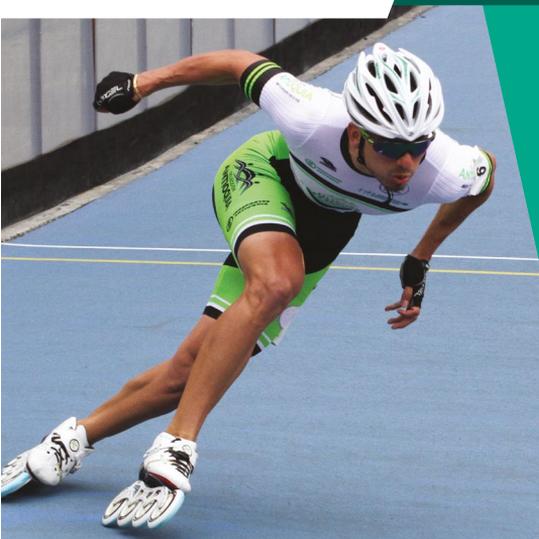




**INDEPORTES  
ANTIOQUIA**

# ***CONTROL BIOMÉDICO*** del entrenamiento deportivo



***GRUPO DE MEDICINA DEPORTIVA Y***  
Ciencias aplicadas al deporte



**Universidad  
Pontificia  
Bolivariana**

© Indeportes Antioquia  
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana  
Vigilada Mineducación

**Control biomédico del entrenamiento deportivo**

ISBN: 978-958-764-770-9

ISBN: 978-958-764-778-5 (versión digital)

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-778-5>

Primera edición, 2019

**Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:**

Mons. Ricardo Tobón Restrepo

**Rector General:**

Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

**Vicerrector Académico:**

Álvaro Gómez Fernández

**Editor:**

Juan Carlos Rodas Montoya

**Compilador:**

Felipe Eduardo Marino Isaza

**Coordinación de Producción:**

Ana Milena Gómez Correa

**Diseño y Diagramación:**

Mauricio Morales Castrillón

**Corrección de Estilo:**

Delio David Arango

**Fotografía:**

Rodrigo Mora Quiroz - Indeportes Antioquia

**Dirección Editorial:**

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019

Correo electrónico: [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co)

[www.upb.edu.co](http://www.upb.edu.co)

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1575-08-05-17

*Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana y de Indeportes Antioquia.*

## **JUNTA DIRECTIVA INDEPORTES ANTIOQUIA**

Luis Pérez Gutiérrez  
*Gobernador*

Baltazar Medina  
*Presidente Comité Olímpico Colombiano  
Representante de Coldeportes*

Néstor David Restrepo Bonnett  
*Secretario de Educación Departamental  
Representante del Sector Educativo*

Henry Palacios Valencia  
*Gerente Inder Apartadó  
Representante de los entes deportivos municipales*

Héctor Alonso Monroy Escudero  
*Director Ejecutivo Liga Antioqueña de Tenis de Campo  
Representante de las Ligas Deportivas de Antioquia*

Lisana Sofía Sánchez Ledesma  
*Gerente de Indeportes Antioquia  
Invitada*

Mariola González Villa  
*Jefe Oficina Jurídica Indeportes Antioquia  
Secretaria*

## **COMITÉ DE GERENCIA**

Lisana Sofía Sánchez Ledesma  
*Gerente de Indeportes Antioquia*

William de Jesús Moncada Ospina  
*Subgerencia de Fomento y Desarrollo Deportivo*

Alpidio Betancur Zuluaga  
*Subgerencia Administrativo y Financiero*

Luis Eduardo Cuervo Tafur  
*Subgerencia de Deporte Asociado y Altos Logros*

Catalina Pérez Zabala  
*Asesora de Gerencia*

Lina María Galeano Zapata  
*Oficina de Talento Humano*

Óscar Mario Cardona Arenas  
*Oficina de Medicina Deportiva*

Lucrecia Londoño Builes  
*Oficina de Control Interno*

Álvaro Alonso Villada García  
*Oficina de Sistemas y Apoyo Financiero*

Fredy Rodríguez Agudelo  
*Oficina Asesora de Planeación*

Diana Milena Jaramillo Pérez  
*Oficina Asesora de Comunicaciones*

Mariola González Villa  
*Oficina Jurídica*

# CON TROL

**BIOMÉDICO  
DEL ENTRENAMIENTO  
EN CICLISMO BMX**



Control biomédico  
**DEL ENTRENAMIENTO**  
en ciclismo bmx

*Luis Eduardo Contreras Vergara, MD. Esp.*

## Generalidades de las **PRUEBAS DE BMX**



El ciclismo BMX, o Bicycle Motocross, surgió a finales de los años 60 del siglo pasado en California, inspirado en el motocross, que es una modalidad del motociclismo. En terminología castellana se conoce como Bicicross, pero dada la amplia difusión del término BMX, en este capítulo se empleará este último término.

