin-like growth factor-I and pro-collagen type III N-terminal peptide in adolescent elite athletes: implications for the detection of growth hormone abuse in sport. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95(6), 2969-2976. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0008>
- Kuuranne, T., Saugy, M., & Baume, N. (2014). Confounding factors and genetic polymorphism in the evaluation of individual steroid profiling. *British journal of sports medicine*, 48(10), 848-855. <https://bjsm.bmj.com/content/48/10/848>
- Luque de Castro, M. D., Luque García, J. L., (2003). Automation of sample preparation. *Comprehensive analytical chemistry*, 41, 649-680. [https://doi.org/10.1016/S0166-526X\(03\)41022-2](https://doi.org/10.1016/S0166-526X(03)41022-2)

- Massé, R., Ayotte, C., & Dugal, R. (1989). Studies on anabolic steroids: I. Integrated methodological approach to the gas chromatographic-mass spectrometric analysis of anabolic steroid metabolites in urine. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 489(1), 23-50. [https://doi.org/10.1016/S0378-4347\(00\)82881-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4347(00)82881-9)
- Mueller RK (2010). History of doping and doping control; in Thieme D, Hemmerbach P (eds): *Doping in Sports*. Berlin/Heidelberg, Springer, pp 1–2. https://doi.org/10.1007/978-3-540-79088-4_1
- Ogunshola, O.O., Bogdanova, A.Y. (2013). Epo and Non-hematopoietic Cells: What Do We Know?. In: Ghezzi, P., Cerami, A. (eds) *Tissue-Protective Cytokines*. *Methods in Molecular Biology*, vol 982. Humana Press, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-308-4_2
- Parisotto, R., Gore, C. J., Emslie, K. R., Ashenden, M. J., Brugnara, C., Howe, C., ... & Hahn, A. G. (2000). A novel method utilising markers of altered erythropoiesis for the detection of recombinant human erythropoietin abuse in athletes. *Haematologica*, 85(6), 564-572. <https://www.haematologica.org/article/view/1701>
- Ponzetto, F., Giraud, S., Leuenberger, N., Boccard, J., Nicoli, R., Baume, N., ... & Saugy, M. (2016). Methods for doping detection. *Sports Endocrinology*, 47, 153-167. <https://doi.org/10.1159/000445177>
- Robinson, N., Sottas, P. E., & Schumacher, Y. O. (2017). The athlete biological passport: How to personalize anti-doping testing across an athlete's career?. In *Acute topics in anti-doping* (Vol. 62, pp. 107-118). Karger Publishers. <https://doi.org/10.1159/000460722>
- Robinson, N., Sottas, P. E., Pottgiesser, T., Schumacher, Y. O., & Saugy, M. (2011). Stability and robustness of blood variables in an antidoping context. *International Journal of Laboratory Hematology*, 33(2), 146-153. <https://doi.org/10.1111/j.1751-553X.2010.01256.x>

- Salamin, O., Kuuranne, T., Saugy, M., Leuenberger, N., (1997). Erythropoietin as a performance enhancing drug: Its mechanistic basis, detection, and potential adverse effects, *Molecular and Cellular Endocrinology* (2017), <https://doi:10.1016/j.mce.2017.01.033>.
- Shackleton, C. H., Roitman, E., Phillips, A., & Chang, T. (1997). Androstenediol and 5-androstenediol profiling for detecting exogenously administered dihydrotestosterone, epitestosterone, and dehydroepiandrosterone: potential use in gas chromatography isotope ratio mass spectrometry. *Steroids*, 62(10), 665-673. [https://doi.org/10.1016/S0039-128X\(97\)00065-2](https://doi.org/10.1016/S0039-128X(97)00065-2)
- Sottas, P. E., Saugy, M., & Saudan, C. (2010). Endogenous steroid profiling in the athlete biological passport. *Endocrinology and Metabolism Clinics*, 39(1), 59-73. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2009.11.003>
- Sottas, P. E., & Vernec, A. (2012). Current implementation and future of the Athlete Biological Passport. *Bioanalysis*, 4(13), 1645-1652. <https://doi.org/10.4155/bio.12.130>
- Van Renterghem, P., Sottas, P. E., Saugy, M., & Van Eenoo, P. (2013). Statistical discrimination of steroid profiles in doping control with support vector machines. *Analytica chimica acta*, 768, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2013.01.003>
- World Antidoping Agency. Accredited laboratories (s.f.). <https://www.wada-ama.org/en/what-we-do/science-medical/laboratories> [21 Nov 2019].
- World Antidoping Agency. International standard for laboratories. June 2016. <https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/2015-isl-final-en-v8.1-june2016.pdf> [21 Nov 2019].
- World Anti-Doping Agency. The 2020 List of Prohibited Substances and Methods. https://www.wada-ama.org/sites/default/files/wada_2020_english_prohibited_list_0.pdf [21 Nov 2019].



CAPÍTULO 6

Alternativas nutricionales al doping

Isabel Cristina Rojas Padilla

Nutricionista Dietista, Educadora en Diabetes de la Sociedad Colombiana de Diabetes ACD, Nutrigenómica y Obesidad Universidad Tecmilenio de Monterrey-México, Curso de Especialización en nutrición Deportiva del Instituto de Ciencias de la Nutrición y la Salud de Barcelona-España ICNS, Antropometrista de la Sociedad Internacional para el estudio de la Cineantropometría ISAK, Miembro certificado de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva CISSN. Miembro activo de la Asociación Colombiana de Dietistas Nutricionistas ACODIN y del Colegio Colombiano de Nutrición y Dietética Colnud. Docente de la Escuela Nacional del Deporte.

isabel.rojas@endeporte.edu.co

1. Introducción

El interés por verse y sentirse bien está creciendo cada vez más en la población mundial; dejó de ser un deseo de mujeres adolescentes, para verse reflejado en las prácticas de hombres y mujeres de diferentes edades y diversidad cultural. Sumado a esto, la necesidad de rendir más en la ejecución de ejercicio y, más aún, en disciplinas deportivas, ha incrementado la demanda de productos que puedan brindar opciones para cumplir estas metas. Aunque muchas personas son cons-

cientes de la necesidad, la utilidad y las posibles consecuencias del consumo de ayudas ergogénicas, educar a la población se ha vuelto más difícil.

Esto, debido a que la información se puede encontrar muy fácilmente, a través de una pantalla o con un conocido a quien algún producto le gustó o le funcionó y se siente con toda la propiedad para recomendarlo. Pero todo esto no es tan sencillo como parece, pues si algo tiene que ver con la salud,

sea para bien o para mal, se debe poner a consideración y en manos de un experto en el tema, quien, basándose en todas aquellas condiciones propias de cada individuo, puede prescribir lo que realmente se necesite y favorezca en el proceso de alcanzar los objetivos.

Las ayudas ergogénicas nutricionales se han convertido en una estrategia muy utilizada actualmente para mejorar el rendimiento deportivo, logrando estar presente en diferentes deportes y prácticas recreacionales del día a día. Aunque muchas de las ayudas ergogénicas poseen una evidencia científica bien marcada en las investigaciones, es indispensable resaltar la importancia de una adecuada alimentación, para obtener los beneficios que el uso de todos estos productos puede llegar a ofrecer.

Colombia ha sido un país muy receptivo en este campo, pues el contexto de globalización ha enmarcado una necesidad de incorporar productos nuevos en el mercado del país. Sumado a esto, la moda del "ser fit" ha introducido en el ambiente del deporte y de los centros de acondicionamiento una gama de empresas con diversos productos; algunos avalados, otros no, pero todos con usuarios y expe-

riencias que compartir, con lo que hacen propaganda y comercialización de cantidades infinitas de productos.

El verdadero problema de las ayudas ergogénicas nutricionales no es su uso, sino que muchas personas no conocen la verdadera clasificación de las ayudas; tampoco reconocen su adecuado uso y, mucho menos, la interacción con la alimentación. El tema de las ayudas ergogénicas es bastante amplio y puede llegar a confundirse con otros aspectos que salen del alcance de lo ético. Es así como este capítulo aborda un conjunto de opciones de ayudas ergogénicas en pro del mejoramiento del desempeño físico, que trabajan sinérgicamente con un balanceado plan nutricional y un adecuado entrenamiento físico.

2. Definición

Las ayudas ergogénicas nutricionales son ingredientes o prácticas nutricionales que pueden ayudar a preparar a un deportista para la ejecución de su ejercicio, en el mejoramiento de su eficiencia y recuperación o en la prevención de lesiones en períodos de entrenamiento de alta intensidad. Aunque la definición parece fácil de entender,

existe un conjunto de inquietudes sobre el real valor ergogénico de algunos suplementos, puesto que son numerosos los estudios que evidencian estos efectos, en diferentes poblaciones etarias y de diversidad de prácticas deportivas de competencia o recreación. Según el consenso de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva ISSN, se adopta la premisa de que un producto es una ayuda ergogénica cuando sus efectos se han visto y mantenido a largo plazo, sea en hipertrofia muscular o en la mejoría del rendimiento deportivo. Ello es resultado de investigaciones llevadas a cabo bajo protocolos similares, cuidados y analizados con alta curiosidad, lo que permite que ningún detalle pueda escaparse de la promulgación de los resultados y que estos, a su vez, puedan ser extrapolados a la gran mayoría de la población.

3. Regulación a nivel mundial y nacional

El contexto normativo y la evaluación de seguridad y eficacia de las ayudas ergogénicas nutricionales, han proporcionado un alto campo de estudio para los científicos y amantes de la nutrición deportiva. El Doctor Kreider,

en el 2003, realizó una clasificación de las ayudas ergogénicas que se mantuvo y fue replicada por él mismo en el 2010, con cambios mínimos en la categorización de los productos. Por su parte, la Federación Española de Medicina del Deporte realizó un consenso dos años más tarde para las ayudas ergogénicas nutricionales, definiendo y aclarando los conceptos que dentro del término ayudas ergogénicas se manejan: complemento, suplemento o alimento dietético, evaluando datos científicos que avalan la eficacia de acuerdo con grados de evidencia. En el 2012, el Comité Olímpico Australiano realizó su gestión e investigación en el tema de suplementación deportiva, a través de la agencia estratégica del deporte de alto rendimiento. Esta agencia ha sido la base del sistema deportivo de Australia y se ha convertido en referente de regulación de políticas de uso de suplementos en atletas del mundo, con directrices sobre suplementos y alimentos deportivos seguros, eficaces y legales para el rendimiento en el deporte (Amar, 2017).

Desde el 2014, se adoptó en Colombia el modelo australiano, seleccionando para Colombia los productos del mercado que pudiesen garantizar seguridad y legalidad, a través del diseño

de un Vademécum Nacional de suplementos deportivos nutricionales. Este sirve de guía para los profesionales de la medicina del deporte y nutricionistas quienes trabajan en el área deportiva, para seleccionar productos dentro de los grupos, teniendo en cuenta su prescripción y uso (Encarnación Martínez et al., 2018). En Colombia, la regulación de los suplementos nutricionales se viene trabajando desde hace mucho, pues, a través de estos años, cada uno de los productos cuenta con una regulación particular: para los suplementos dietarios, se encuentran los Decretos 3249 de 2006 y 3863 de 2008 y, para los productos alimenticios, su regulación se encuentra en el Decreto 1397 de 1992 y la Resolución 1893 de 2001.

Sin embargo, el ente regulador de la comercialización de productos de consumo humano es el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). En consideración a los suplementos dietarios, su ejercicio se basa en tres regulaciones: la 002015 del 2011, por la cual se expide la guía de buenas prácticas de manufactura en lugares en que fabriquen, acondicionan o semi-elaboren estos productos; la 2009025533 del 2019, mediante la cual se establecen pautas

para la reclasificación de algunos productos a suplementos dietarios; y la resolución 3096 del 2017, en la que se establece el reglamento técnico sobre las condiciones y los requisitos que deben cumplir los suplementos dietarios que declaren o no información nutricional, propiedades nutricionales, propiedades de salud o cuando su descripción produzca el mismo efecto de las declaraciones de propiedades nutricionales o de las declaraciones de propiedades en salud.

De esta manera, es posible identificar los productos avalados por el ente regulador colombiano, para conocer la legalidad del uso de los suplementos en el país. Sea cual sea el producto, es importante que esté reconocido por alguno de los entes que rigen el deporte y que se pueda adquirir bajo la seguridad de un producto que no será perjudicial para la salud ni ilícito para la práctica deportiva.

4. Complementos vs. Suplementos

Cuando se habla de ayudas ergogénicas, se deben considerar los alimentos, complementos y suplementos, cuya diferencia radica en que los alimentos

otorgan a las personas nutrientes propios y necesarios para cumplir la gran serie de funciones que tienen las diferentes partes y sistemas del cuerpo. De esta manera, los complementos nutricionales proveen nutrientes también, pero tienen la función específica de aportar un nutriente que la persona tenga déficit, sea por problemas de absorción, escasez en su alimentación o alguna patología. Generalmente, estos son prescritos por profesionales de la salud especialistas en el área y son de venta libre. Los suplementos generan en el consumidor energía extra o tienen funciones extras, propias de la exigencia física, por lo que los suplementos son pensados para los atletas y su prescripción debe ser totalmente individualizada.

5. Ayudas ergogénicas nutricionales

8Una dieta equilibrada, adaptada, balanceada y suficiente es la base para optimizar el estado de salud, mantener un rendimiento deportivo adecuado y enfrentar todas aquellas adaptaciones propias del entrenamiento. Cada uno de los macronutrientes (carbohidratos, grasas y proteínas) y micronutrientes (vitaminas y minerales) aportan un

valor significativo al cumplimiento de las funciones corporales y, aunque su aporte es necesario, en algunas cantidades determinadas, pueden llegar a tener propiedades ergogénicas. Los carbohidratos y las proteínas se nombran más adelante, según su clasificación ergogénica, así que se iniciará con los micronutrientes.

5.1 Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales que cumplen la función específica de regular el metabolismo y el proceso neurológico, además de intervenir en la síntesis de energía y evitar el deterioro de las células corporales. Las vitaminas tienen una división de acuerdo con su solubilidad. Se encuentran las vitaminas liposolubles, como A, D, E y K, y las vitaminas hidrosolubles, como B y C. Además de esta diferencia en su clasificación, las liposolubles se pueden almacenar en el cuerpo, si su consumo excede los parámetros establecidos, y pueden generar reacciones adversas a la salud. Por su parte, las hidrosolubles no presentan mayor inconveniente por su consumo en exceso, ya que lo que no se utiliza es excretado por la orina, excepto una de las vitaminas del

complejo B, la piridoxina, la cual puede llegar a causar daño en el nervio periférico si hay un consumo excesivo (Kerksick et al., 2018). A continuación, las Tablas 1 y 2 muestran las vitaminas que han presentado evidencia de ayuda ergogénica, con base en el consenso de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva y las Recomendaciones Diarias Admisibles (RDA, 1989).

Tabla 1 Ayuda ergogénica de las vitaminas liposolubles, según evidencias científicas

VITAMINAS LIPOSOLUBLES		
Nutriente	RDA	Valor ergogénico
Vitamina A	900 mcg/d h 700 mcg/d m	Mejoría en la visión a la hora de hacer ejercicio, principalmente, en condiciones de difícil visión, como bajo el sol o en la noche (Williams, 1989).
Vitamina D	5 mcg/d	Promueve el crecimiento y fortalecimiento óseo y la mineralización. Mejora la absorción del calcio. Puede prevenir el deterioro óseo (Reid, 1996).
Vitamina E	15 mg/d	Como antioxidante, puede ayudar a prevenir la formación de radicales libres durante el ejercicio intenso y prevenir la destrucción de los glóbulos rojos, mejorando o manteniendo el transporte de oxígeno al tejido muscular durante la ejecución del ejercicio (Goldfarb, 1993).
Vitamina K	120 mcg/d h 90 mcg/d m	Es un coagulante sanguíneo muy importante, su evidencia ergogénica se limita al metabolismo del sistema óseo, especialmente, en mujeres atletas (Craciun et al,1998).
mg: miligramo mcg: microgramo /d: por día h: hombres m: mujeres		

Nota. Fuente: Recommended Dietary Allowances (RDA) based on the 1989 Food & Nutrition Board, National Academy of Sciences-National Research Council recommendations. Updated in 2001.

Tabla 2 Ayuda ergogénica de las vitaminas hidrosolubles, según evidencias científicas

VITAMINAS HIDROSOLUBLES		
Nutriente	RDA	Valor ergogénico
Vitamina C	90 mg/d h 75 mg/d m	Es utilizada en gran cantidad de procesos metabólicos en el cuerpo. Está involucrada en la síntesis de epinefrina y absorción de hierro, además de ser antioxidante. Su valor ergogénico se ha evidenciado en el mejoramiento del sistema inmune, especialmente, en evitar las infecciones respiratorias (Pedersen et al., 1999).
Vitamina B1 Tiamina	1,2 mg/d h 1,1 mg/d m	Es una coenzima que interviene en la remoción de CO ₂ de las reacciones de formación de piruvato a acetil CoA. De esta manera, su suplementación puede mejorar el transporte de CO ₂ (Fogelholm et al., 1993).
Vitamina B2 Riboflavina	1,3 mg/d h 1,7 mg/d m	Es una coenzima que interviene en el metabolismo de la energía. Su ergogénesis se puede ver en el mejoramiento de la disposición del metabolismo energético durante el metabolismo oxidativo (Fogelholm et al., 1993).
Vitamina B3 Niacina	16 mg/d h 14 mg/d m	Es una coenzima que interviene en el metabolismo de la energía; teóricamente, aumenta la liberación de ácidos grasos durante el ejercicio, reduce el colesterol y mejora la termorregulación (Murray et al., 1995).
Vitamina B5 ácido pantoténico	5 mg/d	Actúa como coenzima para el acetil CoA. Puede beneficiar ejercicios en los cuales predomine el sistema energético aeróbico (Webster, 1998).
Vitamina B6 Piridoxina	1,3 mg/d h	Se ha evidenciado mejoría en masa muscular y fuerza, especialmente, en sistema energético anaeróbico. Puede tener un efecto calmante relacionado con la fuerza mental (Bonke, 1986).
Vitamina B9 Ácido fólico	400 mcg/d	Funciona como coenzima en la formación de ADN y glóbulos rojos. Un aumento en los glóbulos rojos podría mejorar el transporte de oxígeno a los músculos durante el ejercicio (Weston et al., 1989).
Vitamina B12 Cianocobalamina	2,4 mcg/d	Es una coenzima que trabaja en la formación de ADN y serotonina. Teóricamente, podría incrementar la masa muscular y la capacidad de transporte de oxígeno, y disminuir la ansiedad (Bonke, 1986).
mg: miligramo mcg: microgramo /d: por día h: hombres m: mujeres		

Nota. Fuente: Recommended Dietary Allowances (RDA) based on the 1989 Food & Nutrition Board, National Academy of Sciences-National Research Council recommendations. Updated in 2001.

