

EL DOPING Y SU CONTROL

JAIRO HERNÁN CEBALLOS VALENCIA

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE QUÍMICA
ARMENIA OCTUBRE DE 2003**

EL DOPING Y SU CONTROL

JAIRO HERNÁN CEBALLOS VALENCIA

**Presentado como requisito parcial
Para optar el título de QUÍMICO**

**Director
MARCO A. GONZÁLEZ
QUÍMICO UNIVERSIDAD NACIONAL**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE QUÍMICA
ARMENIA OCTUBRE DE 2003**

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

- Químico Marco A. González. Docente Universidad del Valle.

- Universidad del Quindío

- Centro de alto rendimiento IMDERA Bogotá. Dra. Gloria Gallo.

- A Jairo Antonio Ceballos Osorio y Lina Maria Grisales Restrepo por su gran apoyo.

- Así como a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización del presente trabajo.

*A mi hija Natalia
A Lina María y mi Padre
Por su constante apoyo y confianza*

TABLA DE CONTENIDO

LISTAS DE FIGURAS	7
JUSTIFICACIÓN	8
1. INTRODUCCIÓN	10
2. EL DOPING Y SU CONTROL	12
2.1 ETIMOLOGÍA DEL DOPING	14
2.2 DEFINICIÓN DE DOPING	15
2.3 HISTORIA DEL DOPING	17
2.3.1 OTROS HECHOS DE DOPING	30
2.4 EL PROBLEMA DEL DOPING	31
2.4.1.1 ¿POR QUÉ SE LLEGA AL DOPAJE?	32
2.4.2 ¿CUÁL ES SU PROYECCIÓN EN LA SOCIEDAD ACUTAL?	33
2.5 LA LUCHA CONTRA EL DOPING	34
2.5.1 CRONOLOGÍA DE LA LUCHA CONTRA EL DOPING	36
3. TIPOS Y MÉTODOS PROHIBIDOS DE DOPING	47
3.1 LISTADO OFICIAL	48
3.1.1 CLASES DE SUSTANCIAS PROHIBIDAS	48
3.1.2 MÉTODOS PROHIBIDOS	49
3.1.3 CLASES DE SUSTANCIAS SUJETAS A CIERTAS RESTRICCIONES	49
3.2 COMPONENTES	49
3.2.1 CLASES DE SUSTANCIAS PROHIBIDAS	50
3.2.1.1 ESTIMULANTES	50

3.2.1.1.1	BRONCODILATADORES	51
3.2.1.1.2	ESTIMULANTES PESADOS (ANFETAMINAS Y RELACIONADOS)	51
3.2.1.2	ANALGESICOS NARCÓTICOS	51
3.2.1.3	AGENTES ANABOLIZANTES	52
3.2.1.3.1	ESTEROIDALES	52
3.2.1.3.2	NO ESTEROIDALES	53
3.2.1.4	DIURETICOS	54
3.2.1.5	HORMONAS	54
3.2.2	MÉTODOS DE DOPAJE	55
3.2.2.1	DOPING SANGUÍNEO	55
3.2.2.2	MANIPULACIONES FARMACOLOGICAS, QUIMICAS Y FÍSICAS	55
3.2.3	CLASES DE DROGAS SUJETAS A CIERTAS RESTRICCIONES	56
3.2.3.1	ALCOHOL	56
3.2.3.2	MARIHUANA Y OTROS CANNABINOIDES	56
3.2.3.3	ANESTESICOS LOCALES	56
3.2.3.4	CORTICOSTEROIDES	57
3.2.3.5	BLOQUADORES BETA-ADRENERGICOS	57
4.	MECANISMOS DE ACTUACIÓN	58
4.1	ESTIMULANTES	59
4.1.1	BROMANTAN	62
4.1.2	CREATINA: UN COMBUSTIBLE PARA LA EXPLOSIÓN	64
4.1.2.1	¿QUÉ ES LA CREATINA?	64
4.2	ANALGESICOS NARCÓTICOS	67
4.3	AGENTES ANABOLIZANTES	68
4.3.1	ESTEROIDALES	68
4.3.1.1	CAMBIOS PSICOLÓGICOS	70
4.3.1.2	LOS CAMBIOS FÍSICOS	71

4.3.1.2.1	HOMBRES	71
4.3.1.2.2	MUJERES	72
4.3.1.3	TESTOSTERONA	73
4.3.1.4	NANDROLONA	79
4.3.2	NO ESTEROIDALES (AGONISTAS BETA-2)	81
4.4	DIURETICOS	82
4.5	HORMONAS PEPTIDICAS, MIMETICAS Y ANÁLOGAS	84
4.5.1	CORTICOTROPINA (hACT)	85
4.5.2	Hormona del crecimiento (somatotrofina)	85
4.5.3	Eritropoyetina (EPO)	87
4.5.3.1	¿CUÁLES SON LOS EFECTOS DE LA EPO?	87
4.5.3.2	LOS RIESGOS	88
4.6	MÉTODOS DE DOPING	94
4.6.1	DOPING SANGUÍNEO	94
4.7	MANIPULACIONES FARMACOLÓGICAS, QUÍMICAS Y FÍSICAS	96
4.8	FÁRMACOS SUJETOS A CIERTAS RESTRICCIONES	97
4.8.1	ALCOHOL	97
4.8.2	MARIHUANA Y OTROS CANNABINOIDES	98
4.8.3	ANESTESICOS LOCALES	100
4.8.3.1	CORTICOSTEROIDES O CORTICOIDES	100
4.8.4	BLOQUEADORES-BETA	100
4.8.5	BORRADORES O ENMASCARANTES	102
5.	REGLAMENTO OFICIAL DE CONTROL ANTIDOPING	103

5.1 DE LOS REQUISITOS PARA SOLICITAR ANALISIS DE CONTROL AL DOPAJE	103
5.2 DE LA TOMA DE MUESTRAS	103
5.2.1 PERSONAL ENCARGADO DE LA TOMA DE MUESTRAS	104
5.3 DE LA SELECCIÓN DEL DEPORTISTA	105
5.3.1 DE LA NOTIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL DEPORTISTA PARA LA TOMA DE MUESTRA	105
5.4 RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA	106
5.5 DEL ENVÍO DE LAS MUESTRAS AL LABORATORIO DE CONTROL AL DOPAJE	108
5.6 DEL PROCESO ANALÍTICO EN EL LABORATORIO DONDE SE REALIZA EL ANÁLISIS	109
5.6.1 PERSONAL ENCARGADO DE ANÁLISIS DE CONTROL AL DOPAJE	109
5.6.2 DE LOS PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS	109
5.6.3 DE LA COMUNICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	110
5.6.4 DEL ANÁLISIS DE LA MUESTRA “B”	110
5.7 DE LAS SANCIONES DISCIPLINARIAS	111
5.8 CONTROLES AL DOPAJE FUERA DE COMPETENCIA	111
6. CONTROL DEL DOPING	122
6.1 ANÁLISIS DE MUESTRAS	114
6.1.1 SUSTANCIAS NITROGENADAS	115
6.1.2 SUSTANCIAS ESTEROIDEAS	115

6.1.3	OTRAS SUSTANCIAS	116
6.2	PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN	116
6.3	ETAPAS ANALÍTICAS	118
6.3.1	MEDICIONES PREVIAS	119
6.3.2	PROCEDIMIENTOS PREANALÍTICOS PREPARACIÓN MUESTRAS	120
6.3.2.1	EXTRACCIÓN	121
6.3.2.2	HIDRÓLISIS	125
6.3.2.3	DERIVATIZACION	126
6.3.3	MÉTODOS ANALÍTICOS	128
6.3.3.1	ANÁLISIS DE CONFIRMACIÓN	129
6.3.3.2	CUANTIFICACIONES	130
6.3.3.3	EVALUACIÓN E INFORME DE LOS RESULTADOS	131
6.4	LABORATORIOS ACREDITADOS POR EL COI PARA LOS ANÁLISIS DE CONTROL AL DOPAJE	131
6.4.1	LABORATORIOS ACREDITADOS EN EUROPA	136
6.4.2	LABORATORIOS ACREDITADOS EN AMÉRICA	138
6.4.3	LABORATORIOS ACREDITADOS EN ASIA	139
6.4.4	LABORATORIOS ACREDITADOS EN AUSTRALIA	140
6.4.5	LABORATORIOS ACREDITADOS EN SURÁFRICA	140
6.4.6	NUEVAS ACREDITACIONES	140
7.	TECNICAS INSTRUMENTALES DE ANÁLISIS	142
7.1	CROMATOGRAFÍA	142
7.1.1	CROMATOGRAFÍA DE CAPA DELGADA	143
7.1.2	CROMATOGRAFIA EN FASE GASEOSA	144

7.1.2.1	INSTRUMENTOS PARA CROMATOGRAFÍA EN FASE GASEOSA	145
7.1.2.2	APLICACIÓN DE LA CROMATOGRAFÍA DE GASES AL ANÁLISIS DE SUSTANCIAS DOPANTES	148
7.1.3	CROMATOGRAFÍA EN FASE LÍQUIDA DE ALTO RENDIMIENTO	150
7.1.3.1	INSTRUMENTACIÓN PARA CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTO RENDIMIENTO	151
7.1.3.2	APLICACIÓN DE LA CROMATOGRAFÍA DE LIQUIDOS AL ANÁLISIS DE SUSTANCIAS DOPANTES	156
7.1.4	CROMATOGRAFÍA DE FLUIDOS SUPERCRÍTICOS	156
7.2	ESPECTROMETRÍA DE MASAS	158
7.2.1	EL ESPECTRÓMETRO DE MASAS	159
7.2.1.1	IONIZACIÓN POR IMPACTO ELECTRÓNICO	159
7.2.1.2	SEPARACIONES DE IONES DE DIFERENTES MASAS	161
7.2.1.3	EL ESPECTRO DE MASAS	162
7.2.2	ESPECTROMETRÍA DE MASAS DE ALTA RESOLUCIÓN	163
7.2.3	APLICACIÓN DE LA ESPECTROMETRÍA DE MASAS AL ANÁLISIS DE SUSTANCIAS DOPANTES	165
7.3	ANÁLISIS DE RADIOINMUNOENSAYO	166
7.3.1	INMUNOENSAYO Y EQUILIBRIOS EN LA DETERMINACIÓN ESPECÍFICA DE FÁRMACOS	1166
7.4	DURACIÓN DE LAS DROGAS EN LA ORINA	170
	ANEXO (FORMULAS ESTRUCTURALES SUSTANCIAS PROHIBIDAS)	173
8.	BIBLIOGRAFÍA	188

LÍSTA DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula estructural isómeros de Hidroxiflutamida	67
Figura 2. Modelo estructural isómeros de Hidroxiflutamida	67
Figura 3. Modelo estructural de Hidroxiflutamida	68
Figura 4. Modelo Testosterona – Aminoácidos	68
Figura 5. Modelo Testosterona – Receptor	69
Figura 6. Síntesis de proteínas por Nandrolona	73
Figura 7. Modelo de los canales de potasio	75
Figura 8. Mecanismo de acción de Beta-Bloqueadores	91
Figura 9. Sistema de extracción líquido-sólido	113
Figura 10. Partes básicas de un cromatógrafo de gases	131
Figura 11. Cromatografía de gases con válvula automuestreadora	132
Figura 12. Columnas capilares para cromatografía de gases	132
Figura 13. Cromatografía de líquidos de alta eficiencia	137
Figura 14. Detector de masas	138
Figura 15. Partes principales de un detector de masas	138
Figura 16. Detector UV con arreglo de diodos	139
Figura 17. Diagrama de un espectrómetro de masas	145
Figura 18. Analizador hematológico de sangre	154
Figura 19. Analizador químico de orina	154

JUSTIFICACIÓN

La información disponible sobre el tema del doping y su control es muy variada pero desafortunadamente se encuentra muy dispersa en cuanto a que existen muy pocos documentos que profundicen todos los tópicos inherentes al tema incluyendo allí lógicamente los relacionados con los métodos de control analítico.

En el presente documento se ha recopilado información de la forma más exhaustiva posible sobre el tema del doping para que el lector quede enterado de tópicos tales como su historia, sus inicios, su desarrollo, las diferentes acciones emprendidas para combatirlo, sus consecuencias y el desarrollo y aplicación de las técnicas instrumentales más modernas utilizadas para detectarlo.

El tema del doping es tan complejo y tan cambiante que su actualización permanente es necesaria. Este documento actualiza el único existente en la biblioteca de la Universidad del Quindío en más de 10 años. El trabajo además, se presenta como un complemento al proyecto de grado (monografía) “Análisis de Drogas de Uso Indebido” presentado por los estudiantes Juan Pablo Arrubla y Ricardo Acevedo.

Igualmente el trabajo servirá de base para una implementación de técnicas de control de drogas prohibidas para la práctica del deporte en los laboratorios de Química Analítica de la Universidad del Quindío o en el laboratorio de Investigación de Poscosecha, todo como un preámbulo para una futura prestación de servicios de control al dopaje para los diferentes clubes o ligas deportivas de la región cafetera.

1. INTRODUCCION

Día a día los deportistas se empeñan en mejorar su rendimiento guiados en muchos casos por una satisfacción personal. Para lograrlo se valen de su propio esfuerzo mejorando e incrementando el rigor de sus entrenamientos con base en una férrea disciplina y sacrificio personal. Sin embargo, cuando se trata de deportistas “elite” o de alto rendimiento, mas allá de las satisfacciones personales hay un factor definitivamente aun más predominante: el interés económico.

Son exorbitantes los sueldos que ganan muchos de estos deportistas y no menos jugosos los diferentes premios ofrecidos en las competencias de algunas disciplinas deportivas, lo que hace más apetecido lograr el triunfo no importando de que manera se haga.

Son enormes las presiones ejercidas sobre los deportistas, entrenadores y/o manejadores por las grandes compañías patrocinadoras, las cuales aportan enormes sumas de dinero en campañas publicitarias para promocionar sus productos utilizando como mostrador a dichos deportistas. Esto genera una presión extra que los obliga a influir de forma externa en el mejoramiento de su rendimiento consumiendo sustancias y acudiendo a métodos prohibidos por los reglamentos de las organizaciones deportivas nacionales e internacionales.

Estos procedimientos generan muy pronto en algunos casos, y a largo plazo en otros, desestabilización del funcionamiento del organismo con consecuencias sobre la salud, no en pocas ocasiones, con desenlaces fatales.

Los métodos analíticos de control en los cuales se basan dichas organizaciones para detectar y controlar dichos procedimientos son métodos basados en tecnología de punta, estandarizados y constantemente validados para asegurar que los resultados arrojados tengan el mínimo asomo de duda y se pueda absolver o culpar y sancionar ejemplarmente a cualquier deportista que cometa una falta.

Este trabajo recopila información acerca de la historia del doping a través de los años, las consecuencias que se han generado de su uso y abuso, los efectos farmacológicos sobre el organismo, las diferentes entidades que lo han combatido, las acciones emprendidas tendientes a controlarlo, los diferentes laboratorios de control acreditados en todo el mundo y los requisitos para lograr dicha acreditación, los diferentes métodos analíticos utilizados y las sanciones disciplinarias a que se hacen acreedores los culpables. Se presenta igualmente y al final una serie de formulas estructurales de algunas de las sustancias más representativas de los diferentes grupos de drogas prohibidas.

2. EL DOPING Y SU CONTROL

El doping es el tema que está últimamente a la cabeza de la actualidad deportiva pues se ha convertido en un grave problema que está siendo combatido con todos los adelantos tecnológicos posibles.

En un fragmento de un discurso del Expresidente del Comité Olímpico Internacional (COI) Juan Antonio Samaranch, en septiembre de 1988 durante la inauguración de los Juegos Olímpicos de Seúl, Corea, expresaba:

“Así es, el doping equivale a la muerte. Muerte fisiológica, con la alteración profunda y a veces irreversible de los procesos normales del organismo, como resultado de inexcusables manipulaciones. Muerte física, como lo han demostrado algunos casos trágicos en los últimos años. Y también muerte del espíritu y del intelecto, por la aceptación de la trampa en la alteración de las potencialidades y en el reconocimiento de la incapacidad o de la falta de voluntad para estar satisfecho con uno mismo o para trascender las propias limitaciones. Y finalmente muerte moral, por situarse de hecho fuera de las normas de conducta exigidas por toda sociedad humana”.

“Como primer organismo deportivo que ha luchado organizadamente contra esta plaga, el Comité Olímpico Internacional se ha empeñado siempre en adaptarse de

la mejor forma posible a las condiciones constantemente cambiantes de esta lucha”

Una de las piedras angulares del deporte en general es el “Juego Limpio”. Esto significa que las trampas son inaceptables y el doping es una forma particularmente vergonzosa de hacer trampa y esta prohibido por motivos de salud y de ética deportiva.

La cantidad de deportistas que hoy en día usan drogas para mejorar su rendimiento es difícil de calcular. El Centro Nacional de Adicciones de la Universidad de Columbia, CASA, investigó durante el año 1999 y 2000 este fenómeno del deporte de elite y llegó a conclusiones preocupantes:

- Los 60 científicos que tomaron parte en el sondeo encontraron que el estimativo más moderado es el de las autoridades deportivas, con menos del 3 por ciento. El informe opina que esta cifra se queda corta. Los propios deportistas y sus entrenadores calculan que entre un 30 y un 90 por ciento de los competidores olímpicos se dopan. En ciclismo, hay evidencia de que son el 45 por ciento.
- Jacques Anquetil, que ganó el “Tour” cinco veces, dió esta explicación una vez: “tendría que ser uno imbécil o hipócrita para creer que un ciclista profesional que compite 235 días al año puede resistir sin estimulantes”.

Algunas figuras prominentes, como el campeón olímpico Carl Lewis, aseguran que el uso de drogas sigue siendo intensivo en varios deportes. Dice Lewis que lo más preocupante es que “no existe ninguna intención seria de acabar con este problema”.

El informe CASA critica la candidez que a lo largo de los últimos años ha mostrado el organismo consultivo antidopaje del COI y propone crear una entidad completamente independiente, con autoridad para librar la lucha contra el uso de drogas en los deportes olímpicos, mediante exámenes relámpago a los competidores tanto en las etapas de entrenamiento como en los campeonatos.

Dice el informe que “el dopaje pervierte el significado y los valores originales del deporte, desfigura la competencia legítima y les envía un peligroso mensaje a los niños y los jóvenes: que lo único importante es ganar a cualquier precio”. Aumentar artificialmente el rendimiento físico traiciona también el credo olímpico “lo más importante no es ganar sino competir, así como en la vida lo principal no es el triunfo sino la lucha”, dice la carta constitutiva de los juegos.

2.1 ETIMOLOGÍA DEL DOPING

Con esta extraña palabra, que tanta aceptación ha tenido, entendemos todos los intentos fraudulentos de aumentar el rendimiento en las actividades deportivas mediante diversos procedimientos que más adelante vamos a considerar.

El término “doping” tiene una procedencia difícil de concretar en la que no hay acuerdo entre las diversas personas que han considerado este aspecto semántico. Parece tener sus raíces en el África Negra, tal vez en una tribu cafre, en donde se aplica con sentido amplio a sustancias embriagantes de utilización en ritos mágicos. En general, se acepta su origen inglés “dop”, ya que se emplea habitualmente en la jerga de hipódromos de Gran Bretaña. Pero también se ha relacionado con la palabra Holandesa “doopen” que, si bien, su traducción más apropiada es “bautizar”, también se aplicó a las bebidas con las que se animaban los fundadores de Nueva Amsterdam, la actual New York.

Sea cual fuere su remoto origen, el hecho es que los ingleses la incorporaron a su léxico y la destinaron y aprovecharon para sus cuadras de caballos de carreras y pronto la práctica del doping adquirió gran incremento y difusión internacional y dio lugar a una de las peores plagas de los hipódromos con apuestas primero, extendiéndose después, poco a poco a los estadios deportivos y a otras muy distintas actividades con lo que actualmente se ha creado un grave problema.

2.2 DEFINICIÓN DE DOPING

El doping como tal es la utilización por parte de un deportista, con objeto de aumentar su rendimiento en la competencia, de sustancias y medios distintos de los usuales para su preparación física y técnica, de forma tal que su utilización constituya una deslealtad.

Se han dado muchas definiciones de doping y cada Federación Deportiva acoge alguna como oficial o emite su propia definición.

La primera definición fue propuesta en 1946 por Chailley-Bert como “uso de sustancias o de prácticas estimulantes que exageran momentáneamente el rendimiento de un individuo.

En 1963 el Comité de Educación Extraescolar del Consejo de Europa, dió la siguiente definición (considerada en la actualidad la más adecuada): “Doping es la administración a una persona sana, o la utilización por ella misma y por cualquier medio, de una sustancia extraña al organismo o de una sustancia fisiológica en cantidades o por vías anormales, con el único fin de aumentar artificialmente y de forma ilegal el rendimiento de ésta persona cuando participe en una competición. Así mismo “ciertos procedimientos psicológicos creados con el fin de aumentar el rendimiento deportivo-físico del atleta”.

En 1984 la Carta Europea Contra el Doping en el Deporte, define: “El doping en el deporte consiste en emplear infringiendo los reglamentos de las organizaciones deportivas competentes sustancias que están prohibidas”.

En 1986 la Comisión Médica del COI basa la definición de doping en la prohibición de grupos de sustancias incluidos en categorías farmacológicas. Esta definición tiene la ventaja de prohibir también las nuevas sustancias que pudieran

aparecer, ya que algunas de ellas podrían incluso sintetizarse con un fin específico de doping. Según el COI “Doping es la administración o uso por parte de un atleta de sustancias químicas ajenas al cuerpo, o de sustancias fisiológicas en cantidades anormales y administradas con la sola intención de aumentar de un modo artificial y deshonesto su rendimiento competitivo”.

Así mismo y en 1987 la Federación Internacional de Fútbol Asociado FIFA, define el término doping así: “es toda medida farmacológica tendiente a lograr un incremento no fisiológico de la capacidad de rendimiento mental o físico de un jugador, así como todo acto tendiente a eliminar sin justificación médica, una enfermedad o lesión con la finalidad de poder participar en una competición deportiva”.

En el año de 1989 la Real Academia de la Lengua Española incluye los términos “dopaje” y “dopar” y los define como “empleo de fármacos para conseguir, mientras duren sus efectos, un mejor rendimiento físico”.

En general casi todas las Federaciones Deportivas establecen sus relaciones de sustancias dopantes siguiendo las del COI.

2.3 HISTORIA DEL DOPING

El doping es un ejemplo de los numerosos intentos que a través de la historia el hombre ha realizado para mejorar artificialmente su propia resistencia a la fatiga

al participar en la guerra, en la caza y en el deporte, mezclando frecuentemente para ello la terapia con la magia y la brujería.

Esta relacionado en su misma esencia con el deporte de competición. Por lo tanto no es estrictamente correcto referirse al doping en un ámbito diferente al de la actividad deportiva.

En ese empeño ha utilizado diversos métodos alimenticios y medicamentosos, no siempre lícitos, que pueden considerarse precursores de la práctica que hoy en día se conoce como doping.

Históricamente se encuentran testimonios de la utilización por parte del hombre de esta práctica que en la actualidad se consideraba ya como una plaga.

Ya en un cuadro chino del año 3000 a.c. podría verse un emperador en cuclillas masticando una ramita de Ephedra, planta que contiene un alcaloide estimulante, la efedrina.

Los legendarios Berseks de la mitología nórdica elevaban hasta doce veces su fuerza combativa con la droga estimulante Bugoteina, extraída del hongo “Amantia Muscaria”, de efecto prolongado.

Los atletas trataban de aumentar su fuerza física ingiriendo enormes cantidades de carne de distinta calidad, para lograr un determinado efecto según el deporte: de

cabra si eran saltadores, de toro si eran lanzadores o boxeadores o de carne grasa de cerdo los grande luchadores.

La aparición del doping en los antiguos Juegos Olímpicos del Siglo III a.c., donde los atletas utilizaban cocimiento de plantas, emplastos con hongos desecados, o extirpaban el bazo. En el siglo I a.c. Plinio El Joven, reportaba cómo los corredores griegos de fondo tomaban diversos cocimientos para contraer el bazo previniendo así la aparición de un bazo congestionado, grueso, duro y doloroso que los podía hacer abandonar una carrera.

En la era cristiana, la naturaleza sangrienta de los deportes romanos se hizo inaceptable para el nuevo orden social y el emperador Teodosio en el año 396 d.c. prohibió toda forma de deporte pagano.

A través de las distintas crónicas del descubrimiento y colonización de América se conoce el amplio empleo de diversas drogas que hacían las civilizaciones precolombinas en muchas tareas de su vida, y entre ellas en los juegos y deportes, con la finalidad de abolir la sensación de fatiga y aumentar el rendimiento. Buen exponente de ello son las narraciones que nos cuentan cómo los “indios” que actuaban como tropas auxiliares de Hernán Cortés en México empleaban el “peyotl” en las escaladas y para disminuir la fatiga de las marchas.

Los indígenas de la altiplanicie ecuatoriana empleaban una especie de genciana de nombre quechua “cashpa-chinayuyo”, que significa yerba que hace correr, por lo que la tomaban los chasquis o correos de los incas antes de emprender sus rápidas

y prolongadas marchas”. Igualmente se emplearon otras plantas y frutos, como el guaraná, yocó, mate, cacao, y otros, ricos en cafeína o alcaloides de su grupo, por sus propiedades como estimulantes del ánimo, fuerza y energía y calmantes del hambre y la sed.

Pero de todas las plantas americanas, el lugar preferente corresponde a la coca, ya destacada por los cronistas como Jiménez de Quesada, quien nos dice que la usaban los indios “porque les da fuerzas y no sienten el hambre y la sed”. Los indígenas del Perú cultivaban la *Erythroxylum Coca*, de la que conocían sus propiedades y masticaban sus hojas para disminuir la sensación de fatiga y conseguir euforia; la empleaban habitualmente en el trabajo y, muy especialmente, en las grandes marchas y escaladas con carga, hasta el punto de que existía una medida de distancia o rendimiento, denominada “la cocada”, equivalente al tiempo de duración del efecto de la dosis ordinaria de hojas de coca que iban masticando. Tan extendida era esta práctica que hay quien atribuye a los efectos de este «doping» la siembra de esqueletos encontrados por los descubridores hispanos en los altos puertos andinos.

Es a partir de mediados del siglo XIX cuando se encuentran documentos evidentes de la existencia del doping.

En 1865 se encontró un caso de doping entre los nadadores que cruzaban el canal de la Mancha. En 1879 comienza el doping en el atletismo.

En 1886 comienza el doping en el ciclismo con un primer caso mortal; el ciclista Gales, Linton, fallece durante la carrera Paris-Burdeos por tomar estupefacientes. Sin embargo en 1869, los entrenadores de ciclismo administraban a sus corredores la mezcla de heroína y cocaína llamada “Speedball” para aumentar su resistencia.

En 1908 comienza el doping en el fútbol. En este mismo año, los Juegos Olímpicos de Londres se vieron sacudidos por la descalificación del atleta Dorando Pietri, quien entró al estadio encabezando el maratón, pero se desplomó antes de cruzar la meta. Varios funcionarios condolidos le ayudaron a pasar la línea a rastras y lo declararon ganador. Pietri fue descalificado tiempo después por no terminar la carrera por sus propios medios.

En 1910 comienza el doping en el boxeo; empezándose a mencionar como productos estimulantes la cafeína, terrones de azúcar saturados con éter, bebidas alcohólicas, nitroglicerina, heroína, estricnina e incluso mezclas de ellos.

En 1930 se sintetiza la Anfetamina y rápidamente desplaza a la Estrictina, también se usaba el alcohol, la Heroína, la Cafeína y la Cocaína, hasta que para estas dos últimas se comenzó a exigir prescripción médica.

Un hecho desgraciadamente fundamental que ha favorecido el desarrollo del doping en el deporte fue la extensa difusión y empleo por las tropas en la segunda guerra mundial de los denominados “racionamientos especiales”, que se

suministraban con idéntica finalidad que la descrita por cronistas de indias: abolir o disminuir la sensación de fatiga, hambre y sed de los combatientes y mantenerlos elevados de ánimo, si bien entonces se sustituyeron las antiguas plantas por los modernos fármacos simpaticométicos (engañan al sistema simpático por su estructura similar a las sustancias pertenecientes al organismo y se mimetizan en él).

Con la misma finalidad, durante nuestra guerra civil y bajo ambas banderas, se empleó con larga mano el alcohol, otro medio euforizante, de muy antiguo abolengo, que también se ha empleado como doping. En el oriente asiático, junto con el opio y sus alcaloides, de tan conocida difusión, se ha extendido el empleo del Hashish, así como también en África y en América, siendo precisamente de Méjico de donde procede su denominación de Marijuana o Mariguana, actualmente de uso difundido en el mundo entero.

En 1950 los rusos obtienen grandes éxitos con el uso de la Testosterona, en respuesta los norteamericanos desarrollan los esteroides.

En 1955 se empezaron a efectuar en Francia controles antidoping en carreras ciclísticas, encontrándose un 20% de casos positivos por estimulantes.

A principios de 1950 comenzó la utilización de esteroides andrógenos por parte de los atletas y ha aumentado con el paso del tiempo. Aumentan los casos de doping deportivo o por lo menos son más frecuentemente detectados.

El uso de drogas para aumentar artificialmente el rendimiento en deportes de alta competición salió a la luz pública, cuando en 1960 murió el ciclista Danés, Enemark Jensen en los Juegos Olímpicos de Roma y en 1967 el ciclista Tom Simpson en las laderas del monte Ventoux, en una etapa del Tour de Francia. La autopsia reveló presencia de anfetaminas en la sangre.

Roma 60, Tokio 64 y México 68, los atletas se inyectaban unos a otros con estimulantes y anabólicos, según la denuncia de Harold Connolly cuatro veces campeón olímpico, que señaló que él era un atleta “enganchado” término que utilizó para indicar anabolizantes como parte fundamental de su entrenamiento.

En 1968 en los Juegos Olímpicos de México se sanciona por primera vez un atleta por rastros de alcohol.

En los Juegos Olímpicos de 1972 son detectados 7 casos de doping por anfetaminas. Es por primera vez detectada la Efedrina. Once casos más son detectados en los Juegos Olímpicos de 1976 y doce en los de 1984 donde se destaca la aparición de la Nandrolona y comienzan los primeros casos de doping por Cafeína.

En 1977 la atleta Renate Neufeld que emigra a Alemania Occidental dando un increíble testimonio dice: “note que mis piernas se empezaban a adelgazar y mi voz se enronquecía, perdí períodos menstruales y me creció un fino bigote, me

preocupé mucho porque ya no parecía una mujer. El profesor Donike del laboratorio de Colonia describió las tabletas que había traído la Neufeld como típicos esteroides anabolizantes.

En 1978 el poseedor de la camiseta amarilla del Tour de Francia Michel Polentier, es sorprendido alterando una prueba de orina luego de ganar la etapa de L`Alpe D`huez. Es expulsado de la prueba.

En 1980, el profesor Arnold Beckett comentaba: “las posibilidades de que un atleta limpio que no use drogas, gane una medalla de oro son muy escasas y muchos de los records del momento corresponden a atletas dopados”.

Igualmente la atleta inglesa Cristina Benning no va a los Olímpicos de Moscú, porque 5 atletas de Europa Oriental castigados de por vida por tomar esteroides, fueron perdonadas para que pudieran competir en Moscú; la Bening dijo: “es una vil manera de hacer trampas, los atletas que no tomamos drogas nos sentimos estafados”.

En este mismo año comienza en Moscú el uso de la Testosterona exógena, donde no hubo ningún caso positivo.

En 1986 la Federación Internacional de Fisicoculturismo introduce el control en sus competencias ante la evidencia del abuso de anabólicos.

En el año de 1988 es un año muy agitado en el ámbito del tema del doping: aparecen los primeros casos de testosterona.

El ciclista Español Pedro Delgado dá positivo en la sustancia Probenicid, un agente enmascarante de sustancias dopantes que a pesar de estar prohibido por algunas federaciones y por el COI, no lo era aún por la Unión Ciclista Internacional. Delgado prosigue y gana la prueba.

Caso muy sonado protagonizado por el atleta canadiense Ben Johnson: Juegos Olímpicos de Seúl, 1988, ganador de los 100 metros planos, tiempo 9.79 segundos, 46 zancadas a una velocidad promedio de 43,37 km/h, producto de 3000 vatios de energía de un superatleta que reaccionó del partidador en 129 centésimas de segundo. Fue descalificado por encontrarse trazas del anabólico Stanozolol en su orina.

Otro tipo de doping se detectó a las atletas alemanas Grit Breuer, Silke Müller (durante entrenamientos) y Lärin Krabbe (en competencia), se les encontró una bolsa plástica (algo como un condón) introducido en la vagina y conteniendo orina libre de drogas.

Entre 1987 y 1990 la inexplicable muerte de 16 ciclistas holandeses (incluido el campeón nacional Bert Oosterbosch), fue relacionada diez años después con la administración de la hormona Eritropoyetina, EPO, aunque nunca se investigó.

En 1991 Luc de Rijck, belga, muere porque lo habrían sometido al doping de sangre.

En 1992 Linford Christie, campeón olímpico de los 100 metros en Barcelona, ha reconocido en varias ocasiones que consume una sustancia llamada Creatina. Colin Jackson, recordman mundial de los 110 metros vallas, no solo reconoce sino que además protagonizó anuncios de este producto en las revistas deportivas.

En 1995 en los Juegos Panamericanos de Mar de Plata Argentina, la estrella de remo canadiense Silken Lauman dió positivo por Efedrina (había ingerido Benadryl Descongestivo Plus). En Canadá fue un drama nacional pues era la imagen de la campaña antidroga.

En 1996, en varios atletas olímpicos Lituanos y Rusos apareció en su control de orina una sustancia llamada Bromontan (Juegos Olímpicos de Atlanta).

Con el eco de sus sanciones en 1991 en Italia y 1994 en Atlanta, Estado Unidos, el 24 de agosto de 1997 Diego Armando Maradona dio positivo en el control antidoping al parecer Cocaína en el partido frente a Argentinos Juniors.

En 1998 comienzan a aparecer los primeros casos de la hormona Eritropoyetina (EPO) en ciclistas de alta competencia.

El 6 de agosto de 1999 provocó un drama nacional en Cuba gracias a que a su héroe Javier Sotomayor se le quitó la medalla de oro obtenida en Canadá por consumo de poco más de 200 nanogramos de Cocaína, a lo cual él respondió que “es una confabulación política”.

En el Tour de Francia de 1999 resultaron 28 pruebas positivas para corticosteroides, 10 a los estimulantes y 5 de ambos tipos de drogas.

El 27 de septiembre de 1999 el ciclista colombiano Santiago Botero es encontrado inocente por la Federación Colombiana de Ciclismo, tras la acusación por parte de la UCI, debido a su alto nivel de la hormona Testosterona que produce su organismo naturalmente. Se le encontraron valores de 20 a 30 ng cuando lo normal es de 1.5, sin embargo dos meses después, la UCI lo declara culpable y le impone una sanción de 6 meses.