El BMX solo hizo su aparición como deporte olímpico en los Juegos Olímpicos de Beijing de 2008. Debido a ello, este deporte era muy poco conocido por el público general hasta ese momento y había muy poca investigación científica sobre él.

Esta modalidad deportiva es regida en el mundo por la Unión Ciclista Internacional (UCI), que es la asociación de las federaciones nacionales de ciclismo. La UCI es una institución internacional no gubernamental sin fines lucrativos con sede en Suiza.

Las siguientes generalidades de las pruebas de BMX que se exponen a continuación (edad de los participantes, categorías de los corredores, campo de competición, ropa y equipo de seguridad y sistema de competición) han sido extractados de sección Regulaciones, Parte 6, BMX, de la página web de la UCI.

## Edad de los **PARTICIPANTES**

Para participar en eventos del calendario internacional la categoría de los corredores se determina por su edad, la cual se define por la diferencia entre el año del evento y el año de nacimiento del ciclista. Un corredor debe tener como mínimo 5 años de edad para competir en un evento aprobado por la UCI. El mínimo de edad de 5 se refiere a la edad de calendario real al día de comienzo de la carrera.

## Categorías de **LOS CORREDORES**

Los eventos de BMX se agrupan en tres niveles de competición: el nivel de Campeonato que comprende las categorías elite y junior, el Challenge y el Masters.

## Categorías de **NIVEL CAMPEONATO**

Se compite con bicicletas estándar de 20 pulgadas y existen las siguientes 8 categorías (4 para la especialidad de carreras y 4 para la de contrarreloj individual):

- Hombres Elite:  $\geq 19$  años
- Mujeres Elite:  $\geq 19$  años
- Hombres Junior: 17 y 18 años
- Mujeres Junior: 17 y 18 años

## Categorías de nivel Challenge

### *Bicicletas estándar de 20 pulgadas*

- Niños: 5 y 6 años, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 (11 categorías).
- Niñas: 5-7 años, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 (10 categorías).
- Hombres: Hombres: 17-24, 25-29, 30-34,  $\geq 35$  (4 categorías).
- Mujeres: 17-24,  $\geq 25$  (2 categorías).

### *Bicicletas crucero de 24 pulgadas*

- Niños y Hombres:  $\leq 12$ , 13 y 14, 15 y 16, 17-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44, 45-49,  $\geq 50$  (10 categorías).
- Niñas y Mujeres:  $\leq 16$ , 17-29, 30-39,  $\geq 40$  (4 categorías).

NOTA: En el nivel Challenge sólo existe la especialidad de carreras, no la de contrarreloj individual.

## Categorías de nivel Masters

- Hombres:  $\geq 30$  años, solamente en bicicletas estándar de 20 pulgadas.
- Los masters también pueden competir en la categoría challenge crucero de 24 pulgadas correspondiente a su edad.
- Un corredor de 17 años o más puede escoger competir a nivel
- Campeonato, Challenge o Masters (solamente si tiene 30 o más años) al comienzo de la temporada en el grupo de edad y género apropiado.

Un ciclista no puede competir en ambos niveles Campeonato y Challenge durante la misma temporada; su licencia debe indicar la categoría a que pertenece.

## Campo de **COMPETICIÓN**

La pista de BMX debe ser de un diseño compacto, en bucle cerrado, con giros y obstáculos, formando un circuito en el cual la longitud, me-

dida a lo largo de su centro, no debe ser menor de trescientos metros ni mayor de cuatrocientos. La anchura de la pista debe tener un mínimo de diez metros en la salida y no debe disminuir a menos de cinco metros en ningún punto de su longitud. El recorrido debe tener un mínimo de tres giros y los obstáculos pueden ser simples o complejos, y ser más exigentes para las categorías más altas.