5.2 Minerales

Los minerales son elementos inorgánicos esenciales para llevar a cabo procesos metabólicos. Además, sirven como estructura para tejidos corporales, trabajo de enzimas y hormonas, y regulación de controles neurales y metabólicos. Es común encontrar en los atletas deficiencias de unos minerales y sobrecarga de otros (Kerksick et al. 2018), lo que puede generar efectos secundarios en el entrenamiento y ejercicio prolongado. Como en el caso de las vitaminas, la Tabla 3 muestra los minerales que han presentado evidencia de ayuda ergogénica, con base en el consenso de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva y las Recomendaciones Diarias Admisibles (RDA, 1989).

Tabla 3 Ayuda ergogénica de los minerales, según evidencias científicas

MINERALES		
Nutriente	RDA	Valor ergogénico
Boro	Sin estimar	Puede promover el crecimiento muscular durante el trabajo de fuerza (Green & Ferrando, 1994).
Calcio	1000 mg/d	Involucrado en formación de huesos, dientes, coagulación sanguínea y transmisión nerviosa. Estimula el metabolismo de las grasas. Su absorción es ayudada por la vitamina D (Zemel, 2003).
Cromo	35 mcg/d h 25 mcg/d m	Podría ayudar en el proceso de incrementar la masa libre de grasa y disminuir los niveles de grasa corporal (Campbell et al., 2002).
Hierro	8 mg/d h 18 mg/d m	Como suplemento, es usado para incrementar el rendimiento aeróbico, debido al aumento de eritrocitos (Brutsaert et al., 2003).
Magnesio	420 mcg/d h 320 mcg/d m	Activa las enzimas que intervienen en la síntesis proteica. Además, está involucrado en las reacciones del ATP, por lo que puede mejorar el metabolismo energético y la disponibilidad del ATP (Bohl & Volpe, 2002).
Fósforo	700 mg/d	Puede mejorar los sistemas energéticos, principalmente, la capacidad aeróbica (Kreider, 2003).
Potasio	2000 mg/d	Como electrolito, ayuda a regular el balance de fluidos, la transmisión nerviosa y el balance ácido-básico. Puede evitar los calambres musculares en deportistas (Morton et al., 2018).

Sodio	500 mg/d	Como electrolito, ayuda a regular el balance de fluidos, la transmisión nerviosa y la contracción muscular. Puede evitar los calambres musculares en deportistas (Brutsaert et al., 2003).
Zinc	11 mg/d h 8 mg/d m	Constituye enzimas involucradas en la digestión. Está altamente relacionado con el sistema inmune y el apetito (Gleeson & Bishop, 2000).
mg: miligramo mcg: microgramo /d: por día h: hombres m: mujeres		

Nota. Fuente: Recommended Dietary Allowances (RDA) based on the 2002 Food & Nutrition Board, National Academy of Sciences-National Research Council recommendations. Updated in 2014.

6. Ayudas ergogénicas nutricionales: suplementos dietarios o nutricionales

Los suplementos dietarios juegan un papel fundamental en el proceso de cumplir con el requerimiento calórico de los atletas. Si bien estos ayudan a sumar en calorías, no deben sustituir los alimentos. Una adecuada alimentación es fundamental para el rendimiento deportivo y, al sumar a esta los suplementos acordes al objetivo de cada deportista, sus resultados serán aún mejores.

6.1 Clasificación

Suplementos existen muchos y los profesionales están obligados a mantenerse actualizados sobre los nuevos productos y sus evidencias, pues estas últimas son las que, en realidad, pueden generar confianza en el

uso seguro de estos suplementos. La Asociación Internacional de Nutrición Deportiva, basada en el Comité Olímpico de Estados Unidos y el Comité Australiano para el deporte, publicó un documento de revisión bibliográfica de los suplementos nutricionales y su categorización en tres clases (Kerksick et al. 2018). La primera, consiste en el resultado de evidencias fuertes de investigación de eficacia y uso seguro; la segunda, en una evidencia limitada; y la tercera, no posee evidencia científica para recomendar su uso. Este apartado expone los suplementos pertenecientes a la primera categoría y su mayor función. Es importante recalcar que el efecto de estos suplementos puede variar de acuerdo con cada persona, sus antecedentes, diagnósticos, rutina de entrenamiento, horas de sueño, actividades diarias y plan de alimentación.

6.1.1 Categoría 1. Evidencia fuerte y segura

Dentro de esta categoría, se encuentran once suplementos dietarios divididos, de acuerdo con su función principal, en dos subgrupos: los suplementos con evidencia de ganancia de masa muscular y los que presentan evidencia en mejoramiento en el rendimiento deportivo.

6.1.2 Categoría 2. Ganancia de masa muscular

Esta sección se enfoca en resaltar la función ergogénica que se ha evidenciado en diferentes investigaciones de los suplementos para la ganancia de masa muscular. La Tabla 4 presenta el nombre del suplemento, la función, la dosis y algunas observaciones de cada una de las ayudas ergogénicas.

Tabla 4 Suplementos dietarios evidenciados en la ganancia de masa muscular

SUPLEMENTO	FUNCIÓN	DOSIS	OBSERVACIONES
β -hidroxi β -metilbutirato (HMB)	Aumenta la síntesis de proteína e inhibe el catabolismo.	3,0 g/día	Es un metabolismo del aminoácido esencial, leucina. Consumo recomendado, 1 hora antes del ejercicio. Recomendado para ejercicio anaeróbico (Wilson et al., 2008).
Creatina monohidratada	Incrementa fuerza, potencia y resíntesis de ATP y glucógeno. Mejora la recuperación post ejercicio, y ayuda en la prevención de lesiones y termorregulación.	0,3 g/Kg/día (5 a 7 días) seguido por 3,0-5,0 g/día	Su mayor ratio de absorción es con agua (92 a 95%). Tiene un alto grado de sinergia al consumirse junto con proteína y carbohidrato (Kreider, 2003).
Aminoácidos esenciales	Estimulan la hipertrofia muscular y maximizan la síntesis proteica.	6 a 12 g/día	Los AAE son istidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina arginina. La recomendación de consumo es 60-90 minutos antes del ejercicio (Tipton et al., 2003).
Proteína	Construcción, mantenimiento y recuperación de fibras musculares.	1,4 – 2,0 g/kg/día	El valor biológico de la proteína whey es mucho más alto que el de la caseína, se diferencian en un 20% (Morton et al., 2018).

g/d: gramos por día **g/kg/d:** gramos por kilogramo de peso al día

Nota. Fuente: Kreider, 2003

6.1.3 Categoría 3. Mejora en rendimiento deportivo

Muchos suplementos han sido propuestos y probados para mejorar el rendimiento. La Tabla 5 presenta la función, la dosis y algunas observaciones de los suplementos que, según se ha evidenciado a través de investigaciones, funcionan para tal fin.

Tabla 5 Suplementos dietarios evidenciados en el incremento del rendimiento deportivo

SUPLEMENTO	FUNCIÓN	DOSIS	OBSERVACIONES
B-alanina	Incrementa niveles de carnosina en el músculo y esta, a su vez, funciona como sistema búfer de las sustancias disponibles en el músculo esquelético.	6 -12 g/d	Aminoácido no esencial. Recomendado para actividades que duren entre 1 y 4 minutos. Exceder los 6 gramos suele generar parestesia que desaparece después de 40 -120 minutos, tras el consumo (Kendrick et al., 2008).
Cafeína	Mejora el rendimiento de resistencia aeróbica y el estado de alerta, y aumenta la lipólisis.	3,0 – 6,0 mg/kg/día	Consumo recomendado 1 hora antes del ejercicio. Cuando el consumo excede los 9 mg/kg al día, se considera <i>dopaje</i> (Graham, 2001).
Carbohidratos	Restaura reservas de glucógeno y provee energía, prolongando el tiempo de ejercicio.	55-60% del requerimiento total de calorías	Una de las ayudas ergogénicas más efectivas en individuos activos (Cermak & Van Loon, 2013).
Creatina monohidratada	Incrementa masa muscular y fuerza durante el entrenamiento. Adicionalmente, la capacidad de realizar ejercicio.	0,3 g/Kg/día (5 a 7 días) seguidos por 3,0-5,0 g/día	La suplementación durante el entrenamiento, puede mejorar las adaptaciones al entrenamiento de resistencia y capacidad aeróbica (Nelson et al., 2000).
Bicarbonato de sodio	Mejora el rendimiento en aquellas pruebas altamente anaeróbicas, en las que se forman grandes cantidades de ácido láctico.	0,3g/kg/día	La recomendación de consumo es 60-90 minutos antes del ejercicio. Parece ser efectivo en activar el sistema búfer durante actividad de alta intensidad, entre 1 y 3 minutos (Applegate, 1999).

<p>Agua y bebidas deportivas</p>	<p>Limita la pérdida de peso, debido a la excesiva sudoración que puede alterar la termorregulación, ejecución del ejercicio y recuperación post ejercicio.</p>	<p>350 – 480 ml</p>	<p>La cantidad de agua o bebida deportiva depende de las condiciones particulares de cada individuo, su tasa de sudoración, el deporte, el clima y el tiempo en el cual ejecute el ejercicio. La hidratación se aconseja antes, durante y después de la ejecución deportiva (Sawla & Montain, 2000).</p>
<p>g/d: gramos por día g/kg/d: gramos por kilogramo de peso al día</p>			

Nota. Fuente: Kreider, 2003

Para finalizar este capítulo, cabe mencionar que, como deportista, entrenador o aficionado, el trabajo físico siempre se direcciona hacia un mismo fin: obtener los mejores resultados, sea en aumento de masa corporal, en disminución de grasa corporal o en rendimiento físico. Con este objetivo en común, es preciso encontrar las mejores estrategias que, desde varios ámbitos propios del ejercicio, puedan establecer sinergia de trabajo. Se debe primar un estado óptimo de salud; hábitos de vida saludables; una dieta balanceada, individualizada y planeada acorde al objetivo; un plan de entrenamiento propio, dentro de las capacidades máximas del individuo; disciplina, adherencia y voluntad. Desde el aspecto nutricional, existen diferentes alternativas que permiten mejorar el rendimiento físico, pero estas no son mágicas y tampoco funcionan por sí

solas. Estas necesitan un contexto de alimentación saludable y completa para poder iniciar su proceso de suplir y no de complementar. Si bien es cierto, en el mercado actual se pueden encontrar gran cantidad de productos y marcas, se debe hacer una discriminación objetiva de los suplementos, basarse en evidencia y consultar a profesionales capacitados para tal fin.

Referencias

- Amar Escobar, K. (2017). Identificación de suplementos deportivos Categoría B, según el Instituto Australiano del Deporte, disponibles en la ciudad de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/33635>
- Applegate, E. (1999). Effective nutritional ergogenic aids. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 9(2), 229-239. <https://doi.org/10.1123/ijsn.9.2.229>
- Bohl, C. H., & Volpe, S. L. (2002). Magnesium and Exercise. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(6), 533–563. <https://doi.org/10.1080/20024091054247>
- Bonke, D. (1986). Influence of vitamin B1, B6, and B12 on the control of fine motoric movements. In *Nutrition and Neurobiology* (Vol. 38, pp. 104-109). Karger Publishers. <https://doi.org/10.1159/000412604>
- Brutsaert, T. D., Hernandez-Cordero, S., Rivera, J., Viola, T., Hughes, G., & Haas, J. D. (2003). Iron supplementation improves progressive fatigue resistance during dynamic knee extensor exercise in iron-depleted, nonanemic women. *The American journal of clinical nutrition*, 77(2), 441-448. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.2.441>
- Campbell, K., Waters, E., O'meara, S., Kelly, S., & Summerbell, C. (2002). Interventions for preventing obesity in children. The Cochrane Database of Systematic Reviews, (2), CD001871-CD001871. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd001871>
- Cermak, N. M., & Van Loon, L. J. (2013). The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Medicine*, 43, 1139-1155. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0079-0>
- Craciun, A. M., Wolf, J., Knapen, M. H. J., Brouns, F. J. P. H., & Vermeer, C. (1998). Improved bone metabolism in female elite athletes after vitamin K supplementation. *International journal of sports medicine*, 19(07), 479-484. DOI:10.1055/s-2007-971948

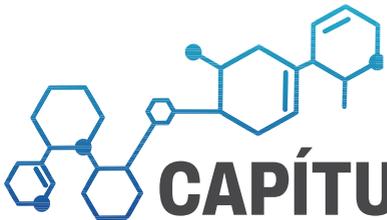
- Decreto 1397 de 1992 [Ministerio de Salud Pública]. Por el cual se promueve la Lactancia Materna, se reglamenta la comercialización y publicidad de los alimentos de fórmula para lactantes y complementarios de la Leche Materna y se dictan otras disposiciones. 24 de agosto de 1992.
- Decreto 3249 de 2006 [Ministerio de Protección Social]. Por el cual se reglamenta la fabricación, comercialización, envase, rotulado o etiquetado, régimen de registro sanitario, de control de calidad, de vigilancia sanitaria y control sanitario de los suplementos dietarios, se dictan otras disposiciones y se deroga el Decreto 3636 de 2005. 18 de septiembre de 2006.
- Decreto 3863 de 2008 [Ministerio de Protección Social]. Por el cual se modifica el Decreto 3249 de 2006 y se dictan otras disposiciones. 02 de octubre de 2008.
- Encarnación Martínez, A., Sánchez Alvarado, A., Ferrin Bolaños, C., Cohen, D., Muñoz Nates, F., Menzel, H., Acero Jauregui, J., Gomez Salazar, L., Rodríguez Zárate, N., Argothy Bucheli, R., Cardenas Sandoval, R. y Agredo Rodríguez, W. (2018). *Lineamientos de Política Pública en Ciencias del Deporte*. Bogota, Colombia: Departamento Administrativo del Deporte, la Recreación, la Actividad Física y el Aprovechamiento del Tiempo Libre-COLDEPORTES
- Fogelholm, M., Ruukonen, I., Laakso, J. T., Vuorimaa, T., & Himberg, J. J. (1993). Lack of association between indices of vitamin B1, B2, and B6, status and exercise-induced blood lactate in young adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 3(2), 165-176. <https://doi.org/10.1123/ijsn.3.2.165>
- Gleeson, M., & Bishop, N. C. (2000). Elite athlete immunology: importance of nutrition. *International journal of sports medicine*, 21(Sup. 1), 44-50. DOI: 10.1055/s-2000-1451.
- Graham, T. E. (2001). Caffeine and exercise. *Sports medicine*, 31(11), 785-807. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131110-00002>

- Green, N. R., & Ferrando, A. A. (1994). Plasma boron and the effects of boron supplementation in males. *Environmental health perspectives*, 102(suppl 7), 73-77. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s773>
- Goldfarb, A. H. (1993). Antioxidants: role of supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(2), 232-236. <https://europepmc.org/article/med/8450726>
- Kerksick et al. (2018). *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 15:38 <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>
- Kreider, R. B. (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular and cellular biochemistry*, 244, 89-94. <https://doi.org/10.1023/A:1022465203458>
- Kendrick, I. P., Harris, R. C., Kim, H. J., Kim, C. K., Dang, V. H., Lam, T. Q., Bui, T. T., Smith, M., & Wise, J. A. (2008). The effects of 10 weeks of resistance training combined with β -alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino Acids*, 34(4), 547-554. <https://doi.org/10.1007/s00726-007-0008-3>
- Home. (s/f). Australian Olympic Committee. Recuperado el 15 de abril de 2024, de <https://www.olympics.com.au/>
- Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Helms, E., ... & Phillips, S. M. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British journal of sports medicine*, 52(6), 376-384. <https://shre.ink/8hM3>
- Murray, R., Bartoli, W. P., Eddy, D. E., & Horn, M. K. (1995). Physiological and performance responses to nicotinic-acid ingestion during exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(7), 1057-1062. <https://doi.org/10.1249/00005768-199507000-00015>

- National Research Council (US) Subcommittee on the Tenth Edition of the Recommended Dietary Allowances. Recommended Dietary Allowances: 10th Edition. Washington (DC): National Academies Press (US); 1989. PMID: 25144070. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25144070/>
- Nelson, A. G., Day, R., Glickman-Weiss, E. L., Hegsted, M., Kokkonen, J., & Sampson, B. (2000). Creatine supplementation alters the response to a graded cycle ergometer test. *European journal of applied physiology*, 83, 89-94. <https://doi.org/10.1007/s004210000244>
- Pedersen, B. K., Bruunsgaard, H., Jensen, M., Toft, A. D., Hansen, H., & Ostrowski, K. (1999). Exercise and the immune system-influence of nutrition and ageing. *Journal of science and medicine in sport*, 2(3), 234-252. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(99\)80176-5](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(99)80176-5)
- Reid, I. R. (1996). Therapy of osteoporosis: calcium, vitamin D, and exercise. *The American journal of the medical sciences*, 312(6), 278-286. [https://doi.org/10.1016/S0002-9629\(15\)41843-9](https://doi.org/10.1016/S0002-9629(15)41843-9)
- Regulación 002015 de 2011 [INVIMA]. Por la cual se expide la Guía de Inspección de Buenas Prácticas de Manufactura en plantas o fábricas de alimentos que fabriquen, acondicionen o semielaboren suplementos dietarios y se dictan otras disposiciones. 02 de junio de 2011.
- Regulación 025533 de 2009 [INVIMA]. Mediante la cual se establecen pautas para la reclasificación de algunos productos a Suplementos Dietarios. 18 de septiembre de 2009.
- Resolución 1893 de 2001 [Ministerio de Salud Pública]. Por la cual se establece el régimen sanitario para la utilización de incentivos en contacto con el alimento en los productos alimenticios. 19 de noviembre de 2001.
- Resolución 3096 de 2007 [Ministerio de Protección Social]. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre las condiciones y requisitos que deben cumplir los suplementos dietarios que declaren o no información nutricional, propiedades nutricionales, propiedades de salud o cuando su descripción produzca el mismo efecto de las declaraciones de propieda-

des nutricionales o de las declaraciones de propiedades en salud. 05 de septiembre de 2007.