En 1999 la mejor atleta colombiana de los últimos años Estela Castro salió positiva en el uso de Nandrolona durante el Suramericano de Atletismo en Bogotá. En el mismo año el excampeón olímpico de los 100 metros planos el británico Linford Christie fue sancionado por dos años por el uso de la misma sustancia.

En mayo de 2000 el futbolista chileno Clarence Acuña fue suspendido cuatro meses por la FIFA al confirmarse su dopaje en el juego contra Perú. En el mismo

mes es declarado positivo el futbolista del club atlético Nacional de Colombia por haber ingresado una bolsa de agua al sitio donde se recogería la muestra de orina. En septiembre son excluidos varios ciclistas del equipo Italiano a las olimpiadas por doping con EPO.

En Julio de 2000 es aceptada la apelación interpuesta por el saltador cubano Javier Sotomayor y es habilitado para competir. El COI lo perdonó aduciendo razones de mérito.

En Octubre de 2000 se reportó que el 45% de las muestras de orina de los competidores del Tour de Francia del mismo año dieron positivas para corticosteroides y estimulantes. Se adujo en la mayoría de los casos razones médicas para su utilización.

El 12 de diciembre de 2000 se rechaza la apelación de la Gimnasta Rumana Andrea Raducan ganadora de la medalla de oro individual en los Juegos Olímpicos de Sidney, quien dio positivo por consumo de un anticatarral recetado por el médico del equipo. En otras competencias que tuvo no se le detectaron sustancias híbridas. Andrea, fue uno de los once positivos de 3600 controles que se hicieron en dichos juegos.

El ciclista Italiano Marco Pantani fue expulsado del Tour de France en la decimoquinta etapa cuando su nivel de Hematocrito en la sangre fue de 60,1%

contra 50.0% permitido como máximo por la UCI. El ciclista iba ganando el Tour ¡¡con más de 10 minutos de ventaja!! sobre el segundo competidor y fue condenado a 3 meses de prisión y 6 de suspensión.

En el año 2001 los mayores casos de doping se registran en las tres grandes ligas de fútbol, la Italiana, Española e Inglesa que involucraron a deportistas de gran renombre, aunque algunos fueron exonerados posteriormente.

En el mes de junio se detecta la aparición del denominado “brevaje belga”, coctel dopante, cristalino, mezcla de anfetaminas, anabolizantes, Cocaína y Heroína entre otros.

Aunque no existe ninguna evidencia de que se pueda ganar una partida de ajedrez por consumir alguna sustancia desde el mes de Junio de 2001 la Federación Internacional de Ajedrez (FIDE) comenzó a realizar análisis antidoping a los ajedrecistas más que todo por recibir los beneficios del COI (ingresar como deporte en Juegos Olímpicos). Algunos investigadores afirman que se necesita tiempo y dinero para realizar estudios científicos y comprobar hasta donde pueden incidir algunas sustancias en el rendimiento de un ajedrecista.

Algunas de las sustancias que serán reconocidas como positivas serán las anfetaminas (pueden mantener despierta a una persona toda la noche), la morfina (es sedativa y analgésico y también desinhibe), algunos beta-bloqueantes (que dan tranquilidad), la cocaína (que suele crear sensaciones falsas) y la cafeína. Esto

significa que se buscará combatir alguna sustancia que un ajedrecista pueda utilizar para sacar provecho. Con todo lo anterior, la brasileña de 17 años Bárbara Fahart , los argentinos Juan Manuel Esguero de 18 años y Matías Tournier de 17 años y el salvadoreño Javier Segura entraron a la historia del ajedrez mundial al ser los primeros en presentar un examen antidoping.

En el mes de Julio es declarado positivo por segunda vez el atleta cubano Javier Sotomayor por Nandrolona. El análisis de la contramuestra también dio positivo. El 10 de Enero de 2002 el COI lo sanciona de por vida.

2.3.1 OTROS HECHOS DE DOPING

Aunque el famoso término doping podría pensarse que es exclusivamente del Género humano, eventos deportivos como carreras de galgos, carreras de caballos o carreras de dromedarios o elefantes en Países del África y Asia, no están exentos de su acción. Estos animales “atletas” son dopados también con sustancias como Cocaína, Efedrina y en general las anfetaminas. El control del doping en los humanos como tal puede decirse que apareció con fuerza desde 1936 a pesar que ya se estaba usando, por más de 20 años en las carreras de caballos. En 1930 la Comisión Internacional de Carreras de Caballos que había iniciado el control en 1911 prohibió el uso de cualquier medicamento antes de las carreras.

Igualmente, la gran final del campeonato mundial de automovilismo de la fórmula 3000 nos enseñó que el material deportivo también está expuesto a agentes externos que mejoran su rendimiento.

En este caso el carro del Alemán Nick Heidfeld fue vigorizado con “anabólicos” disfrazados de elevadores de octanaje, que hicieron que su gasolina mejorara el rendimiento del motor. En otras palabras, envenenaron la gasolina, es decir, oxigenaron la sangre del carro hasta llegar a unos niveles prohibidos. El equipo West Competition de los alemanes tuvo que poner la cara ante su propio público y admitir que se “estaba haciendo trampa”, luego de todo un año en el que el colombiano Juan Pablo Montoya anduvo más fuerte que el alemán en todo terreno y cuando se dieron cuenta que solo la gasolina enriquecida y vigorizada a la fuerza con los “anabólicos y esteroides” podría ganarle al explosivo corazón del colombiano.

A pesar de tantos escándalos, sanciones, prohibiciones, descalificaciones, trastornos físicos y mentales, incapacidades y muertes, que son ejemplo de los perniciosos efectos de la ingestión de estimulantes, el problema del doping, a pesar de su gravedad, sigue existiendo con la misma intensidad o incluso incrementado en la actualidad.

2.4 EL PROBLEMA DEL DOPING

El espectacular aumento de la mala utilización de los medicamentos en el deporte empezó en la década de los setenta, cuando toda la sociedad comenzó a creer que se disponía de fármacos para solucionar la mayoría de las enfermedades, los males y los problemas. Inevitablemente, el deporte, como parte de sociedad,

quedó atrapado en esta cultura del medicamento y algunos deportistas, entrenadores y médicos empezaron a buscar preparados que ayudaran a obtener ciertos éxitos. Desgraciadamente, fue necesaria la muerte de algunos deportistas antes de que dirigentes y legisladores abandonaran esa complacencia e iniciaran un contraataque sobre el “cáncer” que se había establecido en el cuerpo del deporte con características lentamente invasivas.

2.4.1 ¿POR QUÉ SE LLEGA AL DOPAJE?

Con el doping se consigue aumentar la capacidad física de un individuo en un momento dado. Con esta mejora se consigue que el deportista alcance metas más altas de lo normal.

La razón fundamental del uso de estas sustancias es el querer mejorar los resultados con menos esfuerzo, el saltar más alto o correr más rápido sin entrenar más horas. En la actualidad todos los deportistas profesionales dependen de patrocinadores que les mantengan económicamente. Se necesita mucho dinero para mantener a un deportista en el campo profesional durante un año. Es necesario proporcionarle medios para entrenar, material deportivo, llevarle a las competencias más importantes y sustentarlo económicamente de manera que pueda vivir del deporte.

Un deportista profesional sólo es “rentable” cuando consigue grandes marcas y puede competir a escala mundial con posibilidades de victoria. Para llegar a este punto se necesitan muchos esfuerzos y sacrificios. Es necesario que destaque y que sus marcas sean las mejores. Esta dependencia absoluta del dinero hace que los deportistas “desesperados” por poder alcanzar sus metas lleguen al dopaje para poder sobrevivir deportivamente. Pero no es sólo el deportista que está necesitado, los clubes deportivos a los que representan también necesitan subsistir, por lo que fuerzan a sus atletas para promocionarlos o promocionarse a sí mismos. No cabe duda que la presión económica obliga a deportistas y clubes a tratar de superar como sea los registros, por lo que se llega al dopaje.

No siempre son las razones económicas las que llevan al doping, muchas veces la investigación incontrolada hace que se use a los deportistas como conejillos de indias en el afán de conocer más y mejor el ser humano y sus límites.

2.4.2 ¿CUÁL ES SU PROYECCION EN LA SOCIEDAD ACTUAL?

La organización socioeconómica del mundo actual impulsa a multitud de personas de diferentes profesiones a buscar un incremento de su rendimiento físico y una disminución de la sensación de fatiga ante un esfuerzo de trabajo intenso y prolongado. Ejecutivos, estudiantes, conductores, buscan a veces un suplemento artificial con el que puedan acrecentar sus posibilidades físicas y psíquicas más

allá del límite natural, sin tener en cuenta el riesgo intrínseco que esta actitud conlleva.

Se sigue buscando, con una ilusión tan antigua como el mundo, el producto milagroso que sea capaz de transformar al individuo corriente en un superhombre. Esta fantasía forma parte incluso de narraciones infantiles.

Popeye come espinacas para adquirir una gran musculatura instantánea. Asterix bebe del caldero mágico cuando necesita una fuerza suplementaria. El problema surge cuando la magia es sustituida en la realidad por el poder de la ciencia y se usa en unas condiciones tales que sus efectos resultan indeseables para el individuo y la sociedad.

2.5 LA LUCHA CONTRA EL DOPING

En el año 1956, C. Faroux escribía en el periódico L'Équipe estas líneas respecto al doping: “Se trata de una plaga que debe ser combatida por todas las fuerzas vivas de la nación. ¿Quién será el primero que se atreverá a atacar a este mal que ya ha causado tantos estragos? El llamado a la conciencia Individual, respecto a este tema, puede ser un móvil poderoso. Pero, no será suficiente. Cuanto más tiempo se prolongue este envenenamiento de los deportistas mas sanciones se tendrán que prever y aplicar. Las medidas deberán aplicarse rigurosamente, sin vacilar, ya que toda la juventud de Francia está amenazada”.

Estas referencias datan de más de cuarenta años! Lo cual demuestra que el problema del doping es muy antiguo y que la lucha actual no es más que resultado de una larga trayectoria.

¿Cómo se organiza esta lucha? En el transcurso de estos años ha sido necesario:

- Realizar progresos técnicos en la detección biológica de las sustancias dopantes eliminadas por la orina. Esto no ha sido fácil; se ha desarrollado una verdadera persecución entre los defraudadores, con el uso día a día de nuevos productos, y los biológicos, que intentan detectar las trazas de estas sustancias. Por otra parte, actualmente existen procedimientos químicos que permiten enmascarar el uso de algunos productos prohibidos.
- Promulgar y aplicar objetivamente y sin titubear las leyes. Están controlados por la ley tanto los deportistas que utilizan sustancias dopantes, como los que proporcionan estas sustancias, se han creado auténticos mercados negros alrededor de los deportistas de algunas disciplinas.
- Las extracciones de sangre antes de una prueba son realizadas por un médico. Estos controles pueden ser solicitados por un médico nombrado por el Secretario de la Juventud y los Deportes, un presidente de

Federación, un presidente de Liga, un Club o un agente de la inspección de la Juventud y los Deportes.

- Las penas incurridas van desde la multa hasta la suspensión de la licencia; otras disposiciones penales afectan a los suministradores.

2.5.1 CRONOLOGÍA DE LA LUCHA CONTRA EL DOPING

En 1910, en Austria, el químico vienés Fraenkel inventa el sistema de detección de drogas en saliva de caballos. Este sistema sería conocido con el tiempo como “control de doping” o “análisis antidoping”, que se ha mantenido hasta ahora como la instancia científica definitiva para probar el uso de sustancias dopantes. La metodología del profesor Fraenkel fue conocida como el método de microcristalización.

Ya en 1912 se obtiene el primer caso positivo detectado científicamente, es el caballo Bourbon Rose, descalificado por doping en Francia.

En 1935, se documentó el efecto positivo de los andrógenos sobre el anabolismo de las proteínas, que se sospechaba desde mucho tiempo antes. Este efecto fue confirmado más adelante, y el desarrollo de la 19-nortestosterona anunció la síntesis de esteroides con mayores propiedades anabolizantes que la testosterona natural y menos efectos virilizadores.

En 1957, se formó un comité ad-hoc de la Asociación Médica Americana, para estudiar la utilización de anfetaminas, sustancias cuyo uso aumentaba paulatinamente en las competencias atléticas intercolegiadas.

Es solo hasta 1964 en la olimpiada de Tokio cuando se iniciaron los primeros controles del doping en una carrera de ciclismo, los 100 kilómetros contrarreloj por equipos. Este trabajo no pudo completarse a causa de un boicot.

A la vista de estos hechos, el príncipe Alexander de Merode (miembro del COI) y el entonces presidente del COI Avery Brundage crearon en 1966 la Comisión Médica del COI que publica en 1967 una resolución donde prohíbe el uso de fármacos destinados a mejorar la actuación deportiva y en 1968 se inician los controles oficiales de doping durante los Juegos Olímpicos de Méjico y los de invierno de Grenoble (Francia); orientados a detectar estimulantes del sistema nervioso central y de narcóticos.

En 1972, en los juegos olímpicos celebrados en Munich se aplican por primera vez pruebas antidoping a gran escala (más de 2000 análisis). Como resultado, siete atletas entre ellos cuatro ganadores de medallas, son descalificados.

En 1976, los esteroides se añaden a la lista de sustancias prohibidas. Algunas federaciones internacionales adoptan la práctica de los análisis antidoping fuera del contexto de los juegos olímpicos.

En 1983, se añaden la Cafeína y la Testosterona a la lista de sustancias prohibidas.

En 1985, en una convención antidoping con representantes de Finlandia, Suecia, Dinamarca, Islandia y Noruega se resuelve que se ayudarán mutuamente para eliminar el doping del deporte. Los betabloqueadores, los diuréticos y los corticosteroides ingresan a la lista de sustancias prohibidas.

En 1986, se prohíbe la práctica del doping por sangre. En 1987, en una importante reunión sobre control antidoping celebrada en la ciudad italiana de Florencia, se llega a la resolución unánime de que los organismos rectores del deporte deben realizar análisis sin previo aviso, fuera de la temporada de competiciones para combatir la práctica de ingestión de sustancias como la Testosterona y sus derivados en períodos de entrenamiento intensivo, (meses antes de las grandes competencias) que en el pasado solían escapar a su detección, ya que los deportistas cesaban a tiempo su ingestión para que desaparecieran todos sus restos en la orina. El método consiste en realizar un sorteo secreto en la federación correspondiente, visitar sin previo aviso al atleta seleccionado y recoger una muestra de orina. Este nuevo método dio sus frutos y muchos deportistas que practicaban el dopaje fueron desenmascarados y sancionados.

En 1988, en junio, se celebra en Ottawa (Canadá), la primera conferencia mundial permanente sobre control antidoping en el deporte, bajo los auspicios del COI y el

Gobierno del Canadá. Se ratifica una carta internacional antidoping, así como un modelo de programa nacional contra el doping.

En los juegos olímpicos celebrados en Seúl Corea, se llevan a cabo 1800 análisis antidoping.

La segunda conferencia internacional de Ministros del Deporte, organizada por la UNESCO, se reúne en Moscú en noviembre. Esta conferencia adopta una declaración que apoya la lucha contra el doping en el deporte y expresa su apoyo a los principios de no-discriminación, deportividad, no-violencia y eliminar sustancias perjudiciales.

En Viena (Austria), en diciembre, la Asamblea General de los Comités Olímpicos Nacionales (CON) ratifica las declaraciones de las conferencias de Ottawa y Moscú y anima al COI y a los CON a tomar iniciativas que permitan aplicar los análisis sin previo aviso, fuera de la temporada de competiciones, en todas las jurisdicciones deportivas.

En 1989, la Comisión ejecutiva del COI decide instituir una comisión independiente, la Comisión Internacional Antidoping, con representantes de las Federaciones Deportivas Internacionales, los CON, los organismos rectores del deporte en cada país, las autoridades deportivas gubernamentales, la comisión médica del COI y la comisión de atletas del COI.

Se celebra en Moscú la segunda conferencia mundial permanente sobre control antidoping en el deporte.

En la década de los años noventa y más precisamente desde 1994 las federaciones internacionales y el COI comenzaron a poner muchos atletas bajo sospecha sobre todo cuando el progreso de su rendimiento era mucho más rápido que lo que marca la historia del deporte o cuando el país tenía muchas mujeres medallistas o record mundiales y pocos hombres, como estaba sucediendo con los chinos en el atletismo y natación. Es por ello que para los juegos de Atlanta la mayoría de los deportistas de cada país eran probados en su país antes de viajar (hasta cinco veces en un mes). Fue un importante paso, de 10624 pruebas, sólo 3 dieron positivos. Ningún país ni federación quería sufrir la vergüenza de una descalificación por droga.

Desde el año 1998, el ciclismo se pone en el ojo del huracán y se inicia una denominada “persecución individual”:

* Tres días antes de comenzar el tour de Francia el masajista del equipo festina es detenido al descubrirse en su automóvil varias cajas repletas de productos dopantes. El equipo es expulsado de la prueba. Las requisas continuaron y varios equipos en protesta de la acción se retiraron. La carrera estuvo a punto de ser suspendida.

* Diez meses después, 10 de mayo de 1999 es detenido durante 11 horas por la brigada de estupefacientes de París el Presidente de la UCI el holandés, Hein Verbruggen para rendir cuentas por los escándalos que estaba generando el ciclismo.

* De manera paralela era detenido un oscuro personaje relacionado con el mundo del dopaje: Bernard Sainz, falso médico , masajista y criador de caballos, de quien se dijo que tuvo como clientes de su “medicina natural” a hombres de la talla de Eddy Merckx, Lucie Van Impe, Bernard Hinault, Lauren Fignon e incluso el piloto Francés de Fórmula 1 Alain Prost.

* En octubre de 2000, Michael Boyon, Presidente del Consejo para la Prevención del Uso de la Droga (CPUD), reveló que el 45% de las pruebas realizadas durante el tour de Francia revelaron la presencia de productos dopantes volviendo a sacudir al ciclismo con una nube negra y reabriendo los procesos iniciados en 1998 y 1999 contra algunos ciclistas como Marco Pantani, Richard Virenque, Pascal Herve y algunos directores deportivos, masajistas y médicos.

*Las tres grandes pruebas ciclísticas del mundo, el Giro de Italia, la Vuelta a España y el Tour de Francia se convertían en las competencias deportivas más vigiladas. La polémica no se detiene, las acusaciones siguen creciendo como una bola de nieve y al ciclismo no le queda más remedio que lavar su imagen, al precio que sea.

Antes de la iniciación de los Juegos Olímpicos de Sidney 2000, el COI decidió por primera vez en la historia examinar a los competidores sin previo aviso, tres meses antes de viajar a Australia. Esto hizo que China excluyera de su delegación a 40 deportistas que no pasaron las pruebas de orina y sangre. Algunos directivos también fueron excluidos.

En Sidney 2000, el programa de control de doping por primera vez incluyó aparte de los ensayos en competencia, controles fuera de competencia, que se iniciaron con la apertura de la Villa Olímpica el 2 de Septiembre y se extendieron hasta el final de los Juegos. Los controles de EPO todos fuera de competencia (300) se realizaron en muestras de orina y sangre tomadas simultáneamente. El total de controles fue de 2846 con 11 positivos: 4 Furosemida (3 en pesas, 1 en lucha); 4 Nandrolona (2 en lucha, 1 en remo y 1 en atletismo); 1 Pseudoefedrina (en gimnasia) y 2 Estanozolol (1 en pesas y 1 en atletismo).

Una táctica usada en los controles en Australia que impresiona a primera vista pero en realidad se queda corta era la de un examen inicial de sangre y uno de orina posterior, para confirmación. Estaba enfocado específicamente a detectar productos de las hormonas que existen en el organismo y que no son capaces de ser sintetizados por él, ejemplo la EPO. Sin embargo, la prueba sólo da positivo si la EPO ha sido utilizada en los últimos tres o cuatro días, aún cuando un atleta puede sentir sus efectos habiéndola suspendido hasta seis semanas antes. Semejante ingenuidad le generó severas críticas al COI: “solo el atleta más tonto

del mundo se dejaría pillar con este tipo de examen”, dijo el médico Australiano Peter Larkins, asesor de los organizadores de Sidney. Para colmo, sólo se aplicaron las pruebas a 300 competidores de un total de 11.000.

En este año, irreprochables desde el punto de vista de los reglamentos, algunos ganadores de competencias fueron varias veces blanco de rumores, apoyados en una docena de casos de dopaje. La imagen de muchos campeones se ensució mientras que las instancias directivas (deportivas y políticas) siguen luchando contra la epidemia que amenaza la salud de los atletas, los valores éticos y la expansión económica del deporte.

En diciembre la Comisión de Atletas del COI ha pedido a las federaciones y a los comités olímpicos nacionales que no firmen acuerdos de patrocinio con empresas fabricantes de complementos nutricionales, algunos de cuyos ingredientes “son drogas que darían positivo un control antidoping”. Igualmente la comisión pide mano dura en el control antidopaje.

El año 2001 fue un año de una verdadera acción internacional contra el dopaje. El 22 de marzo de 2001 agentes Italianos incautaron un centenar de compresas y ampollas que contenían sustancias dopantes en el vehículo del equipo ciclista Italo-Colombiano SELLE-ITALIA, conducido por el médico del mismo. Al registrar el mismo día las habitaciones de varios integrantes del equipo fueron encontradas también sustancias dopantes. Está siendo aplicada con vigor con

vigor la nueva ley del dopaje, tanto que en el mes de Junio fueron suspendidas todas las competencias ciclísticas amateur y profesional. Se reiniciarían un mes después.

Ahora parece que los malos ejemplos del ciclismo están siendo tomados por el fútbol. El denominado “calcio” italiano se está viendo afectado desde el mes de abril por escándalos de dopaje que podrían significar una grave amenaza para uno de los campeonatos de fútbol más prestigiosos del mundo.

Las nuevas leyes italianas contra el dopaje (bautizadas como de “fraude deportivo”) han obligado a las instancias deportivas a endurecer su posición respecto a los futbolistas controlados positivos. La revelación de la existencia de ocho positivos a la NANDROLONA de jugadores de primera y segunda división, ha convencido a los italianos de que el deporte rey no es intocable.

El Comité Olímpico Italiano realizó una reunión cumbre sobre dopaje en el mes de mayo a la que asistieron los principales directivos del fútbol mundial. Igual que sucedió con los ciclistas, los futbolistas comenzaron a defenderse negando las acusaciones, poniendo en tela de juicio la calidad de las pruebas de detección y proponiendo acciones de protesta contra la violación de la vida privada que significaría la revelación del nombre del jugador hallado positivo, inclusive antes del resultado de un contra-análisis.

La denominada epidemia comienza a extenderse y el 5 de mayo se comenzaron a presentar los primeros escándalos en el fútbol español y un mes después en el fútbol inglés.

El COI y numerosos gobiernos parecen convencidos que solo una acción coordinada a escala planetaria y coherente desde el punto de vista de las leyes y del reglamento les permitirá erradicar la epidemia. El entonces Presidente del COI Juan Antonio Samaranch, el “zar” antidrogas Barry McCaffry y representantes de comités olímpicos, federaciones y atletas crearon la agencia que puede cumplir la misión: La Agencia Mundial Antidopaje (AMA) o WADA por las iniciales en inglés (World Antidoping Agency), como culminación de una lucha de muchos años contra el dopaje y luego de llegar a la conclusión de que se necesitaba la cooperación de los gobiernos, por eso WADA tiene un 50% de participación del mundo del deporte y 50% colaboración gubernamental.

La acción comienza inmediatamente y antes de finalizar el año, la WADA ha realizado ya 3500 test fuera de competencia (la mayoría de orina, con excepción de los de EPO que son también de sangre) a atletas de 75 países candidatos a participar en los Juegos Olímpicos de Invierno de Salt Lake City en febrero de 2002. El resultado parcial conocido el 18 de enero de 2002 revela que existen 24 positivos, aún faltando el resultado de 900 exámenes. La creación de esta entidad fue el último combate para Juan Antonio Samaranch, quien lucha desde hace 20 años y que cedió su puesto el pasado mes de Julio al belga Jacques Rogge.

El Profesor Francesco Conconi, uno de los mayores expertos mundiales en fisiología del deporte y en la lucha contra el dopaje decía en una conferencia: “ los controles son necesarios, no sólo para hacer cumplir el reglamento, sino incluso para proteger la salud de los tramposos. El problema es que la situación actual de la lucha contra el dopaje dista mucho de ser la ideal: hay demasiadas asignaturas pendientes”.

3. TIPOS Y MÉTODOS PROHIBIDOS DE DOPING

Las organizaciones internacionales delimitaron los márgenes entre el uso permisible de fármacos en los tratamientos médicos y el abuso inapropiado y obvio. La comisión médica del COI y muchas comisiones internacionales una vez reconocido que la mala utilización de los medicamentos con intención de alterar el rendimiento del deportista era contraria a la ética básica del juego y la competición limpia, encaminaron sus esfuerzos a proporcionar reglas claras que pudieran conducir a la acción en caso de no cumplirse.

Se reconoció que no todos los médicos y entrenadores consideraban como prioritario el bienestar de los competidores bajo su tutela. Si se dejaba que los deportistas siguieran siendo conejillos de indias de potentes medicamentos, más muertes ocurrirían.

El COI decidió elaborar una lista de grupos de compuestos prohibidos, incluyendo la frase "... y compuestos relacionados", pues se preveía que se usarían compuestos con principios activos similares a los que estuvieran en la lista para seguir haciendo "trampa".

La Comisión Médica del COI decidió incluir en la lista únicamente aquellos fármacos para los que se disponen de métodos analíticos adecuados de

determinación de forma inequívoca que pertenecen a ese grupo y que sus metabolitos aparecen en la orina.

Esta lista se revisa periódicamente y se actualiza anualmente. Su elaboración se basa en la existencia de la constancia del abuso de una droga, sustancia o método y que se conozcan los peligros para la salud del deportista, además que las diferentes drogas enlistadas puedan ser detectadas analíticamente.

3.1 LISTADO OFICIAL

La lista oficial de sustancias y grupos farmacológicos prohibidos y de métodos no reglamentarios de dopaje en el deporte publicada por el COI en enero de 2001 y válida para todas las competencias desde esa fecha es la siguiente:

- I. Clases de Sustancias Prohibidas
- II. Métodos Prohibidos
- III. Clases de Drogas Sujetas a Ciertas Restricciones.

3.1.1 CLASES DE SUSTANCIAS PROHIBIDAS

Las sustancias prohibidas están divididas en cinco grupos:

- A. Estimulantes
- B. Analgésicos Narcóticos
- C. Agentes Anabólicos

* Esteroides Andrógenos Anabolizantes

* Agentes Anabólicos no esteroidales (agonistas B2).

D. Diuréticos

E. Hormonas Peptídicas, miméticas y análogas.

3.1.2 MÉTODOS PROHIBIDOS

Son prohibidos los siguientes métodos:

- a. Doping Sanguíneo
- b. Manipulación química, física o farmacológica.

3.1.3 CLASES DE SUSTANCIAS SUJETAS A CIERTAS RESTRICCIONES

Son también cinco los grupos de sustancias restringidas:

- a. Alcohol
- b. Marihuana y otras cannabinoides
- c. Anestésicos locales
- d. Corticosteroides
- e. Bloqueadores-Beta-Adrenérgicos

3.2 COMPONENTES

A continuación se exponen los principales componentes de cada grupo de sustancias dopantes, los métodos de doping y las sustancias sometidas a ciertas restricciones.

3.2.1 CLASES DE SUSTANCIAS PROHIBIDAS

3.2.1.1 ESTIMULANTES LIGEROS:

Orciprenalina, Mesocarb, Meclofenoxato, Cafedrina, Mefentermina, Morazona, Clorfentermina, Etamivan, Pentetrazol, Anfepramona, Clorprenalina, Mefenorex, Pipradol, Fencamfamina, Cropropamida, Metilefedrina, Procatamol, Prolintano, **Efedrina, *Cafeína, **Catina, Clobenzorex, Amineptina, Amifenazol, Estricnina, Etafedrina, Crotetamida, Etilefrina, Isoprenalina, ***Fenilpropanolamina, Fentermina, Heptaminol, Niquetamida, Propilhexedrina, Foleodrina, ***Pseudoefedrina y sustancias relacionadas.

*Para Cafeína, una muestra se considera positivo si la concentración en la orina excede los 12 ug/ml.

**Para Efedrina, Catina (Norpseudoefedrina) y Metilefedrina una muestra se considera positivo si la concentración en la orina excede los 5 ug/ml.

***Para Pseudoefedrina y Fenilpropanolamina una muestra se considera positivo si la concentración en la orina excede los 10 ug/ml.

Si más de una de las anteriores sustancias está presente sin sobrepasar sus límites máximos pero la sumatoria sobrepasa los 10 ug/ml se considera positivo.

Vasoconstrictores como la Adrenalina pueden administrarse con preparados analgésicos locales. Se permiten las preparaciones de uso tópico (nasal, oftalmológico) de Fenilefrina. Se permite el uso en aerosol y nebulizantes nasales de la Oximetazolina y restantes derivados del Imidazol.

3.2.1.1.1 BRONCODILATADORES:

Bambuterol, Clembuterol, Fenoterol, Formoterol, Salbutamol, Salmeterol, Terbutalina, Reproterol, y sustancias relacionadas.

Están permitidos solamente en inhaladores cuando su uso esté previamente certificado en carta escrita por el médico del equipo a la autoridad médica de la competencia donde conste que se utiliza para prevenir y/o tratar asma, y el asma inducido por ejercicio. Es necesario un certificado escrito de asma y y/o asma inducido extendido por un neumólogo.

3.2.1.1.2 ESTIMULANTES PESADOS (Anfetaminas y relacionados):

Anfenazol, Anfetamina, Anfetaminilo, Benzfetamina, Bambuterol, Bromantan, Etoxfanfetamina, Cocaína, Dimetanfetamina, Carfedón, Fenfluramina, Fenoterol, Formoterol, Etilanfetamina, Mazindol, Fendimetracina, Fenetilina, Fenmetracina, Fenproporex, Funflenorex, Furfenorex, Metanfetamina, Metilfenidato, Metoxifenamina, Morazona, Pemolina, Norfenfluramina, Parahidroanfetamina, Metilendioxfanfetamina, Pirovalerona, Reproterol, Selegilina y sustancias relacionadas.

3.2.1.2 ANALGÉSICOS NARCÓTICOS:

Alfaprodina, Anileridina, Buprenorfina, *Codeína, Dextromoramida, *Dextropropoxifeno, *Dextrometorfano, Diamorfina (Heroína), *Difenoxilato, *Dihidrocodeína, Dipipanona, Heptoheptacina, *Etilmorfina, Fenazocina,

*Folcodina, Levorfanol, Metadona, **Morfina, Nalbufina, Nalorfina,
*Propoxifeno, Pentazocina, Petidina, Trimeperidina, Hidrocodona, Hidromorfona,
Tilidina, *Tramadol y sustancias relacionadas.

* Estas sustancias están permitidas bajo autorización médica.

** Para Morfina una muestra se considera positivo si la concentración en la orina
excede 1 ug/ml.

3.2.1.3 AGENTES ANABOLIZANTES:

3.2.1.3.1 ESTEROIDALES

Bolasterona, Boldenona, Clostebol, Dehidroclormetiltestosterona, Estanozolol,
Fluoximesterona, Calusterona, Mestrolona, Metandienona, Metenolona,
Metiltestosterona, Nandrolona, Noretandrolona, Oxandrolona, Estrolona,
Oxabolona, Oximetolona, *Testosterona, Trembolona, Epitestosterona,
Metandriol, Mibolerona, Reproterol, Quimbolona, Androstenediona,
Androstenediol, Bambuterol, Danazol, Dehidroepiandrosterona (DHEA),
**Dihidrottestosterona, Drostanolona, Formebolona, Gestrinona, 19-
Norandrostenediol, 19-Norandrostenediona, ***otras sustancias con capacidad
anabolizante y sustancias relacionadas.

*Para el caso de la Testosterona se considera positivo si la obtención en la orina
de una relación de Testosterona a Epitetosterona es mayor a 6. Sin embargo es
necesario una investigación médica completa contando con pruebas realizadas

anteriormente y continuando con pruebas no anunciadas al atleta al menos una vez por mes durante tres meses antes de anunciarlo positivo. Si no hay cooperación en el proceso el atleta es declarado positivo.

** Para la Dihidrotetosterona, un resultado es positivo si la concentración de Dihidrotestosterona y de sus metabolitos y la relación de las correspondientes esteroides del tipo “n-5-alfa” superan los valores fisiológicos habitualmente encontrados en el organismo humano, de forma que ello no sea consecuente con una producción endógena normal. Un control no se considerará positivo con respecto a la Dihidrotestosterona cuando el deportista presente pruebas evidentes y contundentes de que las anomalías de las concentraciones o de las relaciones son debidas a causas patológicas o fisiológicas.

***Este grupo está integrado por cualquier sustancia entre cuyas acciones y/o efectos farmacológicos se encuentre la de anabolizante, como el Clomifeno y el Zeranol.

3.2.1.3.2 NO ESTEROIDALES

Están incluidos dentro de este grupo aquellas sustancias cuya administración sistemática puede originar efectos anabolizantes. Son denominados también BETA –2 – Agonistas.

Bitolterol, Orciprenalina, Rimiterol, Salbutamol, Terbutalina, Bambuterol, Clembuterol, Fenoterol, Formoterol, Salmeterol, Zeranol y sustancias relacionadas.

3.2.1.4 DIURÉTICOS:

Acetazolamida, Acido Etacrínico, Amilorida, Bendroflumetiácida, Benzotiacida, Bumetanida, Canrenona, Clormercodrina, Clortalidona, Diclofenamida, Espironolactona, Furosemida, Hidroclorotiacida, Mersalil, Triamtereno, Indapamida, Torasemida, *Manitol y sustancias relacionadas.

* El Manitol está prohibido si se administra por inyección intravenosa.

3.2.1.5 HORMONAS:

*Gonadotrofina Coriónica humana (hCG), Eritropoyetina (EPO), *Corticotrofinas (hACT, Tetracosartide), *matotrofina u Hormona del Crecimiento (hGC), *Gonadotrofinas Hipofisiarias y sintéticas (hL), Factor de Crecimiento Insulino-símil (IGF-1), **Insulinas y sustancias relacionadas.

*Todos los respectivos factores de liberación y sus análogos son también prohibidos.

**La insulina es permitida únicamente para tratar diabetes insulino-dependiente. Se necesita un certificado por escrito de diabetes insulino-dependiente extendido por un endocrinólogo o un médico del equipo.

La presencia de una concentración anormal de una hormona endógena o de su(s) marcador(es) diagnóstico(s) en la orina de un competidor constituye una infracción a menos que se haya documentado en forma concluyente que se debe únicamente a una condición fisiológica o patológica.

3.2.2 MÉTODOS DE DOPAJE

3.2.2.1 DOPING SANGUÍNEO:

Es la administración a un atleta, de sangre, glóbulos rojos, transportadores artificiales de oxígeno o productos hemoderivados.

3.2.2.2 MANIPULACIÓN FARMACOLÓGICA, QUÍMICA Y FÍSICA

Es la utilización de sustancias y de métodos que alteran, intentan alterar, o razonablemente pueden llegar a alterar la integridad y validez de las muestras utilizadas en los controles de doping. Esto incluye, sin carácter limitativo:

- Administración de diuréticos.
- Cateterización.
- Sustitución de muestras y/o alteración de muestras.
- Inhibición de la excreción renal (por ejemplo Probenecide y fármacos relacionados.
- Alteración de los niveles de testosterona y Epitestosterona tales como la administración de *Epitestosterona o de Bromantan.

* Una concentración de Epistosterona en la orina de más de 200 ng/ml se someterá a análisis para la detección de testosterona.

El éxito o el fracaso del uso de una sustancia prohibida o método prohibido no es esencial. Es suficiente que se haya utilizado o intentado utilizar dicha sustancia o método para que se considere que se ha consumado la infracción.

3.2.3 CLASES DE DROGAS SUJETAS A CIERTAS RESTRICCIONES:

3.2.3.1 ALCOHOL

No está prohibido. Sin embargo y a petición de las autoridades pueden realizarse pruebas para determinar el nivel de Etanol en la sangre o en el aire expirado por el atleta. Si es autorizada la prueba, se considera positivo una concentración en la sangre mayor de 0.5 g/l.

3.2.3.2 MARIHUANA Y OTROS CANNABINOIDES

Cuando lo estipulen las normas de cada federación, se llevarán a cabo pruebas de cannabinoides (ej: Marihuana, Hashish, y otros). En los Juegos Olímpicos, los test son obligatorios. Se prohíbe una concentración en orina de 11-nor-delta-9-tetrahydrocannabinol-9-ácido carboxílico (carboxi-THC) mayor 15 ng/ml.

3.2.3.3 ANESTESICOS LOCALES

Se permiten solamente inyectados bajo las siguientes condiciones:

- a. Cuando se utilice Bupivacaína, Lidocaína, Mepivacaína, Procaína, Xilocaína, Carbocaína, y otros, pero nunca de Cocaína.

- b. Se permiten solamente inyecciones locales o intramusculares.
- c. Solo cuando estén justificados clínicamente. Se debe enviar notificación Inmediata a la Comisión Médica del COI.

3.2.3.4 CORTICOSTEROIDES

Prohibido su uso sistemático, excepto si la administración se hace tópicamente (anal, auditiva, dermatológica, nasal, oftalmológica), o en inyecciones locales. Si se requiere inyección intraarticular se debe informar por escrito al COI.

Betametasona, Metilprednisolona, Cortisona, Parametasona, Dexametasona, Prednisolona, Fludrocortisona, Triamcinolona y sustancias relacionadas.

3.2.3.5 BLOQUEADORES BETA-ADRENERGICOS

Acebutolol, Bisoprolol, Nadolol, Penbutolol, Alprenolol, Bunolol, Oxprenolol, Pindolol, Atenolol, Carnedivol, Propanolol, Timolol, Labetalol, Celiprolol, Metroprolol, Sotalol y sustancias relacionadas.

Los agentes bloqueadores-beta-adrenérgicos están sujetos a las normas estipuladas por cada federación deportiva.

4. MECANISMOS DE ACTUACIÓN

Las ventajas físicas logradas por la administración de sustancias prohibidas son derivadas también además de su actividad farmacológica, de una respuesta fisiológica por parte del individuo, pero como ya se ha dicho, son nocivas para la salud desde el punto de vista médico.

Para realizar un análisis antidoping es importante conocer la rapidez con que actúa el fármaco, su duración y su efecto farmacológico y la velocidad con que se metaboliza o elimina la sustancia. La farmacocinética enseña que para estimulantes, narcóticos, diuréticos y beta-bloqueadores, la muestra de orina más conveniente es la realizada una hora después de la competencia debido a que la concentración necesaria para ser detectadas en el análisis es de una a tres horas después de la toma de la muestra. Este criterio no es válido para esteroides anabólicos, más aún cuando estos han sido suministrados durante la fase de entrenamiento. Es por ello que los controles al doping se hacen también en la fase de entrenamiento de los atletas.

El efecto de las sustancias farmacológicas en las que se involucran los métodos de doping es muy variado y depende en gran medida de su estructura química.

4.1 ESTIMULANTES

Este tipo de sustancias que actúan sobre el sistema nervioso central (SNC) se derivan de dos hormonas propias del cuerpo como son la Epinefrina y la Norepinefrina.

Los estimulantes actúan como simpaticomiméticos, es decir, que por su estructura engañan al sistema simpático que es el encargado del funcionamiento nervioso de nuestro organismo y el mismo organismo los acepta como naturales.

La Epinefrina, al liberarse desde las glándulas suprarrenales actúa en el hígado activando la hidrólisis de glucógeno a glucosa. Esta glucosa impide la eliminación de altas concentraciones de ácido láctico en la sangre, la cual controla la manifestación de cansancio que ocasiona la disminución del rendimiento.

Los estimulantes aumentan y aceleran el ritmo cardiovascular, mejoran en el deportista la potencia y la fuerza y disminuyen la sensación de fatiga y el apetito. Quienes lo consumen se tornan más agresivos, hostiles, y por lo tanto, más competitivos, lo que puede significar la diferencia entre la victoria y la derrota. Son usados sobre todo en competencias que requieren esfuerzo prolongado. Optimizan el rendimiento físico hasta el punto máximo y actúan como “asesinos” del dolor; otros mejoran la resistencia y la competitividad.

La Cafeína, estimulante muy popular encontrado en el té, el café, el cacao y en

preparados farmacéuticos, centra sus efectos en la dosis consumida, (dos tazas y media de café son suficientes para producir sus efectos), pero una alta concentración de ella no produce ningún efecto benéfico (en abril de 1986 la comisión médica del COI, colocó un límite de 12 mg/ml de cafeína en la orina, lo que equivale a tomar 20 tazas de café). Es considerada una droga, pues no solo se integra al organismo sino que también lo altera. Es también un poderoso diurético con la consecuente eliminación de minerales.

Su estructura es de una Xantina metilada más poderosa que Teofilina (cacao) y teobromina (té). Es utilizada para competencias de duración pues ayuda a ahorrar Glicógeno muscular por la utilización de los ácidos grasos durante la actividad; su efecto depresivo produce la disminución de la percepción de fatiga y se incrementa la vigilia.

La Cocaína está ganando popularidad entre muchos deportistas, sus efectos son instantáneos y desaparecen después de una hora al metabolizarse a Benzoilecgonina y Ecgoninametiléster que son excretadas libres y su presencia en la orina es indicio de uso de cocaína. Es similar a las anfetaminas y es altamente adictiva. Al ingerirla libera Norepinefrina desde las neuronas, las cuales inmediatamente bloquean su reventilación. Produce euforia, mayor velocidad de reflejos, pero genera una expresión de asincronismo

La Cocaína genera efectos secundarios como irritabilidad, insomnio, sudoración excesiva, palpitaciones, boca seca, mareos, aumento de la presión y también

actúa como diurético; puede llevar a la fatiga y deshidratación. La Cocaína hace que el corazón duplique su actividad conduciendo en casos extremos a un paro cardíaco y la muerte.

La Adrenalina y sus derivadas aminas simpaticomiméticas, Pseudoefedrina, Fenilpropanolamina, Efedrina, Fenilefrina son estimulantes que se emplean como vasoconstrictores, descongestionantes en los preparados de venta libre para resfriados, catarros, sinusitis, su uso inadvertido puede terminar en un resultado positivo en un control antidoping. El uso de este tipo de sustancias conlleva efectos adversos igualmente, la hostilidad generada puede ser causa de accidente. Las anfetaminas son las culpables de muchas muertes de deportistas sobre todo en condiciones climáticas exigentes (altas temperaturas, humedad excesiva).

Las anfetaminas han resultado ser drogas reavivantes efectivas, sin embargo, después de que las señales de alarma de agotamiento del cuerpo se han suprimido, hay un riesgo de sobrecarga que puede generar en colapso y derivar en la muerte. Las anfetaminas lo único que hacen es engañar al organismo en ese cansancio atroz, enmascarándolo, siendo que en realidad lo vive. Por eso se dice que lo engaña, porque le hace creer que tal cansancio no existe y es cuando somete al organismo al sobre-esfuerzo.

Cuando el organismo elimina las anfetaminas crea una fase de nerviosismo, de fatiga intensa, de desánimo y depresión. Estos efectos negativos hacen caer al

deportista en un ciclo infernal, en un estado de dependencia física y psíquica; es un círculo vicioso: las dosis de anfetaminas aumentan y se llega a un auténtico estado de toxicomanía.

Recordemos que anteriormente mencionábamos la muerte del ciclista Tom Simpson el 13 de julio de 1965 en el “horno” del Monte Ventoux. Su muerte se atribuye a estas sustancias, las que al disminuir la sensación de fatiga aumentan el calor corporal y al combinarse con las condiciones climáticas y topográficas provocaron un colapso cardiovascular.

La Fenilpropanolamina prohibida en todos los medicamentos antigripales es un estimulante menos poderoso que la anfetamina, pero sus efectos inician solo 30 minutos después de ingerirla y duran hasta 3 horas. Su acción reforzada con cafeína puede producir arritmias o paros cardíacos.

En general son también demasiados efectos adversos de este tipo de sustancias; llamados en muchos ambientes deportivos “LOS CORAZONCITOS VERDES”.

4.1.1 BROMONTAN

Desde el año de 1999, científicos franceses centraron su atención en una droga usada por algunos atletas de Europa del Este, personal militar y cosmonautas Rusos, para lograr concentración y estimular la actividad física. Una carta publicada en el matutino The Lancet indica que el nuevo agente de doping, es

poco conocido en Occidente, pero apareció en los controles de orina de cinco atletas olímpicos lituanos y rusos que compitieron el año antepasado en Atlanta.

Sus descalificaciones por parte del Comité Olímpico Internacional fueron canceladas por apelación pero desde entonces, el BROMONTAN ha sido agregado a la lista del COI de sustancias prohibidas.

En Febrero de este año, durante el campeonato de sky en Trondheim (Noruega), un atleta ruso fue descalificado luego de que el control antidoping dio positivo, según recuerda el profesor Pascal Bemat del Hospital d'Instruction des Armees Begin de Francia. La nota también destaca que el Bromontan es prescripto a los cosmonautas como un estimulante inmunológico y que "es probable que haya sido usado por los soldados rusos en Afganistán y más recientemente en Chechenia buscando efectos psicoestimulantes".

De acuerdo a los autores, los estudios con ratas de laboratorio, demuestran que la droga estimula actividades físicas y eleva la concentración, Pruebas en humanos realizadas por investigadores rusos, indicaron que el Bromontan previene condiciones que pueden causar hipertermia e hipoxia.

Dijeron que la droga, como las anfetaminas, estimula las células del cerebro para incrementar la producción de Dopamina, el neurotransmisor involucrado en la regulación del movimiento, coordinación y actividad cognitiva.

4.1.2 CREATINA: UN COMBUSTIBLE PARA LA EXPLOSIÓN

La Creatina, por su parte, es una sustancia consumida ya por un alto número de atletas, en especial los que practican pruebas de velocidad y fuerza rápida, las llamadas especialidades "explosivas". Lo que antes era un rumor se ha convertido ya en algo plenamente confinado: un buen número de atletas admite que consume suplementos alimenticios a base de Creatina porque ésta no figura en las listas de productos prohibidos por constituir doping. Otros atletas van más allá e incluso protagonizan anuncios de productos con Creatina.

Según recuerda el periodista Ignacio Romo en el diario El Mundo de España, Linford Christie, campeón olímpico de los 100 metros en los Juegos Olímpicos de Barcelona 92, ha reconocido este año en varias ocasiones que consume una sustancia llamada Creatina. Colin Jackson, recordman mundial de los 110 metros vallas, también británico, no sólo lo reconoce sino que además protagoniza anuncios de este producto en las revistas deportivas.

4.1.2.1 ¿QUÉ ES LA CREATINA?

Una sustancia de naturaleza proteica que nuestro organismo produce de forma habitual y es semejante en su dimensión molecular a un aminoácido, Se sintetiza en el hígado, los riñones y el páncreas, a partir de la Glicina y la Arginina, que son dos aminoácidos (moléculas constituyentes de las proteínas) presentes en la alimentación diaria.

En las especialidades que requieren esfuerzos rápidos, de corta duración y alta intensidad (como es el caso de una carrera de 100 metros llanos) el organismo humano no utiliza oxígeno como fuente de energía. Los sustratos energéticos que se utilizan en un esfuerzo de tipo "explosivo" son el llamado ATP (Adenosin Trifosfato) y el Fosfato de Creatina. Los expertos en fisiología deportiva han descubierto que una de las principales razones por las que un atleta pierde velocidad en los últimos metros de una carrera es el agotamiento de las reservas de fosfato de Creatina. Cuando esta sustancia se va consumiendo, empieza a fallar la capacidad contráctil del músculo. El consumo de Creatina (en la actualidad se comercializa en forma de Monohidrato de Creatina) se está extendiendo entre los atletas porque parece aumentar el almacenamiento total de esta sustancia en el interior del músculo y retarda por lo tanto el agotamiento de fosfato de Creatina en las contracciones de alta intensidad.

Del mismo modo que los corredores de fondo acuden a entrenarse a lugares en altitud elevada para aumentar sus niveles de hematófilos y así transportar más oxígeno al músculo, los atletas de velocidad (especialidad llamada anaeróbica porque no se consume oxígeno como fuente de energía) buscan rellenar sus reservas energéticas almacenando más Creatina. Esta es recomendada para los atletas vegetarianos, y ya que sobre todo se encuentra en la carne y el pescado, más aún si están poco cocinados.

Obviamente, la gran ventaja de la Creatina es que su consumo no está considerado como "doping". Los expertos internacionales que fijan la difícil frontera entre los

productos permitidos (como vitaminas, minerales, suplementos de carbohidratos, etc.) y los prohibidos (sobre todo esteroides y estimulantes) han determinado que la Creatina está entre los admitidos.

El doctor Arne Ljunqvist, uno de los mayores expertos en la lucha contra el dopaje, ha sido interrogado en múltiples ocasiones acerca de por qué el consumo de Creatina no se considera dopaje. El médico sueco siempre responde lo mismo. "tampoco está prohibido tomar bebidas con hidratos de carbono o entrenarse en altitud". Ljunqvist añade que además la Creatina carece de riesgos para la salud.

Aunque esta última afirmación sí puede ser cuestionada (una dieta con un excesivo contenido proteico puede aumentar los niveles de amoníaco en el hígado y afectar a la síntesis normal de proteínas), lo cierto es que prohibir la Creatina no representaría una decisión demasiado razonable.

El COI el 27 de Septiembre de 2001 recomendó a todos los atletas no consumir productos de suplementos alimenticios. El 20% de dichos suplementos presentes en el mercado mundial fue analizado y encontrado drogas prohibidas y un 15% contienen sustancias desconocidas que podrían dar resultados positivos. Esto debido a la declaración de nulidad del positivo del futbolista Holandés Frank de Boer (declarado positivo en Marzo del mismo año) pues se indicó que la Nandrolona detectada procedía de "vitaminas contaminadas" y suplementos alimenticios. Por el contrario la Nandrolona del nadador David meca, suspendido

actualmente por otro caso de dopaje, y la de decenas de deportistas en todo el mundo sigue condenada.

Hace unas semanas Ville Valdouri, un atleta finlandés de 100 metros planos, dio positivo con Nandrolona. A pesar de sus 19 años, este velocista se atrevió a hacer algo que no es precisamente habitual en los atletas sancionados por dopaje. Decidió hablar. Valdouri fue muy claro: “Mi entrenador, Esko Olkonen, lleva dos años inyectándose Hormona del crecimiento, Testosterona y otros anabolizantes porque dice que es la única manera de llegar a lo más alto. Desde entonces me he sentido muy mal, mi vida ha sido un desastre y ahora me siento liberado al contarlo”. Olkonen ha sido suspendido como técnico en Finlandia. Por todo lo anterior la lucha antidopaje ha quedado en entredicho. Muchos se preguntan ¿Quieren realmente las federaciones internacionales luchar contra el dopaje? ¿De qué sirve detectar sustancias en los controles de orina si luego los resultados son desestimados por las razones más inverosímiles?. Desde la absolución del cubano Javier Sotomayor “en atención a su historial deportivo”, del inglés Richardson “porque da conferencia a los jóvenes contra el dopaje” hasta el perdón de De Boer, la lucha antidopaje sigue perdiendo prestigio.

4.2 ANALGÉSICOS NARCÓTICOS

Su principal acción es la de generar en el deportista una disminución de fatiga y resistencia al dolor más allá del umbral máximo; dan una falsa sensación de resistencia al cansancio e invencibilidad y modifican el umbral del dolor, por lo que pueden conllevar a no reconocer la posibilidad de peligro o riesgo en

competencia. Esto repercute según la dosis utilizada en problemas graves de adicción física y psicológica, sobre todo con sustancias tales como la morfina y sus derivados, las cuales son sustancias de uso prohibido por los organismos de control del tráfico de estupefacientes (al igual que la cocaína, la marihuana y sus derivados). A largo plazo generan graves lesiones musculares, son depresoras del SNC y pueden causar paro respiratorio.

Un problema típico de este grupo (como en algunos estimulantes), es que son sustancias químicas que entran en la composición de numerosos medicamentos (comprimidos, píldoras, gotas nasales, supositorios), utilizados contra el reuma, la tos, las afecciones pulmonares y muchos de estos productos se venden sin receta médica.

Los deportes en los que más se utilizan son en los de contacto como son el boxeo, la lucha, baloncesto, fútbol.

4.3 AGENTES ANABOLIZANTES:

4.3.1 ESTEROIDALES:

Los esteroides anabólicos son drogas que mimetizan los efectos de la hormona natural masculina llamada Testosterona y se comercializan bajo diferentes nombres.

Se conocen entre los deportistas como “el desayuno de los campeones” o “chochos” y están ubicados en el listado de sustancias prohibidas del COI porque además de mejorar el rendimiento son peligrosos para la salud.

Este tipo de sustancias aumentan en gran medida la masa muscular de un individuo, lo que permite mejorar la fuerza muscular pura, pero también el “volumen” de entrenamiento (entrenar más tiempo y más duro), mejorar los tiempos de recuperación (recuperar peso rápidamente) y mantener el influjo nervioso. Esto es muy importante en los deportes de resistencia. Sin embargo, el aumento de fuerza y potencia muscular esta puesto en tela de juicio y se presume más un efecto psicológico que físico sobre el rendimiento del deportista. Como no tienen un gran efecto en el rendimiento aeróbico, los atletas de resistencia no se benefician mucho de ellos

Recordemos el sonado caso del atleta canadiense Ben Johnson, ganador de la prueba reina del atletismo, los 100 metros planos en Seúl con nuevo record mundial y descalificado por doping con anabolizantes y el del lanzador de martillo canadiense Robin Lyons (Sidney) descalificado por consumo de Nandrolona. Eran imponentes moles humanas de músculos.

Los anabolizantes se toman oralmente o se inyectan en un músculo, nunca en una vena. Si se administran por vía oral se metabolizan muy rápidamente, por ello se inyectan más frecuentemente en forma de derivados oleosos para aumentar su

absorción por el tejido adiposo y permanecer más tiempo en el organismo (por eso se pueden detectar hasta 6 meses después de su administración). Se suelen tomar junto con otras drogas al mismo tiempo (stacking o apilamiento) con el objetivo de acumular los efectos de cada uno siempre y cuando sean complementarios y sus productos de metabolismo sean diferentes (no tiene sentido tomar varios anabolizantes con rutas metabólicas parecidas). Con frecuencia se toman siguiendo ciclos: a un período de uso sigue otro de abstinencia

4.3.1.1 CAMBIOS PSICOLÓGICOS

Los esteroides anabolizantes se derivan de la hormona sexual masculina Testosterona. Debido a diferentes procedimientos de síntesis en laboratorio químicos, la hormona puede sufrir cambios estructurales que afectan sus actividades en el cuerpo. Todas las hormonas de este tipo, tienen efectos tanto androgénicos como anabólicos. Es el factor anabólico que es deseable para los atletas, porque es lo que ayuda a estimular el crecimiento muscular, cuando se combina con entrenamiento duro y una dieta nutritiva. Por otro lado, el factor androgénico es mucho más molesto, puede llevar a una alteración de la libido y a una agresividad aumentada, además de muchos cambios físicos no deseados. Se conoce bien la agresividad aumentada en atletas masculinos y femeninos que están usando esteroides anabolizantes. Desafortunadamente puede llevar a reacciones históricas sin sentido. En algunos casos se han cometido actos criminales de violación, asesinato, robo y/o combinación de éstos bajo la

influencia de los esteroides anabolizantes El comportamiento depresivo es a veces consecuencia del uso de los anabolizantes.

Estas depresiones son similares a las exhibidas por adictos a las drogas. Algunos atletas intentan combatir estas fases depresivas tomando nuevas dosis o anabolizantes diferentes u otras drogas o estimulantes. Esto puede llevar a adicciones a otras drogas.

4.3.1.2 LOS CAMBIOS FÍSICOS:

Los siguientes síntomas se han observado en usuarios de esteroides masculinos y femeninos:

4.3.1.2.1 HOMBRES:

- Cáncer de Próstata e Hígado
- Crecimiento del músculo esquelético
- Niveles de fluidos y electrolitos (disminución del volumen de la eyaculación, retención de líquidos y sales).
- Acné
- Pérdida del pelo (parcial o total)
- Ojos saltones (ojos tiroideos)
- Ginecomastia (sobredesarrollo de los pechos con características femeninas)
- Estrías
- Si se usan en la adolescencia atrofian el crecimiento.

- Dolor durante las relaciones sexuales.

4.3.1.2.2 MUJERES:

En las mujeres, se notan los efectos virilizantes de los esteroides anabólicos ya después de un corto tiempo. Los efectos secundarios que se manifiestan son los siguientes:

- Descenso de la voz a un nivel de bajo (engrosamiento de las cuerdas lo cual es irreversible (ronquera).
- Aumento del crecimiento del vello facial y distribución masculina del vello.
- Calvicie masculina.
- Crecimiento del músculo esquelético
- Niveles de fluidos y electrolitos alterados
- Acné
- Pérdida del pelo
- Hombros anchos, ojos saltones, vello facial
- Crecimiento de la laringe, voz más baja
- Atrofia del pecho
- Crecimiento del clítoris

Estos cambios no sólo son un resultado directo de la ingesta de esteroides anabólicos androgénicos, sino un desarreglo complejo de todo el medio hormonal del cuerpo. Las mujeres que toman hormonas masculinas se arriesgan a sufrir cambios fisiológicos irreversibles.

4.3.1.3 TESTOSTERONA

La Testosterona es la hormona masculina que define en el hombre sus características morfológicas y genitales: órganos sexuales, masa muscular propia, aparición de barba y vello, etc. En el hombre se sintetiza naturalmente en los testículos a partir del Colesterol a una razón de 4 a 10 mg/día. La mujer también la sintetiza pero en mucha menor proporción, 0.15 a 0.40 mg/día.

La Testosterona desarrolla las características sexuales masculinas y las secundarias como pelo, barba, voz gruesa, etc., promueve la síntesis de proteínas y acelera la construcción del tejido muscular y la formación de células rojas (eritrocitos).

La Testosterona (y en general todos los esteroides anabolizantes) al inyectarse ingresa al torrente sanguíneo en forma de moléculas que se mueven a través de todo el cuerpo. Cada molécula contiene cierto mensaje o información la cual trata de transmitir a células específicas del cuerpo que poseen varios tipos de receptores en sus membranas.

Uno de estos tipos está formado por receptores de esteroides los cuales, por ejemplo, están presentes en la masa muscular en grandes cantidades.

El esteroide puede formar una estructura compleja al unirse con ligandos del tipo Hidroxiflutamida (todos sus isómeros espaciales) (figuras 1, 2 y 3) los cuales lo transportan más rápidamente hacia las terminales de aminoácidos de los receptores.

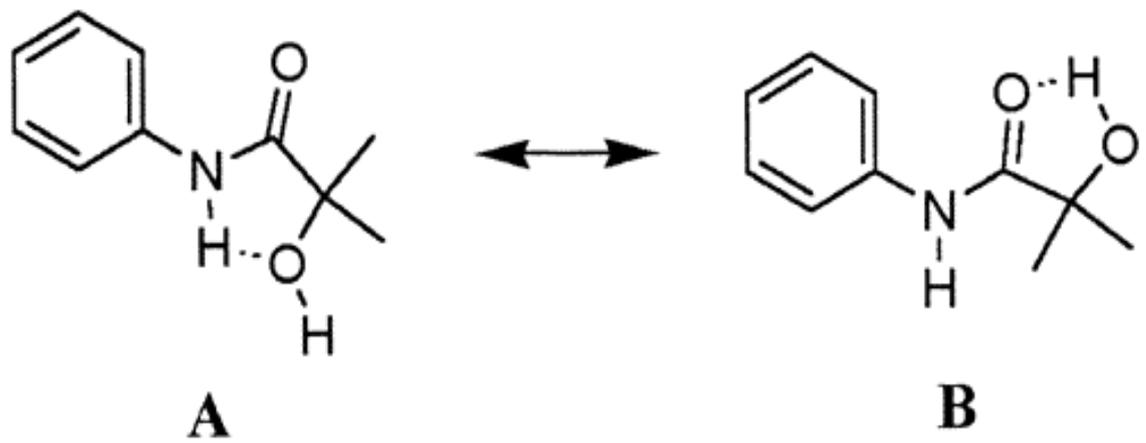


Figura 1. Fórmula estructural de los isómeros espaciales del ligando Hidroxiflutamida.

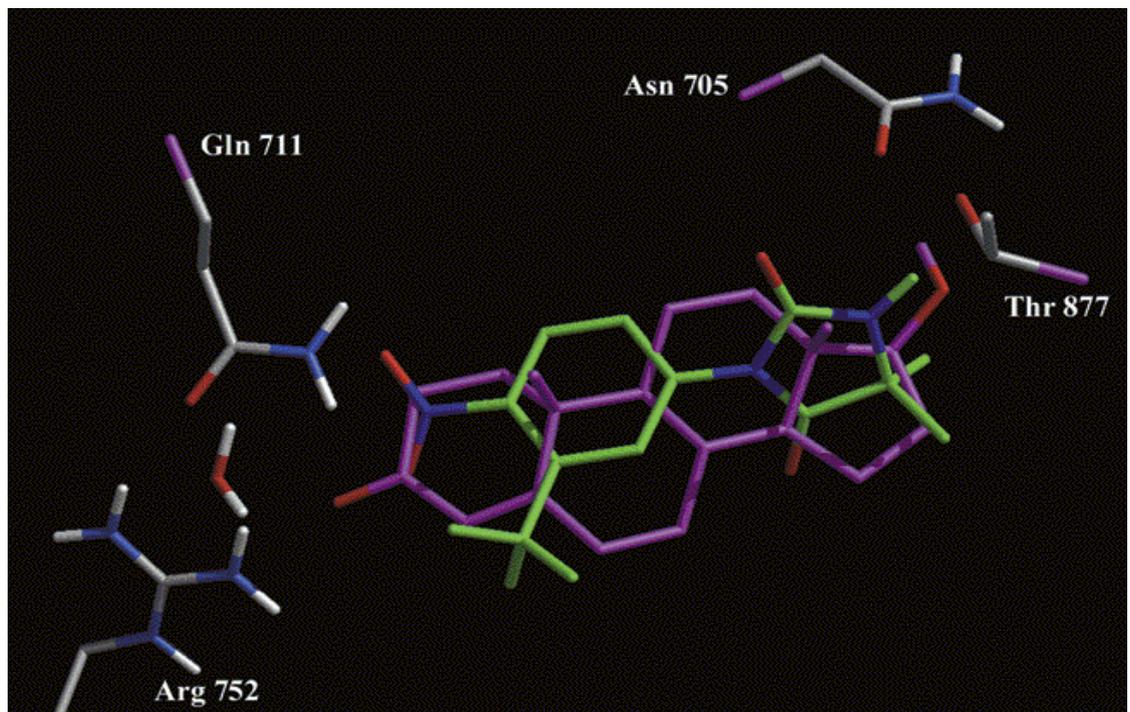


Figura 2. Modelo molecular que muestra la unión del ligando Hidroxiflutamida (verde) a la molécula de Testosterona (violeta) dirigiéndose hacia los terminales de A.A. de los receptores.

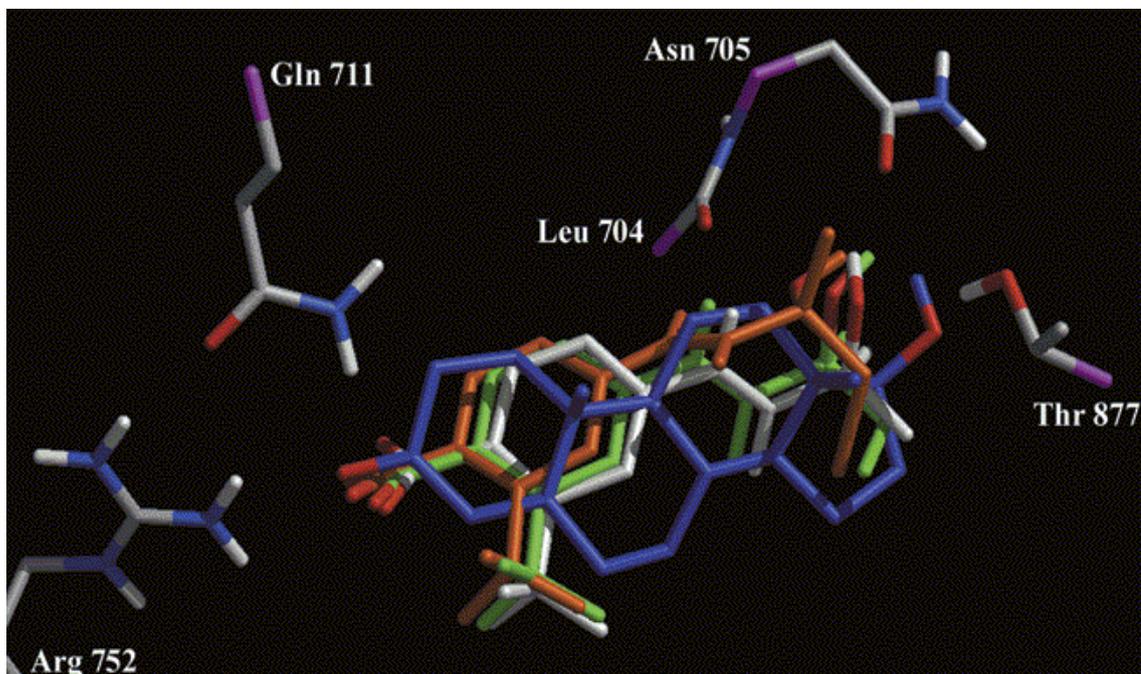


Figura 3. Modelo molecular que muestra la unión de los isómeros (blanco, azul y naranja) de Hidroxiflutamida a la molécula de Testosterona (verde) dirigiéndose hacia los receptores.

El esteroide y el receptor se unen entonces a través de un mecanismo del tipo llave-cerradura iniciando la formación de un par complejo esteroide- receptor (figura 4).

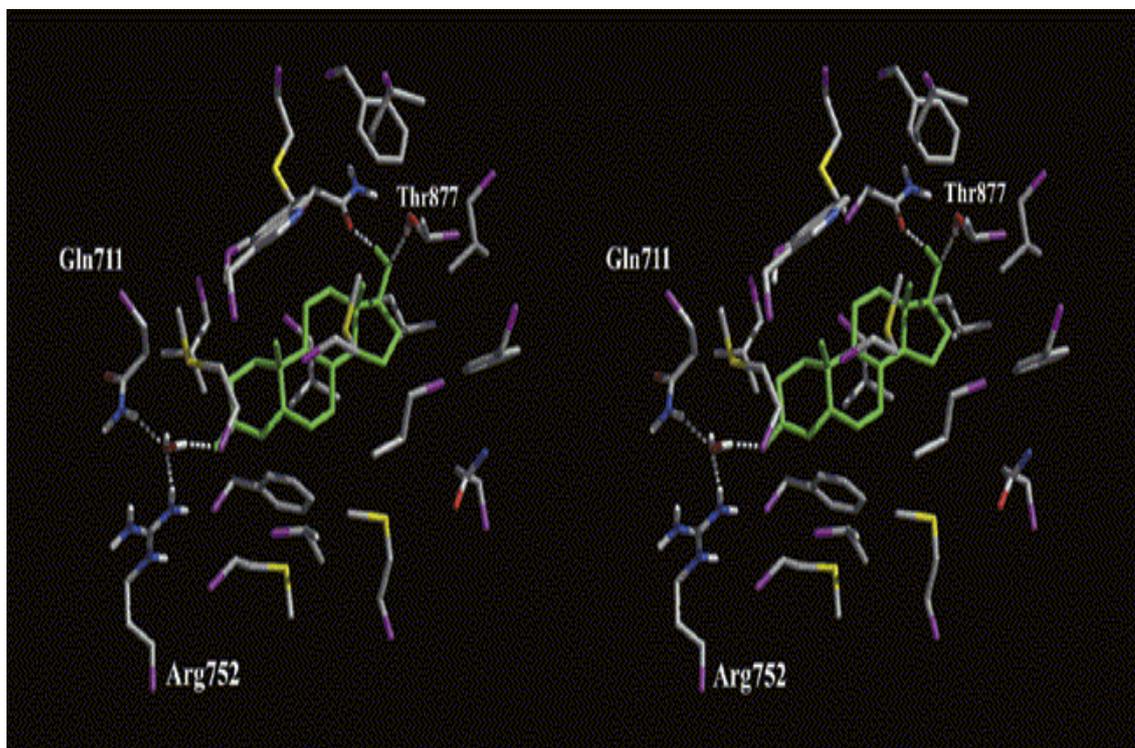


Figura 4. Modelo molecular que muestra la unión de la molécula de Testosterona (verde) a los terminales de A.A. de los receptores. Los ligandos Hidroxiflutamida ya han sido liberados

El receptor de esteroides absorbe la molécula esteroidea mientras rechaza otras miles de moléculas que no combinan con ella (lo mismo pasa con los otros tipos de receptores, que al no combinarse con moléculas esteroideas, las rechaza pues esperan otra diferente). Solo cuando el receptor de esteroides y la molécula del esteroide han formado un solo complejo (figura 5), la molécula puede transmitir su mensaje a la célula muscular, en el núcleo, donde empieza la transcripción del mensaje y la síntesis de proteínas.