- Sawla, M. N., & Montain, S. J. (2000). Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *The American journal of clinical nutrition*, *72*(2), 564S-572S.. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.2.564S>
- Tipton, K. D., Borsheim, E., Wolf, S. E., Sanford, A. P., & Wolfe, R. R. (2003). Acute response of net muscle protein balance reflects 24-h balance after exercise and amino acid ingestion. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, *284*(1), E76-E89. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00234.2002>
- Webster, M. J. (1998). Physiological and performance responses to supplementation with thiamin and pantothenic acid derivatives. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *77*, 486-491. <https://doi.org/10.1007/s004210050364>
- Weston, P. M., King, R. F., Goode, A. W., & Williams, N. S. (1989). Diet-induced thermogenesis in patients with gastrointestinal cancer cachexia. *Clinical Science (London, England: 1979)*, *77*(2), 133-138. <https://doi.org/10.1042/cs0770133>
- Williams, M. H. (1989). Vitamin supplementation and athletic performance. *International journal for vitamin and nutrition research. Supplement= Internationale Zeitschrift fur Vitamin-und Ernährungsforschung. Supplement*, *30*, 163-191. <https://europemc.org/article/med/2507696>
- Wilson, G. J., Wilson, J. M., & Manninen, A. H. (2008). Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. *Nutrition & metabolism*, *5*, 1-17. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-5-1>
- Zemel, M. B. (2003). Role of dietary calcium and dairy products in modulating adiposity. *Lipids*, *38*(2), 139-146. <https://doi.org/10.1007/s11745-003-1044-6>



CAPÍTULO 7

Doping y consecuencias corporales

Diana Lucia Quiceno

Fisioterapeuta

Especialista en Fisioterapia Cardio Pulmonar

Docente Universidad San Buenaventura Cali

diana.quiceno@endeporte.edu.co

1. Introducción

El Comité Olímpico Internacional (COI) define como *doping* a "toda situación que requiera el uso o consumo de sustancias prohibidas" (Olimpia, 2010). El *doping* puede ser la administración, aplicación, consumo y uso de sustancias de cualquier forma ajenas al cuerpo humano o de sustancias fisiológicas en cantidades anormales y con métodos anormales por personas sanas, con el propósito exclusivo de obtener un aumento del rendimiento en la competición. Dentro de estas sustancias, se encuentran los esteroides anabolizantes. Algunos deportistas utilizan los esteroides anabolizantes androgénicos (EAA) para mejorar

su rendimiento y conseguir mejores marcas. En otras ocasiones, los usan también para aliviar la presión y el posible dolor asociados a los programas de entrenamiento intensivos y físicamente exigentes.

Los EAA son derivados sintéticos de la testosterona que se desarrollaron, inicialmente, en los años treinta del siglo pasado. Estos compuestos promueven, preferentemente, el desarrollo del músculo esquelético (efectos anabólicos) y, en menor medida, el desarrollo de los caracteres sexuales masculinos (efectos androgénicos). La acción anabolizante se puede diferenciar de la acción virilizante y, con algunos

compuestos, se ha conseguido cierta disociación; sin embargo, no hay ningún andrógeno que carezca por completo de cierta actividad virilizante. Es decir, mediante diversas modificaciones de la molécula de testosterona, se ha reducido la actividad androgénica y se ha mantenido la actividad anabolizante. Las acciones anabolizantes son fundamentalmente metabólicas.

Los EAA están legalmente disponibles solamente mediante prescripción médica. La terapia anabólica con estos compuestos está indicada en las limitaciones funcionales asociadas con el envejecimiento y las enfermedades crónicas, en la fragilidad, en la caquexia por cáncer y en la osteoporosis. Por lo general, los deportistas que consumen EAA son los que compiten en disciplinas que exigen gran potencia, fuerza, resistencia, velocidad y que requieren de gran tamaño muscular. Entre esas, las más frecuentes y que generan mucha más polémica por este consumo, son halterofilia, atletismo, natación, hockey sobre hielo y ciclismo. Los deportistas de estas disciplinas manifiestan que aumentan la confianza en sí mismos, elevan el umbral del dolor y la concentración mental, y reducen la sensación de fatiga.

No obstante, las consecuencias a mediano y largo plazo son negativas y peligrosas. En diversos estudios, se ha llegado a la conclusión de que los EAA pueden causar, entre otras situaciones y enfermedades, depresión y cambios psicológicos y del comportamiento, como aumento de la agresividad y la irritabilidad, síndromes afectivos psicóticos, trastornos del sueño, anorexia, retraso psicomotor, alucinaciones visuales y auditivas, confusión, ansiedad crónica, agorafobia moderada, y varias alteraciones metabólicas y hormonales en los deportistas. Otros efectos físicos, son la atrofia testicular (hipogonadismo), dolor de espalda, caída del pelo, alteraciones visuales, hipertensión y soplos cardiacos. Si sus usos se dan desde edades tempranas, generan cierre de las líneas epifisarias en los huesos largos y, como consecuencia, una baja estatura.

Los EAA pueden causar comportamientos aditivos típicos en algunas personas y producir dependencia psicológica en otros. Pueden convertirse en un peligro no sólo para los consumidores, sino también para la población general, ya que aumentan el riesgo de comportamiento violento antisocial. Son, sin duda, muchísimas las consecuencias y los efectos per-

judiciales del consumo de EAA en el organismo humano, por lo que la Sociedad Internacional de Psicología del Deporte (ISSP) respalda la prohibición del uso de EAA por parte de los deportistas.

2. Principales consecuencias físicas

2.1 Compromisos óseos, en especial, cierres epifisarios

El tejido óseo y las hormonas permanecen en una estrecha relación desde el origen de la vida. El crecimiento, la densidad y la integridad de los huesos dependen de una adecuada función de un grupo de hormonas, como la hormona del crecimiento (GH), las hormonas tiroideas (T3 y T4), las hormonas sexuales (estrógenos, progesterona, testosterona), la insulina, los factores de crecimiento similares a la insulina (IGF), el cortisol, la hormona paratiroidea (PTH) y la calcitonina. Todas ellas deben tener concentraciones normales en sangre y dependen de la etapa de la vida por la que se encuentre transitando la persona (niñez, puberal y de consolidación ósea o pospuberal) (Sánchez et al., 2006).

En el cuerpo humano, se tienen dos tipos fundamentales de tejido óseo, que se diferencian por sus características histológicas, morfológicas y funcionales: 1) El hueso cortical o compacto, que está compuesto de placas densamente conformadas de colágeno mineralizado que le proporcionan rigidez, por lo que es el principal componente que forma los huesos largos. 2) El hueso esponjoso con forma trabecular, que proporciona fuerza y elasticidad; constituye la porción principal del esqueleto axial.

Células óseas

Osteoblastos. Son las células que sintetizan la matriz proteica del hueso y, posteriormente, regulan la mineralización primaria. Son las principales células formadoras de hueso.

Osteoclastos. Son las células encargadas de realizar la resorción ósea, proceso en el que se disuelve la fase mineral y se digiere la fase orgánica del hueso.

Osteocitos. Son los osteoblastos que quedan atrapados en el hueso cortical durante el proceso de remodelamiento.

El hueso depende de dos procesos importantes para su formación y existencia:

1) El modelado óseo, que es el crecimiento longitudinal que se detiene después de la pubertad y las modificaciones del diámetro transversal.

2) El remodelamiento óseo, que es un proceso constante de recambio de hueso viejo por hueso nuevo. Dura desde la pubertad hasta la muerte. El hueso cortical se remodela desde su interior mediante conos de cortes. Estos son grupos de osteoclastos que cortan túneles a través de todo lo largo del hueso, a los que siguen grupos de osteoblastos de rastreo que van recubriendo estos túneles y depositando un cilindro de hueso nuevo denominado ostión.

En el hueso trabecular el proceso de remodelamiento tiene lugar en la superficie (los osteoclastos escarban un hoyuelo y este se llena enseguida por hueso nuevo, como resultado de la acción de los osteoblastos). Este proceso se encuentra en un equilibrio neto de cero, es decir, que la cantidad de hueso reabsorbido es exactamen-

te la misma cantidad de hueso nuevo formado y se mantiene de esta forma hasta aproximadamente los 30 años de edad, cuando comienza la fase II de la vida ósea. En el transcurso de la vida, la masa ósea cursa por tres fases (Blalock et al., 2005):

Fase 1. Se divide en 3 etapas:

Niñez: Desde la séptima semana embrionaria hasta, aproximadamente, los 10 años de vida (aquí se incluye la etapa fetal).

Puberal: Desde los 11 años hasta, aproximadamente, los 16 (según el sexo).

Pospuberal: Consolidación ósea.

Fase 2. Desde los 30 a los 40 años.

Fase 3. Comprende a las personas con más de 40 años de edad.

A continuación, se exponen algunas acciones fisiológicas y patológicas integradas de las hormonas sobre el tejido óseo, según su fase evolutiva:

Fase 1. Es considerada la más importante, pues es donde ocurre la formación y el desarrollo del tejido óseo. En esta etapa, juegan un papel determinante varias hormonas, en especial, la

insulina que estimula la incorporación de aminoácidos a la célula ósea y la síntesis de colágeno (Guyton & Hall, 2016).

Etapa de la niñez. Después del nacimiento, viene una etapa crucial para el desarrollo óseo, porque es cuando el esqueleto crece más y logra su casi total osificación. En esta etapa, las hormonas que tienen mayor actividad son las hormonas tiroideas que regulan la osificación y maduración del cartílago de crecimiento, por lo que resultan de gran importancia para el desarrollo óseo, y la hormona de crecimiento (GH) y los factores de crecimiento similares a la insulina. Los efectos de la GH están mediados por los factores de crecimiento similares a la insulina y, entre sus acciones, se encuentran regular y estimular la condrogénesis y la osteogénesis. Tienen un efecto anabólico, pues incorporan aminoácidos al tejido óseo. Por lo tanto, un aumento mantenido de la secreción de GH en el niño, produce un gigantismo (más de 3 desviaciones estándares por encima de la media de sus contemporáneos). Esto, como resultado de un intenso estímulo de la formación ósea y cartilaginosa que, al no haber ocurrido todavía el cierre epifisario, trae consigo un crecimiento lineal excesivo,

mientras que una disminución mantenida de las concentraciones de GH, da lugar a todo lo contrario, es decir, a niños con baja talla (Christoforidis et al., 2005).

La vitamina D, el ion calcio, es fundamental para la mineralización ósea, y es la vitamina D la encargada de su absorción intestinal. Además, estimula directamente la calcificación de la matriz ósea de nueva formación (actividad osteoblástica), por lo que su déficit produce una enfermedad denominada osteomalacia. Esta consiste en un deterioro grave de la mineralización de la matriz ósea por los osteoblastos. A pesar de los efectos de la vitamina D sobre el hueso, la causa directa de la osteomalacia está dada por el deterioro de la absorción intestinal del calcio, lo que se traduce en personas con baja talla y retardo del crecimiento, entre otros signos clínicos (Christoforidis et al., 2005). Existen otras afecciones de causa endocrina que pueden influir en esta etapa: un exceso en la secreción de esteroides sexuales produce un incremento agudo en el índice de crecimiento, lo que provoca un aumento de la edad ósea y de la talla. De esta manera, son niños más grandes que otros de su misma edad, pero, paradójicamente, serán adultos con baja talla,

pues este aumento de los esteroides sexuales inducirá un cierre epifisiario temprano (Christgau & Cloos, 2005).

Etapa puberal. Es el tercer ciclo de crecimiento óseo más importante que se produce en el ser humano. Está casi exclusivamente determinado por la actividad osteoblástica de los esteroides sexuales (estrógenos y andrógenos) que producen una aceleración del crecimiento, los cuales son, también, los encargados de producir el cierre epifisiario. Este no es más que un freno fisiológico al crecimiento óseo posterior a esta etapa, por lo que, a partir de entonces, deja de ser el crecimiento la actividad fundamental que sobre el hueso tendrán las hormonas. Un aumento de los esteroides sexuales en esta etapa, trae como resultado que los adolescentes crezcan más rápido que sus coetáneos (aumento de la actividad osteoblástica), pero solo hasta un momento, en el que se detiene su crecimiento (cierre epifisiario precoz), por lo que serán adultos de menor talla que el resto. Por el contrario, un déficit de esteroides sexuales da lugar a adolescentes en quienes no hay estallido puberal, es decir, no se acelera el crecimiento. Sin embargo, el crecimiento continúa, pues no va a existir tampoco el cierre epifisiario que debía

existir en esta etapa, por lo que serán adultos con aumento de la talla, a expensas de las extremidades (eunucos) (Christgau & Cloos, 2005).

Etapa pospuberal o de consolidación ósea. Es en la que se culmina la osificación y se adquiere la talla definitiva. El equilibrio del remodelamiento óseo continúa siendo de cero, ya que, para entonces, el hueso está formado y adquiere su máximo desarrollo. Por tanto, las afecciones endocrinas que pudieran existir, sólo van a interferir en el proceso de mineralización ósea.

Fase 2. El hueso inicia un período en el que el remodelamiento deja de estar en equilibrio. Comienza una lenta y progresiva pérdida de su masa y peso total, como resultado de un predominio de la actividad osteoclástica sobre la osteoblástica. Por lo anterior, se pierde más tejido del que se forma. Esto ocurre con concentraciones hormonales normales, pero, como es tan lento y de poca intensidad, no da manifestaciones clínicas, pues el hueso puede perfectamente cumplir sus funciones (Carnevale et al., 2005).

Fase 3. Incluye a las personas mayores de 40 años y se caracteriza por una disminución considerable de la actividad osteoblástica, por una declinación

en la concentración de esteroides sexuales, sobre todo de los estrógenos. Las mujeres (menopáusicas) son mucho más afectadas que los hombres, lo que se traduce clínicamente como osteoporosis y sus consecuencias. La disminución de la masa ósea total no se produce porque se pierde mayor cantidad de tejido por la actividad osteoblástica (esta se mantiene normal), sino porque hay una disminución en la tasa de formación ósea (Brodowska et al., 2005).

Por lo descrito anteriormente, se puede inferir como consecuencia grave y no reversible al consumir EAA, la baja estatura por cierre epifisario temprano, debido a la reacción que produce el aumento de estimulantes hormonales y un aumento desmedido de toda la función osteológica. Cabe resaltar que esta consecuencia sólo se presenta si el consumo de los EAA se da en edades en las que aún exista posibilidad de crecimiento óseo, como en la niñez y la adolescencia. Los riesgos a nivel óseo que se puede producir por consumo prolongado e indebido de EAA, son las posibles avulsiones tendinosas por calcificaciones de la unión hueso–tendón. Esto, debido a que la producción y renovación ósea desmedida conlleva esos riesgos y se dan, en

mayor medida, cuando el crecimiento de la fibra muscular es mayor.

Si bien es cierto que el consumo de EAA favorece la actividad de producción y remodelación ósea, como actúan de manera sistémica, generan otras consecuencias a nivel hormonal y sistémico considerables. Entre ellas, se encuentran los compromisos genitourinarios, de los que se hablará más adelante. Esas alteraciones hormonales y sistémicas tienen una importante repercusión a nivel óseo. Esto, porque se aceleran ciertos procesos hormonales que derivan en osteoporosis de manera temprana, adaptación y cambios en los caracteres sexuales y disminución de la producción hormonal normal.

2.2 Compromisos genitourinarios: atrofia testicular o hipogonadismo y otros

El hipogonadismo masculino representa una disminución de la función testicular, con una baja producción de testosterona e infertilidad. El hipogonadismo puede deberse a un problema intrínseco de los testículos (primario), a una falla del eje hipotálamohipófisis

(secundario) o a una respuesta disminuida o ausente de los órganos blanco a los andrógenos (resistencia androgénica). El consumo de EAA representa un problema intrínseco de los testículos; en promedio, entre el 30% al 40% de las personas que consumen EAA de manera prolongada, han experimentado esta consecuencia. Los síntomas del hipogonadismo incluyen caída del vello corporal, disminución de la función sexual y cambios en la voz. De acuerdo con la edad de aparición, puede presentarse atrofia testicular, hábito eunucoide y ginecomastia. A largo plazo, se presenta osteoporosis.

El diagnóstico se sospecha clínicamente y se establece con la demostración de concentraciones bajas de testosterona sanguínea. Si existe un aumento concomitante de las gonadotropinas circulantes, la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), se trata de un hipogonadismo primario o hipergonadotrópico. Pero si la FSH y LH están disminuidas, el hipogonadismo es secundario o hipogonadotrópico. Cuando esto ocurre, se puede presentar disminución en la producción de semen, impotencia sexual, dificultad o dolor al orinar y, finalmente, atrofia testicular. Además, los esteroides se

han asociado con el cáncer de próstata.

En las mujeres, los niveles elevados en el consumo de EAA dan lugar a irregularidades menstruales y al desarrollo de características masculinas, como disminución de la grasa corporal y del pecho, crecimiento excesivo del vello y pérdida irreversible del pelo del cuero cabelludo, así como un mayor tamaño del clítoris y ovarios poliquísticos. Con la administración continuada de esteroides, algunos de estos efectos llegan a ser irreversibles (Urios López & Sanz-Valero, 2018).

2.3 Compromisos cardiovasculares: hipertensión, hipertrofia ventricular izquierda, soplos

La hipertrofia del ventrículo izquierdo es la dilatación y el engrosamiento (hipertrofia) de las paredes de la cámara de bombeo principal del corazón (ventrículo izquierdo). Puede manifestarse como una reacción a algún factor, como la presión arterial alta o una enfermedad cardíaca, que hace que el ventrículo izquierdo se esfuerce más. A medida que el esfuerzo aumenta, se engrosa el tejido muscular en la pared

de la cavidad y, a veces, el tamaño de la propia cavidad también aumenta. El músculo del corazón dilatado pierde elasticidad y, finalmente, puede dejar de bombear con la fuerza necesaria. Es más frecuente en las personas que tienen presión arterial alta no controlada. Pero, independientemente de cuál sea su presión arterial, la aparición de la hipertrofia ventricular izquierda expone a un mayor riesgo de ataque al corazón y de accidente cerebrovascular.

Los mecanismos fisiológicos y farmacológicos de la acción de los EAA en la estructura y función vascular se conocen bien. Los EAA se unen a los receptores androgénicos en el corazón y en las arterias principales, y los niveles fisiológicos (por ejemplo, de la testosterona) pueden tener un efecto beneficioso sobre las arterias coronarias, a través de la liberación endotelial de óxido nítrico y la inhibición del tono del músculo liso vascular. Por el contrario, algunos estudios en animales muestran que el abuso de EAA puede revertir esta respuesta vasodilatadora y conducir a efectos promotores del crecimiento en el tejido cardíaco, como se ha comprobado en la miocardiopatía hipertrófica seguida de muerte celular por apoptosis. Estos efectos

son probablemente mediados por una cascada de segundos mensajeros que aumenta el calcio intracelular y su movilización desde el retículo sarcoplásmico.

El aumento de calcio afecta a la permeabilidad mitocondrial, conduciendo a la liberación de factores apoptogénicos, como el citocromo c, el factor inductor de la apoptosis y la caspasa-9. Estos hallazgos podrían explicar las observaciones clínicas de que los EAA pueden conducir a la muerte del miocardio sin trombosis coronarias o aterosclerosis. Los esteroides contribuyen al desarrollo de enfermedades cardiovasculares, en parte, modificando los niveles de lipoproteínas que transportan el colesterol en la sangre. Los esteroides, particularmente los de administración oral, aumentan los niveles de lipoproteínas de baja densidad (colesterol LDL) y disminuyen los niveles de lipoproteínas de alta densidad (colesterol HDL).

En general, los niveles séricos se normalizan tras varias semanas o meses después del cese en el consumo. Niveles elevados de LDL y bajos de HDL aumentan el riesgo de aterosclerosis. Además, los esteroides inducen la coagulación de la sangre, debido a un au-

mento en el conteo de plaquetas y, por tanto, de la agregación plaquetaria. Algunos de los efectos cardiovasculares de los EAA, como hipertensión, dislipidemia y anormalidades de la coagulación, remiten tras la discontinuación del uso; sin embargo, la aterosclerosis y cardiopatía parecen ser irreversibles. Puesto que hay pocos estudios, debido a los riesgos que estos conllevan, es difícil estimar la prevalencia o la gravedad de la enfermedad cardiovascular en consumidores de EAA. Tampoco hay evidencia epidemiológica de enfermedad cardiovascular debido al uso de EAA, por lo que la causalidad aún no se ha establecido.

El riesgo de complicaciones cardiovasculares puede deberse también al uso de otras sustancias dopantes,

como la hormona del crecimiento o la eritropoyetina (EPO). Sin embargo, en el Instituto de toxicología de Madrid se han realizado estudios sobre los anabolizantes y sus problemas médicos, legales y forenses; entre ellos, se destaca uno realizado en el año 2000, en el que mencionan estadísticas importantes, como que el 90% de los casos de muerte súbita, relacionada al consumo de EAA, se dieron por complicaciones netamente cardíacas. Todos eran deportistas; el 90% de estos, menores de 30 años. En los análisis forenses, se encontraron, de manera predominante, las necrosis miocárdicas, hipertrofias cardíacas y ateromatosis coronaria. A continuación, la Tabla 1 presenta los efectos secundarios de los EAA.

Tabla 1 Efectos secundarios de los Esteroides Androgénicos Anabolizantes EAA

SISTEMA	EFFECTOS
Cardiovasculares	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hipertrofia cardíaca 2. Alteraciones en el metabolismo de los lípidos 3. Infarto agudo de miocardio 4. Ateromatosis coronaria 5. Fibrosis miocárdica 6. Poliglobulia 7. Trombosis arterial (coronarias, carótidas, miembros) 8. Trombosis venosa (miembros inferiores con TEP) 9. Hipertensión arterial 10. Arritmias (fibrilación auricular/fibrilación ventricular) 11. Insuficiencia cardíaca 12. Muerte súbita
Endocrinos y electrolíticos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esterilidad 2. Atrofia testicular 3. Ginecomastia 4. Alteraciones menstruales 5. Virilización 6. Atrofia suprarrenal 7. Alteraciones en hormonas tiroideas 8. Alteraciones iónicas y minerales
Hepáticos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peliosis 2. Colestasis 3. Adenoma / Carcinoma
Osteomusculares	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cierres epifisarios tempranos 2. Lesiones tendinosas 3. Rotura de cuádriceps
Dermatológicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acné 2. Alopecia
Psiquiátricos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambios de humor 2. Agresividad 3. Alteraciones de la libido 4. Depresión o manía 5. Síntomas psicóticos
Otros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hemorragia nasal 2. Resfriados frecuentes 3. Alteraciones del sueño 4. Lipomatosis espinal epidural

Nota. Fuente: Suárez Mier (2001).

Referencias

- Blalock S. J., Norton, L. L., Patel, R. A., & Dooley, M. A. (2005). Patient knowledge, beliefs, and behavior concerning the prevention and treatment of glucocorticoid induced osteoporosis. *Arthritis Care & Research*, 53(5), 732-739. <https://doi.org/10.1002/art.21446>
- Brodowska, A., Starczewski, A., Laszczyńska, M., & Szydłowska, I. (2005). Ovarian androgenesis in women after menopause. *Polski Merkurusz Lekarski: Organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*, 19(109), 90-93. <https://europepmc.org/article/med/16194037>
- Carnevale, V., Romagnoli, E., Pipino, M., Scillitani, A., D'Erasmus, E., Minisola, S., & Mazzuoli, G. (2005). Primary hyperparathyroidism. *La Clinica Terapeutica*, 156(5), 211-226. <https://europepmc.org/article/med/16382970>
- Christgau, S., & Cloos, P. A. (2005). Sex hormones in the regulation of bone and cartilage metabolism: an old paradigm and a new challenge. *Minerva ginecologica*, 57(6), 611-617. <https://europepmc.org/article/med/16306865>
- Christoforidis, A., Maniadaki, I., & Stanhope, R. (2005). Growth hormone/insulin-like growth factor-1 axis during puberty. *Pediatric endocrinology reviews: PER*, 3(1), 5-10. <https://europepmc.org/article/med/16369208>
- Guyton Arthur C, Hall John E. (2016). Efecto de la insulina sobre el metabolismo óseo y sobre el crecimiento. *Tratado de Fisiología Médica*. Decimosegunda Edición. New York: Interamericana. 1069-70. <https://shre.ink/8heY>
- Olimpia: Publicación científica de la facultad de cultura física de la Universidad de Granma. (2010). ¿Qué es el doping? Breve historia del doping. *Olimpia*, 7(26), 294-295. <https://www.redalyc.org/pdf/2816/281625920026.pdf>
- Sánchez Cruz, Julio César, Navarro Despaigne, Daysi A, & Hernández Ortega, Ania. (2006). Acción fisiopatológica integrada de las hormonas sobre el tejido óseo: Physiopathological integrated action of hormones on the bone tissue. *Revista Cubana de Endocrinología*, 17(2). <https://shre.ink/8heR>

- Suárez Mier, MP. (2001). Anabolizantes. Complicaciones cardio-vasculares. Muerte súbita e inesperada. *Cuadernos de Medicina Forense*, 29. <https://scielo.isciii.es/pdf/cmfn26/original4.pdf>
- Urios López, Ricardo, & Sanz-Valero, Javier. (2018). Efectos adversos asociados al uso de anabolizantes en deportistas: revisión sistemática. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 59(1), 45-55. Epub 05 de diciembre de 2022. <https://doi.org/10.30827/ars.v59i1.7278>



CAPÍTULO 8

Sustancias dopantes y ayudas ergogénicas en los gimnasios

Alejandra Pantoja Vallejo

Profesional en Deporte con énfasis en Levantamiento de Pesas

Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte

Interprete Bilingüe en el Idioma Inglés

Técnico Laboral por Competencias en Sistemas

Semillero de Investigación Êfes

Grupo de Investigación Educar 2030

alejandra.pantoja00@endeporte.edu.co

1. Introducción

El consumo de ayudas ergogénicas y sustancias dopantes se ha dado a lo largo del tiempo en la mayoría de los gimnasios y centros de acondicionamiento físico, a pesar del conocimiento o desconocimiento de ellas. El hombre siempre ha buscado la competitividad y el ser mejor por excelencia, y el deporte no es la excepción en cuanto a este tema, ya que implica la optimización del funcionamiento del organismo. Para lograr la optimización y excelencia, se recurre, en oca-

siones, al uso de estas sustancias, aún sin ser conscientes de los efectos secundarios.

Cabe mencionar que el dopaje hace parte de las ayudas ergogénicas, pero estas se consideran prohibidas, dado que constituyen un problema ético. Esto, porque su uso está en contraposición con los principios básicos del «juego limpio», de competir sin hacer trampas a los contrarios con ventajas fraudulentamente adquiridas (Odrizola, 2000). El dopaje es un camino

erróneo para alcanzar las metas que cada individuo desea lograr.

Es necesario que las personas entiendan el comportamiento y las consecuencias del uso de estas sustancias en el cuerpo y se concienticen frente a ello. Al ser un tema sensible, la in-

formación encontrada es más subjetiva que objetiva. Para contextualizar un poco acerca del tipo de ayudas ergogénicas que existen, en la siguiente tabla se explican las divisiones tanto nutricionales como no nutricionales, especificando cada una de ellas:

Tabla 1 Tipos de ayudas ergogénicas

Tipos de ayudas ergogénicas		
<i>No nutricionales</i>		<i>NUTRICIONALES</i>
<i>Mecánicas</i>	Biomecánica Vestimentas, cascos, bicis, pista sintetica, esquis, zapatillas, etc.	SUPLEMENTACION CON MACRONUTRIENTES: gramos por día. Bebidas deportivas-energeticas Dieta de supercompensación de carbohidratos Suplementos proteicos (hidrolizados, pastillas) Suplementos con aminoácidos: ARG, ORN, LYS, GLY (efectos anabolizantes) Aminoácidos ramificados (LEU, ILE, VAL) para energía. Polen abeja, jalea real, miel. Algas (espirulina), levadura de cerveza Gelatina (colágeno) TG de cadena media, ácidos grasos de la serie w-3
	Psicología deportiva Ténicas de concentración , de relajación, de perdida de ansiedad, hipnosis, etc.	
	Fisiología deportiva Calentamiento, masaje, fisioterapia, autotransfusión sanguínea, inhalación de oxígeno	
<i>Fisiológicas</i>	Permitidas Camitica, bicarbonato sódico, citrado sódico, lecitina, y-orizanol, fosfatos, glutatión, colina, DNA-RNA, creatina, glucosamina, ginsenosidos, yohimbina, piruvato, antioxidantes, inosina, ácido pangámico, smilax	SUPLEMENTACION CON MICRONUTRIENTES: miligramos o a) VITAMINAS: Complejo B, Antioxidantes (C, E, Carotenoides) b) MINERALES: Cromo, boro, magnesio, hierro, calcio, selenio, zinc
	Prohibidas: Dopaje Estimulantes psico-motores(cocaina, pemolina, anfetaminas, cafeina). Analgésicos narcóticos (metadona, heroína). Aminas simpatico-mimeticas(efedrina) ANABOLIZANTES: Esteroides (testosterona, estanozolol, mesterolona, nandrolona). Peptidicos (EPO, GH, ACTH, HCG, IGF-1, insulina, factores de liberación hipotalámicos). Otros (clenbuterol)	
<i>Farmacológicas</i>	Beta bloqueantes Diuréticos Alcohol -cannabis	

Fuente: Odriozola (2005).

2. Objetivo

Determinar la correlación de conocimiento-consumo de las sustancias ergogénicas tanto en deportistas como en usuarios de gimnasios, por medio de resultados arrojados de los estudios encontrados.

3. Metodología

Se utilizaron diferentes estudios cuyos resultados conducen al conocimiento sobre el uso de las sustancias ergogénicas, tanto en deportistas como en usuarios de gimnasios. A continuación, se presentan los datos más relevantes de estas investigaciones.

3.1 Consumo de sustancias ergogénicas en usuarios de gimnasio en la Universidad Santo Tomás (Bogotá)

Población: Estudiantes que asisten a los gimnasios de los que dispone la Universidad Santo Tomás.

Muestra: 50 estudiantes, 42 hombres y 8 mujeres, con una edad media de 20 años.

Métodos y técnicas: Se aplicó un cuestionario de 33 preguntas, de tipo mixto, para obtener información sociodemográfica y de carácter específico de las categorías conocimientos, prácticas de consumo, motivaciones e imaginarios. De las 33 preguntas realizadas, se tomaron las más relevantes, en cuanto al conocimiento y consumo de ayudas ergogénicas, tales como:

Gráfica 1 *Quiénes brindan información a las personas encuestadas*

¿Qué personas le han brindado información acerca del consumo de ayudas ergogénicas?



Gráfica 2 *Orientación de dichas ayudas a las personas encuestadas*

¿Qué personas han orientado acerca del consumo saludable de ayudas ergogénicas?



Se observa que los entrenadores son quienes, principalmente, promueven y ofrecen información acerca de estas ayudas ergogénicas. Esta información debe ser primero consultada con un especialista competente en el tema de nutrición.

Al analizar los datos sociodemográficos, como la frecuencia de participación tanto de hombres como de mujeres, se observa una clara mayoría de participación masculina en el estudio (84%).

Los datos, como la frecuencia semanal en gimnasio, son de una media de 3 días tanto para hombres como para mujeres, mientras que las horas promedio en gimnasio, son de 2 horas.

El ejercicio que mayor practican los encuestados es, para los hombres, el fútbol, y para las mujeres, el gimnasio.

Se recalca que, en su mayoría, la frecuencia de la dosis, para quienes consumen sustancias ergogénicas, es de 4 a 6 veces por semana, y con dosis de sustancia después de la práctica. El mayor motivo de la práctica del gimnasio es, en su mayoría, para fines de fortalecimiento en ambos sexos.

Con respecto al conocimiento, un dato relevante es que, en la mayoría de los

encuestados (64% hombres y 50% mujeres), el consumo de sustancias ergogénicas nunca se ha dado. Se considera que un factor que haya hecho posible este resultado, es la falta de facilitación, promoción, información y conocimiento que poseen los estudiantes acerca de las sustancias ergogénicas.

3.2 Consumo de suplementos nutricionales en los gimnasios de Talavera de la Reina (2017)

Son muchas las personas que se plantean como objetivo alcanzar un estado de forma o rendimiento excelente, desde deportistas de élite hasta aquellos individuos que van al gimnasio con el propósito de mantenerse activos físicamente. Por ello, es fundamental una nutrición adecuada en estos individuos, para mejorar ejercicios, evitar lesiones, favorecer la recuperación tras el ejercicio, lograr un peso corporal adecuado, adquirir buenos hábitos de vida y, principalmente, conservar un buen estado de salud general (González et al., 2006). Por esta razón, nace la motivación de realizar esta investigación en los gimnasios de Talavera de la Reina.

Muestra: 80 participantes seleccionados aleatoriamente de los 4 gimnasios seleccionados de la ciudad: 44 hombres y 36 mujeres.

Metodología: Se realizó un cuestionario en formato papel, a partir de un cuestionario validado. Este cuestionario tuvo una duración de una semana.