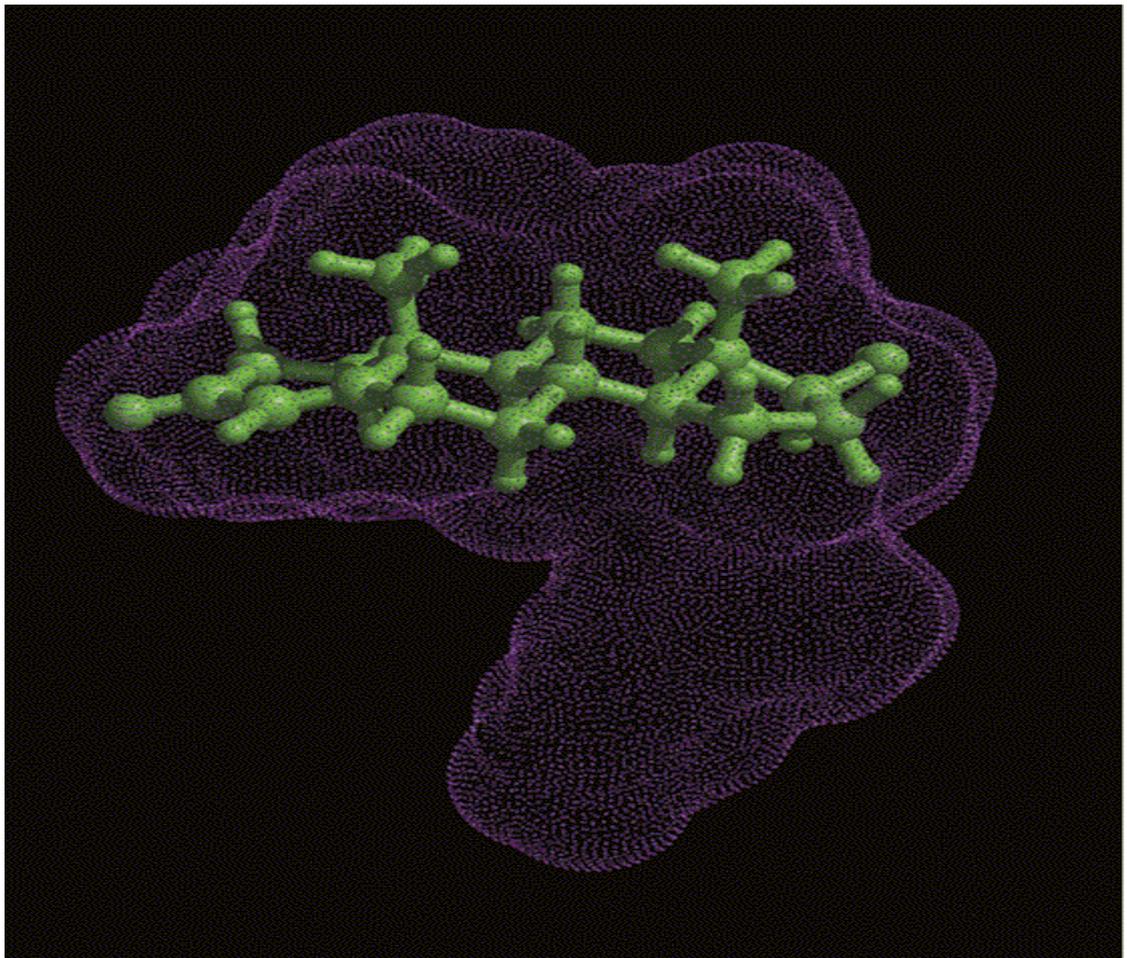


Figura 5. Modelo que muestra el complejo Testosterona-receptor en la forma en que puede iniciarse la transmisión del mensaje en el núcleo de la célula muscular.

Al realizar la entrega del mensaje, la molécula esteroidea regresa a la sangre donde puede volver a formar otro complejo con otro receptor o ser metabolizada para formar una sustancia de menos actividad o definitivamente inactiva, formas en las cuales, son excretadas a través de la orina. Muchas moléculas esteroideas al ingresar a la sangre son metabolizadas antes de cumplir su función; para el caso de la Testosterona, uno de sus productos de metabolismo es el Estradiol, andrógeno femenino, que le puede generar al hombre acciones feminizantes.

El resultado final es un desequilibrio del agua y de los electrolitos del cuerpo. La piel comienza a hincharse, el cuerpo aumenta de volumen y se genera un aumento de la fuerza debido a que las articulaciones quedan bien lubricadas, además del tejido conectivo y las células musculares. El problema de esa sobrecarga de líquidos es que el corazón y los vasos sanguíneos deben transportar más fluidos, lo que eleva la presión sanguínea.

Otro problema generado por el consumo de esteroides es el no diferenciar cual músculo van a potenciar y a crecer; si el músculo escogido es el corazón, se puede producir paro cardíaco y la muerte. También el alto consumo de Testosterona produce esterilidad, pues el testículo la está sintetizando naturalmente pero si hay otra vía de entrada de la misma, el testículo deja de cumplir su función y se atrofia.

Debido a que muchas de las sustancias empleadas reúnen las características de las drogas, se hicieron sinónimos los términos dopaje, drogado, doping y dopaje.

Hay que aclarar también que los términos positivo y dopaje no son iguales. Positivo sucede cuando un deportista supera el nivel permitido en un examen antidoping. En este caso se excluye al corredor para preservar su salud, pues podría estar enfermo. Dopaje es la confirmación de que el positivo se logró con medicamentos prohibidos, sin embargo, en septiembre de 1999 la UCI declaró dopado al ciclista colombiano Santiago Botero aunque en ninguno de cuatro exámenes realizados en Europa, se encontró resto alguno de sustancias prohibidas, tampoco se determinó un origen patológico en la producción de hormonas, es decir, no tenía ninguna enfermedad y se propuso por parte de su médico que el alto nivel de hormonas encontrado (Testosterona) se debió al estado de fatiga y esfuerzo al borde del sufrimiento que hizo que se triplicara o cuadruplicara con respecto al normal. También sugirió el médico que si Botero se hubiera dopado su nivel de testosterona hubiera llegado a las 300 ng/ml como mínimo.

El nivel de este examen se mide en nanogramos. Las cuatro muestras de Botero en competencia, a comienzos de año, dieron cuatro cifras distintas: 17, 21, 29 y 27 ng/ml.

El gurú mundial en la lucha contra el dopaje, el alemán Manfred Donike, estableció una tabla estándar de ng/ml, luego de analizar la orina de 4.500 personas de todo el mundo (deportistas, ejecutivos, médicos, obreros) tras exhaustivas teorías.

De esos 4.500 casos, llegó a la conclusión de que el promedio de Testosterona de una persona es de 1.5 ng/ml. Tener más o menos no es muy común. Y solo en

un caso se registró la alarmante cifra de 6 ng/ml. Quedó unificado que de ahí para arriba sería anormal.

4.3.1.4 NANDROLONA

Suplementos alimenticios que contienen Nandrolona (figura 6) y no tienen especificaciones claras en sus etiquetas podrían generar análisis positivos en los controles antidopaje, según científicos británicos. Los científicos, no obstante, no pueden asegurar que el aumento en los dopajes con Nandrolona registrados en 1999 en el atletismo y de manera alarmante en el 2001 en el fútbol europeo se debe al consumo de esos suplementos. Las autoridades deportivas británicas encargaron el estudio, alarmadas por el incremento de los casos positivo de dopaje con Nandrolona, incluidos el del astro local Linford Christie y el de la jamaíquina Marlene Ottey. 35 especialistas participaron en el estudio y dieron a conocer un informe en enero de 2000.

Nandrolona es una sustancia prohibida por el Comité Olímpico Internacional, que aumenta la masa muscular y puede ser ingerido a sabiendas o inadvertidamente, de acuerdo con la directora del grupo que elaboró el informe, Vivian James. La doctora dijo que no se había estudiado el caso particular de Christie ni los de Doug Walker y Gary Cadogan, cuyos análisis revelaron también la presencia de Nandrolona pero quienes fueron exonerados por la federación de atletismo

británica. James reveló que se descartó que los vegetales o la mayor parte de las carnes contengan Nandrolona. La carne de caballo y la de cerdo, sin embargo, sí producen Nandrolona.

En relación con los suplementos alimenticios, la doctora recomendó que los atletas se aseguren de que no contienen esteroides como la Nandrolona, que a menudo no aparecen en las etiquetas: "No deberían consumir ninguna preparación a menos que conozcan bien su contenido", expresó James. "Antes de consumir nada, deberían consultar con sus médicos".

El presidente de la Federación Británica, David Moorcroft, recomendó a los atletas que no consuman suplementos alimenticios: "Yo usaba polen porque era legal y tenía entendido que era beneficioso", declaró el ex atleta, quien alguna vez tuvo el record mundial de los 5000 metros. "pero los atletas deben ingerir sustancias para curar resfriados y otros males, de modo que es difícil establecer límites".



Figura 6. Disposición y síntesis de proteínas en el organismo inducida por la molécula .
esteroidal de Nandrolona (verde). Modelo simulado en computador.

4.3.2 NO ESTEROIDALES (AGONISTAS BETA-2)

La elección del tratamiento del asma y de la patología respiratoria ha presentado muchos problemas. Hace algunos años, la Efedrina y las sustancias relacionadas se administraban con relativa frecuencia. Sin embargo, estos compuestos están prohibidos puesto que se clasifican en la categoría de las aminas simpaticomiméticas y por tanto, están consideradas como estimulantes.

4.4 DIURÉTICOS

Son sustancias que favorecen o aumentan la diuresis (orinar). Se utilizan en padecimientos cardiovasculares y renales como la hipertensión arterial y la insuficiencia renal. Los atletas los utilizan y han abusado de ellos por varias razones fundamentales: reducir rápidamente su peso, en aquellos deportes en los que el atleta requiere competir por peso corporal (lucha libre, boxeo, judo), reducir la concentración de fármacos en la orina (dilución de la misma) provocando una excreción urinaria más rápida, con intención de minimizar la detección de un fármaco del que se ha abusado y neutralizar o contrarrestar el efecto negativo de retención de agua durante el abuso de esteroides anabólicos. Estos intentos de reducir peso o diluir la orina son claramente inaceptables, por eso el COI incluyó a partir de 1986 los diuréticos en el listado de sustancias prohibidas.

Los diuréticos suaves (Espironolactona, Triantereno) elevan el nivel de Potasio pues ayuda a su retención en los canales de potasio (K^+) (figura 7) lo que evita o retarda los calambres musculares; los diuréticos de acción media como las Tiazidas cumplen la misma función pero por retención de Calcio y Magnesio mientras que los diuréticos rápidos (Furosemida, Bumetadina, Piretanida) generan considerable pérdida de Ca y Mg. Este tipo de sustancias genera reacciones adversas como la deshidratación, hormigueo muscular, pérdida del apetito, náusea, vómitos, pérdida de audición, poliuria (aumento en la frecuencia de micciones), sed, rubor, fatiga, insomnio, cálculos renales, hematuria,

glucosuria (presencia de azúcar en la orina), fatiga muscular y disminución de la frecuencia cardiaca (en 1980, el peso ligero de la Federación Internacional de Fisicoculturismo, Mister Universo, falleció de un ataque al corazón por consumo de diuréticos, unas semanas después murió un sueco).

Los deportistas saben ya con que antelación tomarlos para que un análisis antidoping resulte negativo pues estas sustancias se metabolizan en el organismo casi en un 99%; esto se ha contrarrestado realizando controles sorpresa o fuera de competencia.

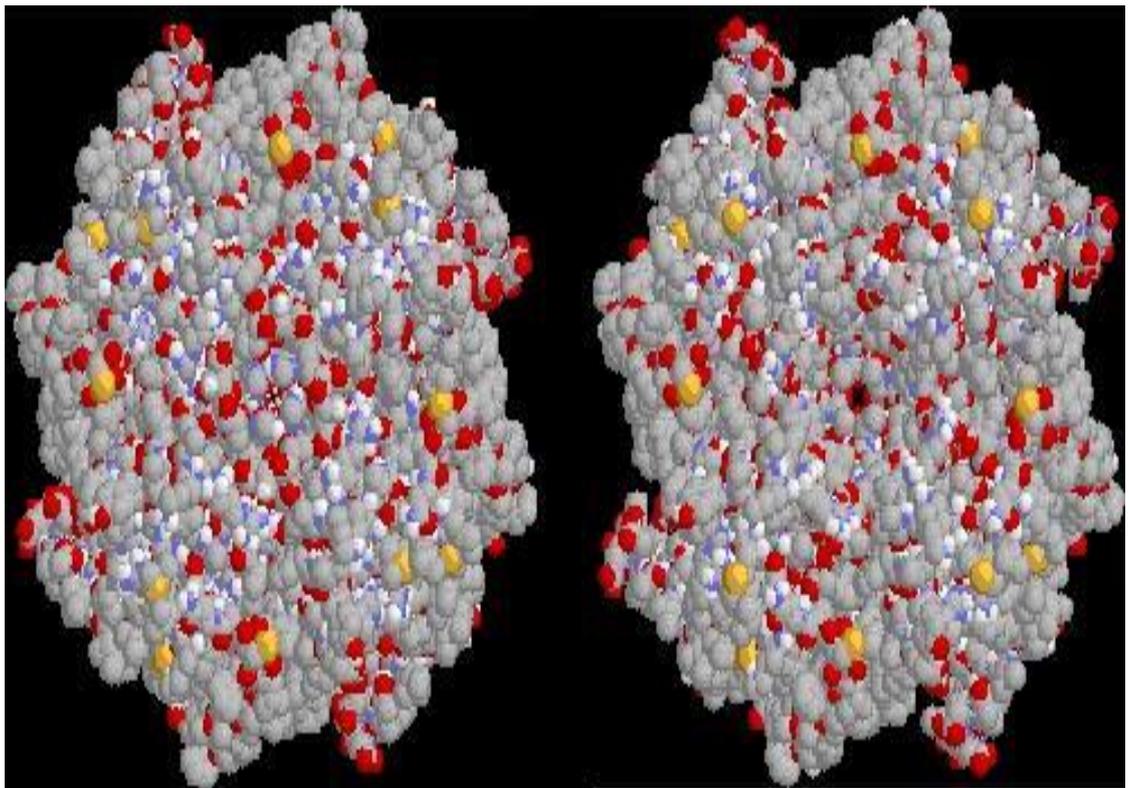


Figura 7. Modelo molecular simulado por computador de los canales de potasio (K⁺) (rojo). las células musculares.

4.5 HORMONAS PEPTÍDICAS, MIMÉTICAS Y ANÁLOGAS

El control de las glándulas productoras de las hormonas del cuerpo se realiza por un área especial del cuerpo (hipotálamo), que envía sustancias reguladoras a la glándula pituitaria donde se desarrollan las hormonas estimuladoras de glándulas. Estas hormonas trabajan vía glandular e interactúan con las glándulas siguientes: la tiroides, las glándulas adrenales, los testículos u ovarios. Las diferentes hormonas del cuerpo tienen que permanecer en equilibrio para garantizar el curso correcto de todas las reacciones en el cuerpo. Si se aportan hormonas adicionales en forma de pastillas o inyecciones, se rompen las proporciones naturales de las hormonas en la sangre y los tejidos y se dispara la producción de esteroides andrógenos (su uso es equivalente a administrar Testosterona exógena). Estos desarreglos se transmiten a la glándula pituitaria, el hipotálamo y todas las áreas del cerebro.

El problema en el caso de las especialidades de velocidad y fuerza es que, como siempre, la trampa va por delante de la ley. Las hormonas aumentan el tamaño de las células (hipertrofia) y el número de ellas (hiperplasia), aumentan la acción sobre las grasas para generar más energía y refuerzan el tejido conectivo y conjuntivo lo que hace aumentar la fuerza. Los atletas las consumen combinadas con esteroides, corticosteroides y anabolizantes pues solas no producen efecto deseado.

4.5.1 CORTICOTROPINA (hACT)

Se ha abusado de la corticotropina para aumentar el nivel en la sangre de corticosteroides endógenos, sobre todo con el fin de obtener los efectos euforizantes de los corticosteroides. La administración de corticotropina se considera equivalente a la administración oral, intramuscular o intravenosa de corticosteroides.

4.5.2 HORMONA DEL CRECIMIENTO (SOMATOTROFINA)

Cuando ya parecen estar bajo control los esteroides, los rumores apuntan a que algunos atletas y levantadores de peso, deportistas que requieren fuerza y potencia más que resistencia, consumen la hormona de crecimiento, una sustancia que parece imposible de ser detectada ya que la molécula que se comercializa (para tratar los casos de enanismo) no se puede diferenciar de la que nuestro organismo sintetiza de forma natural. Ambas moléculas son idénticas.

Su uso aumenta la producción de esteroides andrógenos y se considera equivalente a la administración exógena de testosterona, por tanto, su uso está prohibido.

Entre sus efectos secundarios se encuentran la generación de deformaciones físicas como el gigantismo. Como un cuerpo adulto ya ha alcanzado su altura máxima, los huesos tienden a crecer hacia fuera (acromegalia). Tendencia a la

diabetes, a anomalías del metabolismo cálcico, a hipertrofia característica de las manos, de los pies y del cráneo.

Es un polipéptido que consta de 191 aminoácidos y un peso molecular de 21500 Daltons. Se produce de manera natural a través de la glándula pituitaria durante el entrenamiento, el sueño o por el estrés. Su uso se basa en la hormona humana extraída de cadáveres humanos o de caballos (con alto costo y consecución solamente en el mercado negro) pero su consumo produce la enfermedad de Creutzfeld-Jacobs (ataque al cerebro que produce locura y muerte) comenzó a ser sintetizada desde 1985 a partir del ADN recombinante, (cultivos de E. Coli o cultivos celulares de hígado. de rata) de forma que será más accesible a los deportistas y, desgraciadamente se extenderá más la acromegalia y muchos otros efectos indeseables.

Todavía no existen métodos fiables para detectar cantidades exógenas de este fármaco, añadidas a la hormona endógena y consumida junto con los esteroides anabólicos para estimular el crecimiento muscular.

No se ha comprobado suficientemente que esta hormona incremente la masa muscular y la fortaleza. Se sabe que activa cierto número de sistemas enzimáticos del organismo que estimulan el crecimiento de los músculos y los huesos y reduce la grasa corporal, favorece la utilización de los glúcidos y de los lípidos en el

momento del esfuerzo físico. Como no es androgénica es muy utilizada especialmente por las mujeres.

También están prohibidos todos los factores estimulantes de las sustancias mencionadas anteriormente.

4.5.3 ERITROPOYETINA (EPO):

La Eritropoyetina es una hormona que producen de manera natural los riñones y cuya secreción se ve estimulada en situaciones (como la hipoxia) en las que es necesario alimentar los niveles de hematíes en la sangre. La síntesis de esta sustancia en los laboratorios, obtenida por vez primera a mediados de la década de los 80, después que su composición en aminoácidos fue determinada, abrió la posibilidad de ser utilizada como dopaje en deportes de resistencia.

4.5.3.1 ¿CUÁLES SON LOS EFECTOS DE LA EPO?

El doctor Rajidy Eichijer, catedrático de hematología de la Universidad de Oklahoma City ha declarado que "el uso del EPO en deportistas es peligroso porque si a un ciclista se le está administrando EPO, puede alcanzar un hematocrito superior al 55% y, si se dispone a participar en una carrera en ambiente caluroso debido a la deshidratación, el hematocrito se acercará al 70%.

4.5.3.2 LOS RIESGOS

En ese punto, pueden desarrollarse trombos con riesgo posterior de infarto de miocardio, embolia pulmonar o cerebral. La EPO puede matar, y eso lo saben bien en Holanda. Los deportistas que se inyectan esta sustancia ven subir enormemente sus cifras de hematocrito (los valores normales en un atleta se sitúan entre un 42% y 45%) y al aumentar su número se aumenta también la tasa de hemoglobina. Como consecuencia los músculos aún recibiendo la misma cantidad de sangre, perciben más oxígeno y la sensación de fatiga se retrasa.

Cuando se supera la cifra del 55%, la sangre ya no circula por los vasos con fluidez. Es aquí donde reside el principal riesgo para el deportista, no sólo por la mayor viscosidad del torrente sanguíneo, sino porque la Eritropoyetina eleva, además, la cifra de plaquetas. Si el trombo aparece en zonas vitales, como las arterias del cerebro o las coronarias, hay un riesgo elevado de muerte súbita. Precisamente, la inexplicable muerte de 16 ciclistas holandeses (incluido el campeón nacional Bert Oosterbosch), entre 1987 y 1990, fue rápidamente relacionada con la administración de EPO, aunque nunca se investigara.

Las muertes eran idénticas, paros cardíacos, mientras los ciclistas dormían. El aumento de la viscosidad sanguínea y la baja frecuencia cardíaca durante el sueño pudieron ser las causas. El hecho de que no se hayan registrado más muertes en los últimos años se debe a la administración de sueros y anticoagulantes de forma

paralela a la inyección de EPO. Sin embargo, el máximo peligro de la Eritropoyetina es el desarrollo de una leucemia.

El profesor Norbert Gorin, catedrático francés de hematología y jefe de trasplantes de médula ósea en el hospital de Saint Antoine lo ha explicado así: "La EPO pertenece al grupo de las citoquinas. Estas son una clase de proteínas que regulan la médula ósea y la sangre. Existen decenas de tipos diferentes de citoquinas, y muchas se han desarrollado para tratar los inconvenientes de la quimioterapia del cáncer. Normalmente, los sujetos sanos somos portadores de células tumorales que nuestro sistema inmune va eliminando de forma natural. En el caso de un ciclista que se inyecte EPO con asiduidad, se arriesga a lo contrario, a que las células malignas sean estimuladas y terminen desarrollando una leucemia".

Lo más paradójico de esta situación es que, desde un punto de vista estrictamente terapéutico, no se debe olvidar que el descubrimiento de la Eritropoyetina sintética representó una excelente noticia. La obtención de esta hormona aportó un avance significativo en el tratamiento de la anemia asociada a insuficiencia renal crónica, en pacientes sometidos a hemodiálisis. También es eficaz en la anemia presente en el SIDA, la cirrosis hepática o la artritis reumatoide.

El dopaje con eritropeyina dejó de ser un rumor insistente en el mundo de la medicina deportiva desde el 24 de julio de 1998, cuando el ciclista del equipo Festina Armin Mejer (después lo harían muchos más) se convertía en el primer deportista de la historia que confesaba haberse administrado la hormona. Según sus declaraciones a la justicia francesa, llevaba al menos dos años consumiendo EPO para aumentar el rendimiento. Mejer señaló que los ciclistas se inyectaban entre ellos la hormona, en el seno de un pacto existente en el equipo, por el cual destinaban una parte de sus ganancias en las carreras a la compra del EPO en el mercado negro (la venta de esta sustancia está prohibida fuera del ámbito hospitalario).

Por sus efectos secundarios la EPO está incluida desde 1991 en las listas de sustancias dopantes prohibidas por el Comité Olímpico Internacional y por las diversas federaciones deportivas. El problema es que aún no se detecta en los controles de orina y por ello ha sido utilizada de forma masiva por los equipos de ciclismo profesional en los últimos años.

Y precisamente aquí se encuentra la raíz del problema. Es como pretender exigir a un boxeador de los pesos pluma que no supere los 57 kilos pero sin que se disponga de una báscula para determinar su peso.

El Profesor Francesco Conconi, uno de los mayores expertos mundiales en fisiología del deporte y en la lucha contra el dopaje, parece estar a punto de encontrar una solución a esta carencia. Para detectar la EPO se necesita

diferenciar la hormona natural de la que se inyecta artificialmente, fabricada con materia prima procedente de ovarios de ratas. En realidad, el profesor Conconi (en su día asesor de Miguel Indurain) afirma que ya ha encontrado en su laboratorio la manera de detectar la EPO artificial, pero que existe un problema de ejecución: “Necesito más de un litro de orina para poder identificar esta sustancia y no es posible recoger tal cantidad en un control de dopaje a un deportista”.

En Enero de 2000 se anunció por parte de científicos australianos y franceses el desarrollo de un método para detectar EPO en sangre, sistema que permite discriminar la EPO endógena de la que se administra de forma exógena. Según lo explican los científicos en la edición del mes de la revista *Nature* existen determinados patrones en la orina de un deportista que muestran si se ha inyectado o no la versión sintética de la EPO conocida como Eritropoyetina Humana Recombinante por la Ingeniería genética.

Una de las principales dificultades que presenta el control de esta sustancia es que no basta analizar la orina sino que hay que también realizar un análisis de sangre. El COI nunca se ha decidido a dar el visto bueno para introducir análisis de sangre debido a su naturaleza invasiva, a posibles riesgos de infección y a resistencias de tipo religioso.

Sin embargo, uno de los mayores obstáculos (según algunos investigadores) era que los análisis de sangre tampoco servían para detectar la EPO.

Los métodos de detección de (EPO) serán simplificados durante los próximos Juegos Olímpicos de Invierno de 2002 en Salt Lake City (EE.UU), según anunció en Moscú el doctor Patrick Schamasch, director de la Comisión Médica del COI. "En los Juegos de Sydney, hemos procedido a detecciones de la EPO por extracciones sanguíneas y urinarias. En Salt Lake City, en los Juegos Olímpicos de Invierno de 2002, los test serán simplificados. Hemos trabajado con cuatro laboratorios solamente y estaremos en condiciones de detectar la EPO por el resultado de las orina", declaró Schamasch. "La validación de la EPO por extracciones urinarias debería ser efectiva a finales del mes de julio de 2002 y nosotros la transmitiremos posteriormente a las federaciones internacionales", añadió el director de la Comisión Médica del COI.

Schamasch precisó que algunas federaciones internacionales, citando a la Federación Internacional de Esquí (FIS), habían encontrado un acuerdo con la Agencia Mundial Antidopaje (WADA) para considerar como eficaces los métodos de detección por extracciones urinarias de sustancias prohibidas susceptibles de aumentar la oxigenación tal como lo hace la hormona Eritropoyetina. Schamasch, también, señaló que el WADA continuaba sus investigaciones sobre la hormona del crecimiento en colaboración con un laboratorio de análisis antidoping en la ciudad de Munich (Alemania).

Lo cierto es que la detección de la EPO, es en la actualidad, una de las grandes asignaturas pendientes en la lucha contra el dopaje.

Desde 1999 las federaciones internacionales de ciclismo y esquí de fondo llevan a cabo de forma particular controles de sangre: por sorpresa y en horas de la noche (por ello los médicos que realizan las tomas han sido llamados los “vampiros”) en los que miden el hematocrito y los niveles de hemoglobina. En el caso del ciclismo, un ciclista que presente una cifra de hematocrito superior al 50% es excluido de la competición, no a modo de sanción por dopaje sino “como medida preventiva” por presentar una sangre cuya elevada viscosidad pudiera generar problemas vasculares. Solo se considera positivo si el resultado es positivo tanto en sangre como en orina.

Y cuando todavía no se soluciona el problema con la EPO, a finales de 2001 se dio a luz la aparición de su sucesora: un estimulador de la sangre llamado OXIGLOBINA utilizada por cirujanos veterinarios y obtenida de la sangre de las vacas, que incrementa la capacidad de la sangre de transportar oxígeno sin incrementar el número de glóbulos rojos. Como esta Hemoglobina modificada proviene de animales existe el riesgo de contraer el mal de las “vacas locas”, de contraer varias formas de intoxicación sanguínea e incluso de sufrir trastornos genéticos.

Italia es el auténtico epicentro de la polémica de dopaje que está sacudiendo al mundo del ciclismo. Michele Ferrari, especialista italiano que aconsejó a ciclistas como Rominger, Olano o Bugno, ha afirmado repetidamente estar a favor de la utilización de fármacos con el objetivo de mejorar el rendimiento del ciclista.

Además de opinar que el uso de medicamentos en deportistas sanos “no es nada escandaloso”, Ferrari ha ido más lejos afirmando que en dopaje la única regla absoluta es el control de la orina. Algunos han interpretado que estas palabras quieren decir que uno puede doparse si escapa al control.

También se están estudiando los efectos del Ácido Pangaámico o DMG, que es una mezcla de gluconato de Calcio y N,N-dimetilglicina y diisopropilamina (erróneamente llamado Vitamina B15).

4.6 MÉTODOS DE DOPING

4.6.1 DOPING SANGUÍNEO

El doping por sangre, inyección de sangre, sangre empacada o eritrocemia inducida, es un proceso ergogénico por el cual se administra sangre o productos relacionados a un atleta, por razones diferentes a tratamientos médicos (una ayuda ergogénica es un tratamiento físico, mecánico, alimentario, fisiológico o farmacológico que mejora directamente las variables asociadas con el rendimiento en el ejercicio o elimina restricciones subjetivas que pueden limitar la capacidad fisiológica). Esta técnica suele ir precedida de la extracción de sangre del deportista que continúa su entrenamiento en ese estado de deplección sanguínea alcanzando su nivel normal de hemoglobina entre 4 y 6 semanas después de la extracción.

En la transfusión sanguínea a un atleta se administra intravenosamente sangre, glóbulos rojos o productos derivados de la sangre. Estos productos pueden obtenerse autólogamente (transfusión de sangre extraída del mismo atleta) o heterológamente (transfusión de sangre de un donante del mismo tipo sanguíneo).

La transfusión sanguínea y su propiedad ergogénica es equivalente al entrenamiento a grandes altitudes y durante un largo período de aclimatación, donde la capacidad transportadora de oxígeno se aumenta e igualmente el rendimiento de resistencia debido al aumento significativo de los niveles de hemoglobina después de la transfusión.

El doping por sangre aumenta el suministro de oxígeno, disminuye el ritmo cardíaco y la concentración de ácido láctico y este efecto puede prevalecer hasta 2 o 3 meses a partir de entonces.

La sangre para reinfusión se debe almacenar refrigerada a 4^o C o menos, o mucho mejor en forma de células congeladas, donde el proceso de envejecimiento de los hematíes se interrumpe, lo cual permite almacenarlos por tiempo indefinido. Cuando la sangre se va a reinfundir, se descongela y se reconstituye con suero fisiológico hasta un hematocrito de aproximadamente el 50%. Así reconstituida, se reinfunde entre 24 y 48 horas antes de la competición atlética y después de tres horas posterior a la reinfusión empiezan los efectos hasta alcanzar el máximo a los 7 días desde donde comienzan a disminuir hasta el mínimo a las 15 semanas.

A pesar de ser este método una ayuda ergogénica eficaz, su utilización no deja de ser riesgosa. La transfusión de hematíes al punto de elevar el hematocrito por encima de un 60% puede aumentar tanto la viscosidad de la sangre que le puede ocasionar coagulación de la misma, paro cardíaco y muerte. Igualmente puede generar infecciones bacterianas graves (hepatitis, SIDA, paludismo, citomegalovirus), embolia por aire, lesiones renales al utilizar sangre mal analizada (diferente tipo sanguíneo).

El COI ha prohibido el doping por sangre como ayuda ergogénica. Sin embargo, hoy día no se dispone de técnicas para detectar la eritrocemia artificialmente inducida, aunque se está trabajando en el desarrollo de métodos para detectarlo. Por otra parte, si existieran técnicas de detección, es poco probable que puedan distinguir el doping de la aclimatación a gran altitud, el estado de hidratación y las diferencias individuales en el hematocrito.

4.7 MANIPULACIÓN FARMACÉUTICA, QUÍMICA Y FÍSICA

Consiste en uso de sustancias y métodos que puedan producir o produzcan alteraciones en la orina que vaya a ser usada en los controles antidoping. Métodos como la cateterización , dilución (diuréticos), desnaturalización o sustitución e inhibición de la excreción renal, por ejemplo, con Probenecide, Manitol, Bromontan, Epitestosterona y compuestos relacionados (borradores o agentes enmascarantes).

4.8 FÁRMACOS SUJETOS A CIERTAS RESTRICCIONES

4.8.1 ALCOHOL:

El alcohol, específicamente el Etanol o Alcohol Eílico es una sustancia con más riesgos que virtudes en lo concerniente a sus efectos sobre el organismo humano.

En el año 1991 el colegio de Medicina Deportiva de los Estados Unidos y tras una investigación exhaustiva declaraba sobre esta sustancia:

- La ingestión de alcohol tiene escasos o nulos efectos benéficos sobre las respuestas metabólicas y fisiológicas del ejercicio. Se pierden habilidades psicomotoras y va en detrimento del rendimiento.
- La ingestión de alcohol no mejora la capacidad de trabajo muscular y en cambio puede reducirla (fuerza, potencia, resistencia muscular, resistencia cardiovascular, velocidad).
- El alcohol figura entre las principales causas de accidentes de todo tipo (tráfico, caseros, laborales, actividades recreativas) con un alto porcentaje de víctimas mortales.
- Se debe educar a la comunidad deportiva para evitar el consumo de alcohol en las actividades deportivas dándoles a conocer los efectos negativos sobre el rendimiento físico y los potenciales problemas agudos y crónicos de su consumo excesivo.

El alcohol puede generar efectos adversos que provocan daños diversos e irreversibles en el organismo, sobre todo de tipo hepático.

El alcohol no está prohibido, sin embargo, a petición de cualquier federación internacional, pueden determinarse los niveles de alcohol en sangre o en el aire respirado.

La regla o límite de Anstie puede utilizarse como orientación razonable para un nivel de consumo de alcohol moderado y seguro para adultos. Este límite consiste en no consumir más de 15 ml de alcohol puro por 25 Kg de peso corporal en el plazo de un día (esto equivale a 3 cervezas de 4.5⁰ GL, 3 vasos de 120 ml de vino de 14⁰ GL o 90 ml de Whisky de 50⁰ GL para una persona de 68 Kg de peso) (°GL = Grados Gay Lussac o el equivalente a porcentaje en volumen de alcohol en la bebida).

Si el COI o la Federación respectiva autorizan el control de alcohol, la prueba se realiza en sangre y un valor de más de 0.5 g/L se considera positivo.

4.8.2 MARIHUANA Y OTROS CANNABINOIDES

Marihuana, Marijuana, Hachís o el Cannabis Sativa es una planta silvestre que crece en zonas templadas y tropicales extrayéndose de su resina el hachís o “hashis”. La forma más frecuente de la planta es la marihuana y su contenido en

sustancias psicoactivas más relevante es el THC o Delta-9- Tetrahidrocannabinol que puede llegar hasta un 3% en la marihuana, 10% en el extracto de hachís o 43% en su destilado concentrado y porcentajes menores de otros 60 componentes aproximadamente.

Se consume preferentemente fumada. Un cigarrillo de marihuana puede contener 150 mg de THC y llegar al doble si contiene aceite de hachís.

Su consumo genera dependencia psíquica y física moderada. Su inhalación en forma de humo genera delirio, euforia, alucinaciones, desaliento, hiporeflexia, somnolencia.

Su relación con el aumento del rendimiento físico está relacionado con su actividad inicialmente “estimulante” del SNC pero de efectos poco duraderos con una subsiguiente depresión. Su uso está restringido y es inherente de cada federación deportiva controlarla. Sin embargo, está prohibida en Juegos Olímpicos y una concentración mayor a 15 mg/ml en orina del derivado Carbixo-THC se considera positivo.

Es una droga controlada por los organismos de control de tráfico de estupefacientes.

4.8.3 ANESTESICOS LOCALES

4.8.3.1 CORTICOSTEROIDES O CORTICOIDES:

Este tipo de fármacos se utiliza más que todo como antiinflamatorios que además alivian el dolor. Su administración altera las concentraciones de los corticoides naturales.

En 1975 la Comisión Médica del COI descubrió el abuso de estas sustancias por parte de los deportistas por motivos distintos a los terapéuticos quienes las ingerían por vía oral, intramuscular o intravenosa. Fueron primero restringidos pero finalmente han sido prohibidos, sin embargo, su uso por vía nasal, aerosol, inyecciones locales, intraauriculares o uso tópico, esta permitido, siempre y cuando se cuente con la autorización del médico del deportista y la notificación al equipo médico del evento. Se sabe que estos fármacos producen una sensación de euforia pero además pueden generar otros efectos adversos.

4.8.4 BLOQUEADORES BETA:

Los Beta-Bloqueadores son amino-alcoholes que ayudan a reducir las migrañas, para tratar la hipertensión, para ayudar a controlar la angina de pecho, las arritmias cardiacas, la ansiedad y el temblor. Son utilizados en deportes donde la actividad física no es muy grande o no tiene importancia, ejemplo: los bolos, el tiro, el tiro con arco, el billar, el ajedrez y en general deportes de precisión; de lo contrario, su uso en deportes de alta exigencia sería deprimente.

Bloquean la acción de un exceso de secreción de Adrenalina (lo que sucede al disiparse el sistema simpático) evitando una acelerada excitación muscular previniendo el nerviosismo, temblor y exceso de palpitations durante períodos de estrés por disminución de la tensión arterial y la frecuencia cardiaca. Es por ello

Agonist binding, competitive antagonism, and spare receptors.

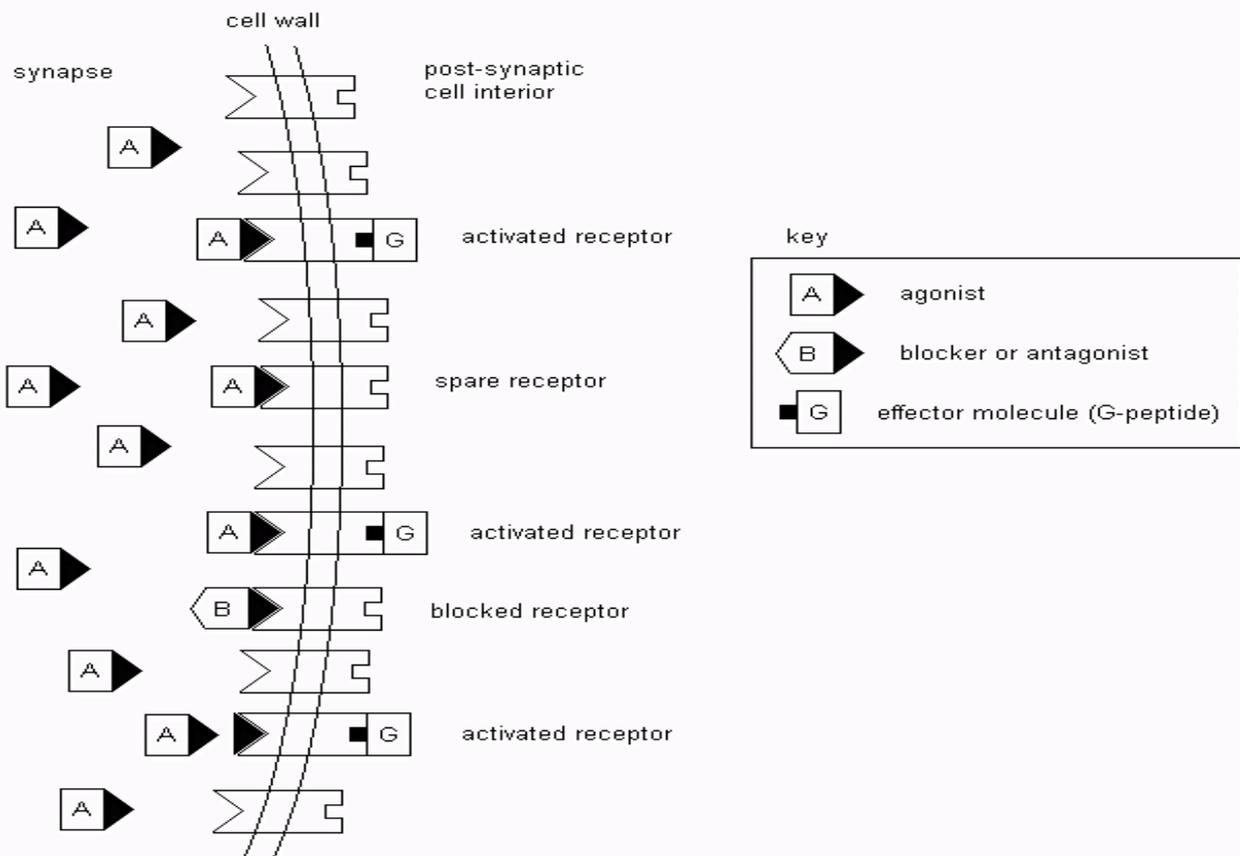


Figura 8 Diagrama que muestra el mecanismo de acción de los Beta-bloqueadores. Los Beta-bloqueadores (B) se unen a los sitios activos de los receptores (receptor bloqueado). Así, las moléculas del agonista (A) (en este caso Adrenalina) encuentran un menor número de sitios activos a los cuales unirse para transmitir su mensaje a los peptidos efectores (G).

que su uso está restringido a cierto tipo de deportes y el COI se reserva el derecho de realizar los respectivos exámenes de control. Su uso continuado genera reacciones adversas como la fatiga muscular, frialdad de las extremidades,

alteraciones del sueño, erupciones cutáneas y resequead en los ojos. En la figura 8 se muestra su mecanismo de acción.

4.8.5 BORRADORES O ENMASCARANTES:

Algunas de las drogas incluidas en algunos de los grupos de sustancias prohibidas mostrados anteriormente tienen una acción denominada “enmascarante”, es decir evitan que una sustancia de uso prohibido sea detectada.

Entre los mecanismos de actuación de estas sustancias están aquellos que previenen la excreción renal de drogas activas como por ejemplo de esteroides anabolizantes por modificación del pH lo que activa la inclusión de dichos metabolitos al tejido adiposo y no ser eliminados en el torrente sanguíneo. Otros de los mecanismo de acción es el generado por los diuréticos en el caso del proceso de dilución de la orina para llevar al metabolito prohibido a niveles de concentración tan bajos que no es posible detectarlo o el generado por algunos Beta-Bloqueantes de evitar que los riñones excreten, a través de la orina, a los anabólicos, así, la orina da positivo para Beta-Bloqueantes pero negativo para esteroides anabolizantes (Propanolol y Labetolol reversan o enmascaran el efecto anabolizante del Clenbuterol, que aunque es un potente broncodilatador es utilizado por al menos la tercera parte de los atletas de elite porque parece tener dichos efectos anabólicos).

5. REGLAMENTO OFICIAL DE CONTROL ANTIDOPING

Cada Federación, Comité o entidad interesada debe seguir una serie de pasos reglamentados por el COI y acondicionados a sus necesidades para realizar un riguroso y exitoso Control Antidoping.

5.1 DE LOS REQUISITOS PARA SOLICITAR ANÁLISIS DE CONTROL AL DOPAJE

La autorización de solicitud de análisis la hace el Director de cada Federación o quien él señale.

- Diligenciar el correspondiente formato de solicitud para análisis de muestras.
- Diligenciar el correspondiente formato de carta de compromiso
- Anexar lista de sustancias y métodos de dopaje de la Federación solicitante, sino, se asume el listado oficial del COI.

5.2 DE LA TOMA DE MUESTRAS

- Recinto con varias dependencias “área de control al dopaje” con garantías de intimidad y seguridad.
- Situarse muy cerca de la salida del deportista al terreno de juego, vestuarios o meta.
- El área de control al dopaje constará de sala de trabajo, sala de toma de muestras, sala de espera.

- La dotación mínima será: un sanitario, lavamanos, espejo, artículos de higiene, mesa, silla, nevera o frigorífico con cerradura, agua, refrescos, zumos y refrescos sin cafeína en envases cerrados herméticamente y de uso individual, suficiente ventilación, adecuadas condiciones de temperatura.
- Está prohibida la realización de documentos gráficos o audiovisuales durante la toma de muestras.

5.2.1 PERSONAL ENCARGADO DE LA TOMA DE MUESTRAS

- Lo realiza un equipo autorizado y acreditado por la respectiva Federación.
- Mínimo dos personas de las cuales al menos una será médico y los demás técnicos de control.
- No tener vínculo alguno entre el equipo y el deportista.
- El asignamiento de las personas del equipo va acorde al sexo del deportista.
- Las personas asignadas deberán identificarse con un carné de la Federación.
- El organismo solicitante del análisis acreditará también las personas asignadas.
- El control y la vigilancia estará a cargo del médico designado por la Federación.

5.3 DE LA SELECCIÓN DEL DEPORTISTA

- Clasificación parcial y/o final del deportista en la competencia.
- Por sorteo.
- Por designación.
- La identificación del deportista a controlar no se conocerá sino 15 minutos antes de la finalización de la competencia.
- La comisión nacional de dopaje y medicina deportiva podrá solicitar la realización en cualquier momento al o los deportistas que considere sea necesario.

5.3.1 DE LA NOTIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL DEPORTISTA PARA LA TOMA DE MUESTRA

- Ningún deportista abandonará la instalación deportiva hasta haber sido hecha la selección.
- Quedará exento el deportista que haya sufrido una lesión grave.
- Terminada la competencia el responsable de toma de muestras entregará al deportista el correspondiente formato del acta de notificación.
- Dicho formato constará de 3 ejemplares: Comisión Médica del Deporte y Ciencias Aplicadas al Deporte, Federación Deportiva, deportista.
- El deportista tiene un máximo de 30 minutos para presentarse al control.
- La persona encargada de recoger la muestra será del mismo sexo que el deportista.
- El deportista presentará acta de notificación y se identificará.

- Si el deportista no se presenta se notifica por escrito.
- Si el deportista se niega a la toma de muestra se notifica en el correspondiente formato.

5.4 RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

- En la recogida de muestra fisiológica solo estarán presentes el deportista, el tomador de la muestra, acompañante del deportista, representados designados por la comisión Nacional de Dopaje y Medicina Deportiva y la Federación Deportiva correspondiente.
- Durante el proceso de toma de muestra se diligenciará el correspondiente formato que consta de cuatro ejemplares para: Laboratorio Control Dopaje, Comisión Nacional de Dopaje y Medicina Deportiva, Federación Deportiva, Deportista.
- En el proceso de toma de muestra solamente se permitirá un deportista.
- Durante el transcurso del proceso se brindará al deportista bebidas no alcohólicas, cerradas herméticamente.
- El material de toma de muestras debe garantizar seguridad e integridad.
- Al iniciar el proceso el deportista elige el kit que consta de: 2 frascos de vidrio transparente o plástico inerte, un recipiente de recolección de orina, rótulos para las muestras A y B.
- El material de toma de muestras debe ser homologado por la Comisión Nacional de Dopaje y Medicina Deportiva.

- Además del material debe existir: tiras para medir pH y densidad urinaria, formularios de actas.
- La muestra de orina no debe ser inferior a 80 ml y debe ser homogénea.
- Para asegurar la autenticidad de la muestra el responsable de la toma de muestra solicitará al deportista retirarse toda la ropa para confirmar que la muestra sea original.
- Una vez tomada la muestra el responsable de la misma repartirá en el frasco marcado como submuestra (A) un volumen de 50 ml como mínimo y 25 ml en el de submuestra (B), dejando un residuo para medir pH y densidad.
- Comprobar el hermetismo de los frascos.
- Los códigos adhesivos colocados a los frascos deben corresponder en el acta de recolección.
- La persona que cierre el contenedor con las submuestras lo debe hacer en presencia de otro como testigo.
- Si el responsable sospecha de manipulación de la muestra puede solicitar una nueva muestra sin desechar la anterior.
- Si una muestra resulta inadecuada sea por su aspecto o temperatura se puede recoger una nueva muestra.
- Si la muestra presenta un $\text{pH} > 7.5$ y densidad inferior a más o menos 1.010 g/ml se puede requerir una nueva muestra por lo que el deportista debe permanecer en el sitio de recolección hasta tomarla de nuevo.

- El deportista deberá aclarar y acreditar cualquier medicamento consumido durante tres días anteriores al control y hacerlo constar en un acta.
- El responsable verificará todos los datos junto con el deportista controlado.
- Deportista, responsable de toma de muestra y acompañante firmarán el acta estando de acuerdo en los procesos llevados a cabo.
- En caso de inconformidad de alguna de las partes quedará declarado en el acta.
- Siempre que finalice un proceso el tomador de muestra introducirá ambos contenedores de muestra en uno general con datos de remitente y destinatario cerrado con precinto de seguridad.
- Todas las muestras se introducirán en contenedores de transporte cerradas con precintos de seguridad codificados.

5.5 DEL ENVÍO DE LAS MUESTRAS AL LABORATORIO DE CONTROL AL DOPAJE

- Cuando concluyan todos los procedimientos el tomador de muestras diligenciará las actas correspondientes incluyendo relación de códigos de todos los precintos de envases utilizados sin incluir identificación nominal de deportistas, ni firmas. Se incluirán los nombres, apellidos y firmas de los integrantes del equipo de toma de muestras.

- El tomador de muestras introducirá copias de actas de control al dopaje en competencia y acta de envío de muestras con la relación general de códigos.

5.6 DEL PROCESO ANALÍTICO EN EL LABORATORIO DONDE SE REALIZA EL ANÁLISIS

- Están autorizados únicamente los Laboratorios de Control al Dopaje acreditados por el COI.

5.6.1 PERSONAL ENCARGADO DE LOS ANÁLISIS DE CONTROL AL DOPAJE

- El Director de dicho laboratorio debe ser un profesional en Química o Química Farmacéutica con PhD o Doctorado en Ciencias Químicas, Farmacología o Toxicología. Además debe estar debidamente entrenado en el área del Dopaje.
- Los analistas deben ser químicos o Químicos Farmacéuticos calificados en técnicas analíticas instrumentales y debidamente entrenados en el área de dopaje.

5.6.2 DE LOS PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

- El análisis de la muestra “A” se llevará a cabo inmediatamente después de su llegada al laboratorio.
- Serán motivos de anulación de una muestra:

- El conocimiento del nombre del deportista a quien pertenece la muestra.
- Rotura o ausencia de sellos de seguridad.
- No inclusión de códigos de los recipientes.
- Envases rotos.
- Volumen de muestra inferior a 50 ml.
- No coincidencia de códigos y sellos de seguridad de los respectivos envases.
- Alteraciones visibles que hagan presumir manipulación previa de la muestra.
 - A todas las muestras se les deben realizar los procedimientos analíticos que permitan la detección de sustancias consideradas dopantes para cada uno de los deportes. No se aceptan análisis parciales.

5.6.3 DE LA COMUNICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- Se comunicará el resultado a las correspondientes federaciones deportivas las cuales a su vez lo comunicarán al deportista sometido a control.
- Si el resultado del análisis es positivo, la federación respectiva podrá solicitar el análisis de la muestra “B” (contramuestra) en un plazo no mayor a cinco días después del conocimiento del mismo.

5.6.4 DEL ANÁLISIS DE LA MUESTRA “B”

- La muestra “B” podrá ser anulada por cualquiera de las causales contempladas anteriormente para la muestra “A”.

- Si el análisis de la muestra “B” confirma el resultado de la muestra “A” el resultado se considerará positivo.
- Si el análisis de la muestra “B” es contrario al resultado de la muestra “A” el resultado se considerará negativo.
- El análisis de la muestra “B” debe ser realizado por un laboratorio diferente al que realizó el análisis de la muestra ”A”.

5.7 DE LAS SANCIONES DISCIPLINARIAS

- Las sanciones disciplinarias serán establecidas de acuerdo a los códigos de cada federación en las respectivas disciplinas deportivas y aplicados por los tribunales deportivos correspondientes. Dichas sanciones pueden ir desde amonestaciones verbales, inactividad por 6 meses, uno o dos años o en caso de reincidencia sanción de por vida.

5.8 CONTROLES AL DOPAJE FUERA DE COMPETENCIA

- Los controles al dopaje fuera de competencia se regirán por las mismas normas que los de competencia.
- Cualquier deportista puede ser requerido para control al dopaje fuera de competencia.
- La selección de deportistas a controlar se realizará ya sea por sorteo o por designación directa.

6. CONTROL DEL DOPING

Un control de doping consiste en una serie de procesos que, debidamente reglamentados, se aplican a un deportista que va a tomar parte en una competición, que acaba de participar en ella, o que se encuentra en un período de entrenamiento.

Existe en el entorno deportivo una cierta tendencia a subestimar las complejidades del control y del análisis de doping. Un análisis serio debe tomar en cuenta que a un atleta no se le puede involucrar en un caso de doping por simples presunciones clínicas o insuficientes pruebas analíticas.

El análisis del doping, constituye una parte integral del sistema de control del doping, es quizás el área más compleja del control pues además de los métodos modernos de análisis instrumental que implican conocimientos profundos en química analítica muchas otras áreas de la química y de otras ciencias son necesarias: La Bioquímica, para explicar el metabolismo de las drogas dopantes, la cinética química y el equilibrio químico, la síntesis orgánica, en donde se describe las rutas de transformación y síntesis de las diferentes sustancias en los fluidos biológicos del atleta. De estos fluidos biológicos (sangre, orina, sudor, saliva), es la orina el fluido más disponible, pues es allí donde se presentan las concentraciones más altas de los metabolitos objetivo. A pesar de que esas concentraciones son del orden de los microgramos por mililitro, las técnicas

analíticas utilizadas pueden detectar metabolitos hasta del orden de los nanogramos por mililitro (partes por billón ppb) o incluso del picogramo (partes por trillón ppt).

Los farmacéuticos, bioquímicos y profesionales de la Química que luego de muchos años de experiencia, capacitación y reciclaje en talleres internacionales especializados y pasantías de perfeccionamiento, se han convertido en expertos en el arte del Análisis de Doping, saben que tienen la obligación ética y científica de demostrar más allá de cualquier duda razonable, la presencia de sustancias prohibidas. Adicionalmente los informes periciales finales deben ser entregados en tiempos relativamente cortos.

Otro de los grandes retos del análisis instrumental fuera de las bajísimas concentraciones de metabolitos a ser detectados es el hecho de la gran disparidad de estructuras químicas que estos presentan lo que generaría inicialmente la necesidad de muchos procesos analíticos diferentes. Sin embargo se han desarrollado métodos válidos para detectar en el menor número de muestras o fracciones de orina la mayor cantidad posible de ellos, conjugándose allí sus características físicas, químicas, fisicoquímicas y bioquímicas con el método analítico.

El espectro de sustancias prohibidas crece continuamente y el análisis no es simplemente cualitativo; existen sustancias como la carboxi-TH, la Morfina, las

efedrinas, la Norandrosterona, la Epitestosterona, la relación Testosterona/Epitestosterona, el Salbutamol y la Cafeína que deben ser cuantificadas.

Los factores señalados han convertido al análisis de doping en una disciplina dinámica de gran exigencia de tal suerte que la metodología analítica que se use debe ser confiable, rápida, precisa, reproducible y basada en la tecnología instrumental más avanzada. Así se podrá cumplir con absoluta seguridad la labor de contención del doping, desalentando a los dopadores y cumpliendo una importante labor de asesoría para las autoridades deportivas.

6.1 ANÁLISIS DE MUESTRAS

La metodología analítica del control del dopaje se basa en una serie de procesos que en conjunto se programan para permitir la identificación inequívoca de todas y cada una de las sustancias que, como tales o como productos del metabolismo fisiológico, pueden encontrarse en la orina que se va a analizar.

Con vistas a su detección analítica, las sustancias dopantes se clasifican, de acuerdo con sus propiedades químico-analíticas, en diversos grupos y subgrupos. La clasificación que actualmente se puede considerar más idónea es la siguiente.

6.1.1 SUSTANCIAS NITROGENADAS

En este grupo se incluyen:

- Las sustancias nitrogenadas, generalmente con bajo peso molecular, que aparecen libres en la orina (ciertos estimulantes, como la Anfetamina, la Efedrina o la Niketamida; y algunos de los analgésicos narcóticos, como la Metadona o la Petidina).
- Casi todas las de alto peso molecular, que se encuentran en la orina en forma conjugada con sulfato o ácido glucónico (algunos estimulantes, como el Etamiván y el Metilfenidato; bastantes analgésicos narcóticos, como la Codeína y la Morfina, y los betabloqueantes). El procedimiento analítico de detección de sustancias nitrogenadas libres es diferente del de las conjugadas.
- Los betabloqueantes se incluyen en este grupo, pero además se pueden detectar mediante otra metodología analítica.

6.1.2 SUSTANCIAS ESTEROIDEAS

- En este grupo analítico se incluyen esteroides anabolizantes que se excretan libres (como el Estanozolol, la Metandienona, la Oxandrolona). Los que se excretan conjugados (por ejemplo, el Estanozool, la Nandrolona, la Testosterona).

- En función de diversas características técnicas, el análisis de los esteroides anabolizantes excretados libres y el de los excretados conjugados se efectúa conjunta o independientemente.

6.1.3 OTRAS SUSTANCIAS

- En el grupo de los compuestos acídicos se integran fundamentalmente los diuréticos, como la Furosemida, aunque también se incluye un estimulante, la Pemolina.
- Otras sustancias cuyo uso está parcialmente restringido, como los enmascarantes (la Probenecida); grupos como los corticosteroides o los anestésicos locales, los antiinflamatorios(en hípica) y los tranquilizantes prohibidos en determinados deportes, se incluyen en algunos de los grupos anteriormente reseñados o integran un nuevo grupo analítico, además de estimulantes con estructuras químicas y propiedades especiales.

6.2 PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN

La tendencia general es intentar analizar el mayor número posible de sustancias integrándolas en el menor número de grupos bioquímico-analíticos, con el fin de conseguir tres objetivos: un menor fraccionamiento de la orina, con lo que el volumen necesario también sería más pequeño; un acortamiento del tiempo de análisis, y una reducción de los instrumentos analíticos aplicados al control. Y todo ello sin rebajar el grado de sensibilidad y garantía de la analítica.

Para obtener el menor número posible de grupos analíticos, se han de estudiar todas las sustancias y sus metabolitos. De este modo se podrá integrar cada una en el grupo más idóneo, para realizar su detección e identificación inequívoca en los mínimos niveles cuantificables, buscando características químico-analíticas comunes para un mismo grupo de sustancias. A este respecto, la definitiva integración de un agente dopante en un grupo analítico complejo se produce, en el laboratorio, tras confirmar los requisitos de evaluación. Siguiendo, en líneas generales, los criterios más apropiados recomendados por el profesor Donike, secretario de la subcomisión de dopaje de la comisión médica del comité olímpico internacional, para cada sustancia se exigen los siguientes requisitos:

Estudio de las propiedades químicas y bioquímicas de las sustancias dopantes o previsiblemente dopantes.

- Análisis de un patrón puro de cada una de ellas en disolución, así como de patrones de sus metabolitos, si existen comercializados o se pueden sintetizar.
- Desactivación de cada sustancia estudiada, en el caso de que una estructura química así lo requiera, a fin de poder aplicar una técnica instrumental específica para su identificación, buscando el agente más idóneo con el se puedan obtener los resultados que se persiguen al derivar.

- Determinación del método de extracción más adecuado para obtener el máximo porcentaje posible de recuperación.
- Experimentación del grado de excreción de la sustancia química estudiada mediante la administración de dosis farmacológicas a voluntarios; y recogiendo posteriormente muestras de su orina a determinados intervalos de tiempo con el fin de realizar un completo estudio farmacocinético de biotransformación y eliminación.
- Análisis comparativos de los estudios de extracción y de los procedimientos de detección para contrastar la sensibilidad alcanzada en el análisis de la sustancia dopante y de sus productos de metabolismo.

6.3 ETAPAS ANALÍTICAS

En un análisis de control de dopaje todas las muestras han de someterse a alguno o varios de Las etapas que se reseñan a continuación:

I. Mediciones previas

II. Procedimientos preanalíticos de preparación de muestras

III. Métodos Analíticos:

i) Análisis de detección e identificación

ii) Análisis de confirmación

iii) Cuantificaciones.

iv) Evaluación de Resultados.

Ahora bien, aunque estos procesos han de aplicarse a todas y cada una de las muestras, es necesario considerar que los procedimientos de preparación y análisis tienen que dirigirse a cada grupo bioquímico específico de sustancias dopantes, o incluso a alguna de ellas en forma individual, según se detalla en el esquema.

6.3.1 MEDICIONES PREVIAS

Además del color y el aspecto físico observados en cada una de las muestras, y de la medida de su volumen, en el formulario de registro de muestras del laboratorio ha de reseñarse su pH y su densidad. Estos dos valores son útiles no sólo como datos estadísticos, sino porque pueden ayudar a esclarecer la intención de un fraude cuya posibilidad surge cuando los resultados de las medidas difieran de los valores normales (pH superior a 6.5 y densidad inferior a 1.015 g/ml); y también porque la aparición de valores anómalos induce a cambiar los procedimientos de preparación de muestras para lo cual se han de tener en cuenta los factores que influyen y modifican la excreción.

En el caso de que se convierta en obligatoria la medida del pH y la densidad en la toma de muestras, para desechar las orinas con los respectivos valores fuera de los límites permitidos, este paso podría anularse.

6.3.2 PROCEDIMIENTOS PREANALÍTICOS DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Sólo en contadas ocasiones se puede analizar una muestra directamente; lo más usual es que ésta muestra se tenga que preparar previamente. La preparación es diferente, y puede emplear diversas técnicas; las más utilizadas en la analítica del control del dopaje son las de extracción , hidrólisis y derivatización.

Las muestras de orina, que son las fisiológicas que se utilizan en la analítica del control del dopaje, constituyen una compleja mezcla de componentes. Las sustancias dopantes y los metabolitos presentes en este medio biológico son componentes minoritarios que es necesario aislar selectivamente. Por otra parte, estas sustancias se encuentran en la orina, tras su biotransformación, en formas químicas no adecuadas a la analítica que se debe emplear; por esta razón, antes de proceder al análisis propiamente dicho, las muestras deben ser adecuadamente preparadas en función de las estructuras que se presenten y de los procedimientos analíticos que posteriormente se han de desarrollar.

En la actualidad, sólo se puede analizar directamente la orina para la detección y cuantificación de la cafeína por cromatografía líquida de alta presión. Así mismo, se realizan análisis de detección preliminares por enzimoimmunoensayo (EMIT) en los que también se utiliza la orina directamente. En los restantes casos, las diversas partes alícuotas en las que se fracciona la orina han de prepararse para el

análisis propiamente dicho mediante procesos de extracción, hidrólisis o derivatización.

6.3.2.1 EXTRACCIÓN

Posiblemente, la extracción sea la técnica más utilizada en un laboratorio para separar un compuesto orgánico de una mezcla. Los dos tipos de extracciones más comunes son las líquido-líquido y las líquido-sólido (figura 9).

a) el objetivo de una extracción líquido-líquido es la separación de uno o más componentes de una disolución normalmente acuosa mediante un disolvente inmiscible, generalmente orgánico, que se pone en contacto con ella. El disolvente se elige considerando diversos factores, principalmente el grado de solubilidad tanto de la sustancia que se desea extraer como de los restantes componentes de la disolución.

La extracción líquido-líquido se realiza, normalmente, tratando de poner en contacto las dos fases, la de la muestra y la del disolvente en un tubo de ensayo o en un embudo de decantación, de forma manual o mediante un agitador mecánico que permita elegir diferentes valores de velocidad de agitación y al que se puedan adaptar los recipientes en los que se efectúa la extracción.

Esta extracción es característica del proceso pre-analítico de las sustancias nitrogenadas que se excretan libres.

- La extracción líquido-sólido separa algún o algunos componentes de una mezcla basándose en los diferentes grados de absorción, adsorción, intercambio iónico, etc., que presentan sobre un determinado sólido con el que se ponen en contacto, de forma que, al pasar la muestra, en el sólido quedan retenidas las sustancias que se desea extraer. El sólido ha de poseer unas características especiales, siendo las resinas en sus diferentes clases, los sólidos más utilizados.

Para llevar a efecto estas extracciones, en la metodología de laboratorio del control del dopaje se emplean columnas rellenas del sólido en cuestión, bien sea elaboradas directamente en el laboratorio o comercializadas. Este tipo de extracción se emplea para sustancias muy polares, como esteroides anabolizantes y diuréticos.

En cualquiera de los procesos de extracción se integran las siguientes fases:

- El ajuste del pH, proceso cuyo objetivo es el incremento de la solubilidad de las sustancias dopantes en el disolvente.
- La adición a la orina de una sustancia de referencia, con el fin de comprobar realización del proceso, chequear el funcionamiento de los instrumentos técnico- analíticos y cuantificar, cuando así se requiera, las sustancias previamente identificadas. Como es lógico, este patrón interno no debe

interferir con ninguna de las posibles sustancias que se vayan a identificar en el proceso, ni condicionar su posterior analítica.

- La incorporación del disolvente orgánico, o su paso por la resina.

En la extracción líquido-líquido, la agitación mecánica, realizada para incrementar la transferencia de las sustancias de la muestra al disolvente, y la separación de la fase orgánica, previa centrifugación, manualmente o por ultracongelación, para aislar el extracto.

Cuando en la muestra o en el proceso analítico existan factores que así lo requieran, la reducción del volumen del extracto, a veces incluso hasta la sequedad, para aumentar la concentración de las sustancias que puedan ser identificadas o para poder acceder a algún otro proceso integrante (formación de derivados, adición de tampones, etc.).

Dentro del procedimiento analítico de cada uno de los grupos bioquímicos en que se pueden agrupar las sustancias dopantes y sus metabolitos, el proceso de extracción ha de cumplir un mínimo de requisitos, que no pueden desecharse cuando se programan todas las fases del proceso.

En síntesis:

- Cada proceso selectivo de extracción ha de utilizar el mínimo volumen de orina posible, con el fin de que el volumen total necesario para el análisis

completo no sea excesivo, dado que se dispone de una cantidad total de orina limitada y, a veces, escasa.

- En cada proceso se debe tratar de extraer el mayor número posible de sustancias, procurando no tener que fraccionar excesivamente la orina. Habrá que volver a considerar el volumen máximo total, que la mayoría de las veces se puede obtener en un plazo razonable de tiempo.
- Se debe procurar que cada proceso sea lo menos complejo y lo más eficaz posible, tratando de recuperar el mayor porcentaje de cada sustancia extraída en él.
- Finalmente, el proceso en el que se extraiga alguna sustancia de obligada cuantificación ha de permitir ésta, asegurando unos resultados certeros.



Figura 9 Sistema de extracción líquido – sólido de seis puestos.

y conectado a sistema de vacío

6.3.2.2 HIDRÓLISIS

Aunque etimológicamente hidrólisis significa “disolución por agua”, su acepción general es, según el Diccionario de M. Moliner, “desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, bien por exceso de agua, bien por la presencia de un fermento o un ácido”.

En el análisis de las sustancias dopantes, la hidrólisis constituye uno de los procesos previos aplicados a aquellas sustancias que aparecen conjugadas en la orina, tras haber sufrido el correspondiente proceso de biotransformación. En función de diversos condicionantes, se realizan hidrólisis ácidas o enzimáticas, siendo estas últimas las más frecuentes.

La hidrólisis se lleva a cabo en los análisis de control del dopaje principalmente por dos razones: en primer lugar, las actuales normativas obligan a identificar las sustancias dopantes o sus metabolitos como tales, por lo que las sustancias conjugadas han de desdoblarse mediante la hidrólisis con el fin de aislar la posible sustancia presente en la orina; por otra parte, la identificación de moléculas con un alto peso molecular exige una analítica que es menos compleja cuando esas moléculas se transforman en otras de inferior peso molecular mediante un proceso de hidrólisis.

En las hidrólisis que se efectúan como procesos pre-analíticos de preparación de muestras para control del dopaje, se emplean como reactivos enzimas, tales como la beta-glucuronidasa. Es decir, en general se realiza una hidrólisis enzimática

que, llevada a cabo a temperaturas relativamente poco elevadas, es más suave que la hidrólisis ácida, ésta, más violenta que la enzimática en otras áreas y por diversas causas se realizan en condiciones forzadas, a temperaturas altas.

Este proceso, incluido en los procedimientos pre-analíticos del control antidopaje, se aplica a la metodología de preparación de muestras para identificar esteroides anabolizantes, betabloqueantes y algunos estimulantes y analgésicos narcóticos y sus metabolitos.

Muchas de las sustancias dopantes, o sus metabolitos, se encuentran en la orina en forma conjugada, como fase final del proceso de biotransformación que han sufrido en el organismo. Precisamente, la obligación de identificarlas como tales, justifican la realización de una hidrólisis como proceso pre-analítico.

Este es el caso de algunos estimulantes y analgésicos narcóticos, de los betabloqueantes y, sobre todo, de los esteroides anabolizantes. Estas sustancias se encuentran en la orina como glucurónidos, debiéndose efectuar, tras la extracción, una hidrólisis enzimática con betaglucuronidasa antes de proseguir el procedimiento analítico programado.

6.3.2.3 DERIVATIZACIÓN

Los métodos de derivatización analítica constituyen un alto porcentaje de los procesos de preparación de muestras para análisis químicos; se practican habitualmente en diversas áreas científicas, entre ellas el control del dopaje. De

forma muy simple, se puede considerar como objetivo prioritario de las reacciones de derivatización la formación de moléculas volátiles y estables, derivadas de aquellas otras que, por ser difícilmente evaporables o por descomponerse con facilidad, son deficientemente detectables por métodos cromatográficos.

Desde el punto de vista del control analítico del dopaje, los derivados se forman para:

- Mejorar la detección por cromatografía de gases, mediante el aumento de la estabilidad térmica.
- Mejorar la respuesta del detector al disminuir los fenómenos de adsorción a través de la columna, reduciéndose en consecuencia la formación de colas en los picos cromatográficos.
- Mejorar la separación cromatográfica en mezclas de sustancias similares
- Incrementar el factor de respuesta en el detector, mejorando incluso la sensibilidad de detección al utilizar detectores específicos.
- Mejorar la detección fluorométrica en la cromatografía líquida de alta presión.
- Modificar la fragmentación en una espectrometría de masas, es decir, obtener fragmentos diferentes que permitan confirmar una identificación previa de la sustancia que se deriva.