De los 80 encuestados, el 55% pertenece al sexo masculino y el 45 % restante al sexo femenino; 39 personas reportaron consumir suplementos nutricionales. Además, el suplemento que más se consume en esta encuesta es la proteína, con 27 personas, seguido de los minerales y las vitaminas, con 16 personas; los aminoácidos, con 10 personas; la L-Carnitina, con 9 personas; y la creatina, con 8 personas. La siguiente gráfica muestra estos datos:

Gráfica 3 Suplementos más utilizados (%) de la población de estudio

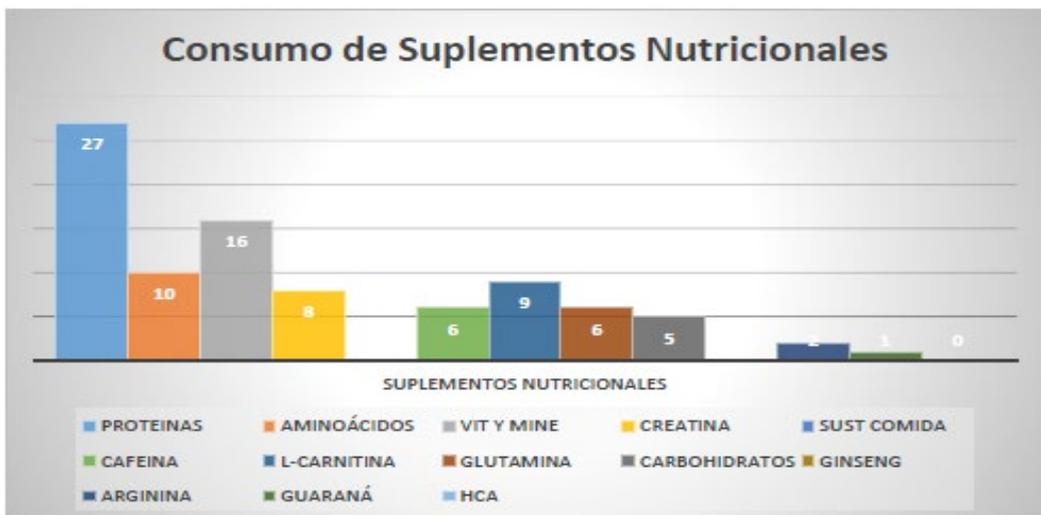


Figura 8: suplementos más utilizados (%) de la población de estudio.

Nota. Fuente: Gómez Alcaide (2017).

El objetivo principal por el que los deportistas de esta encuesta los consumen, en su gran mayoría con un 45%, es para un mejor rendimiento deportivo; el 36%, para desarrollo de la musculatura; el 11%, para disminuir grasa corporal; el 8%, para obtener energía; y ningún encuestado, con un 0%, cuyo objetivo principal fuera mejorar la salud, como se muestra en la gráfica a continuación:

Gráfica 4 *Objetivo del consumo (%) de la población de estudio*



Figura 9: Objetivo del consumo de suplementos (%) de la población de estudio.

Nota. Fuente: Gómez Alcaide (2017).

Para concluir este estudio, se encuentra que la finalidad principal del uso de sustancias, es para mejorar la apariencia física, tanto hombres como mujeres. Si bien los hombres buscan aumentar la masa muscular, las mujeres desean disminuir el porcentaje de grasa corporal, como lo demuestra la Gráfica 2. Es así como el ser humano siempre ha buscado fórmulas mágicas en un intento de superar sus limitaciones, con el mínimo esfuerzo. Esto lo ha conducido a utilizar suplementos nutricionales, sin tener en cuenta los posibles efectos negativos que pueden llegar a causar en el organismo.

3.4 Consumo de suplementos deportivos en levantadores de peso de nivel nacional

El objetivo de este estudio consistió en evaluar el consumo de suplementos deportivos y la ingesta de proteína dietética en un grupo de levantadores de peso que compiten a nivel nacional. Se utilizaron enfoques experimentales y no experimentales, registrándose un total de 22 cuestionarios y diarios dietéticos. Los resultados muestran que el 100% de los sujetos afirma haberlos consumido en alguna ocasión, y el 96,9% los consume en la actualidad.

El cuestionario, para indagar el uso del consumo de suplementos, estaba compuesto por tres partes diferenciadas: una primera parte orientada a recoger los datos sociales, personales y antropométricos de la muestra; una segunda, centrada en la indagar la práctica de actividad deportiva y su contextualización; y una tercera, enfocada en reunir información sobre la dieta y la suplementación deportiva.

La Tabla 2 muestra la finalidad que tiene cada individuo a la hora de consumir un suplemento deportivo, donde se evidencia que el 41% de los encuestados lo hacen para obtener un mejor rendimiento deportivo.

Tabla 2 Fin para consumir los suplementos deportivos

	n	%
Buscar rendimiento deportivo	9	41
Buscar rendimiento deportivo y paliar déficit de dieta	4	18.2
Cuidar salud, buscar rendimiento deportivo y paliar déficit de dieta	3	13.6
Mejor aspecto físico, buscar rendimiento deportivo y paliar déficit de dieta	2	9
Mejorar aspecto físico	2	9
Cuidar salud, mejorar aspecto físico y buscar rendimiento deportivo	2	9

Nota. Fuente: Puya-Braza & Sánchez-Oliver (2018).

La Tabla 3 presenta los suplementos deportivos más consumidos por los encuestados, durante los tres días del diario dietético que se les practicó.

Tabla 3 Consumo de suplementos deportivos durante el diario dietético

		n	%	Total
DÍA 1	Monohidrato de creatina	13	16.4	79
	Proteína de suero	11	13.9	
	Cafeína	5	6.3	
	Complejo vitamínico	5	6.3	
	Aminoácidos ramificados	4	5	
	Ácidos grasos omega 3	4	5	
DÍA 2	Proteína de suero	7	18.9	37
	Monohidrato de creatina	6	16.2	
	Ninguno	6	16.2	
	Complejo multivitamínico	4	10.8	
	Vitamina D3	3	8.1	
	Ácidos grasos omega 3	3	8.1	
DÍA 3	Proteína de suero	9	17.6	51
	Monohidrato de creatina	7	13.7	
	Ninguno	4	7.8	
	Complejo multivitamínico	3	5.9	
	Amilopectina	3	5.9	
	Ácidos grasos omega 3	3	5.9	
Día 1: Día de entrenamiento entre lunes y viernes Día 2: Día de descanso entre lunes y viernes Día 3: Día de entrenamiento o descanso sábado o domingo				

Nota. Fuente: Puya-Braza & Sánchez-Oliver (2018).

Se evidencia que los suplementos deportivos más consumidos por los sujetos en los tres días del diario dietético, fueron, durante el día de entrenamiento (día uno): MC (16.4%), proteína de suero (13.9%), complejo vitamínico (6.3%), cafeína (6.3%), aminoácidos ramificados (5%) y ácidos grasos omega-3 (5%); durante el día de descanso (día dos): proteína de suero (18.9%), MC (16.2%), ninguno (16.2%), complejo vitamínico (10.8%), vitamina D3 (8.1%) y ácidos grasos omega-3 (8.1%); el día tres, perteneciente a un día del fin de semana, sin especificar si era de entrenamiento o descanso: proteína de suero (17.6%), MC (13.7%), ninguno (7.8%), complejo vitamínico (5.9%), amilopectina (5.9%) y ácidos grasos omega-3 (5.9%).

Durante los tres días que duró el diario dietético, los sujetos ingirieron una media de 2.37 g de proteína/kg/día. Estas cantidades están dentro de lo que se denomina una «dieta hiperproteica», según la ISSN (Jäger et al., 2017). A pesar de la controversia que existe con respecto al daño hepático y renal que podrían producir las dietas hiperproteicas (Bilsborough & Mann, 2006), conforme transcurre el tiempo, salen a la luz nuevas investigaciones, poniendo en serias dudas tal afirmación.

Concerniente a la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, Braza & Sánchez (2018) advierte que la comercialización de suplementos deportivos es un riesgo de salud pública, al poseer un nivel de control inferior al de medicamentos. Se han encontrado suplementos adulterados con sustancias prohibidas no declaradas y peligrosas para la salud humana, como esteroides anabolizantes, moduladores selectivos de los receptores androgénicos, entre otros.

Es así como se puede concluir, entonces, que el consumo de suplementos deportivos puede conllevar riesgos para la salud. Esto, debido a la falta de información sobre estos y a las investigaciones sesgadas que se realizan y que, en muchas ocasiones, resultan contradictorias.

3.5 Motivos por los cuales los deportistas utilizan el doping en el deporte: análisis cualitativo desde la perspectiva de deportistas, dirigentes y entrenadores deportivos costarricenses (2015) (tesis)

Población: 133 sujetos, combinados entre deportistas, dirigentes y cuerpo técnico. Los deportes que se tomaron en cuenta fueron: atletismo, fútbol sala, fútbol, halterofilia, triatlón y voleibol.

Material y método: Se realizó un cuestionario validado mediante un juicio de expertos, quienes tenían conocimientos amplios en deporte de alto rendimiento, doping y administración deportiva. Se realizaron preguntas acerca del conocimiento sobre el dopaje, los métodos y las sustancias que se utilizan desde la perspectiva costarricense, así como los motivos por los que un deportista utiliza el doping. El cuestionario constó de 17 preguntas, donde se debió marcar *sí* o *no* y especificar. en caso de marcar *sí*, con una respuesta abierta.

Para el análisis, se tomaron 7 preguntas que eran más relevantes sobre el tema del conocimiento del doping y/o ayudas ergogénicas. A continuación, se presentan 2 preguntas que evidencian la influencia del entrenador en el consumo de estas sustancias.

Pregunta 1: ¿Qué cree usted que es el Doping?

Tabla 4 *Triangulación de respuestas, 2013*

DEFINICIÓN	DEPORTISTAS	CUERPO TÉCNICO	DIRIGENTES
Uso de cualquier ventaja fisiológica o bioquímica sobre el rendimiento	n = 4	n = 2	n = 0
Cualquier acción que se realice para aumentar el rendimiento	n = 1	n = 0	n = 0
Uso de sustancias prohibidas para mejorar el rendimiento	n = 45	n = 18	n = 3

Alteración hormonal que aumenta el nivel del deportista	n = 1	n = 0	n = 0
Prueba para detectar sustancias prohibidas en el deporte	n = 7	n = 3	n = 0
Uso de sustancias no permitidas como recurso ergonómico	n = 2	n = 0	n = 0
Tener ventaja deportiva ante los demás por medio de factores externos(sustancias)	n = 1	n = 0	n = 0
Una manera de mejorar el rendimiento deportivo sin esfuerzo, aunque prohibida	n = 1	n = 0	n = 0
Uso de sustancias prohibidas para alterar la fisiología del cuerpo	n = 1	n = 0	n = 0
Consumo de sustancias que modifiquen el metabolismo para mejorar el rendimiento físico	n = 1	n = 0	n = 0
Drogas que mejoran el rendimiento físico	n = 1	n = 0	n = 0
Consumo de sustancias ilegales	n = 1	n = 0	n = 0
Uso de sustancia externa al cuerpo, la cual influya en el rendimiento, más allá de las capacidades normales	n = 1	n = 2	n = 0
Es la acción de consumir sustancias químicas para mejorar el desempeño de un deportista con el fin de sacar provecho	n = 1	n = 0	n = 0
Usar medicamentos externos para mejorar el rendimiento	n = 1	n = 0	n = 0
Ayuda extra-entrenamiento	n = 1	n = 0	n = 0
Manera ilegal de incrementar el rendimiento deportivo	n = 1	n = 0	n = 0
Un medio que utilizan algunas personas para mejorar su rendimiento en competencia	n = 1	n = 0	n = 0
Utilizar sustancias estimulantes	n = 1	n = 1	n = 0
Es algo que se utiliza con frecuencia	n = 1	n = 0	n = 0
Sustancias que mejoren el rendimiento físico y deterioran la salud por efectos secundarios	n = 1	n = 0	n = 0

No es una herramienta adecuada	n = 1	n = 0	n = 0
Una sustancia que en su mayoría no aprobada para la ingesta en el cuerpo humano causa un aumento en el desempeño físico	n = 1	n = 0	n = 0
Un método desesperado para mejorar el rendimiento por presión a ser desplazado o alcanzar un objetivo rápidamente	n = 1	n = 0	n = 0
Un método prohibido por el cual un atleta quiere mejorar su rendimiento o busca hacerlo, pero con consecuencias	n = 1	n = 0	n = 0
Es la forma de hacer trampa en el deporte, es ilegal e innecesario para un atleta verdadero	n = 2	n = 0	n = 0
Sustancia prohibida en el deporte que si se consume es un fraude	n = 1	n = 0	n = 0
Tomar sustancias no identificadas o no conocer sobre lo que está tomando	n = 1	n = 0	n = 0
Ingerir que le ayuden a mejorar el rendimiento	n = 1	n = 0	n = 0
Uso de sustancias extras para tener un mejor rendimiento	n = 1	n = 0	n = 0
Una salida tonta que utilizan varios deportistas para mejorar su rendimiento	n = 1	n = 0	n = 0
Utilizar métodos ilegales para mejorar el rendimiento	n = 2	n = 0	n = 0
Total	n = 88	n = 42	n = 3

Nota. Fuente: Jiménez Rodríguez (2015).

Tabla 5 *Conocimiento sobre el concepto de doping, por deportistas, cuerpo técnico y dirigentes, 2013*

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Correcta (a)	98	73,68
Incorrecta (b)	35	26,32
No Responde	0	0
Total	133	100

Nota. (a) Uso de sustancias y métodos destinados a aumentar de modo artificial el rendimiento del deportista en la competencia. (b) Pruebas de laboratorio que se realizan al deportista. Fuente: Jiménez Rodríguez (2015).

Tabla 6 *Conocimiento sobre el concepto de doping, por deportistas, cuerpos técnicos y dirigentes, 2013*

	CORRECTA	INCORRECTA	% CORRECTA DENTRO DEL PUESTO	% INCORRECTA DENTRO DEL PUESTO
Deportista	65	23	73.9	26.1
Entrenador	26	8	76.5	23.5
Dirigente	7	4	63.6	36.4
Total	98	35		

Nota. Fuente: Jiménez Rodríguez (2015).

Se evidencia que, en general, la respuesta correcta prima en los tres casos. Pero, tanto los entrenadores como los dirigentes deberían tener esta definición clara, en cualquiera de los casos. Esto, dado que son los que guían y orientan a deportistas que, de alguna u otra manera, se pueden dejar llevar, por el deseo de ser mejor y ganar, y tomar medidas ilegales o que afecten su salud.

Pregunta 2: ¿Considera usted que el entrenador es un factor importante para que el deportista consuma alguna sustancia dopante?

Tabla 7 Conocimiento sobre la influencia del entrenador en el consumo de alguna sustancia dopante, según deportistas, cuerpo técnico y dirigentes, 2013

INFLUENCIA DEL ENTRENADOR	GRADUADOS	PORCENTAJE
Sí, porque los entrena	17	12,69
No	20	14,93
Por la presión de ganar	31	23,13
Sí, facilita las sustancias	18	13,43
No, es un ejemplo a seguir, un guía	28	20,90
No influye, es una decisión personal	9	6,71
Por interés personal del entrenador	1	0,75
Para mejorar el rendimiento	1	0,75
Si	7	5,22
Por falta de comunicación o información	1	0,75
Por interés económico	1	0,75
Total	134	100

Nota. Fuente: Jiménez Rodríguez (2015).

Se observa que el entrenador influye, de cierta manera, si no es significativamente, en la vida y las decisiones del deportista. Es la figura para seguir y tiene la responsabilidad no solo de ganar títulos, sino también de crear disciplina y honestidad, y ayudar a ser mejor persona a través del deporte.

Se debe incluir capacitaciones para impedir que los deportistas se vayan por el camino rápido y negativo; también, detectar el dopaje a través de pruebas de laboratorio, en diferentes etapas de la planificación deportiva.

4. Resultados y conclusiones

Los suplementos deportivos mejor valorados y más consumidos son monohidrato de creatina, proteína de suero y cafeína. Los motivos principales que justifican su consumo, son aumentar el rendimiento deportivo y aliviar algún déficit nutricional.

Los individuos, para comprar y buscar información de los suplementos deportivos, recurren frecuentemente a Internet.

Los deportistas de fuerza, como los culturistas o levantadores de pesas, poseen una prevalencia de consumo muy alto y frecuente de suplementos deportivos. Esto puede ocasionar serios riesgos de salud pública, debido a la falta de información.

La frecuencia semanal en gimnasios es de una media de 3 veces por semana y las horas promedio son de 2 horas.

Según el análisis de las respuestas de atletas, dirigentes y entrenadores deportivos, se encontró que los grupos encuestados tienen un criterio similar para determinar qué es el *doping*.

Se encontró que el *doping* se utiliza debido a la influencia de personas in-

volucradas en el deporte que quieren mejorar su rendimiento o el de sus atletas, para lograr ganar eventos deportivos en los que hay patrocinios y dinero de por medio.

Se deben incluir, dentro de la planificación deportiva, personas capacitadas en la parte de nutrición y/o asesoramiento a entrenadores o personas que están a cargo de deportistas o usuarios de gimnasios.

Resulta vital crear conciencia, dentro de los centros de acondicionamiento, sobre el consumo de suplementos o la práctica del *doping*.

Referencias

- Bilsborough, S., & Mann, N. (2006). A review of issues of dietary protein intake in humans. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16(2), 129–152. doi:10.1123/ijsnem.16.2.129
- Braza, J. M. P., & Sánchez-Oliver, A. J. (2018). Consumo de suplementos deportivos en levantadores de peso de nivel nacional. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (34), 276-281. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6736368>
- Cuervo Vega, J. D. & Sánchez Rodríguez, G. (02 de diciembre de 2018). Consumo de sustancias ergogénicas en usuarios de gimnasio en la universidad Santo Tomás (Bogotá)". Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Gómez Alcaide, G. F. (2017). *Consumo de suplementos nutricionales en los gimnasios de Talavera De la Reina* (Bachelor's thesis). Toledo, España. <http://ddfv.ufv.es/handle/10641/1577>
- González Gallego, J., Sánchez Collado, P., Mataix Verdú, J. (2006). Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje. Chile: Ediciones Díaz de Santos, S.A. ISBN: 84-7978-770-8.
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1). doi:10.1186/s12970-017-0177-8.
- Jiménez Rodríguez, J. M. (2015). Motivos por los cuales los deportistas utilizan el doping en el deporte: análisis cualitativo desde la perspectiva de deportistas, dirigentes y entrenadores deportivos costarricenses (Bachelor's thesis). Costa Rica. <http://hdl.handle.net/11056/13221>
- Odrizola Lino, J. M. (2000). Ayudas ergogénicas en el deporte. *Arbor*, 165(650), 171-185. <https://doi.org/10.3989/arbor.2000.i650.964>
- Puya-Braza, J. M., & Sánchez-Oliver, A. J. (2018). Consumo de suplementos deportivos en levantadores de peso de nivel nacional. *Retos*, 34, 276-281. <https://shre.ink/8he9>



CAPÍTULO 9

Aproximaciones éticas al fenómeno del dopaje en nuestra sociedad

Ricardo Rengifo Cruz

PhD en Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle

Magíster en Educación Desarrollo Humano de la Universidad de San Buenaventura

Licenciado en Literatura de la Universidad del Valle

Grupo de Investigación Educar 2030

Semillero de Investigación Gobernanza y Olimpismo

Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte

Grupo de Educación y Literacidad

Universidad del Valle

ricardo.rengifo@endeporte.edu.co

1. Introducción

“No actuamos de la manera correcta porque tenemos virtud o excelencia, sino que tenemos estas al haber actuado correctamente”.

Aristóteles

La sociedad actual padece de una pandemia, al parecer porque carece de encuentro con el otro, del diálogo, el respeto y la paciencia para relacionarse unos con otros. Podría decirse que es producto de un tiempo dinámico, inmerso en la materialidad, la cultura del

espectáculo, las “fake news”, el consumismo, entre otros. Estos factores diariamente someten a la realidad y al modo de vida, lo que ha generado diferentes formas de comunicación, entendimiento y construcción de nuevas realidades. Con ello, se busca cultivar diversos campos, como la literatura, la música, el arte y el deporte. Estas formas, que están presentes desde la antigüedad y han logrado que el mundo no caiga en la trampa del hombre, hoy

están inmersos en una crisis ética.

Existe la ética porque los seres humanos somos tan imprevisibles como ambiguos. No somos ni buenos, ni malos, sino culturales, históricos y situacionales. La ética no se entiende como un deber puro, sustancial y universal, sino como una relación con los otros. De ahí, que tanto la ética como la pedagogía funcionen como un encontrón, a modo de una colisión con los otros, con la experiencia del otro, de por sí inédita. Las preguntas ¿qué? y ¿para qué? de la ética, no pueden ser rápidamente resueltas. Su reflexión supone un ejercicio de indagación sobre su génesis y transformación, sus problemas constitutivos y el estado actual de sus discusiones.

Siguiendo el estilo genealógico de Nietzsche (1873), las preguntas sobre la ética se trasladan del terreno de las esencias, distinciones, leyes y normas, al terreno de las invenciones, los comienzos y los inicios. En este nuevo espacio, ningún discurso ni práctica preexiste, están dados desde siempre, ni tienen la condición de naturales. Por el contrario, toda práctica humana es construida. De acuerdo con Nietzsche (1873), la religión, la moral, la poesía y el conocimiento no son cosas dadas

o naturales, a las cuales debemos, por norma, plegarnos para hacer aparecer en nosotros la condición de hombre. Quizás, lo importante sea comprender que las diversas prácticas sociales, así como los conceptos morales (bueno y malo), pueden cambiar de significado, que son creaciones humanas y no forman parte de un mundo natural que aguarda a ser descubierto.

En igual sentido, ni la ética ni la pedagogía son conocimientos sobre cómo actuar sobre el otro, ya que el otro no tiene nombre, porque no es un objeto ni un interés por conocer. El otro no es neutralizado a partir del conocimiento general que poseo de él. De acuerdo con esto, qué vamos a entender por pedagogía y ética en este curso. Siguiendo a Levinas (2000), la ética es una relación con el otro que no puede describirse intencionalmente. Dicho, en otros términos:

Entiendo por ética una "relación", una "acción", una "forma de responder" *al* y *del* otro. Sin otro no hay ética, pero no toda relación con el otro es ética. La ética sería, en primer lugar, aquella acción en la que el otro, y no el yo, tiene la primacía. Dicho de otro modo, es ética la relación con el otro en la

que el yo depone su soberanía y se hace infinitamente responsable del otro, del que no tiene poder. Por esta razón sostengo, en segundo lugar, que la ética no es una forma de conocimiento sino un acontecimiento que interrumpe mi tiempo y espacio (Mèlich & Bárcena, 2001, pp.15-16).

De esta manera, no hay, en este capítulo, urgencia alguna en acudir a la ética para señalar algún código *a priori*, en el que se registraron las estructuras y reglas del juego de la enseñanza y la buena conducta de los maestros o entrenadores frente a los deportistas, la familia y la sociedad en general. Esto, dado que no todas las relaciones son reducibles a actos de juicio y del deber. Antes de juzgar a otro, debemos establecer alguna relación con él, tomar una postura ética que consiste en preguntar *¿quién eres tú?*

En consecuencia, no hay urgencia en este texto, por definir la ética y el *doping*, por aprender las técnicas para descifrar quién es el otro, sino por suspender las certezas que nos resuelvan las preguntas. La ética no es un conocimiento sino un acontecimiento que rompe con todas las previsiones. De ahí que la relación con el otro no

es una relación idílica y armoniosa de comunión ni una empatía, mediante la que podemos ponernos en su lugar; lo reconocemos como semejante a nosotros y al mismo tiempo exterior: la relación con el otro es una relación con un misterio (Levinas, 2000).

2. Aproximaciones éticas, una lectura interpretativa

El deporte moderno surge como un producto sociocultural de la sociedad industrial y participa plenamente de las transformaciones que acompañan a los procesos de modernización. El mismo origen de la palabra anglosajona "*sport*" está asociado, históricamente, a un determinado tipo de competición sometido a la formalización de un sistema de reglas, cuyo lento y planificado proceso se dio en la Inglaterra de la época victoriana. En este período, la práctica deportiva formaba parte de un determinado estilo de vida, de sentir y pensar, que se denominó modernidad. Debido a la hegemonía económica de la burguesía anglosajona, la práctica del deporte se asocia, desde su origen, a los jóvenes burgueses aficionados a este tipo de actividades (Solanes, 2013). Esta influencia se puede apreciar en el discurso que

pronunció Pierre de Coubertin en la III Olimpiada:

La idea olímpica es a nuestros ojos la concepción de una avanzada cultura muscular, apoyada, por un lado, en el espíritu caballeresco que ustedes tan graciosamente llaman *fair play*, y por otro, en la noción estética, en el culto de lo que es bello y agraciado (De Coubertin, 1973).

Norbert Elias (Solanes, 2013) señala cómo en el deporte moderno puede apreciarse un descenso del nivel de violencia física socialmente consentido con respecto al deporte en la época clásica, en la que las reglas eran no escritas; el límite de violencia permitido era de unos niveles que, en la actualidad, nos parecen del todo condenables, como muestra el caso de conocidos atletas del momento, como Lentiscos de Mesana (s. V a. C.) que se proclamó vencedor del *pankratión* no derribando a sus adversarios, sino rompiéndoles los dedos de las manos.

Este capítulo plantea que la ética debe concebirse como filosofía moral, en tanto a que sea una ética aplicada y ponga en tensión valores, actitudes, conductas, y formas de comprender y reconocer al otro. Aquí, algunas con-

sideraciones para ampliar la discusión frente al papel de la ética en el deporte. Para ello, se presentan algunas conceptualizaciones desde el Tesauro de la Unesco (1977):

1. La ética como un concepto moral, deontología y valores morales.
2. Desde el campo de las Ciencias Sociales, se asume como desarrollo moral, educación moral y filosofía.
3. Desde la cultura, se alude a la filosofía y la ética.
4. La ética comprendida desde la responsabilidad del docente, entrenador, preparador y de la educación.
5. Se asume, desde las disciplinas, como bioética, ética de la ciencia, ética de la comunicación, código ético, moral, profesional, y como normas.

Se podría afirmar que la ética es un gran telar cruzado por tejidos que forman un escenario, ya que constituye múltiples miradas y consideraciones frente a los sujetos. En líneas anteriores, se expone una postura sobre el concepto de ética, desde un escenario filosófico y moral. Para ello, los valo-

res como la ética, el juego limpio y la honestidad, junto con la deportividad, tienen especial significación para el deporte, probablemente, como aplicación concreta al deporte de valores de un alcance general mucho más amplio. Por consiguiente, el juego limpio puede considerarse la aplicación concreta, en el deporte, de la voluntad de justicia y la imparcialidad (Pipe & Hébert, 2008).

El dopaje plantea multitud de problemas que comienzan con el propio origen indeterminado del término dopaje. Autores como Verroken (2005) sostienen que, posiblemente, su origen está en el término "*dop*" utilizado en Sudáfrica, durante el siglo XVIII, para referirse a una bebida alcohólica que tenía efectos estimulantes. Según Pérez Triviño (2011), otros autores, en cambio, señalan que podría provenir de la palabra holandesa "*doop*" que, después, asumiría el inglés para referirse a una sustancia con efectos sedantes y alucinógenos.

Fue a finales del siglo XIX, cuando el término se empleó para referirse a una bebida con efectos narcóticos y, a principios del siglo XX, cuando se definió la conexión con los efectos mejoradores del rendimiento físico. Las autorida-

des deportivas fueron las primeras en tomar una serie de iniciativas en contra de todo tipo de mejoramiento proveniente de sustancias químicas. En 1928, la Federación Internacional Atlética Amateur prohibió el dopaje y, en 1968, el Comité Olímpico Internacional (COI) empezó a llevar a cabo controles de dopaje obligatorio. Como resultado, se fundó, en 1999, el *World Anti-Doping Association* (WADA). Fue en los Juegos Olímpicos de Atenas de 2004, cuando se estableció, por primera vez, un control antidopaje sistemático.

Gráfica 1 ¿Qué entendemos por ética?
 La ética concebida como filosofía moral, la cual no se centra en el contenido, sino en la forma de la moral. Nos referiremos a una ética aplicada, en nuestro caso a la práctica deportiva.



El mundo del deporte debe plantearse una reflexión en torno a la formación ética de los deportistas, entrenadores y actores que constituyen este campo. Sin duda, la formación del desarrollo integral del deportista es fundamental para garantizar un cuidado de sí y de la competencia. Esta dimensión involucra actitudes, valores y un reconocimiento del otro, lo que permitiría tejer una mirada crítica de lo que la actual sociedad está viviendo en materia de

ética. La crisis de hoy es la crisis ética del hombre, una sociedad enmarcada en problemas de corrupción que, a diario, empañan la institucionalidad, las figuras o naciones. Tal es el caso de Rusia, donde la Agencia Mundial Antidopaje (WADA) le prohibió participar a esta prolifera nación, con una histórica tradición deportiva, en competencias deportivas internacionales por los próximos cuatro años.

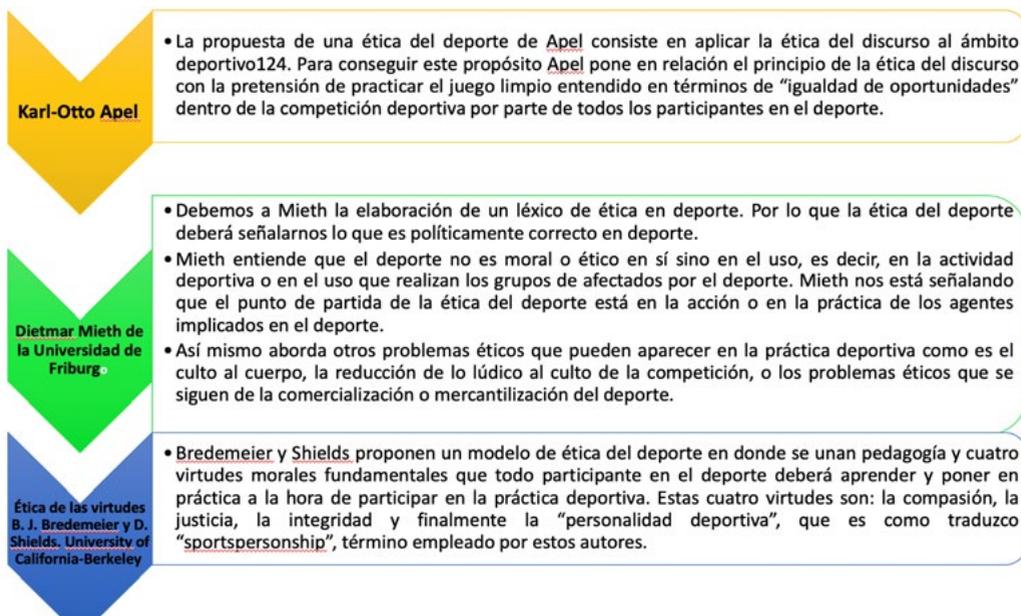
El *doping* va en contra de uno de los principios esenciales del deporte, el

que alienta una competición justa y equitativa con el fin de «que gane el mejor». Con la práctica del *doping*, el deportista se convierte en un objeto que se utiliza y se manipula. Los deportistas deben asumir la responsabilidad de ser modelos de conducta para los jóvenes que depositan en ellos una confianza que no ha de ser traicionada, la Agencia Mundial Antidopaje (AMA; World Anti-Doping Agency, WADA, 2020) considera como dopaje cualquier medida que pretende modificar, de un modo no fisiológico, la capacidad de rendimiento mental o físico de un deportista, así como eliminar, sin justificación médica, una enferme-

dad o lesión, con la finalidad de poder participar en una competición deportiva. Por otro lado, el término dopaje – incluido el Diccionario de la Real Academia Española – deriva del inglés *to dope* (drogar), que, a su vez, procede de *dop* de origen kaffir – una tribu sudafricana –, término que fue adaptado después al bóer y, finalmente, al inglés. El término original – *dop* – hacía mención de un licor fuerte utilizado por las tribus en las ceremonias de culto a sus dioses (García et al., 2017).

Algunos autores han brindado unas posibilidades de estudio frente a asumir una propuesta ética en el campo del deporte, tales son:

Gráfica 2 Aproximaciones conceptuales



Estos autores (Apel, 1986; Mieth, 1989; Bredemeier & Shields, 1984), podrían ser un fundamento para que, desde las diferentes federaciones, ligas e instituciones universitarias, se pueda aprender a establecer mecanismos formativos y de reflexión moral, que conduzcan a generar conciencia frente a lo que implica el dopaje en el deporte. Actualmente, el deporte es espectáculo, negocio e, incluso, política; pero sus actores no pueden caer en la trampa de la banalización del deporte y en lo mediático que se ha convertido, por efectos de un narcisismo o un hedonismo en el que algunos actores de este campo circundan.

El Preámbulo de la Carta Internacional de la Educación Física y el Deporte de 1978 de la UNESCO, declara que:

La educación física y el deporte han de tender a promover los acercamientos entre los pueblos y las personas, así como la emulación desinteresada, la solidaridad y la fraternidad, el respeto y la comprensión mutuos, y el reconocimiento de la integridad y de la dignidad humanas (p. 2)

Esta declaración reivindica una diversidad de valores. La Convención Internacional contra el Dopaje en el Depor-

te (2005), afirma que "el deporte ha de desempeñar un papel importante en la protección de la salud, en la educación moral, cultural y física y en el fomento del entendimiento internacional y la paz" (p. 2), y manifiesta su preocupación por:

La utilización de sustancias dopantes en las actividades deportivas y por las consiguientes consecuencias para la salud de los deportistas, el principio del juego limpio (fair play), la eliminación de fraudes y el futuro del deporte [...] el dopaje es una amenaza para los principios éticos y los valores educativos consagrados en la Carta Internacional de la Educación Física y el Deporte aprobada por la UNESCO y en la Carta Olímpica (p. 2).

Figura 1 Casos de Doping



OTROS DEPORTES MARZO 20 DE 2019

Justicia alemana espera 'gran caso' de dopaje internacional en Erfurt



CICLISMO MARZO 04 DE 2019

Aumenta el escándalo: otro ciclista austriaco admite haberse dopado



CICLISMO ENERO 09 DE 2019

'El caso Froome hace estragos en el ciclismo': Lefevere



CICLO OLÍMPICO NOVIEMBRE 11 DE 2018

En los positivos con boldenona, ¿la culpa es de la vaca?



OTROS DEPORTES NOVIEMBRE 09 DE 2018

¿Por qué Comité Olímpico advierte de riesgo de doping por comer carne?



CICLISMO AGOSTO 15 DE 2018

Positivos: lo negativo del ciclismo colombiano

Fuente: Periódico el Tiempo (2018).

En el Código Mundial Antidopaje, se presenta una lista de valores, que no pretende ser exhaustiva (Agencia Mundial Antidopaje, 2003). En este documento, se afirma la importancia central del llamado “espíritu deportivo”, que se define como “la celebración del espíritu humano, el cuerpo y la mente” (p.9). A continuación, se listan los valores encontrados en el Código. Los tres primeros puntos de la lista merecen especial atención:

- La ética, el juego limpio y la honestidad
- La salud
- La excelencia en la actuación deportiva

Los valores como la ética, el juego limpio y la honestidad, junto con la deportividad, tienen especial significación para el deporte, probablemente como aplicación concreta al deporte de valores, de un alcance general mucho más amplio.

Por consiguiente, el juego limpio puede considerarse como la aplicación concreta en el deporte de la voluntad de justicia y la imparcialidad (Pipe & Hébert, 2008).

El juego limpio es algo más que la mera ausencia de trampa: significa comportarse de conformidad con los valores del deporte, aun cuando las reglas no lo exijan concretamente (Loland, 2002). Esto conduce a pensar en el valor social que tiene el deporte en nuestra sociedad; también, en el potencial para combatir, transformar y unir, que está ligado a su constitución por la relación ética, estética y humana que tiene este campo. Para ello, se propone una ética aplicada al deporte, asumida en cuatro dimensiones:

Gráfica 3 Ética aplicada



Según Macintyre (1981), desde la ética de la virtud, debe entenderse que la unidad de la vida moral es la unidad de un relato de búsqueda del concepto de lo bueno, desde donde se puede ordenar los demás bienes existentes. Ello debe permitirnos ampliar nuestra comprensión del propósito y contenido de las virtudes, y entender el lugar de la interioridad y la constancia en la vida, como búsqueda de lo bueno (Macintyre, 1981). Esta ética de la virtud se asume como una ética aplicada y que la constituyen cuatro dimensiones. Para ello, se concibe, como uno de los caminos de la formación deportiva, el Olimpismo, ya que comprende una formación integral del ser que articula una concepción humana y ética del deporte. Esto, dado que el Olimpismo constituye un camino de formación, en el que el deporte se considera como una actividad formativa y de desarrollo integral, individual y social. Esta filosofía de vida comprende un conjunto armónico de cualidades del cuerpo, la voluntad y el espíritu.