Para la preparación de derivados se utilizan reactivos de derivatización y disolventes especiales susceptibles de producir una transformación rápida,

cuantitativa e inequívoca. Por las características químicas de las sustancias dopantes, los derivados que se obtienen son principalmente trimetilsililderivados, aunque también se introducen grupos acetilo y halogenados.

En el caso de la analítica de las sustancias dopantes presentes en muestras biológicas de orina las normas internacionales imponen la confirmación de resultados mediante la formación de derivados. Por esta razón, se forma un derivado para confirmar la presencia de cualquier sustancia detectada e identificada sin derivar; pero también se necesita llevar a efecto este proceso en los procedimientos de detección de algunas sustancias dopantes, como los esteroides anabolizantes, los betabloqueantes o las sustancias nitrogenadas excretadas en forma conjugada.

6.3.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

Una vez preparada cada muestra, se ha de proceder a su análisis propiamente dicho, aplicando métodos específicos para detectar y confirmar, en su caso, la presencia en la orina de cualquier sustancia dopante o de sus metabolitos.

Cada proceso se encuentra perfectamente definido, y su metodología está dirigida a alcanzar el objetivo con la máxima efectividad y garantía.

Un análisis de detección e identificación en el control del dopaje consiste esencialmente en una separación técnica de los componentes del extracto orgánico de la muestra, realizada mediante la cromatografía (de gases o de

líquidos de alta presión). Esta separación se ha de completar con una identificación efectuada a través de datos cromatográficos (tiempos de retención), o mediante la espectroscopia ultravioleta-visible, o bien utilizando la espectrometría de masas. Estos métodos permiten detectar las sustancias dopantes con una sensibilidad que oscila entre los 100 ng/ml cifra que se alcanza como mínimo en la detección de algunos estimulantes y analgésicos narcóticos de bajo peso molecular que aparecen sin conjugar en la orina, y una parte por billón, que es la sensibilidad con la que, por ejemplo se pueden detectar algunos esteroides anabolizantes.

Las muestras que, analizadas por estos métodos, no presentan ninguna señal cromatográfica o espectrométrica similar a la de alguna sustancia dopante, o a la de alguno de sus metabolitos, se consideran negativas, y no se siguen analizando. Las muestras en las que aparece alguna señal sospechosa deben seguir siendo examinadas mediante procesos complementarios de identificación que culminan en la confirmación inequívoca de la sustancia detectada. Si ésta es un agente dopante, el análisis conducirá a un resultado presuntamente positivo, y si no lo es, el resultado se considerará ya como negativo.

6.3.3.1 ANÁLISIS DE CONFIRMACIÓN

El resultado final de un análisis de control del dopaje sólo es efectivo y válido si la identificación previa se confirma por espectrometría de masas. Aun cuando dicha identificación ya se ha producido por esta técnica, mediante el

procedimiento de SIM (iones monitorizados), debe completarse identificando por SCAN o analizando diversos derivados de la sustancia o de las dos maneras.

En definitiva, en un análisis de control de dopaje no se puede marginar la afirmación de que la espectrometría de masas proporciona la “huella digital de la sustancia”, permitiendo, sin margen de error, la identificación válida e incuestionable de un agente dopante.

6.3.3.2 CUANTIFICACIONES

Los procesos de detección identificación y confirmación cualitativos de determinadas sustancias dopantes (Cafeína, Codeína, Efedrina, Testosterona) no bastan para considerar como positiva una muestra. Diversas consideraciones (sustancias endógenas, como la Testosterona; sustancias presentes en una alimentación normal como la Cafeína; o sustancias que, formando parte de medicamentos de uso terapéutico corriente, sólo se pueden considerar con efectos dopantes a partir de ciertas dosis), exigen realizar una cuantificación absoluta o relativa para determinar, a través de las concentraciones medidas, si la muestra es positiva o negativa.

La cromatografía proporciona buenos resultados cuantitativos, razón por la cual se emplea como técnica primaria; la cuantificación por áreas o alturas es la más utilizada.

6.3.3.3 EVALUACIÓN E INFORME DE LOS RESULTADOS

Cuando los procesos analíticos de detección e identificación no aportan ningún indicio de la existencia de una sustancia dopante, el resultado se considera negativo, y se informa así en el acta de análisis.

Un resultado positivo solo puede aceptarse si los datos procedentes de la cromatografía y la espectrometría de masas de la muestra sospechosa concuerdan con los de sustancias patrones.

6.4 LABORATORIOS ACREDITADOS POR EL COI PARA LOS ANÁLISIS DE CONTROL AL DOPAJE

Debido al complejo ambiente relacionado con el análisis del doping es posibles pero cada vez menos frecuente la posibilidad de errores (falsos positivos y falsos negativos) que disminuyen la credibilidad de un control del doping. Frente al número creciente de controles de Doping realizados por el COI en los juegos Olímpicos y por las Federaciones Internacionales a sus deportistas y debido al desarrollo de pruebas que se realizan fuera de competencia, la Comisión Médica del COI formuló los **“Requisitos para la Acreditación y la Buena Práctica de los Laboratorios”** con el objeto de armonizar y estandarizar los procedimientos analíticos. Para asegurar la calidad de los trabajos de los laboratorios, se les realiza anualmente un proceso de re-acreditación; igualmente se les adelantan pruebas de idoneidad a intervalos de cuatro meses.

Los requisitos de acreditación se especifican para comprobar la competencia de los laboratorios y para armonizar y estandarizar la calidad de las técnicas analíticas. Es un hecho bien conocido que los límites de detección de las sustancias prohibidas pueden diferir mucho entre laboratorios que trabajan en la misma zona. Para recibir resultados comparables, es necesario un gran esfuerzo en términos de control de calidad. Por tanto, los requisitos requeridos se especifican brevemente a continuación:

- 1)El equipo de análisis.
- 2)Los métodos de análisis.
- 3)Los controles de calidad que deben realizarse para mantener la acreditación.

Referente a los métodos de análisis, éstos deben ser constantemente validados para confirmar y documentar que los resultados producidos por ellos son confiables. Evidentemente, todo nuevo método de análisis antidoping debe validarse para demostrar su idoneidad. Los procesos de validación son desarrollados por diferentes grupos de trabajo tanto intralaboratorio como interlaboratorios que trabajan en paralelo sobre un mismo tipo de muestra utilizando el mismo método analítico para asegurar que el mismo arroje resultados comparables y confiables.

Por otra parte se considera también la revalidación, la cual se hace necesaria para métodos previamente validados, pero que deben volver a evaluarse por

variaciones de algún factor instrumental (cambio de equipo o de alguno de sus componentes, del tipo u origen de las columnas, etc.), de la matriz que contiene la muestra o de la proporción relativa del analito.

En un ensayo de validación deben considerarse los siguientes parámetros:

- **SELECTIVIDAD O ESPECIFICIDAD.** Este parámetro se refiere a la propiedad del método de producir una señal medible debida a la presencia del analito, libre de interferencias de otros componentes de la matriz.
- **LINEALIDAD.** La linealidad de un método analítico se refiere a la proporcionalidad entre la concentración de analito y su respuesta. Este paso de la validación es necesario si se va a trabajar con un solo estándar en las determinaciones de rutina, aunque pueden aceptarse métodos no lineales, si se opera con estándares múltiples cada vez. Además, conjuntamente se determina el **rango lineal**, es decir el intervalo comprendido entre la concentración mínima y máxima de analito para el cual el método ha sido aprobado y dentro del cual se puede efectuar el dosaje por interpolación en una curva estándar.
- **PRECISIÓN.** La precisión está relacionada con la dispersión de las medidas alrededor de su valor medio o central y corresponde al grado de concordancia entre ensayos individuales cuando el método se aplica repetidamente a múltiples alícuotas de una muestra homogénea. La precisión se expresa

matemáticamente como la desviación estándar o más comúnmente como la desviación estándar relativa (RSD) o coeficiente de variación (CV) (desviación estándar x 100 / valor medio). En muchos casos debe indicarse el **INTERVALO DE CONFIANZA o LIMITES DE CONFIANZA** de la medida, es decir, el rango en el cual puede definirse la probabilidad de que este capture con la probabilidad indicada el valor real de la medición.

- **EXACTITUD.** También conocida como error sistemático o tendencia, corresponde a la diferencia entre el valor obtenido (media) y el valor verdadero. Si bien el valor verdadero de concentración no se conoce sino que solo puede estimarse, es posible preparar una muestra por un procedimiento más exacto que el evaluado (por pesada, dilución en peso, etc.) y utilizarla como referencia. De hecho, la norma ASTM 456-83, al referirse a la exactitud de un método analítico habla de la concordancia entre el valor medido y el valor aceptado como referencia. La exactitud se puede expresar en términos de desviación (valor medio – valor verdadero), desviación relativa (desviación x 100 / valor medio) o el más utilizado, la recuperación (valor medio x 100 / valor verdadero). La exactitud o bien podría llamarse inexactitud, debe ser tan pequeña como sea posible para que el valor medio se aproxime al verdadero o de referencia. Dicho de otro modo, la recuperación del analito debe acercarse al 100%.

- **SENSIBILIDAD.** La sensibilidad de un método analítico corresponde a la mínima cantidad de analito que puede producir un resultado significativo. Se debe diferenciar claramente entre la sensibilidad de calibración (correspondiente a la pendiente de la curva de calibración) y la sensibilidad analítica (correspondiente al cociente entre la sensibilidad de calibración y la desviación estándar de la medida).
- **ROBUSTEZ.** La robustez de un método analítico corresponde a los estudios que indican el grado de confiabilidad del ensayo ante cambios de variables comunes. Estos cambios pueden ser ligeras diferencias operativas, de equipos, analistas, laboratorios, fuentes de columnas, etc.. Frecuentemente este estudio se realiza retrospectivamente, a partir de los resultados históricos obtenidos en diferentes condiciones, pero en el caso de métodos nuevos, es conveniente que el estudio sea efectuado por el laboratorio emisor de la técnica. Es evidente que un método debe ser robusto (reproducibile) frente a cambios de analistas o instrumentos, pero no necesariamente debe serlo frente a todos los cambios que se estudien. Las variables instrumentales cuyas modificaciones por muy pequeñas que sean produzcan cambios drásticos deben ser reportadas en el método como factores críticos y debe ser indicado el rango de variación dentro del cual no se producen esos cambios.

La inversión de capital para el establecimiento de un laboratorio acreditado por el COI asciende por lo menos a 2'300.000 dólares con un costo aproximado por

análisis de 250 dólares (precios a Agosto de 2001) y como la lista de sustancias prohibidas crece de año en año también lo hace el costo de los procedimientos de detección.

La última actualización de laboratorios acreditados publicada en Enero de 2002, muestra 27 laboratorios acreditados, la mayoría en Europa y es el interés común de la Comisión Médica del COI, las autoridades de cada región y las federaciones deportivas Internacionales crear y acreditar muchos más laboratorios.

6.4.1 LABORATORIOS ACREDITADOS EN EUROPA

Atenas-GRECIA

Dr. Costas GEORGAKOPOULOS
OLYMPIC ATHLETIC CENTER OF ATHENS “Spiros Louis”
Doping Control Laboratory of Athens
E-mail :oaka@compulink.gr

Lisboa- PORTUGAL

Prof. Lesseps LOURENCO REYS, Scientific Director
INSTITUTO NACIONAL DO DESPORT (INDESP)
Laboratorio de Análises de Dopaje e Bioquímica
Dirección de Servicios de Medicina Desportiva,
E-mail: cmd.lisboa@mail.telepac.pt

Barcelona-ESPAÑA

Dr. Jordi SEGURA
INSTITUT MUNICIPAL D'INVESTIGACIÓ MEDICA (IMIM)
Departamento de Farmacología y Toxicología,
E-mail: jsegura@imim.es

Londres-INGLATERRA

Prof. David COWAN
DRUG CONTROL CENTRE
King's College London
E-mail: david.cowan@kcl.ac.uk

Colonia-ALEMANIA

Dr. Wilhelm SCHANZER Director
German Sports University
E-mail: schaezner@biochem.dshsukoeln.de

Madrid-ESPAÑA

Dra. Cecilia RODRIGUEZ Directora
CONSEJO SUPERIOR DE DEPORTES
Laboratorio de Control de Dopaje
E-mail: cecili.rodriuez@csd.mec.es

Copenague-DINAMARCA

Prof. Henrik Enghuzsen POULSEN
UNIVERSITY HOSPITAL Dept. Of Clinical Pharmacology
E-mail: henrikep@rh.dk

Moscú-REPÚBLICA FEDERAL RUSA

Dr. Vitaly SEMENOV
ANTIDOPING CENTRE
E-mail: antidope@cityline.ru

Gand Ghent-BELGICA

Prof. F.T. DELBEKE
UNIVERSITEIT GENT Department Doping
E-mail: Frans.Delbeke@rug.ac.be

Oslo-NORUEGA

Prof. Egil HAUG Director
Dr. Peter HEMMERSBACH Scientific Director
HORMONE LABORATORY Section for Doping Analysis
E-mail peter.hemmersbach@ioks.uio.no

Helsinki-FINLANDIA

Prof. Kimmo KUOPPASALMI
Doping Control Laboratory
E-mail: kimmo.kuoppasalmi@.ktl.fi

París-FRANCIA

Dr. Jacques de CEARRIZ Scientific Director
LABORATOIRE NATIONAL DE DEPISTAGE DU DOPAGE CREPS
E-mail: LNBDD.FRANCE@wanadoo.fr

Hudinne-SUECIA

Dr. Mats GARLE Scientific director
HUDDINGE UNIVERSITY HOSPITAL
Doping Control Laboratory
E-mail. mats.garle@pharmlab.hs.sll.se

Praga-REPUBLICA CHECA

Dr. R. SLECHTOVA
GENERAL FACULTY HOSPITAL
Department of Doping Control
E-mail: odkusm@mbox.vol.cz

Kreischa-ALEMANIA

Prof. Klaus MÜLLER
INSTITUT FÜR DOPING ANALYTIK
E-mail: dopinganalytik.kreischa@t-online.de

ITALIA

Dr Francesco BOTRE Scientific director
FEDERAZIONE MEDICO SPORTIVA ITALIANA
E-mail: antidoping.lab@flashnet.it

Lausana-SUIZA

Dr. Laurent RIVIER Directeur scientifique
LABORATOIRE SUISSE D'ANALYSE DU DOPAGE
E-mail: lad.central@inst.hospvd.ch&
laurent.rivier@inst.hospvd.ch

6.4.2 LABORATORIOS ACREDITADOS EN AMERICA**Indianapolis-USA**

Dr. Larry BOWERS Director
ATHLETIC DRUG TESTING AND TOXICOLOGY LABORATORY
Indiana University Medical Center
E-mail: lbowers@iupui.edu

Quebec-CANADA

Prof. Christiane AYOTTE Director
Doping Control Laboratory.
E-mail: cayotte@accent.net
christiane.ayotte@inrs-sante.quebec.ca

Los Angeles-USA

Prof. Don CATLIN, MD
UCLA OLYMPIC ANALYTICAL LABORATORY,
E-mail: dcatlin@ucla.edu

6.4.3 LABORATORIOS ACREDITADOS EN ASIA**Bangkok-TAILANDIA**

Dr. Tongtavuch ANUKARAHANONTA Director
NATIONAL DOPING CONTROL CENTRE

Beijing-REPUBLICA POPULAR CHINA

Dr. Moutian WU
CHINA DOPING CONTROL CENTER
E-mail: moutianw@public.bta.net.cn

Penang-MALASIA

Dr. Aishah A. LATIFF
PUSAT KAWALAN DOPING CONTROL CENTRE
E-mail: aishah@dcc.usm.my

Tokyo-JAPON

Dr. Makoto UEKI PhD Directors Scientific
MITSUBISHI KAGAKU BIO-CLINICAL LABORATORIES, Inc.
E-mail: wd3m-uek@asahi-net.or.jp

Seúl-COREA

Dr. Myungsoo KIM Director
DOPING CONTROL CENTER
E-mail: msk3380@kist.re.kr

6.4.4 LABORATORIOS ACREDITADOS EN AUSTRALIA

Sidney-AUSTRALIA

Dr. R. KAZLAUSKAS Director

AUSTRALIAN SPORTS DRUG TESTING LABORATORY ASDTL

E-mail: ray.kazlauskas@agal.gov.au

6.4.5 LABORATORIOS ACREDITADOS EN SURAFRICA

Bloemfontein-SURAFRICA

Dr. P.J. Van der MERWE

DEPARTMENT OF PHARMATOLOGY UNIVERSITY OF THE ORANGE

FREE

E-mail: gnfmpvdm@frm.uovs.ac.za

6.4.6 NUEVAS ACREDITACIONES

Según Schamasch, director de la Comisión Médica del COI, cuatro nuevos laboratorios deberían recibir su acreditación antes de finales de Julio de 2002: Río de Janeiro, Ankara, y Túnez, esta última ciudad en previsión de los Juegos del Mediterráneo en Septiembre. Otros dos han hecho una Petición de acreditación: Dubai y Lagos. El laboratorio de Bogota finalmente se concretó:

Bogota, Colombia

Dra. Gloria

En el año de 1992 el Instituto Nacional sobre Abuso de Drogas, entidad fiscalizadora a nivel mundial de laboratorios de control suspendió uno de los laboratorios certificados de Estados Unidos al realizar un análisis erróneo de anfetaminas. El asunto fue un falso positivo generado por productos de reacción inducidos por el agente 4-carboxihexafluorobutilcloruro, derivatizante de anfetaminas, en combinación con la alta temperatura del puerto de inyección. El mismo laboratorio realizó la investigación y fue recertificado posteriormente luego de modificar el método y ser validado.

7. TÉCNICAS INSTRUMENTALES DE ANÁLISIS

7.1 CROMATOGRAFÍA

La forma más comúnmente utilizada para realizar separaciones analíticas es la cromatografía, técnica inventada por el botánico Ruso Mikhail Tswett, quien la utilizó para separar pigmentos vegetales y que en la actualidad es utilizada para una larga lista de separaciones analíticas.

La cromatografía agrupa un conjunto importante y diverso de métodos que permiten a los científicos separar compuestos estrechamente relacionados en mezclas complejas, lo que en muchas ocasiones resulta imposible por otros medios.

En todas las separaciones cromatográficas, la muestra se disuelve en una fase móvil que puede ser un gas, un líquido o un fluido supercrítico. Esta fase móvil se hace pasar a través de una fase estacionaria inmisible, la cual se mantiene fija en una columna o sobre una superficie sólida. Las dos fases se eligen de tal forma, que los componentes de la muestra se distribuyen de modo distinto entre la fase móvil y la fase estacionaria. Aquellos componentes que son retenidos con más fuerza por la fase estacionaria se mueven lentamente con el flujo de la fase móvil, por el contrario los componentes que se unen débilmente a la fase estacionaria se mueven con rapidez. Como consecuencia de la distinta movilidad, los componentes de la muestra se separan en bandas discriminadas que pueden analizarse cualitativa y/o cuantitativamente.

7.1.1. CROMATOGRAFÍA EN CAPA DELGADA

Si se deja caer una gota de tinta en un papel secante y se sumerge la punta del papel en agua, ésta subirá por el papel. Después de algún tiempo y en las condiciones adecuadas, la mancha de tinta original se separará en muchas manchas de distintos colores (la tinta azul es una mezcla de muchas tinturas)

Este ejemplo describe de manera general el proceso denominado cromatografía en capa delgada (CCD), y puede ser utilizado como un método preliminar a las técnicas analíticas instrumentales.

Este método requiere una amplia preparación de la muestra y conocimientos técnicos especializados de parte del analista, pero es barato y eficaz si se utiliza correctamente.

Con excepción de la Cannabis que requiere la preparación de muestras separadas, puede detectarse un gran número de drogas al mismo tiempo(por ejemplo, Cocaína, Anfetamina, Codeína y Morfina). Combinando diferentes sistemas de cromatografía en capa delgada puede obtenerse un alto grado de especificidad, si bien la capacitación del analista es esencial debido a la subjetividad involucrada en la interpretación de los resultados.

Para identificar “manchas” positivas en la cromatografía en capa delgada, el analista busca las drogas y/o sus patrones de metabolitos. Un analista capacitado puede identificar más de cuarenta drogas diferentes.

7.1.2 CROMATOGRAFÍA EN FASE GASEOSA

La cromatografía en fase gaseosa, que es similar a la cromatografía en capa delgada requiere una preparación minuciosa de la muestra. En la cromatografía en fase gaseosa el objeto de análisis se introduce manualmente con una jeringa o automáticamente con una válvula automuestreadora en una cámara de inyección, ubicada sobre la cabeza de una columna capilar a través de la cual fluye un gas portador que arrastra la muestra hasta un sistema de detección. En un sistema de cromatografía en fase gaseosa instalado adecuadamente se volatiliza una mezcla de sustancia introducidas en el gas portador y los componentes individuales de la mezcla migran por la columna a diferentes velocidades por efectos de la fase estacionaria líquida o sólida. La detección se produce al final de la columna calentada por un horno, al igual que el sistema de inyección y de detección, y es generalmente un proceso destructivo. A menudo, la sustancia que se somete a análisis es derivada para transformarla en volátil o cambiar sus características cromatográficas.

7.1.2.1 INSTRUMENTOS PARA CROMATOGRAFÍA GAS-LÍQUIDO

Actualmente, más de 30 fabricantes de instrumentos ofrecen unos 130 modelos distintos de equipos para cromatografía de gases, con un costo que varía desde unos 1500 hasta 100000 dólares (figura 10). En las últimas dos décadas, los instrumentos de cromatografía de gases que han aparecido en el mercado presentan muchos cambios y mejoras. Desde los años 70 se hicieron habituales los integradores electrónicos y los equipos de procesamiento de datos de los ordenadores para el control automático de la mayoría de los parámetros instrumentales, tales como la temperatura de la columna y la inyección de la muestra y el desarrollo de las columnas capilares que son capaces de separar una multitud de analitos en un tiempo relativamente corto.

El gas portador debe ser químicamente inerte, con una presión que oscila 10 a 50 psi y caudal de 25 a 150 ml/min en columnas de relleno, y de 1 a 25 ml/min en columnas capilares.

El sistema de inyección de muestra implica el uso de una microjeringa para inyectar una muestra líquida o gaseosa a través de un diafragma o “septum” de goma de silicona, en una cámara de vaporización instantánea situada en la cabeza de la columna. Las columnas analíticas ordinarias requieren muestras desde décimas de μL hasta 20 μL y en columnas capilares la muestra inyectada es menor a 3 μL .

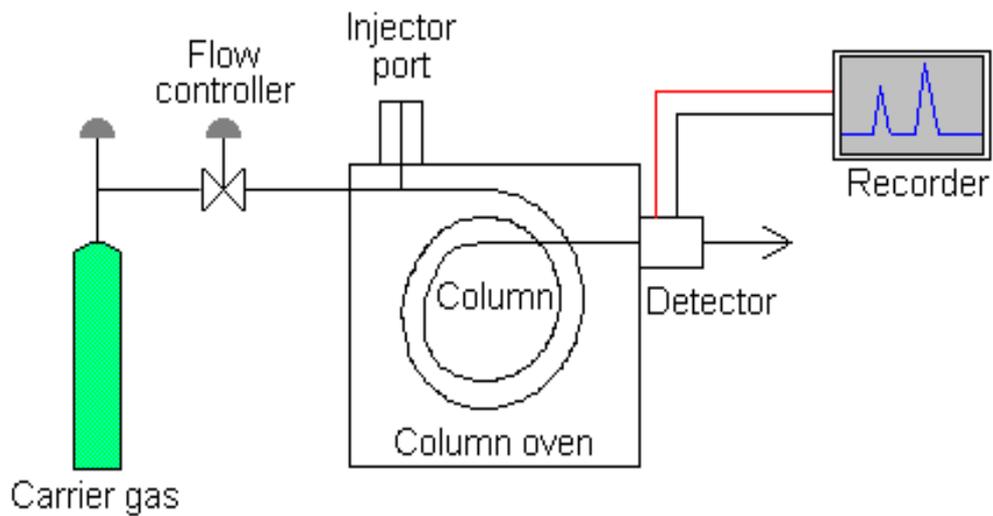


Figura 10 Partes básicas de un Cromatógrafo de Gases: gas portador, controlador de flujo, puerto de inyección, columna, horno, detector registrador y/o sistema de cómputo.

Los equipos más modernos utilizan válvulas automuestreadoras automáticas que eliminan en gran parte los problemas que se presentan en la inyección manual (figura 11).



Figura 11 Cromatógrafo de gases con válvula automuestreadora, carrusel para análisis de 100 muestras y sistema de cómputo

Las columnas son de dos tipos generalmente, las de relleno y las capilares.

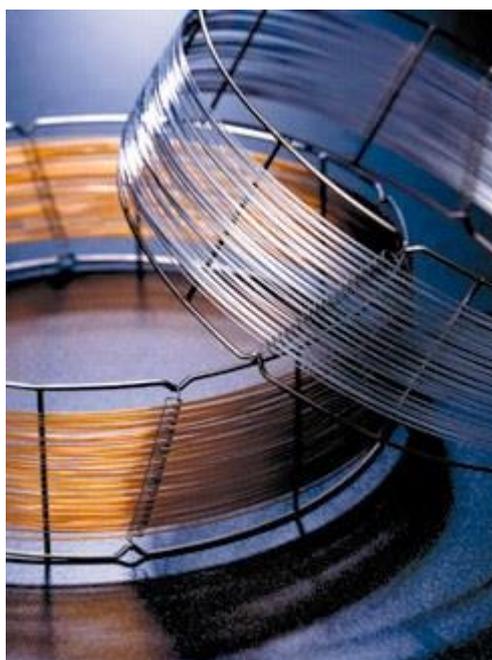


Figura 12 Columnas capilares de vidrio para Cromatografía de Gases

Su longitud varia desde 1 hasta 100 metros y su temperatura, controlada por un horno debe ser igual o superior al punto de ebullición de la muestra haciendo más eficiente el proceso una programación de temperatura para muestras con un amplio intervalo de ebullición.

Los detectores permiten no solo detectar la aparición de los picos al final de la columna, sino también proporcionar la información acerca de su identidad; deben ser sensibles, estables y reproducibles, fiables, sencillos, no destructivos, con un tiempo corto de respuesta y trabajar en un rango desde temperatura ambiente hasta 400 grados centígrados.

El detector de ionización de llama (FID) es uno de los más usados y aplicable; en un quemador, el efluente de la columna se mezcla con hidrógeno y aire para encenderse eléctricamente, pirolizando compuestos orgánicos que producen iones y electrones que conducen electricidad a través de la llama. Entre el extremo del quemador y un electrodo colector situado por encima de la llama, se aplica una diferencia de potencial de varios cientos de voltios, y la corriente que resulta se amplifica para ser después transformada en un registro gráfico.

7.1.2.2 APLICACIÓN DE LA CROMATOGRAFÍA DE GASES AL ANÁLISIS DE SUSTANCIAS DOPANTES

La cromatografía de gases fue, junto con la cromatografía en capa fina, la primera técnica utilizada en el análisis de las sustancias inicialmente prohibidas en el

deporte y acoplada a un detector de masas (GC-MS) es la única técnica legalmente admisible.

En la década de los años sesenta algunos de los actuales laboratorios de control antidopaje ya analizaban muestras fisiológicas de deportistas que habían participado en competiciones y detectaban algunos estimulantes, principalmente Anfetaminas y Efedrinas. Los cromatógrafos utilizados en esa primera época de control aunque con el mismo concepto que los actuales diferían sustancialmente en el tipo de columnas (de empaquetadas se pasó en 1982 a capilares); en la forma de inyección (se inyectaba manualmente mientras que en la actualidad se utilizan los inyectores automáticos); en el tipo de detector (de utilizar detectores universales de ionización de llama, a detectores selectivos y específicos de Nitrógeno Fósforo o NPD); y en los registros gráficos y sistemas de tratamientos de datos (de tratamientos matemáticos e integraciones manuales a sofisticados programas de computación que manejan integración electrónica y procesos matemáticos complejos).

Al analizar la muestra “A” el primer test (de screening o chequeo) se realiza por GC o Inmunoensayo, si el resultado es positivo se realiza un segundo test (análisis de confirmación) por GC-MS. Los esteroides anabolizantes se testean de una vez por GC-MS pues son difíciles de determinar en un test de rutina. Si dá positivo se utiliza GC-MS-MS se utiliza GC-MS-MS para confirmación.

Para el análisis de esteroides la GC-MS fue utilizada hasta 1994 y desde 1995 el COI los obligó a utilizar la GC-MS-MS de alta resolución con la intención de identificar absolutamente todos los esteroides presentes a bajas concentraciones. En el proceso de preparación de la orina, muchos de los esteroides endógenos son extraídos completamente con los exógenos posibles e introducidos al sistema. Esto produce las interferencias de coelución y los picos cromatográficos salen deformados y distorsionados los picos de masas, dando erróneas interpretaciones. La GC-MS-MS con trampa de iones ha sido la técnica más importante de detección pues permite una selectiva eliminación de las interferencias presentes en la matriz y por lo tanto al eliminar el ruido de fondo mejora los límites de detección. Esto hace posible operar a full scan a bajos niveles de ppb.

7.1.3 CROMATOGRAFÍA EN FASE LÍQUIDA DE ALTO RENDIMIENTO

A diferencia de lo que ocurre en la cromatografía en fase gaseosa, la cromatografía en fase líquida de alto rendimiento requiere un líquido sometido a alta presión, en lugar de un gas, que se usará como fase móvil. Por consiguiente, esta tecnología se denomina algunas veces cromatografía en fase líquida de alta presión. Normalmente, la columna funciona a la temperatura ambiente o a una temperatura ligeramente superior a la ambiente. Este método se utiliza generalmente para sustancias que son difíciles de volatilizar (por ejemplo, esteroides) o que son termolábiles (por ejemplo benzodiazepinas). Las principales

diferencias entre la cromatografía en fase gaseosa y la cromatografía en fase líquida de alto rendimiento son las siguientes:

a) La cromatografía en fase gaseosa es un método “destrutivo” (destruye o quema el producto químico en su detector para generar la señal), mientras que la detección en la cromatografía en fase líquida de alto rendimiento aprovecha la estructura electrónica o química del compuesto.

b) La fase móvil de la cromatografía en fase gaseosa es un gas; en la cromatografía en fase líquida de alto rendimiento es un líquido. Por consiguiente, se necesita una menor preparación de la muestra en el caso de la cromatografía en fase líquida de alto rendimiento. La cromatografía en fase líquida de alto rendimiento tiene también una alta especificidad, pero más lenta y generalmente menos sensible que la cromatografía en fase gaseosa.

7.1.3.1 INSTRUMENTACIÓN PARA CROMATOGRFÍA LÍQUIDA DE ALTO RENDIMIENTO

Un cromatógrafo de líquidos de alta resolución típico consta de un sistema de bombeo (bombas de un solo pistón, binarias, ternarias o cuaternarias) de la fase móvil a través de una columna rellena de una fase estacionaria sólida o de un soporte recubierto de una fase estacionaria líquida (figura 13). En este tipo de cromatografía tanto la fase móvil líquida como la fase estacionaria influyen en los procesos de separación de los componentes presentes en la muestra.

Las columnas son normalmente de acero inoxidable para aguantar la acción de los diferentes tipos de fases líquidas utilizadas y la alta presión que debe generarse para el flujo (entre 500 a 6000 psi). Las dimensiones de las columnas van desde los 5 cm hasta los 30 cm de longitud, con diámetros internos entre 2 mm a 4 mm. Ya se están implementando columnas de alta velocidad que son de menos de 5 cm de longitud.

Existen sistemas de termostatación que controlan la temperatura de la columna en unas pocas décimas de grado, obteniéndose así mejores cromatogramas. Controlan la temperatura desde temperatura ambiente hasta 150 grados centígrados.

Los detectores son de dos tipos básicos. Los detectores basados en una propiedad de la disolución responden a una propiedad de la fase móvil, tal como el índice de refracción, la constante dieléctrica o la densidad que se modifica por la presencia de los analitos y los detectores basados en una propiedad del soluto que responden a alguna de las propiedades del soluto, como la absorbancia UV, fluorescencia o intensidad de emisión, sin presentarse interferencia por parte de la fase móvil.

En la cromatografía de líquidos, el 71% de los cromatógrafos utilizan la detección de la absorción UV, 15% la fluorescencia, 5.4 el índice de refracción, el 4.3% emplea medidas electroquímicas y el 4.3% otras medidas como

detectores electroquímicos, detectores iónicos y el detector de masas (figuras14 y 15).



Figura 13. Cromatógrafo de líquidos de alta eficiencia



Figura 14 Detector de masas

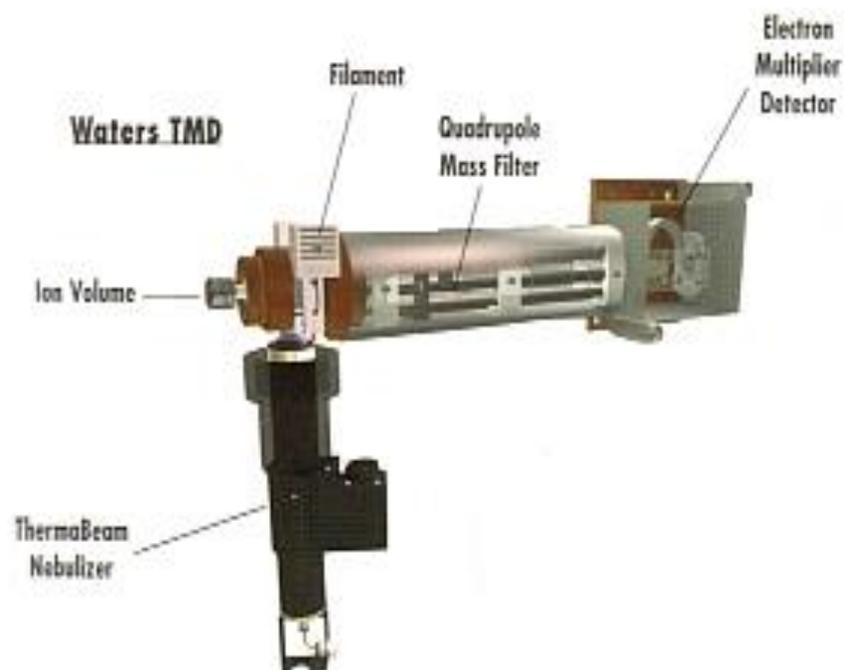


Figura 15 Partes principales de un detector de masas

Los detectores de absorción UV más simples son los fotómetros de filtros con una lámpara de mercurio como fuente, lo más común es aislar la línea intensa a 250, 254, 313,334 y 365 nm empleando diferentes filtros. Algunos instrumentos modernos se equipan con discos de filtración que contienen varios filtros que pueden intercambiarse fácilmente para determinar distintas especies, estos dispositivos son especialmente útiles en la realización de los análisis cuantitativos cuando se conoce la composición cualitativa de la muestra de tal forma que se puede elegir una secuencia de filtros apropiados generalmente controlados por un ordenador.