El fenómeno del *doping* es más visible hoy en día, generando así una censura social e institucional más aguda. Sin duda, esto afecta seriamente el *ethos* del deportista, incluso, de un país. Sin embargo, no solamente el deporte jue-

ga un papel trascendental, la industria farmacéutica y la clínica tienen un rol crucial en esta nueva realidad, ya que, en parte, han sido los que han generado una tensión entre sus diferentes actores. Ello ha ocasionado una discontinuidad en sus roles, pues ya no es solamente el entrenador, el psicólogo e, incluso, el fisioterapeuta, quienes inciden en su formación, sino que los estereotipos, la publicidad, el mercado y la industria, también han generado otras formas de incidir en los procesos formativos y de comportamiento de los deportistas.

Referencias

- Agencia Mundial Antidopaje (2003). Código Mundial Antidopaje. Montreal: Agencia Mundial Antidopaje. https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/codigo_2021_espanol_final_002.pdf
- Agencia Mundial Antidopaje (WADA). (s.f.). Qué hacemos nosotros. Recuperado de: <https://www.wada-ama.org/en/what-we-do>
- Apel, K. O. (1986). Estudios éticos. Barcelona, España: Editorial Alfa. ISBN: 84-7222-260-8.
- Bredemeier, B. J., & Shields, D. L. (1984). Divergence in moral reasoning about sport and everyday life. *Sociology of sport journal*, 1(4), 348-357. <https://doi.org/10.1123/ssj.1.4.348>
- Comité Olímpico Internacional. (2011). Carta olímpica. Lausana/Suiza: Did We Do.
- Comité Olímpico Internacional. (2015). Carta Olímpica. Lausana, Suiza: Did We Do S.a.r.l.
- Convención Internacional contra el Dopaje en el Deporte: proyecto definitivo (ED/2005/CONV-DOP REV.2). (2005).
- Coubertin, P. (1973). Ideario olímpico. Discursos y ensayos. Instituto Nacional de Educación Física. Madrid, España. ISBN: 8432504602
- Elías, N., & Dunning, E. (1992). Deporte y ocio en los procesos de civilización. Primera Edición en Español. FCE, Madrid, España. ISBN: 978-607-16-4869-3.
- Eltiempo.com. (2019). Dopaje en el Deporte. Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/noticias/dopaje-en-el-deporte>
- García Ferrando, M., Puig Barata, N., Lagardera Otero, F., Llopis Goig, R., & Vilanova Soler, A. (2017). Sociología del deporte. Comercial Grupo ANAYA, SA. <http://dx.doi.org/10.1387/pceic.21387>

- Levinas, E. (2000). Educación y hospitalidad. En F. Bárcena & J. C. Melich (Eds.), *La educación como acontecimiento ético: natalidad, narración y hospitalidad* (pp. 125-147). España: Ed. Paidós.
- Loland, S. (2002). *Fair Play in Sport: A Moral Norm System*. Londres y Nueva York: Routledge. ISBN: 0-419-26060-9.
- Macintyre, A. (2001). *Tras la virtud*. Barcelona, Crítica. ISBN: 9788484321705
- Mèlich, J. C., & Bárcena Orbe, F. (2000). La lección de Auschwitz. *Isegoría*, No. 23, 225-236. <https://doi.org/10.3989/isegoria.2000.i23.546>
- Mieth, D. (1989). Ética del deporte. *Concilium: Revista internacional de teología*, (225), 241-258. ISSN: 0210-1041.
- Nietzsche, F. (1873). *Verdad y mentira en sentido extramoral*. Recuperado de: <https://shre.ink/8hxl>
- Pérez Triviño, J. L. (2011). *Ética y deporte*. Bilbao: Desclee de Brouwer. ISBN: 978-84-330-2532-6.
- Pipe, A., & Hébert, P. C. (2008). Le dopage, le sport et la communauté. *CMAJ*, 179(4), 305-305. <https://doi.org/10.1503/cmaj.081115>
- Solanes, S. F. R. (2013). *La ética del deporte en el contexto actual de la filosofía, desde la aportación de la modernidad crítica* (Tesis de doctorado). Universidad de Valencia, España. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=84307>
- UNESCO. (1978). *Carta internacional de la Educación Física y el Deporte*. Recuperado el 3 de diciembre de 2014, de http://www.unesco.org/bpi/pdf/memobpi45_educationsport_es.pdf
- UNESCO. (1977). *Tesaurus de la UNESCO. ¿Qué es dopaje?* Recuperado de: <http://www.unesco.org/new/es/social-and-human-sciences/themes/anti-doping/youth-space/what-is-doping/>
- Verroken, M. (2005). *Drug use and abuse in sport*. Londres: Routledge. ISBN: 9780203471890.



CAPÍTULO 10

¡Doping, Cuerpo, Cultura!

Yury Vergara López

Licenciada en Educación Física y Salud

Especialista en Actividad Física y Terapéutica

Magister en Alta Dirección de Servicios Educativos

Grupo de Investigación Deporte y Rendimiento Humano

Docente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia

yury.vergara@unad.edu.co

1. Introducción

Este documento parte de un proceso indicativo sobre el *doping*, el cuerpo y la cultura. Pretende invitar a reflexionar sobre la práctica del dopaje, a partir del sujeto y de las conductas que llevan a la transformación y auto-creación, desde las técnicas del yo, además de cómo influyen estos conceptos en la sociedad. En este proceso, los textos de Foucault vislumbran las subjetividades que aparecen en las técnicas del yo; muestra un camino, a partir de unos modos concretos de transformación del individuo. En

cuanto al sujeto, él siempre ha jugado con la naturaleza, con su ser; dentro de la construcción social, él desea y pretende hacer realidad cada uno de sus deseos. A su paso, no mide las consecuencias; se dice que en la subjetividad priman el yo y los deseos, y ese es el poder del individuo y su capacidad de auto-crearse (Sáenz, 2014).

En ese sentido, el libre albedrío permite al sujeto comprender qué es lo bueno y qué es lo malo, y cómo el sujeto se plantea la relación con su cuerpo. Esta relación es influenciada por la so-

ciudad, el entorno y la cultura, lo que permite la transformación del sujeto. Pero, si se piensa el cuerpo desde lo social y el poder político que ejerce la sociedad; si se da una mirada a las reglas y los deberes que parten de la concepción confesional (religión), siendo unas prácticas sociales que influyen en el desarrollo de la sociedad, cómo evoluciona y lo que permite la constante construcción del sujeto social, entonces, se puede decir que el ser humano está predispuesto con la capacidad de auto-crearse.

Con respecto al *doping*, es un método externo que intenta modificar la eficacia del sujeto a nivel competitivo, tanto física como intelectualmente. Por consiguiente, no se puede desligar del contexto social y cultural que influye en su existencia, desarrollo y control. En la actualidad, existen tantos métodos y técnicas de dopaje, que son cada vez más difíciles de detectar. El individuo, en su búsqueda de trascender, somete su cuerpo a largas jornadas de entrenamiento para alcanzar determinados objetivos. La sociedad ha rendido, de alguna manera, culto al cuerpo bien formado, al cuerpo que rompe los esquemas. Quizás eso mismo ha hecho que la sociedad desarrolle nuevos métodos, y que el sujeto

también se auto-exija y ejerza sobre sí las técnicas de dominación como modos de acción.

Es así como aquí no se habla del sujeto desde un punto de vista retórico, si no que surge una reflexión desde las posibilidades, a partir de la práctica que él ejercerse sobre sí mismo, sobre su cuerpo e, incluso, sobre aquellos que lo rodean. La práctica en sí no sólo se trata de la materia viva, el cuerpo tan-gente, sino también del alma, y partir de un análisis del cuidado y el conocimiento de sí mismo y la relación existente (Foucault,1999). Se trata, también, de cómo entender si, realmente, el conocimiento de sí que tiene el sujeto lo lleva a tomar decisiones sobre su actuar.

2. Discusión

Como punto de partida para esta discusión, se presenta la definición del *doping* como:

La administración o el uso por parte de un individuo de cualquier agente o sustancia que no está presente en el cuerpo de forma habitual y/o de cualquier agente o sustancia fisiológico que al admi-

nistrarse en cantidades anómalas tengan el propósito de incrementar de modo artificial e injusto el rendimiento durante la competición del individuo en cuestión (Rosen, 2008, p. 75).

Entonces, el individuo y su necesidad de trascender, de la individualidad del ser, sin pensar en las causas y consecuencias, comienza un camino hacia su modificación y el por qué busca algunas prácticas que le faciliten el camino, surgiendo el *doping* como lo prohibido. Pero, ¿por qué surgen las políticas antidopaje y cómo el individuo asume su rol frente a las posibilidades y, por ende, las consecuencias de esta práctica? Para responder este interrogante, conviene trasladarse al año 1960, tras la muerte de Knut E. Jensen en los Juegos Olímpicos de Roma. Tras esta muerte, salieron más casos a la luz de deportistas consumidores de anfetaminas sin control alguno y con un gran deseo de triunfo, en el afán de alcanzar altos logros y trascender. Ello hace que el sujeto recurra a lo desconocido y así, tras esa oleada de consumo de anfetaminas, iniciaron los controles *anti-doping* y surgieron nuevos avances, tanto en el *doping* como en los controles.

El control del dopaje no se puede desligar del contexto, pues su uso, y quizá su abuso, se dio en un momento de tensión político-social de la historia de la humanidad. El deporte de alto rendimiento enfrenta al sujeto, quien intenta demostrar su superioridad frente al otro, a la búsqueda afanada del éxito, de superar al otro. En esa carrera, algunos caen en la tentación de creer que el *doping* es un camino fácil y rápido para llevar al máximo el cuerpo o generar una eficiencia fisiológica que no ha logrado a partir de los entrenamientos.

Cuando surgieron los primeros controles *anti-doping* por el Comité Olímpico Internacional, no fueron del todo eficaces. Con ellos, se advirtió que algunas de las sustancias eran sólo usadas durante los periodos de preparación, para evitar su detección en las competencias; de allí, se creó en 1999 la Agencia Mundial Antidoping (AMA), que trabaja en coordinación con las federaciones, las ligas y el Comité Olímpico Internacional. Ello ha potencializado el estudio y la realización de mayores seguimientos, pero también ha propiciado que se generen y desarrollen nuevas tendencias y formas de dopaje, que faciliten el máximo rendimiento deportivo en las competencias.

Ahora bien, conforme la sociedad, la tecnología y el conocimiento evolucionan, el dopaje cambia, se transforma. Antes, sólo se hablaba de sustancias; ahora, existen otros métodos cada vez más sofisticados que el desarrollo de la ciencia y la tecnología ponen al alcance de los deportistas. Pero, la pregunta es ¿por qué los deportistas acceden al uso de estos métodos? Quizá por el afán de reconocimiento y fama, sumado a los beneficios económicos y sociales que obtienen por ganar. El *doping*, cabe mencionar, también es un gran organismo en constante desarrollo al margen de la ley.

Actualmente, existe controversia sobre el uso del dopaje. Esa discusión está sobre la mesa entre dos bandos: el liberal, denominado como "trans-humanista", y el conservador, llamado "bio-conservador", como si sólo existieran dos modos de comprender esta realidad, que será blanca o negra, pero muy pocas veces de tonos grisáceos (Sandel, 2007). El *doping* no solamente permea la esfera del alto rendimiento, sino también todas las escalas de la práctica deportiva; pero, ¿cuál es la delgada línea que se cruza al usarlo?

La visión transhumanista plantea que la biotecnología debe ponerse al ser-

vicio de la humanidad y propone la utilización de toda nueva tecnología, con el fin de mejorar las condiciones de vida de la humanidad (Bellver-Capella, 2012). Desde esta visión, se pretende hacer uso de la tecnología y la biología, con el fin de mejorar nuestra dotación genética. En contraposición, están los bioconservadores (Fukuyama, 2008), quienes están en contra de la mejora humana y a favor de que se prohíba, pues es moralmente una práctica incorrecta. Esto, dado que, para este grupo, tal práctica vulnera lo más propio del ser, su humanidad; es como tratar la vida humana como material en bruto, para ser explotado como recurso natural y pasar la delgada línea de lo natural a lo manufacturado (Kass, 2002). Por lo anterior, el ser humano se enfrenta a grandes retos éticos en el desarrollo de la biotecnología.

Unas de las finalidades del *doping* es alcanzar mayores resultados en menor tiempo; entonces, la cuestión es ¿qué hace transgredir los límites, morales, éticos o, más bien, los límites de nuestro cuerpo en pro de un objetivo, de ser reconocidos? Desde la visión del ser, el cuerpo, el libre albedrío, el individuo y su capacidad de auto-crearse (Sáenz, 2014); desde el comprender

qué es lo bueno y qué es lo malo, y de cómo el sujeto se plantea la relación con su cuerpo, se ve influenciado por la sociedad, el entorno y la cultura.

Las prácticas sociales y culturales influyen en el desarrollo de la sociedad y en cómo ella evoluciona con el tiempo. La sociedad, las personas y el sujeto están en constante construcción; ante ello, se podría afirmar que el ser humano está predispuesto con la capacidad de auto-crearse. Él actúa de forma libre o quizás deliberada sobre sí para transformarse; parte de una insatisfacción consigo mismo, con su estado actual, pues el sujeto es esclavo de sus pensamientos, emociones, deseos y placeres (Sáenz, 2014). Entonces, el sujeto, como agente de cambio, en su autonomía y dentro de su subjetividad, construye su entorno y su realidad. Pero, ¿hasta qué nivel está dispuesto a modificarse que lo conduce a forzar su cuerpo al límite? El deporte, la disciplina y el deseo de trascender y ser reconocido parten de un deseo propio o de una construcción social.

La perspectiva de Foucault (1992) invita a conducir el razonamiento a partir de lo presente, lo que es válido para nosotros y, a partir de ahí, configurar

embrollos de sucesos no siempre advertidos, no siempre controlables, pero sí siempre rastreables y atravesados por el poder. Las prácticas de sí, denominadas así por Foucault, configuran al hombre moderno y están transversalizadas por lo ético y político (poder), y los instrumentos que configuran al hombre contemporáneo. Por ello, resulta pertinente analizar los efectos de las acciones y decisiones del hombre; observar el doping no desde las consecuencias, sino desde por qué el sujeto llega a ese límite, y cuál es su deseo, su pasión, qué lo motiva.

Si se habla desde los actos que están permitidos y prohibidos, desde la mirada de Foucault (1999), se plantea cómo la sociedad y el sujeto en sí pasan esta línea delgada, pues los sentimientos y deseos represados influyen en las subjetividades. Ello hace que el sujeto sea movido por un deseo disfrazado de razones; entonces, los actos se suscitan por el deber o por los deseos. Si el sujeto ejerce un dominio sobre sí, y lo hace a partir del deber, se cree que sería un sujeto disciplinado, regido por el poder y el control. Ese poder se permea por sus deseos; por ello, el doping es cuestionable porque se piensa que es el camino fácil para alcanzar un logro, pues esa ayuda fa-

cilitaría la llegada al éxito de la persona quien la usa.

No obstante, el doping en el deporte es un acto prohibido y perseguido, porque es considerado incorrecto por lo ético y moral; por la sociedad; por ser una ventaja quizás "razonable" frente a los otros, y por atentar contra la salud del sujeto. Lo cierto es que cada día va más allá, cambia, se transforma y evoluciona. Actualmente, se encuentran diversas modalidades, incluso se las llama mejoras; pero, ¿hasta qué punto es una mejora? ¿Hasta qué punto estamos jugando con los procesos normales de adaptación del cuerpo, de la evolución natural?

Asimismo, el ser humano siempre ha jugado con la naturaleza. Dentro del constructo social, el ser humano es la especie dominante del planeta por poseer un cerebro más grande, ser capaz de utilizar herramientas, construir, usar su imaginación y luego hacerlo realidad. A su paso, no mide las consecuencias, priman el yo y sus propios deseos sobre la naturaleza.

En cambio, al comprender el cuerpo desde lo social, se puede partir de una mirada de las reglas y los deberes que hacen parte de la concepción confesional (religión), siendo unas

prácticas sociales que influyen en el desarrollo de la sociedad y de cómo ella evoluciona con el tiempo. La sociedad, las personas y el sujeto están en constante construcción; entonces, se puede decir que el ser humano está predispuesto con la capacidad de auto-crearse, a partir de los cambios en las prácticas sociales y, sobre todo, de las prácticas de sí, sobre su modo de relacionarse y la percepción subjetiva que se tiene del cuerpo y del cuerpo del otro. Esa percepción se ve influenciada por la tecnología y el rápido desarrollo de la virtualidad en las relaciones sociales. Entonces, ¿qué es el cuerpo, un objeto, una idea, el instrumento con el que nos interrelacionamos con el mundo, con la sociedad, con nosotros mismos?

Partiendo de la idea de que el cuerpo sigue siendo un instrumento de relación con el mundo, su visión se va modificando con similitud a cómo evoluciona la sociedad. Serres (2013) afirma que el mundo cambió tanto que todo debe ser reinventado. Entonces, también se reinventó el cuerpo, el cuerpo como concepto, idea, cosa e instrumento de interrelación. Así, lo corporal, desde lo somático, como un objeto que permite transformarlo, tiene un uso binario. Por consiguiente,

las prácticas sobre el cuerpo del sujeto son prácticas de sí, siendo un cuerpo articulado al hacer.