Los detectores UV actuales utilizan un sistema de detección multicanal conocido con el nombre de “arreglo de diodos” (figura 15) que permiten la detección simultánea de todas las componentes de la radiación UV-VIS en todo el rango del espectro lo que permite tomar un espectro completo de cada sustancia en una décima de segundo, pudiéndose realizar tanto análisis cualitativos como cuantitativos, presentan mayor sensibilidad y selectividad y se pueden realizar análisis estadísticos simultáneamente (se toman diez espectros por segundo).

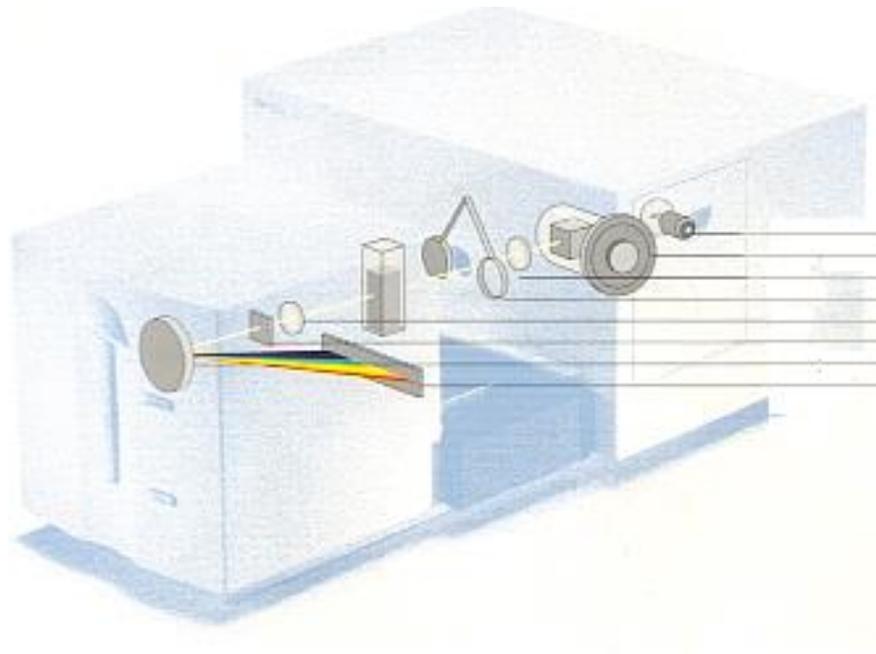


Figura 16 Detector UV con sistema de arreglo de diodos.
En su orden Lámpara de Deuterio, Lámpara de Tungsteno, Lente, Cortador, Celda, Rendija de .Entrada, Rejilla de Dispersión, Arreglo de Diodos.

También es utilizado por su altísima sensibilidad, pg/ml, el detector de Fluorescencia.

El sistema de tratamiento de datos también es completamente computarizado como en el caso de la Cromatografía de Gases.

7.1.3.2 APLICACIÓN DE LA CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS AL ANÁLISIS DE SUSTANCIAS DOPANTES

A finales de la década de los setenta la necesidad de identificar algunas de las sustancias dopantes que progresivamente se incorporaban a las listas, obligó a utilizar la cromatografía de líquidos en la analítica de control antidopaje. La Pemolina fue la primera sustancia que se identificó por esta técnica, la cual luego se utilizó para el análisis de corticosteroides y diuréticos, así como otras sustancias prohibidas en hípica como los antiinflamatorios.

7.1.4 CROMATOGRAFÍA DE FLUÍDOS SUPERCRÍTICOS

La cromatografía de fluidos supercríticos (SFC) es una técnica híbrida de cromatografía de gases y cromatografía de líquidos, que combina algunas de las mejores características de cada una de ellas. Esta técnica encuentra aplicación en laboratorios de organismos oficiales de control de droga que han comenzado a implantarlas desde 1990, pues los equipos comenzaron a comercializarse desde 1988 a pesar que la extracción con fluidos supercríticos ya se usaba desde la década del 50. La cromatografía de fluidos supercríticos, tiene importancia porque permite la separación y determinación de compuestos de difícil o imposible determinación por CG y CLAR (muy volátiles, lábiles, inestables y estructuralmente no detectables).

Como fase móvil se utilizan fluidos cuyos valores de temperaturas y presión críticas pueden ser ligeramente superados a las condiciones de operación (el CO₂ (g) por ejemplo se convierte en fluido supercrítico a condiciones de temperatura mayor de 31.3 grados centígrados y presiones mayores de 72.9 atm, condiciones de trabajo muy fáciles de lograr).

Estos fluidos supercríticos tienen la capacidad de disolver fácilmente moléculas grandes y poco volátiles o moléculas que a ciertas condiciones de presión y temperatura se descomponen.

Las partes de un equipo de SFC no difieren en mucho de los cromatógrafos convencionales y sólo se adiciona un restrictor o dispositivo de contrapresión a la salida de la columna para convertir el efluente de la columna en fluido supercrítico y conducirlo luego al detector (normalmente FID).

Especies de tipo Cafeína, Nicotina, Cocaína, Ecgonína, Metilecgonína, etc., puede ser extraídas fácilmente con fluidos supercríticos o analizados por SFC (descafeinización del café, desnicotización del tabaco, extracción con fluido supercrítico de cocaína de hojas de coca, proceso que reduce costos, infraestructura y tiempo).

7.2 ESPECTROMETRÍA DE MASAS

Para determinar una estructura se necesita un peso molecular y, si es posible, una fórmula molecular. Las fórmulas moleculares se obtenían hasta hace unos años por análisis cuidadoso de la composición elemental, aunado a un peso molecular determinado mediante depresión del punto de congelación o de alguna otra técnica. Es un proceso largo y tedioso y se necesita una gran cantidad del material puro. Muchos compuestos importantes sólo se pueden obtener en cantidades muy pequeñas y pueden estar impuros.

La espectrometría de masas es una técnica microanalítica que necesita solo pocos picomoles de analito para proporcionar información característica como el peso molecular así como información valiosa acerca de la fórmula molecular.

La espectrometría de masas de alta resolución puede dar una fórmula molecular exacta. El espectro de masas también da información estructural que se puede emplear para confirmar una estructura a la que se llegó a través de resonancia magnética nuclear o de espectroscopia infrarroja.

La espectrometría de masas difiere fundamentalmente de la espectroscopia. La espectroscopia implica la absorción (o emisión) de luz en un rango de longitudes de onda. La espectrometría de masas no hace uso de la luz. En el espectrómetro de masas, llegan electrones de alta energía a la muestra, rompiendo las moléculas. Se miden las masas de los fragmentos, y se usa esta información para reconstruir

la molécula. El proceso es semejante al análisis de un vaso, al que se dispara con un rifle y después se pesan todos los fragmentos.

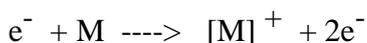
7.2.1 EL ESPECTRÓMETRO DE MASAS

Un espectrómetro de masas ioniza las moléculas en un alto vacío, clasifica los iones de acuerdo a sus masas, y registra la abundancia de los iones de cada una de las masas. Un espectro de masas es la gráfica que dibuja el espectrómetro, estando graficadas las masas en el eje de las (**x**) y el número relativo de iones de cada una de las masas en el eje de las (**y**). Se emplean varios métodos para ionizar las muestras, y también hay varios métodos para separar los iones de acuerdo con sus masas.

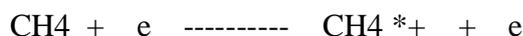
En las últimas décadas han surgido conceptos revolucionarios en la espectrometría de masas, que se han traducido en una gran mejora en su uso, como en el método analítico y en el diseño de nuevos instrumentos capaces de realizar experimentos más sofisticados. Concretamente, se han desarrollado nuevos métodos de ionización blanda, tales como ionización química (CI), ionización química por desorción (DCI), por bombardeo con átomos rápidos (FAB), o con ionización/desorción por láser (MALDI).

7.2.1.1 IONIZACIÓN POR IMPACTO ELECTRÓNICO:

Cuando un electrón choca con una molécula neutra, puede ionizarla produciendo otro electrón y un ión molecular positivo:



El tipo más común de ión molecular es el que carece de un electrón, y por lo tanto, tiene una carga positiva y un electrón no apareado. Por consiguiente, el ion es un radical catión. Por ejemplo, la ionización del metano por impacto electrónico se muestra a continuación:



La mayor parte de los carbocationes encontrados tienen un átomo de carbono con tres enlaces y seis electrones apareados en su capa de valencia. El radical catión en la reacción anterior no es un carbocatión normal. El átomo de carbono tiene siete electrones alrededor de él y los siete lo enlazan a otros cuatro átomos. Este catión excepcional se representa por la fórmula $[CH_4]^{+*}$ en donde + indica la carga positiva y * indica el electrón no apareado.

Además de ionizar una molécula, el impacto de un electrón energético la puede romper. Este proceso de fragmentación da una mezcla característica de diferentes iones. El catión radical que corresponde a la masa de la molécula original se llama ion molecular, y se abrevia M^{+} . Los iones de menores pesos moleculares se llaman fragmentos. Por ejemplo, al bombardear moléculas de etano con electrones energéticos, se producen el ion molecular y varios fragmentos. Se forman fragmentos con o sin carga, pero en el espectrómetro de masas sólo se detectan los fragmentos cargados.

7.2.1.2 SEPARACIÓN DE IONES DE DIFERENTES MASAS:

Una vez que la ionización y la fragmentación han formado una mezcla de iones, éstos deben separarse y detectarse. El tipo más común de espectrómetro de masas separa los iones mediante una técnica que se llama deflexión magnética (figura 17).

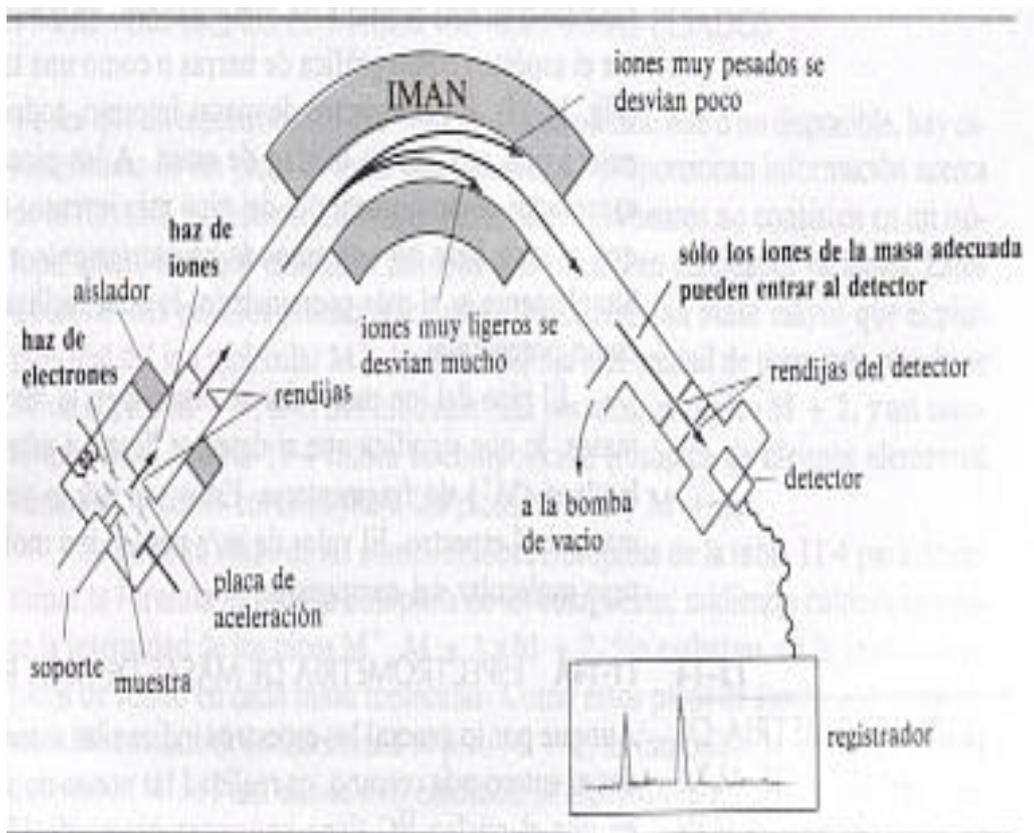


Figura 17 Diagrama de un espectrómetro de masas

Las moléculas de la muestra se ionizan mediante un haz electrónico que pasa a través de una cámara de vacío. Los iones con carga positiva son atraídos por la placa cargada negativamente, que tiene una rendija angosta para permitir que algunos iones pasen a través de ella. El haz de iones entra a un tubo al vacío, con una parte curva colocada entre los polos de un imán grande. Cuando pasa una

partícula cargada a través de un campo magnético, sufre una fuerza transversal y se curva su trayectoria. La trayectoria de un ion más pesado se flexiona menos que la de un ion ligero.

El radio exacto de la curvatura del trayecto de un ión depende de su relación carga a masa, que se simboliza con m/z (o m/e en los libros antiguos). En esta expresión, m es la masa del ion (en u.m.a.) y z es su carga en unidades de carga electrónica. La gran mayoría de los iones tiene una carga de $+1$, de modo que se puede considerar que sus trayectorias se curvan en una cantidad que depende sólo de sus masas.

Al final del tubo al vacío hay otra rendija, seguida de un detector de iones conectado con un amplificador. A un campo magnético dado, sólo el trayecto de los iones de una masa determinada se curvará exactamente la cantidad correcta para que pasen a través de la rendija y entren al detector, el cual produce una señal que es proporcional al número de iones que llegan a él. Variando el campo magnético, el espectrómetro recorre todas las masas iónicas posibles y produce una gráfica del número de iones de cada masa.

7.2.1.3 EL ESPECTRO DE MASAS

Por lo general, el espectrómetro de masa produce un espectro en un papel fotosensible o en una pantalla de computadora. Se tabula la información, y se imprime el espectro como gráfica de barras o como una tabla de intensidades

relativas. En el espectro de masas impreso, todos los valores se redondean al entero más cercano en una unidad de masa. A los picos se les asignan intensidades expresadas como porcentajes del pico más intenso, que se llama pico base, el cual no corresponde necesariamente a la masa del ion molecular. Simplemente es el más pronunciado, lo cual facilita que otros picos se expresen como porcentajes.

El pico del ion molecular se observa en la mayor parte de los espectros de masas, lo que significa que al detector llega un número medible de iones moleculares (M^+) sin fragmentarse. Estos son por lo general las partículas de mayor masa en el espectro. El valor de m/z para el ion molecular inmediatamente da el peso molecular del compuesto.

7.2.2 ESPECTROMETRÍA DE MASAS DE ALTA RESOLUCIÓN

Aunque por lo general los espectros indican las masas de las partículas redondeadas al entero más cercano, en realidad las masas no son números enteros. Se define que el núcleo ^{12}C tiene una masa exacta de 12 unidades de masa atómica (u.m.a.), y todos los demás núcleos tienen masas que se basan en esta norma. Por ejemplo, un protón tiene una masa aproximada de 1, pero no exactamente: su masa es 1.007825 u.m.a. Las masas atómicas de los isótopos más comunes que se encuentran en los compuestos orgánicos son: para el Carbono 12

de 12.000000, para el Hidrógeno 1 de 1.007825, para el Oxígeno 16 de 15.994914 y para el Nitrógeno 14 de 14.003050.

Es posible la determinación de una fórmula molecular empleando un espectro de masas de alta resolución, que usa etapas adicionales de enfoque electrostático o magnético para formar un haz muy preciso y detectar las masas de partículas con una exactitud aproximada de una parte en 20.000. A la masa calculada con varias cifras significativas empleando un espectrómetro de alta resolución se le llama masa exacta. Aunque en realidad no es exacta, si es mucho más precisa que los números enteros acostumbrados. Al comparar la masa exacta con las masas calculadas que se indican en tablas de fórmulas moleculares, se puede identificar la fórmula correcta.

Si se considera un ion molecular con masa de 44, este peso molecular aproximado podría corresponder al C_3H_8 (propano), al C_2H_4 (acetaldehído), al CO_2 , o al CN_2H_4 . Cada una de estas fórmulas moleculares corresponde a una masa “exacta” diferente:

C_3H_8		C_2H_4		CO_2		CN_2H_4	
3 C	36.00000	2 C	24.0000	1 C	12.00000	1C	12.00000
8 H	8.06260	4 H	4.03130			4H	4.03130
		1 O	15.99490	2 O	31.98983	2N	28.00610
-----		-----		-----		-----	
	44.06260		44.02620		43.98983		44.03740

Si el espectrómetro de masas de alta resolución mide la masa “exacta” de este ion como 44.029 unidades de masa, podríamos deducir que el compuesto tiene una fórmula molecular de C_2H_4O porque la masa correspondiente a esta fórmula es la más cercana al valor observado. En raras ocasiones es necesario calcular las masas de las fórmulas moleculares posibles como se ha hecho antes. Se dispone de tablas impresas de masas “exactas” para compararlas con el valor obtenido en el espectrómetro de alta resolución. Existen tablas que comprenden al azufre, halógenos y otros elementos.

7.2.3 APLICACIÓN DE LA ESPECTROMETRÍA DE MASAS AL ANÁLISIS DE SUSTANCIAS DOPANTES

La espectrometría de masas, formando un sistema combinado con la cromatografía de gases, comenzó a aplicarse en la analítica del control antidopaje a finales de la década de los setenta, fecha a partir de la cual se ha ido imponiendo inexorablemente como esencial en esta aplicación científica. Se ha convertido en la única técnica posible para analizar de una manera conjunta todos los esteroides anabolizantes. Además, cualquier sustancia identificada por cromatografía de gases o de líquidos debe confirmarse por espectrometría de masas, e incluso hoy día ésta es la técnica de elección para analizar betabloqueantes, sustancias nitrogenadas que se excretan conjugadas y diuréticos.

Durante los años transcurridos desde su comienzo, la evolución de dichos sistemas ha sido espectacular, recogiendo los mismos avances que la

cromatografía de gases, sobre todo en lo que se refiere al tratamiento de datos. La incorporación del sistema combinado de cromatografía de líquidos y espectrometría de masas abre nuevas perspectivas en la analítica del control antidopaje. Así mismo, la combinación espectrometría de masas/espectrometría de masas (tandem masas-masas) puede ofrecer alternativas más amplias, sobre todo para el análisis de sustancias complejas como las hormonas peptídicas.

Al realizar la cromatografía de gases, la derivatización aumenta la sensibilidad del método analítico aplicado, primero reduciendo la adsorción en el sistema cromatográfico gaseoso, y segundo conduciendo a una respuesta mayor, si se emplea espectrometría de masas como detector.

7.3 ANÁLISIS DE RADIOINMUNOENSAYO

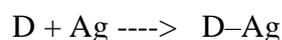
7.3.1 INMUNOENSAYO Y EQUILIBRIOS EN LA DETERMINACIÓN ESPECÍFICA DE FÁRMACOS:

La determinación de fármacos en el cuerpo humano es muy importante en la terapia medicamentosa y en la detección y prevención del abuso de fármacos. Los numerosos fármacos y sus bajos niveles de concentración en los líquidos corporales hace difícil identificarlos y medir sus concentraciones. Por suerte, es posible aprovechar unos de los mecanismos naturales del cuerpo, la respuesta inmune, para determinar cuantitativamente una gran variedad de fármacos terapéuticos y drogas estimulantes.

Cuando una sustancia extraña o antígeno (Ag), el cual se muestra en el esquema de la siguiente figura 5 (a), se introduce en el cuerpo de un mamífero, el sistema inmune sintetiza moléculas de naturaleza proteica llamadas anticuerpos (Ab) (figura 5 b), los cuales se unen de manera específica a las moléculas de antígeno por medio de interacciones electrostáticas, enlace de hidrógeno y otros enlaces de tipo no covalente. Estas moléculas grandes (masa molar = 15000) forman un complejo con los antígenos, como se muestra en la reacción de abajo y en la figura 5 c).



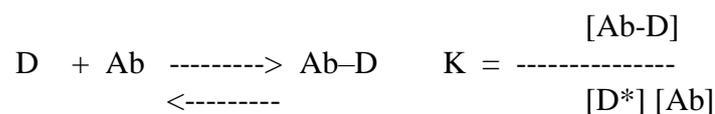
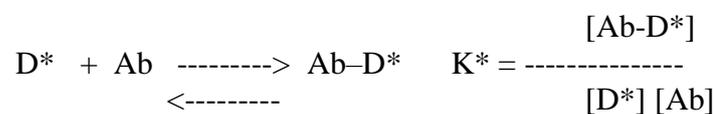
El sistema inmune no reconoce moléculas relativamente pequeñas, por lo que debemos echar mano de un truco para preparar anticuerpos con sitios de unión específicos para un fármaco en particular. Como se muestra en la figura 5 (d), el fármaco se une covalentemente a una molécula acarreadora antigénica como la albúmina sérica bovina (BSA), proteína que se obtiene de la sangre de los bovinos.



Cuando el conjugado fármaco-antígeno (D-Ag) se inyecta en el torrente sanguíneo de un conejo, su sistema inmune sintetiza anticuerpos con sitios de unión específicos para el fármaco, como se ilustra en la figura 5 (e). Aproximadamente tres semanas después de la inyección del antígeno, se toma una muestra de sangre del conejo y se separa el suero. Los anticuerpos de interés se

separan del suero y de otros anticuerpos, empleando por lo general métodos cromatográficos. Es importante destacar que una vez que el sistema inmune del conejo ha sintetizado el anticuerpo específico contra el fármaco, este puede unirse directamente al anticuerpo sin la ayuda de una molécula acarreadora, como se muestra en la figura 5 (f). Esta unión directa fármaco-anticuerpo forma las bases para la determinación específica del fármaco.

La etapa de medición del radioinmonoensayo se realiza mezclando la muestra que contiene el fármaco con una cantidad conocida del anticuerpo específico. En este punto se determina la cantidad de complejo Ab-D, para lo cual se agrega una muestra patrón del fármaco que ha sido químicamente alterado para que tenga una marca que se pueda detectar. Las marcas más comunes son enzimas, moléculas fluorescentes o quimioluminiscentes, y átomos radiactivos. En este ejemplo, supóngase que al fármaco se le ha pegado una molécula fluorescente para formar el fármaco marcado D*, entonces D y D* compiten por el anticuerpo, como se muestra en los siguientes equilibrios.



Es importante seleccionar una marca que no altere sustancialmente la afinidad del fármaco por el anticuerpo para que tanto los fármacos marcados como los no

marcados se unan igualmente bien al anticuerpo. Si esto es cierto, entonces $K = K^*$. Por lo general, los valores para las constantes de equilibrio de este tipo, que se denominan constantes de unión, oscilan entre 10^7 a 10^{12} . Entre mayor sea la concentración del fármaco no marcado, misma que se desconoce, menor será la concentración del complejo Ab-D* y viceversa. Esta relación inversa entre D y Ab-D* establece las bases para la determinación cuantitativa del fármaco. Se puede conocer la cantidad de D si se miden ya sea Ab-D o D*. Para diferenciar entre el fármaco unido y el fármaco marcado no unido, es necesario separarlos antes de hacer la medición. De este modo se puede conocer la cantidad de Ab-D* empleando un detector de fluorescencia para medir la intensidad de la fluorescencia proveniente de este complejo Ab-D*. A este tipo de determinación, en la que se emplean un fármaco fluorescente y una detección de radiación, se le conoce como inmunoensayo de fluorescencia, y es muy sensible y selectiva.

Una manera adecuada de separar D* y Ag-D* es preparar viales de poliestireno cubiertos en su interior con moléculas de anticuerpo, como se ilustra en la figura 18(a). Como se ilustra en la figura 18(b), al vial se le añade una muestra de suero, orina u otro líquido corporal que contenga una concentración desconocida de D junto con un volumen de solución que contenga al fármaco marcado D*. Después de que se haya alcanzado el equilibrio en el vial (figura 18(c)), se decanta la solución restante que contiene D y D*, y se enjuaga el vial, quedando una cantidad de D* unida al anticuerpo y que es inversamente proporcional a la concentración de D en la muestra (figura 18(d)). Finalmente, por medio de un

fluorómetro se determina la intensidad de la fluorescencia de D* unida, como se ilustra en la figura 18(e). Este procedimiento se repite para distintas soluciones patrón de D y para obtener una curva de trabajo no lineal que se denomina curva dosis-respuesta.

En esta curva de calibración se localiza la intensidad de la fluorescencia para una solución desconocida de D, y su concentración se lee en el eje correspondiente.

El inmunoensayo es una poderosa herramienta en los laboratorios de control al dopaje. Se disponen de paquetes de reactivos para una gran cantidad de inmunoensayos, equipos automatizados para llevar a cabo inmunoensayos de fluorescencia y de otros tipos. Una de sus grandes aplicaciones está en la detección de hormonas del crecimiento, otros tipos de hormonas, así como de ciertos tipos de sustancias dopantes.

7.4 DURACIÓN DE LAS DROGAS EN LA ORINA

Las drogas permanecen en la orina por diferentes lapsos de tiempo. Mientras que la Marihuana puede dar positivo entre 3 a 5 semanas otras pueden durar horas o meses.

DROGA	TIEMPO DE ELIMINACION APROXIMADO
Estimulantes	-1 a 7 días
Cocaína, Crack (Uso ocasional)	-6 a 12 horas
(Uso repetido)	-3 a 5 días

Efedrinas y derivados	-48 a 72 horas
Narcóticos	24 a 48 horas
Anabolizantes (Inyectables)	6 a 8 meses
(Orales)	3 a 6 semanas
Corticosteroides (Oral)	1 semana
(Inyección)	4 a 6 semanas
Marihuana	3 a 5 semanas
Clenbuterol	48 horas (hasta varios meses)
Nandrolona	12 a 18 meses
Trenbolona, Metandienona, Metenolona	5 meses
Testosterona	3 meses
Estanozolol	1 a 2 meses

Los controles antidoping de EPO llevados a cabo en Sidney 2000 contaron con la última tecnología instrumental desarrollada por la multinacional alemana BAYER. Se trata del analizador hematológico ADVIA-120 que a la par de un analizador de orina se encargaron de detectar la hormona EPO. El sistema utiliza una muestra de sangre de los deportistas y la analiza mediante varios parámetros. La información obtenida con estos análisis además de la obtenida con los tests de orina se utiliza para detectar los posibles abusos de EPO. El ADVIA-120 es capaz de dar unos parámetros únicos de medición permitiendo detectar posibles irregularidades de dopaje por parte de los atletas e incluso embolias. El costo del analizador a VI/2001 es de unos 80 mil dólares.



Figura 19 Analizador hematológico por citometria de flujo ADVIA-120 (BAYER)

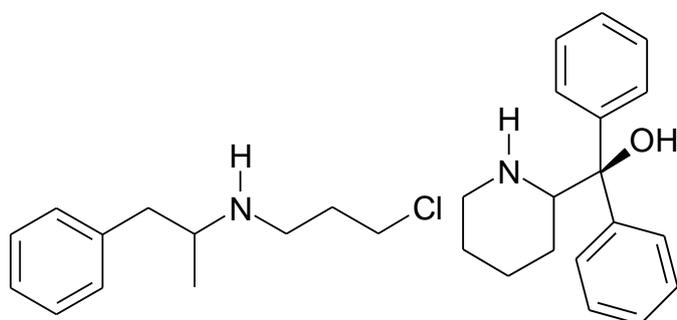


Figura 20 Analizador químico de orina CLINITEK-500 (BAYER)

ANEXO

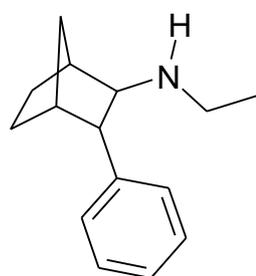
FORMULAS ESTRUCTURALES DE SUSTANCIAS PROHIBIDAS

A-1 ESTIMULANTES

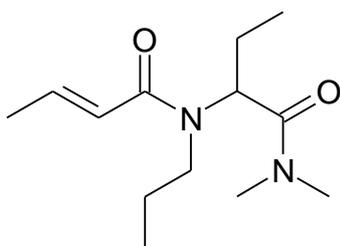


MEFENOREX

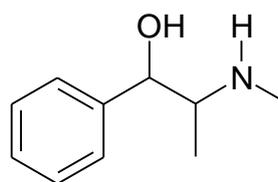
PIPRADOL



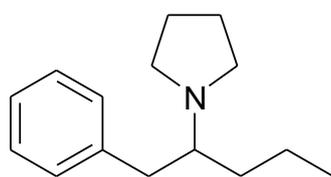
FENCAMFAMINA



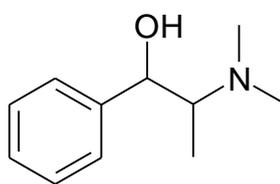
CROPROPAMIDA



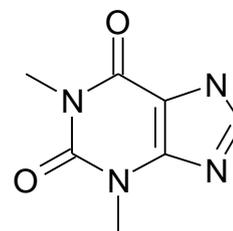
EFEDRINA



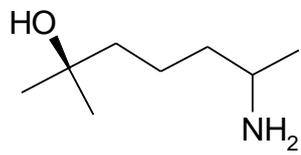
PROLINTANO



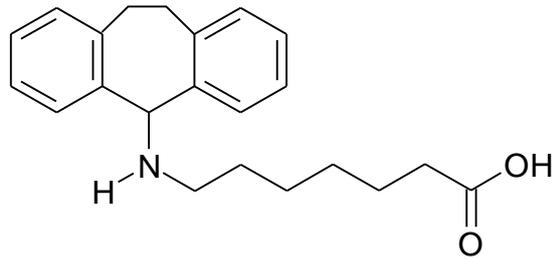
METILEFEDRINA



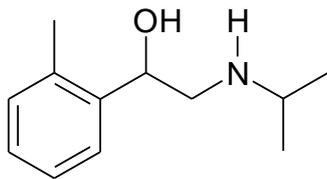
CAFEINA



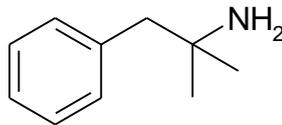
HEPTAMINOL



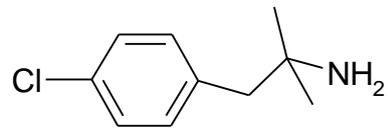
AMINEPTINA



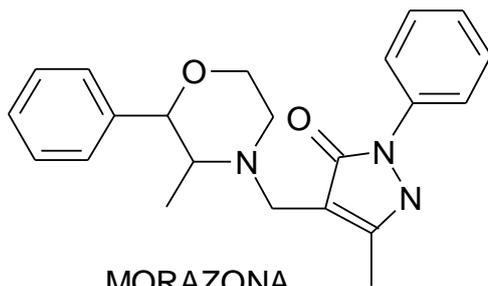
CLORPRENALINA



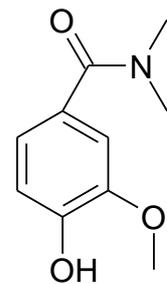
FENTERMINA



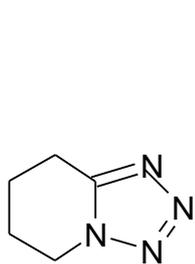
CLORFENTERMINA



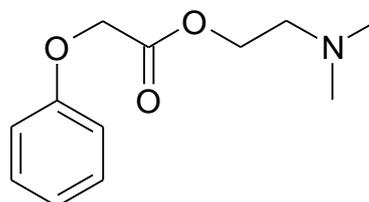
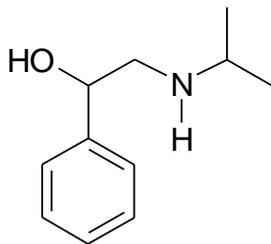
MORAZONA