El cuerpo ha sido objeto de estudio en diferentes momentos de la historia, no solo a nivel biológico-fisiológico, sino también como expresión artística y objeto de poder. El cuerpo es parte de la historia del sujeto, es una herramienta, un instrumento de interrelación social, política y cultural. Entonces, en la era de información, en la que todo se ha reinventado o debe ser reinventado (Serres, 2013); en la que todo está a un clic y la tecnología nos acerca, pero los cuerpos se distancian; en la que la sociedad de consumo está a la vanguardia de la tecnología, pero no del nuevo conocimiento; en la que la información abunda (pero, ¿qué tipo de información?), el sujeto es autónomo y manipula su cuerpo al punto de que el cuerpo se convierte en un instrumento de consumo.

Se tienen, otrora, las prácticas binarias del cuerpo, entre el ser y el deber, el cuerpo que siente y el cuerpo "cosa", el sujeto maneja el cuerpo y le da directrices, porque el cuerpo hace. Así, para alcanzar nuestros deseos, la naturaleza trabaja en ello; pero cuando esto no es suficiente y no satisface las ex-

pectativas, se somete el cuerpo, este instrumento, a otros métodos. Entonces, no se depende sólo del ejercicio, sino también de otro tipo de ayudas que permitan alcanzar el fin deseado. En el mercado, cada vez se encuentra más variedad de sustancias, objetos y, quizás, hasta pócimas mágicas que vende la idea de "ser el mejor".

Ese pensamiento de "ser el mejor" nace de nuevas redes de la información. El ser humano es parte de una construcción social; y, en el juego de poder que el sujeto ejerce con él y con el otro, es como se re-escibe el cuerpo en la era de la tecnología. Consecuentemente, se piensa en el cuerpo desde el objeto y el sujeto, desde la subjetividad del individuo, entendiendo que esta depende de la realidad del sujeto. No es lo mismo la historia del cuerpo de un deportista que la del cuerpo de un académico o un artista, pues, ya que el cuerpo no es sólo una masa biológica, es la estructura que lo representa la que juega un papel en el proceso de intercambio social. Representa un constructo social, pues si se indaga, se encuentra que la historia de los cuerpos varía; si en un grupo de personas se indaga aleatoriamente su historia, ellas relatarán la historia desde su vivencia, no necesariamente desde lo académico o lo social.

Por ende, se pueden concebir las prácticas de sí de forma binaria. La primera como un acto de creación, autoconocimiento o descubrimiento, y la segunda como la pasión. La primera se podría relacionar con el alma, lo ético y la forma-sujeto como un instrumento inacabado que puede auto-crearse de múltiples formas y que se caracteriza por la individualidad de la creación de un sujeto inédito (Sáenz, 2014). Esta individualidad es la que hace que el sujeto desee superar al otro, y el deseo o la pasión hace que se trabaje en pro de ese objetivo. Entonces, siendo sujetos con la capacidad de auto-crearse, el doping representa una manera de modificación, pero esa modificación es controlada, medida, premeditada, estudiada y monitoreada, con el fin de saber hasta dónde se puede llegar.

Se encuentran múltiples aristas de las prácticas de sí que conducen a replantearse el cuerpo y su valoración ética; el cuerpo como instrumento del sujeto; el cuerpo como instrumento de placer, también denominado cuerpo-placer (Sáenz, 2014). En mundo contemporáneo, está altamente movido por las pasiones y visto desde diferentes perspectivas dentro de ella, desde una visión romántica de concebir el cuerpo, que a su vez puede verse

y considerarse como el cuerpo-cosa, que es esclavo de emociones, deseos, pensamientos y placeres.

Ahora bien, el cuerpo es un instrumento de placer; biológicamente, está diseñado para sentir placer, incluso con las cosas más simples de la vida, como comer, pues el comer garantiza la supervivencia. De este modo, se experimenta placer al modificar el cuerpo para alcanzar un objetivo, o no, siendo el cuerpo-placer, como plantea Sáenz (2014). De esta manera, todo gira en torno a las pasiones, los deseos y las insatisfacciones, que mueve a tomar ciertas decisiones.

La insatisfacción del sujeto se relaciona con el yo (Sáenz, 2014). El sujeto se vuelve esclavo de sus pensamientos, emociones, deseos y placeres. Al ser esclavo de sus emociones en torno a sus deseos, el sujeto se construye a partir de representaciones sociales. Cada individuo posee imaginarios y representaciones del mundo; por lo tanto, obedece a esas representaciones sociales; entonces, al intentar satisfacer sus deseos, su finalidad es la felicidad.

Las prácticas de sí en occidente se desarrollan a partir de las prácticas políticas, las prácticas de poder, del go-

bierno de sí, del gobierno de los otros (Foucault, 1995). Se habla de cuidado de sí, entonces si las prácticas de poder y el cuidado de sí tienen como base el cuidado de sí mismo, ¿por qué los sujetos utilizan elementos como el doping para satisfacer una necesidad de trascender? La individualidad busca ser reconocida y el reconocimiento es un poder.

Las prácticas de sí del siglo XX obedecen a la objetivación del hombre (Sáenz, 2014). Si el hombre, al objetivar su cuerpo, se convierte en un instrumento que le es útil, es una herramienta. Entonces, el cuerpo ya no es una idea, es una cosa, una máquina, que se puede modificar y hacer más eficiente para alcanzar el objetivo propuesto. Se puede decir que los estilos de vida son articulados por las prácticas de sí, que obedecen a construcciones sociales que son cambiantes.

Socialmente, el cuerpo hace parte de la representación de la realidad y de las construcciones sociales; entonces, el uso del doping no obedece a una necesidad, un deseo o una oportunidad de llevarse al límite. Se trata de algo que rompe con las normas sociales, pero porque el individuo que construye normas las rompe. El doping no solo

es de uso en los deportistas de alto nivel; ya hace parte de nuestra sociedad, moldeada a necesidad y en constante cambio.

El cambio hace que se modifiquen los paradigmas; así, en la manera como los individuos y las sociedades representan el mundo e interpretan las ideas y normas, se reflejan como seres integrales o como "cuerpos-máquina". Una máquina que está al servicio propio; por tanto, la expansión del uso del doping, y de la gran variedad que hay en la actualidad, obedece a una demanda del mismo. Si no hay quien lo consume, no habría quien lo produzca, quien lo desarrolle. Esto se vuelve un juego de mercadeo, que responde a la demanda del mercado.

Los juegos de poder de la sociedad y la demanda social favorecen las subjetividades. El doping avanza, evoluciona y se hace cada vez más difícil de detectar. Entonces, ¿cuál sería la postura de quien produce y quien consume? Con la idea de ser mejor, el sujeto puede apostar todo a las modificaciones producidas por sustancias o productos, modificaciones tanto físicas como mecánicas se pueden ofrecer. No obstante, ¿cuál sería el costo de eso? ¿Un costo moral, económico, social?

En consecuencia, si el doping satisface un deseo, una idea, una realidad, quizá rompe con lo ético y el cuidado de sí. En relación con esto último, Foucault afirma que “este tema del cuidado de sí no constituye un consejo abstracto, sino una actividad extensa, una red de obligaciones y de servicios que el individuo debe satisfacer para con el alma” (1999, p. 453). Así, los deseos y la pasión son objeto del alma; el sujeto reconoce su cuerpo como un objeto simbólico, una realidad. Y, como herramienta, entonces satisface sus deseos sobre lo ético y, de este modo, construye un cuerpo estético, atlético, social y ético. En cierta medida, todo ello influye en la postura social frente a los cambios del cuerpo.

La reflexión sobre las técnicas de sí, desde la perspectiva de Foucault, pretende destacar que:

Las técnicas de poder que determinan la conducta de los individuos, les someten a ciertos fines o a la dominación y objetivan al sujeto y las técnicas de sí, que permiten a los individuos efectuar, solos o con la ayuda de otros, algunas operaciones sobre su cuerpo y su alma, sus pensamientos, sus conductas y su modo de ser, así como

transformarse, a fin de alcanzar cierto estado de felicidad, de fuerza, de sabiduría, de perfección o de inmortalidad (1999, p. 445).

Efectivamente, las técnicas de sí ilustran las posibilidades del sujeto de transformarse y ejercer, como sujeto, poder sobre sí, su realidad y lo que es capaz de apostar para alcanzar lo que para él es la felicidad. El ser humano sigue luchando por superar el paradigma de su realidad, sentirse inmortal e invencible, la máxima expresión de la evolución humana. ¿Será que realmente el *doping* facilita alcanzar ese grado de perfección, de poder? ¿Cuáles pueden ser las consecuencias?

El sujeto se autoevalúa, realiza un examen de sí mismo y su conciencia y, a través de sus subjetividades, intenta evaluar sus acciones, comprenderse a sí mismo, su realidad, lo que hace y hasta dónde puede llegar. Intenta comprender sus alcances, lo que hizo y lo que debió hacer, y contrasta las dos caras de la moneda. Es de destacar que estas prácticas de sí no son exclusivas, se pueden aplicar a todos los sujetos y en diferentes grados, pues todos han ejercido, de alguna u otra forma, prácticas de sí, sobre sí mismos.

Con respecto al deporte, al deporte moderno, ese que en la actualidad es todo un aparato burocrático, que se convierte en espectáculo y mueve la economía, constituye un gran movimiento sociocultural. Los eventos deportivos se despliegan, poseen gran acogida social, se han convertido en un producto de consumo que mueve al mundo y la economía; incluso, el deporte ha llegado a ser un espectáculo.

Este movimiento social, en torno a los eventos deportivos y por consecuencia a los deportistas, todo ese despliegue en torno al deporte, las competencias y las especialidades deportivas, alberga el interés del mundo por saber quiénes son los mejores, el más fuerte, el más rápido, el más preciso... Todo gira alrededor del máximo desempeño, en busca de altos logros, esos que dan reconocimientos, fama, que hacen subir a lo más alto y dejar huella en la historia...

Toda esa presión social, esa sed de triunfo y de ser el primero, podrían ser unos de los principales incentivos que posee el sujeto para acortar el proceso para alcanzar la meta: el *doping*. Precisamente, se ha pensado para eso, para facilitar las cosas y dar una ventaja frente el oponente. Visto de esta

manera, es entendible la razón del por qué se insiste en esta práctica, una práctica que no está aprobada socialmente. Por tanto, es una práctica poco segura, aunque cada día evolucione y se transforme, gracias a que la tecnología así lo ha facilitado.

Cada día el deporte gana adeptos, los espectadores lo disfrutan y admiran las formas de excelencia humana; todo este reconocimiento que posee hace que todos aquellos que practiquen deportes, y en especial los deportistas de alto rendimiento, estén expuestos a la tentación; pero, el deportista ¿cómo está trabajando su subjetividad? ¿Cómo se representa así mismo? ¿Qué lo lleva a usar métodos que le faciliten el triunfo? ¿Cómo reconoce su cuerpo y qué lo motiva a manipularlo de esa manera?

En relación con el *doping*, entonces, se ha expuesto que es principalmente el deseo del sujeto de trascender y por la evolución. Sólo continúan en pie los mejor adaptados, los que han logrado una adaptación fisiológica del cuerpo como respuesta al estímulo, al deporte como estímulo. Cuando no queremos esperar, el deseo es tan fuerte que se antepone las emociones por encima de la racionalidad; el sujeto se deman-

da un tipo particular de prácticas sobre su cuerpo, pues la imagen corporal genera o no confianza. En los deportes, precisamente por la alta demanda física, es más que evidente que el ejercicio produce cambios y adaptaciones propias de cada disciplina deportiva.

Según Sáenz (2014), el cuerpo se ha convertido en un capital de vital importancia para desenvolverse en la vida social. Se considera un bien en el que se invierte tiempo, educación, alimentación, entre otras cosas. Si nuestro cuerpo es nuestro bien, una herramienta de intercambio social, ¿por qué se desea acelerar los procesos y llevar el cuerpo de lo ético a lo estético? De este modo, desenmarañar los cambios de paradigmas del cuerpo y su representación social, escribir el objeto, desde las diferentes aristas que pueden intervenir en él, en consecuencia, con lo expresado, se debe escoger un contexto sociocultural. Un contexto que defina una línea a seguir, pues el cuerpo juega un papel de intercambio y relación en la sociedad, y cada uno la percibe de acuerdo con su propia subjetividad.

3. Conclusiones

Es consecuente pensar que unas de las causas de la persecución del *dopaje*, es velar por la salud y el bienestar de los deportistas, pues estas prácticas pueden ocasionar una muerte prematura. Debido a lo anterior, se crean los controles, pero el deporte en sí lleva el cuerpo a enfrentar los límites. Los procesos de entrenamiento están diseñados para generar una mejora constante a nivel fisiológico del cuerpo frente al estímulo deportivo. Estar años bajo una exigencia física genera muchos cambios a nivel funcional; el cuerpo se adapta, se modifica y responde a ellos, a medida que se adecua a las exigencias. Entonces, la modificación fisiológica, a partir del ejercicio, se considera adecuada y aceptable; pero a partir de agentes externos, castigada y perseguida.

Las organizaciones gubernamentales están en constante crecimiento, realizan investigaciones y seguimientos. Todo el aparato burocrático que mueve el deporte está en constante evolución, se conocen nuevas formas de *doping*, se desarrolla tecnología para la eficiencia deportiva y se evalúa si el *doping* es o no una forma de incremen-

tar la eficiencia. Cada movimiento está bajo el radar, será o se puede considerar cuestionable, pero siempre habrá quien infrinja la norma, no por sentir que no es bueno sino por obtener una pequeña ventaja frente al otro. El *doping* cada día es más difícil de detectar; por los mismos cambios sociales, se hace más diverso y con mayores alcances. Por eso, ahora cabe cuestionarse lo ético de estos estudios. ¿Se alcanzará el punto de manipular el ADN para ser más eficientes o dejaremos que la naturaleza realice el proceso de selección natural y de un brinco en la evolución?

La sociedad ha cambiado, estamos en la era de la informática, la información viaja cada vez más rápido; los avances, las nuevas creaciones, la tecnología cambia constantemente y la sociedad la recibe, la hace parte de sus vidas y, por consiguiente, las construcciones sociales se transforman. El sujeto ya no es el mismo, las subjetividades y el individualismo están a la orden del día; se quiere superar al otro, guiándose por las pasiones. Por medio de las emociones, el sujeto se auto-construye y esta acción hace parte de cómo percibimos el mundo, de los imaginarios, de cómo todos los avances modifican el pensamiento del

sujeto. Entonces, las pasiones guían la necesidad de trascender del individuo y, con este afán de alcanzar su meta, rompe con lo ético y el cuidado de sí.

Los escritos de Foucault reflexionan subjetivamente sobre las técnicas de sí o las tecnologías del yo, que son atravesadas por el poder, llámese político, social, religioso entre otros, que influyen en el saber de sí mismo. En ellas, se establece que están divididos en cuatro subgrupos; sin embargo, se centra en las técnicas de poder que determinan la conducta de los individuos y las técnicas de sí. Estas últimas técnicas de poder se sustentan en la dominación subjetiva del individuo o al que puede llegar a someterse para alcanzar un fin. Esto permite operaciones sobre el cuerpo, el pensamiento, incluso su conducta, con el fin de transformarse y auto-crearse. Todo ello, motivado por las pasiones, el deseo y, en últimas, para alcanzar algún grado de felicidad.

Referencias

- Bellver-Capella V. (2012). Biotecnología 2.0: las nuevas relaciones entre la biotecnología aplicada al ser humano y la sociedad. *Persona y bioética*, 16(2), 87-107. <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/14237>
- Foucault, M. (1992), *Microfísica del poder*. Editorial La Piqueta, Madrid. <https://pensamientopenal.com.ar/system/files/2014/12/doctrina39453.pdf>
- Foucault, M. (1995). Genealogía de la ética. Obras esenciales, volumen 1. London: Penguin.
- Foucault, M. (1999). Las técnicas de sí, en M. Foucault, estética, ética y hermenéutica. Obras esenciales, volumen 3. Barcelona: Paidós. <https://dn790008.ca.archive.org/0/items/mallaspoder1999/Mallas%20poder%201999.pdf>
- Fukuyama F. (2008). *Our Posthuman Future: Consequences of The Biotechnology Revolution*, Profile Books, London, 2002, P. 108. [Trad. Cast. *El Fin Del Hombre: Consecuencias De La Revolución Biotecnológica*, Trad. Por Paco Reina, Zeta Bolsillo, Barcelona]. ISBN: 0-312-42171-0.
- Kass, L. R. (2002). *Life, Liberty and The Defense of Dignity*, London, Encounter Books. ISBN: 1-1-59403-047-2.
- Rosen, D. M. (2008). *Dope: A history of performance enhancement in sports from the nineteenth century to today*. Bloomsbury Publishing USA. ISBN: 978-0-313-34520-3.
- Sáenz Obregón, J. (2014), *Artes de vida, gobierno y contraconductas en las prácticas de sí*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas, Centro de Estudios Sociales. ISBN: 978-958-761-950-8.
- Sandel, M. (2007). *The Case Against Perfection: Ethics in The Age of Genetic Engineering*, Harvard University Press, Cambridge, 2007, P.50. [Trad. Cast. Por Ramón Vilá Vernis, *Contra La Perfección: La Ética En La Época De La Ingeniería Genética*, Marbot Ediciones, Barcelona, 2007]. <https://doi.org/10.1172/JCI33471>
- Serres, M. (2013). *Pulgarcita*. Traducción de Vera Waskman. México: Fondo de Cultura Económica. Colección Tezontle. ISBN 9 789505 579761 (rústica).



DOPING:

CUESTIÓN DE ÉTICA



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