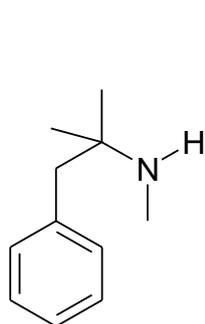
ETAMIVAN



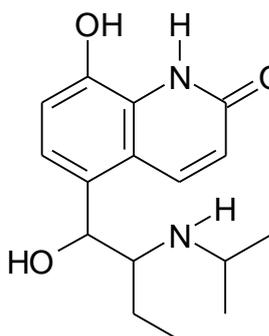
PENTETRAZOL



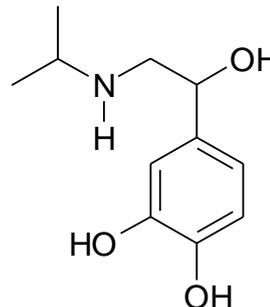
MECLOFENOXATO



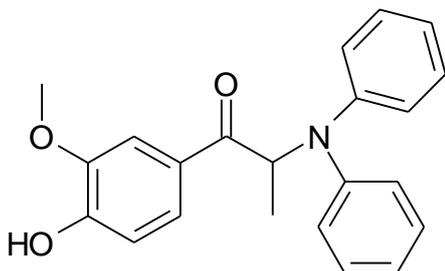
MENFENTERMINA



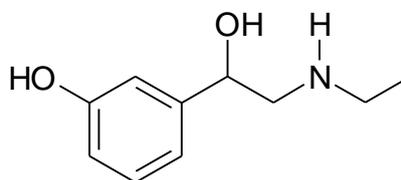
PROCATEROL



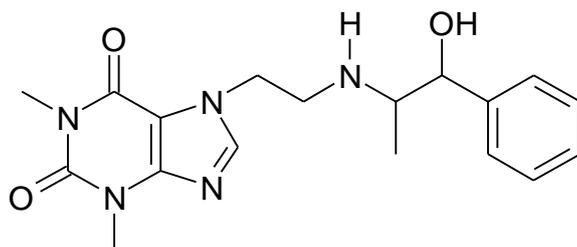
ISOPRENALINA



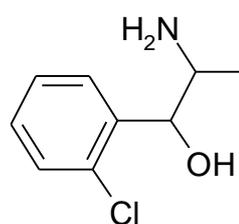
AMFEPRAMONA



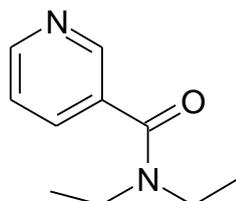
ETILERFRINA



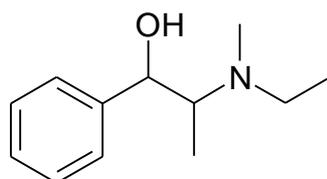
CAFEDRINA



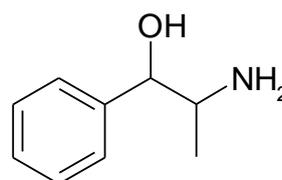
CATINA



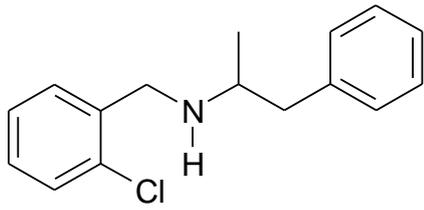
NIKETAMIDA



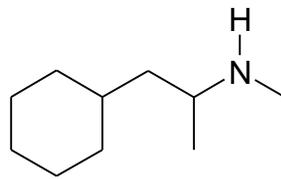
ETAFEDRINA



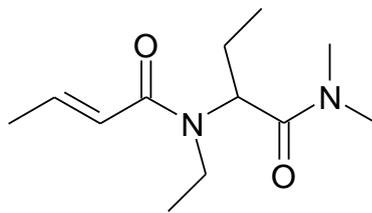
FENILPROPANOLAMINA



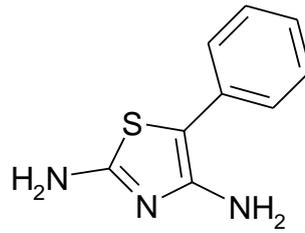
CLOBENZOREX



PROPILHEXEDRINA

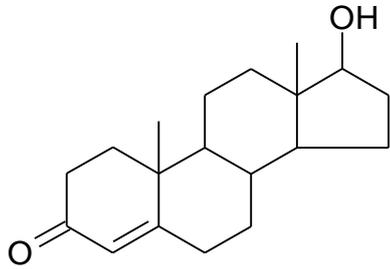


CROTETAMIDA

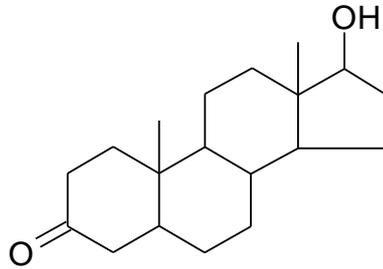


AMFEPRAZOL

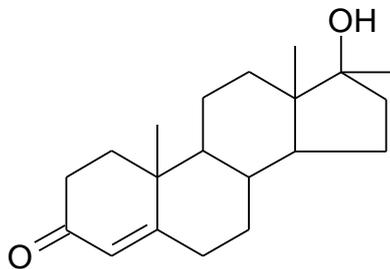
A-2 ESTEROIDES



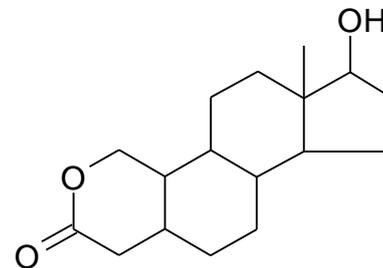
TESTOSTERONA



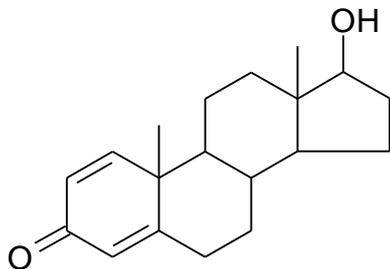
DIHIDROTESTOSTERONA



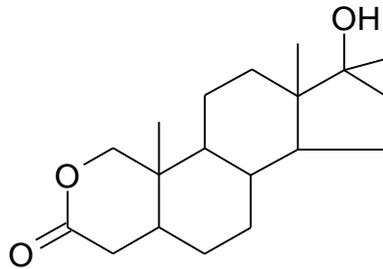
METILTESTOSTERONA



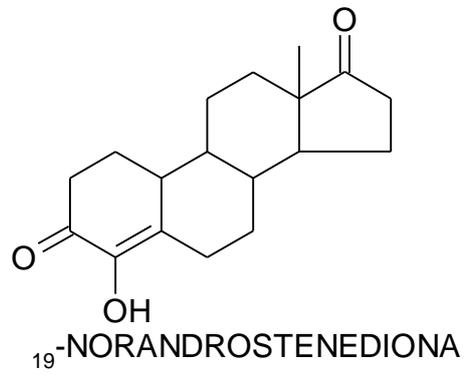
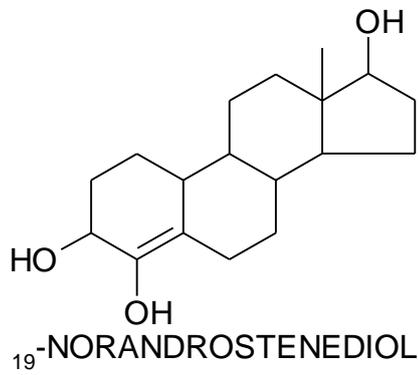
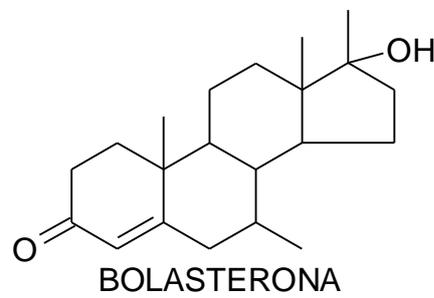
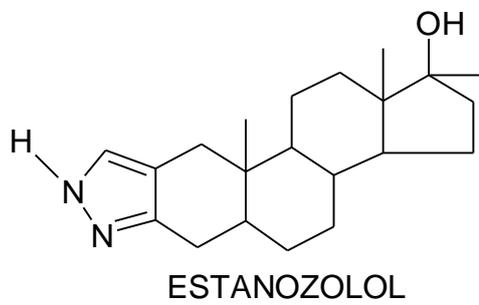
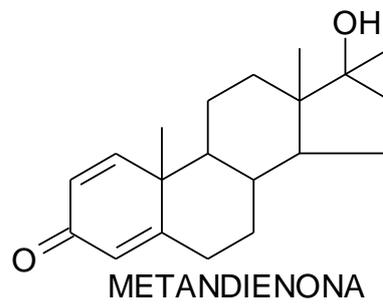
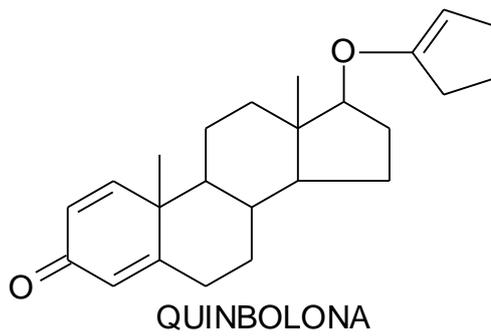
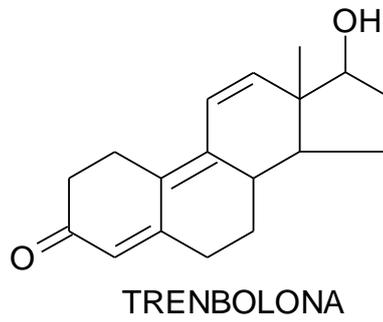
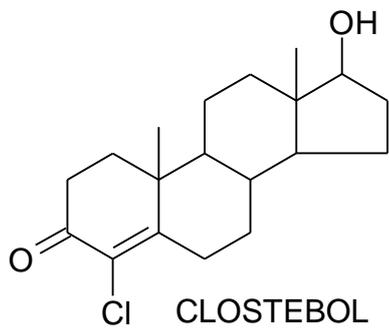
NANDROLONA

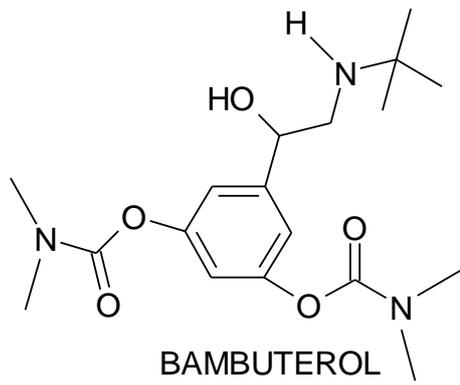
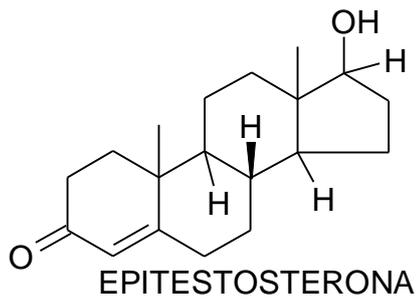
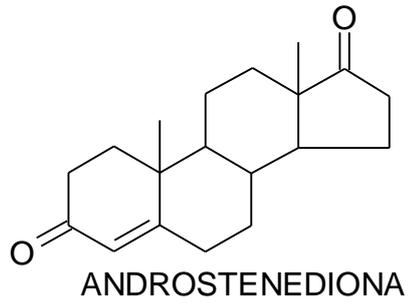
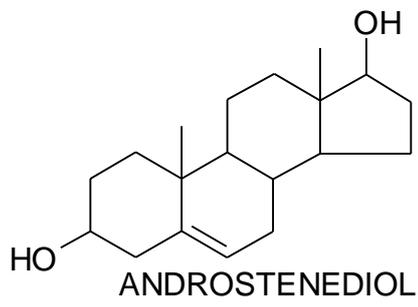


BOLDENONA

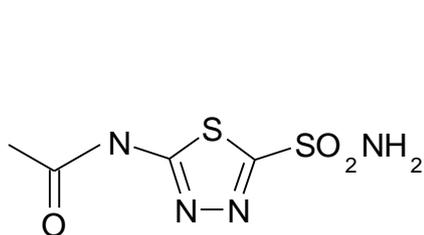


OXANDROLONA

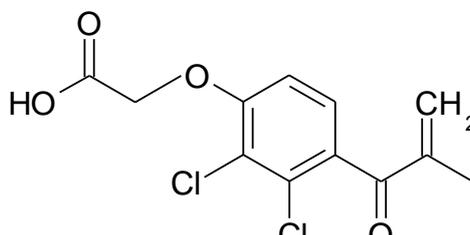




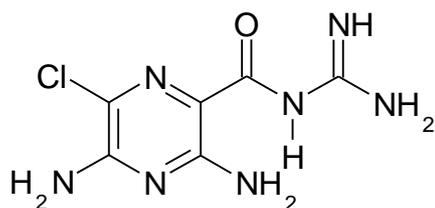
A-3 DIURETICOS



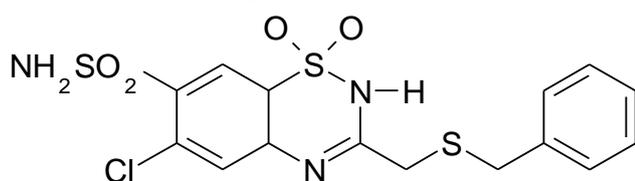
ACETAZOLAMIDA



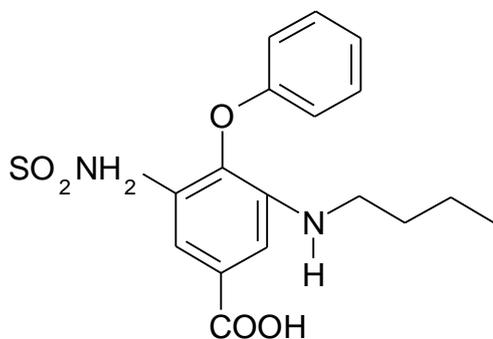
ACIDO ETACRINICO



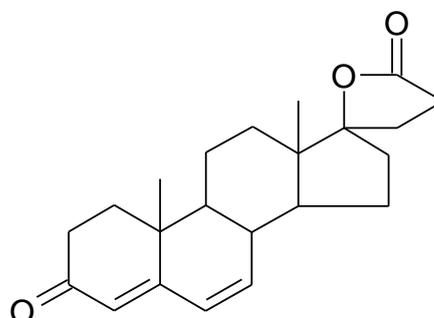
AMILORIDA



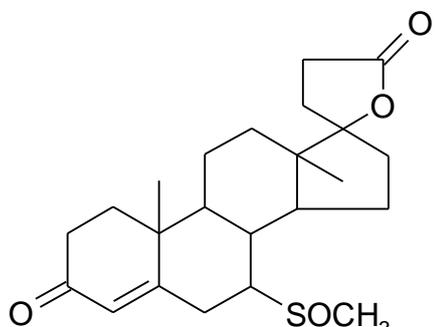
BENETIAZIDA



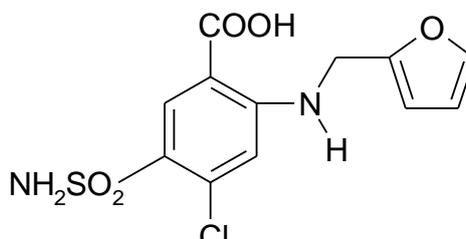
BUMETANIDA



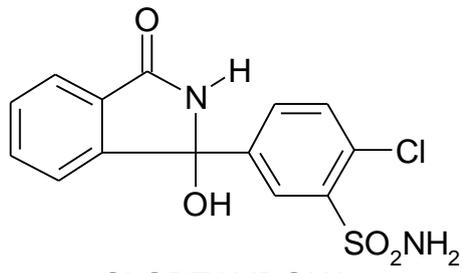
CANRENONA



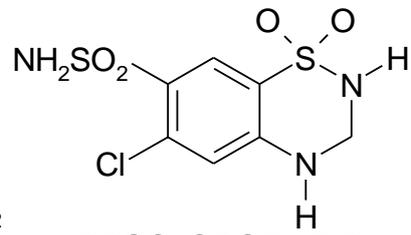
ESPIRONOLACTONA



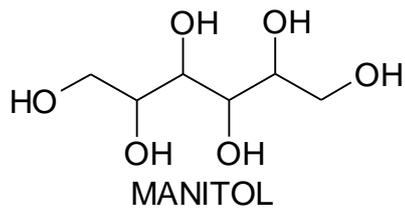
FUROSEMIDA



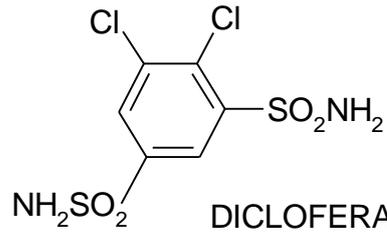
CLORTALIDONA



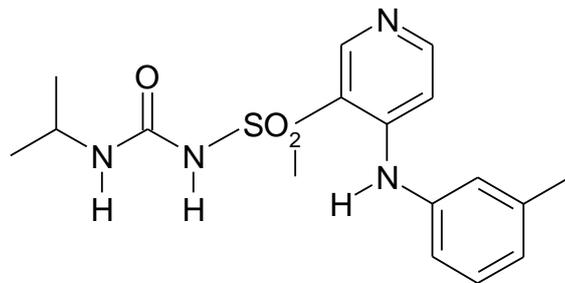
HIDROCLOROTIAZIDA



MANITOL

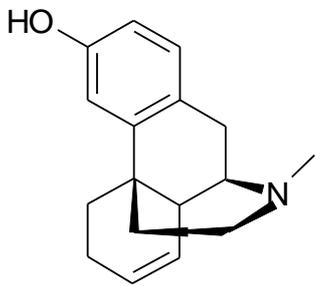


DICLOFERAMIDA

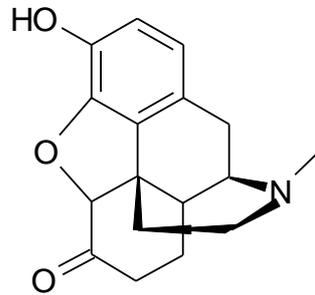


TORASEMIDA

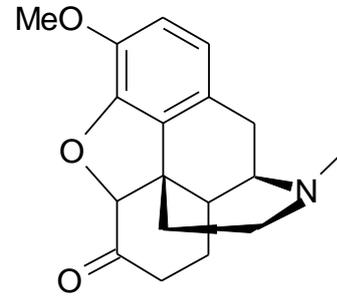
A-4 NARCÓTICOS



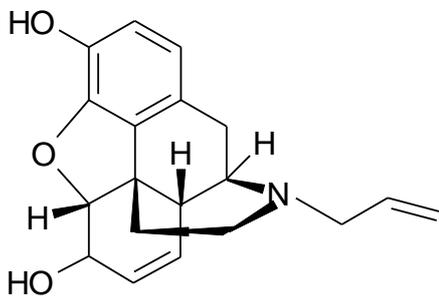
LEVORFANOL



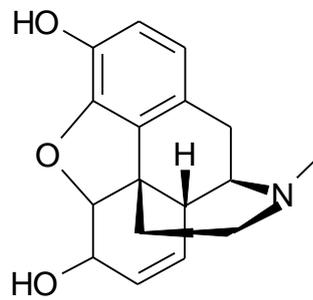
HIDROMORFONA



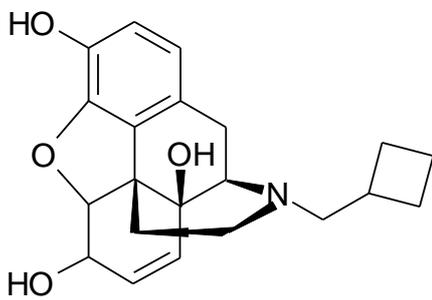
HIDROCODONA



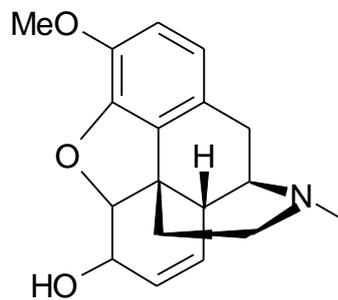
NALORFINA



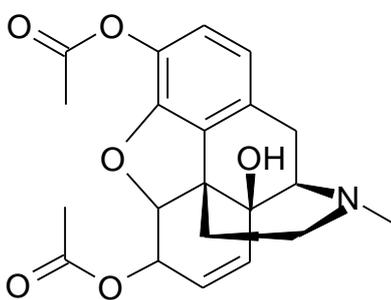
MORFINA



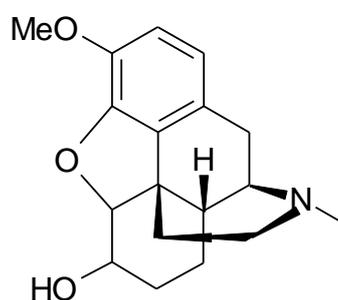
NALBUFINA



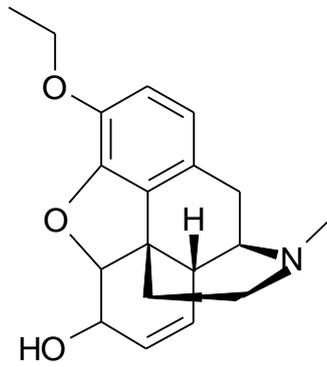
CODEINA



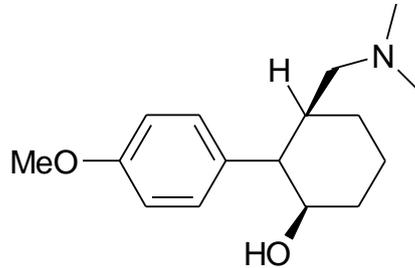
HEROINA



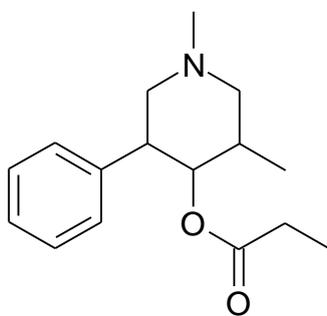
DIHIDROCODEINA



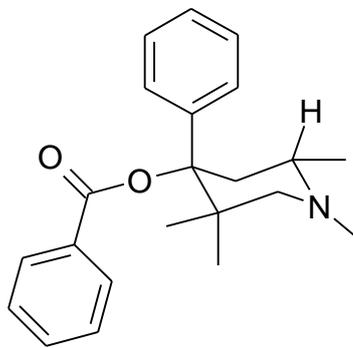
ETILMORFINA



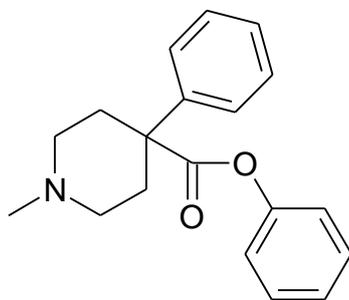
TRAMADOL



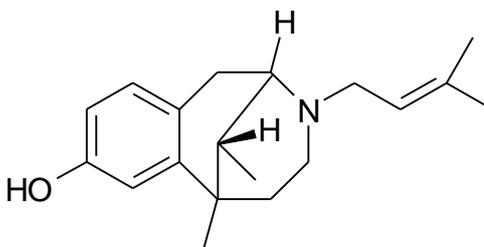
ALFAPROLINA



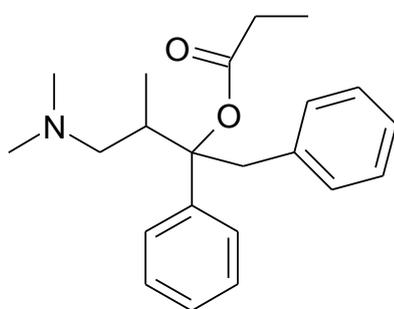
TRIMEPERIDINA



PETIDINA

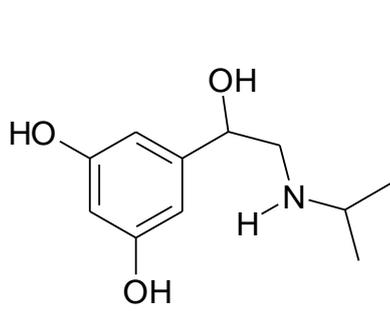


PENTAZOCINA

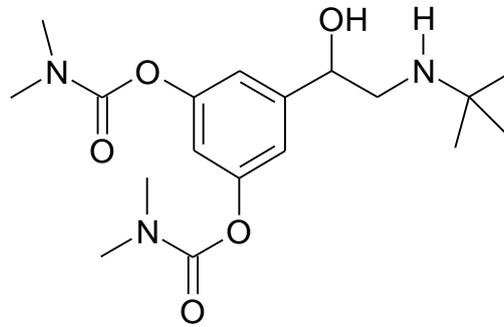


PROPERFANOL

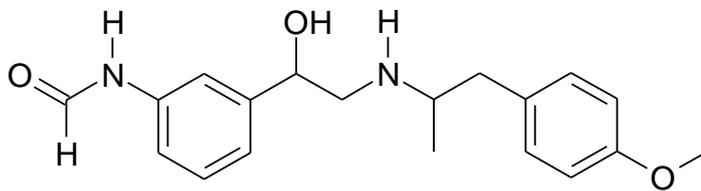
A-5 BLOQUEADORES BETA – 2 – AGONISTAS



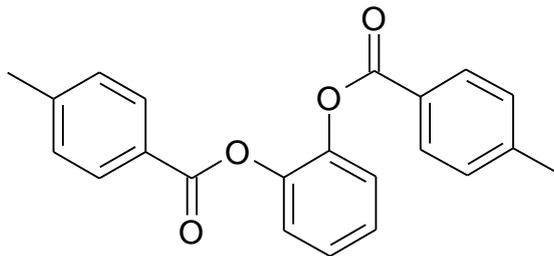
ORCIPRENALINA



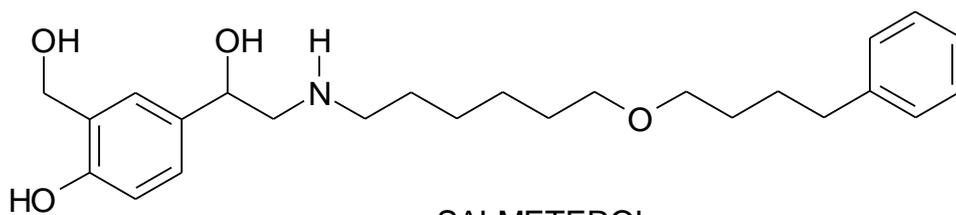
BAMBUTEROL



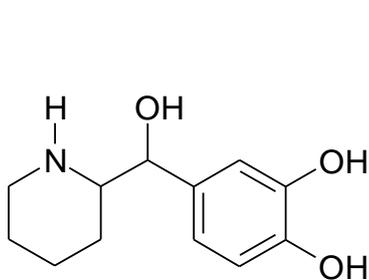
FORMOTEROL



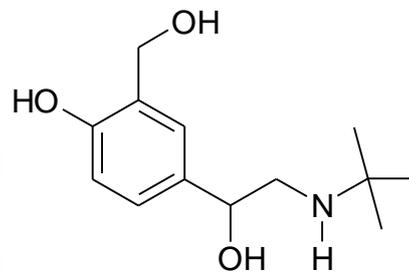
BITOLTEROL



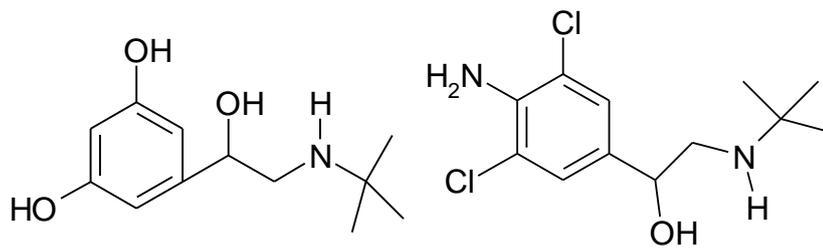
SALMETEROL



RIMITEROL

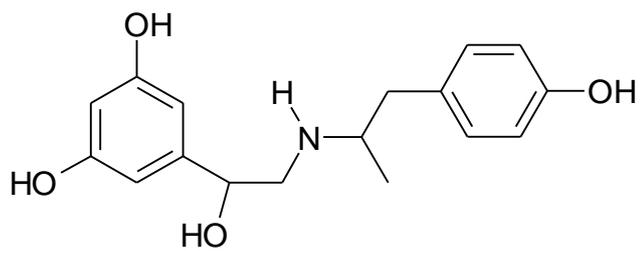


SALBUTAMOL



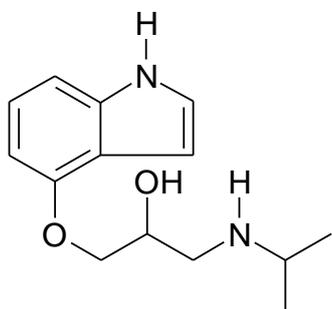
TERBUTALINA

CLENBUTEROL

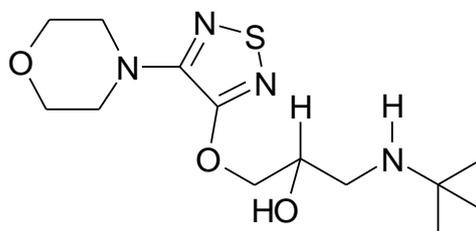


FENOTEROL

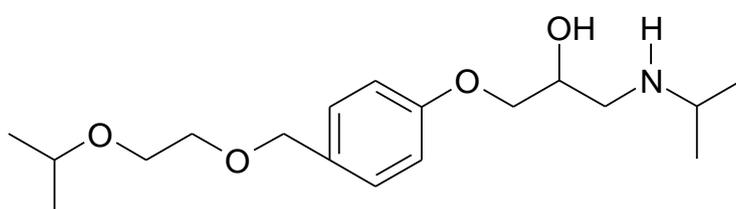
A-7 BLOQUEADORES BETA – ADRENERGICOS



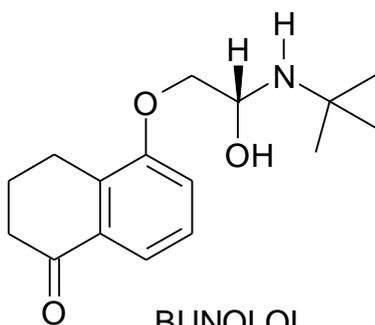
PINDALOL



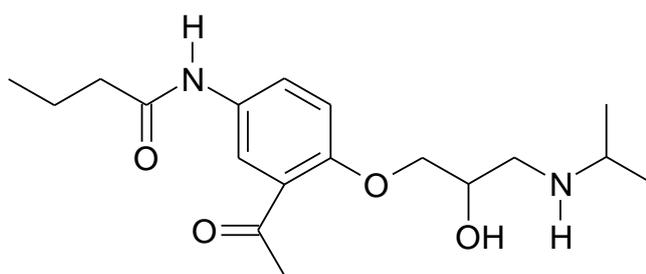
TIMOLOL



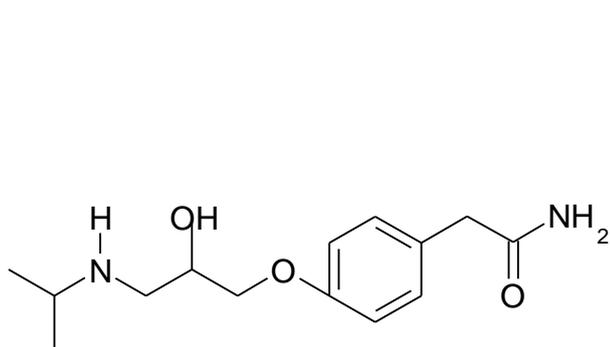
BISOPROLOL



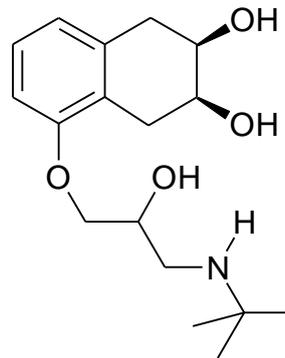
BUNOLOL



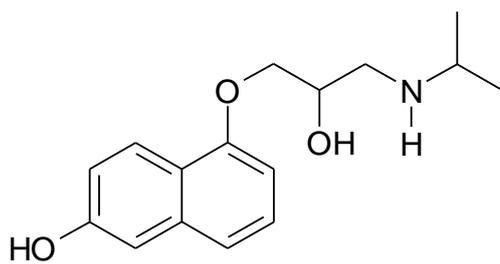
ACEBUTOLOL



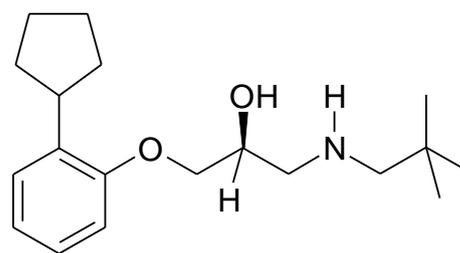
ATENOLOL



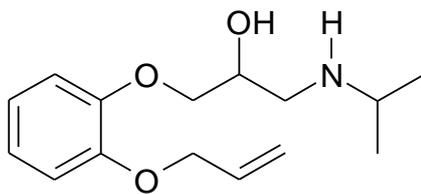
NADOLOL



PROPANOLOL



PENBUTOLOL



OXPRENOLOL

8. BIBLIOGRAFÍA

- RAMIREZ, Juan Carlos. Determinación de algunos agentes Dopantes por Técnicas Cromatográficas. Cali: Tesis, 1995. 184 p.
- FEDERACION INTERNACIONAL DE ATLETISMO. Guía sobre el control del Doping. Santafé de Bogotá, Guía institucional, 1991. 30 p.
- RAMOS, Ernesto. DE LA TORRE DÍAZ, Raúl. Deporte y Doping. Cali: Tesis, 1994. 162 p.
- CONFEDERACION DEPORTIVA MEXICANA. Que onda con el doping. México D.F: Guía institucional, 1996. 26 p.
- REVISTA ATP. El doping en el deporte. Cuerna Vaca: Comunicaciones científicas Mexicanas, 1998. 20 p.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Uso de Drogas y Deporte. Problemas actuales y consecuencias para la salud pública. Ginebra: comunicado institucional, 1993. 10 p.
- MEANA, J.J., BARTUREN F. Drogas y deporte: Farmacología del Doping", Instituto Deusto de Drogodependencias. Bilbao, 1995.
- MEANA J.J. , RUIZ ORTEGA, J.A. Drogas y Deporte. Farmacología del doping. Bilbao: Instituto Deusto de Drogodependencias, 1995. 140 p.

- MEANA J.J. RUIZ ORTEGA, J.A. Deportes libres de drogas. 100 respuestas. Bilbao: Instituto Deusto de Drogodependencias, 1997. 136 p.
- COMITÉ OLÍMPICO INTERNACIONAL. Documentación científica sobre deporte, dopaje y legislación. Paris, 2000. 114p.
- DIARIO EL TIEMPO. Información general. Santafé de Bogotá: El tiempo S.A., 1998 - 1998.
- COLDEPORTES. Programa control al dopaje. Santafé de Bogotá: Centro de alto rendimiento, 1999.
- COLDEPORTES. Reglamento oficial de control dopaje en Colombia. Santafé de Bogotá: Centro de alto rendimiento, 1999. 154 p.
- COMITÉ OLÍMPICO INTERNACIONAL. Listado oficial del código médico sobre sustancias y métodos prohibidos. Paris, 2002. 126 p.
- COMISIÓN NACIONAL ANTIDOPING. Textos antidoping. Buenos Aires: Secretaría de Deportes de la República Argentina, 1999. 142 p.
- YOON C., LEE T. Journal of Analytical Toxicology. En revista Journal of chemycal Sciense N° 204. Tokyo: Universidad de Tokyo, marzo de 1990. pp 14.

- LESSENS L., DRESDEN C., Journal of Chromatography, En revista Journal of chemical Science N° 133. Chicago: Universidad de Illinois, mayo de 1991. pp 515-527-564.
- KAZLAUSKAS R., Journal of Chromatography. En revista Journal of chemical Science N° 175. Londres: Universidad de Oxford, Julio de 1991. pp 257 - 270 – 563.
- COLIN P., JENNISON J., GC/MS Varian Application Note, En revista Journal of chemical Science N° 252. New York: Universidad de Medgar Ever, octubre de 1993. pp 84.
- SCHANZER W., DONIKE M., Analytica Chemical Acta, En revista Journal of chemical Science N° 224. Chicago: Universidad de Illinois, abril de 1993. pp 23-48 - 275
- MUÑOZ-GUERRA J., CARRERAS D., GC/MS Varian Application Note, En revista Journal of chemical Science N° 369. Cali: Universidad del Valle, febrero de 1997. pp 60

- BRANUM G., SWEENEY S., Associated Pathologists Laboratories, En revista Journal of chemycal Sciense N° 393. Chicago: Universidad de Illinois, agosto de 1998. pp 30.
- UEKI M., OKANO M., IKEKITA A., Doping Control Laboratory, En revista Journal of chemycal Sciense N° 421. Tokyo: Universidad de Tokyo, septiembre de 2000. pp 17.

Direcciones en Internet:

www.usantidoping.org/

[www.wada-ama.org/-](http://www.wada-ama.org/)

www.fifa.com/

www.monografias.com

www.cannabisnews.com

www.sportsmedicine.about.com/cs/drugs_doping/

www.intbadfed.org/dopingstats

www.lanzadera.com/ajedrezdoping

www.usatf.org/about/legal/antidoping/

www.arrakis.es/iea/drogas/anaboli.htm

www.multimedia.olympic.org/pdf/en_report_21

www.usantidoping.org/prohibited

www.news24.com/News24

www.ifbb.com/DopingControl

www.abodybuilding.com/doping

www.sportlander.com/espaol/doping

www.alazraq.com/article