Como se desprende de lo anterior, es importante mencionar que en el BMX no existen pistas estándar. Las competiciones se llevan a cabo en escenarios diferentes, con una amplia variabilidad de características, en las cuales la dificultad se incrementa dependiendo del nivel del torneo. De acuerdo a ello, las pistas podrían clasificarse en tres niveles de dificultad (Mateo *et al*, 2011; Mateo *et al*, 2012 (1), Mateo *et al*, 2012 (2)):

- Pistas de elevada dificultad. Tienen rampa de salida más elevada, con pendiente mayor y más larga, lo que produce gran aceleración al inicio de la prueba, aunque reduce la posibilidad de desarrollar una potencia máxima en la fase de aceleración. Estas pistas tienen también un mayor número de obstáculos con los consiguientes tiempos de vuelo superiores cuando se saltan los obstáculos, y exigen por lo tanto muchas ejecuciones aéreas y acciones técnicas muy demandantes. Ejemplos son las pistas de los Juegos Olímpicos y las de supercross.
- Pistas de mediana dificultad. Poseen menor inclinación y longitud de la rampa de salida y amplia distancia entre los obstáculos, y tienen mayores posibilidades de pedaleo entre ellos. Como ejemplos están las pistas de los campeonatos del mundo.
- Pistas de baja dificultad. Tienen salida con poca pendiente, con obstáculos más fáciles de superar y en poco número. En ellas los atletas con menores destrezas técnicas, pero mayores habilidades para pedalear, pueden desempeñarse exitosamente. Estas pistas son comunes en los campeonatos europeos.

## Ropa y equipo **DE SEGURIDAD**

Durante la competencia los corredores deben usar cascos que protejan toda la cara, los cuales deben estar equipados con una visera de

diez centímetros como mínimo. Adicionalmente, la UCI recomienda que los ciclistas usen la siguiente protección:

- Protectores de espalda, codos, rodillas y hombros hechos de materiales rígidos.
- Protección de las vértebras cervicales.

## Sistema de **COMPETICIÓN**

Los corredores que compiten en un evento son clasificados de acuerdo a la edad, género, estilo de bicicleta y nivel de competición (Campeonato, Challenge y Masters), tal como fue mencionado atrás. Existen dos especialidades en el BMX: la carrera de BMX propiamente, y la contrarreloj. Se reconocen dos estilos de bicicletas: estándar de 20 pulgadas y crucero de 24 pulgadas; la prueba de contrarreloj solo puede correrse en una bicicleta estándar de 20 pulgadas.

Una carrera de BMX se compone de tres fases: las motos, las clasificaciones (1/32, 1/16, 1/8, 1/4 y semifinales, dependiendo del número de participantes) y la final. La fase de las motos se subdivide en tres rounds al final de los cuales los corredores con los mejores desempeños pasan a las clasificaciones.

La contrarreloj de BMX es un evento compuesto de dos fases: la clasificación y las superfinales; esta última define el resultado final.

La carrera de BMX comienza con una partida en un plano inclinado hacia abajo. Los corredores esperan detrás de un partidador mecánico localizado en la cima y la prueba se inicia cuando este partidador cae siguiendo un protocolo determinado. Los ciclistas compiten en carreras de hasta ocho corredores en las cuales los mejores van clasificando a las fases siguientes hasta llegar a la final, de acuerdo a unas normativas claramente establecidas. Usualmente existe un período de recuperación de aproximadamente treinta minutos entre las fases.

## Exigencias fisiológicas y de las capacidades **FÍSICAS DURANTE LA CARRERA DE BMX**

La carrera de BMX tiene una duración de 30-45 segundos dependiendo del tipo de pista (longitud y nivel de dificultad). En el BMX las demandas fisiológicas, biomecánicas y técnicas dependen de la combinación de las características físicas de las pistas y del manejo táctico que el corredor le dé a las circunstancias de la competencia (Mateo et al, 2012 (2)).

Esencialmente, el BMX puede ser caracterizado como una modalidad deportiva que contiene períodos cíclicos de pedaleo que alternan con fases acíclicas (sin pedaleo); estas últimas pueden ser tanto aéreas como en tierra. De acuerdo a ello, los sistemas energéticos de resíntesis de energía implicados, fundamentalmente, son el de los fosfágenos y la glicólisis anaeróbica.

Un análisis más detallado de la modalidad de BMX muestra que las exigencias fisiológicas, biomecánicas y técnicas durante la carrera no son siempre las mismas, y se pueden diferenciar tres fases de la competencia (Mateo et al, 2011):

- Fase inicial de aceleración. Es una fase que está determinada por el gradiente de la rampa y ampliamente condicionada por los valores de fuerza máxima y la potencia resultante de ella, las cuales son capacidades importantes para alcanzar la aceleración máxima.
- Fase central mixta. En ella los corredores combinan: a) acciones de impulso sin pedaleo cuando saltan los obstáculos, las cuales son actividades acíclicas con elevadas demandas de equilibrio, fuerza isométrica y coordinación con, b) cuando el terreno lo permite, pedaleo cíclico, enfocado a la obtención de la máxima potencia posible para incrementar o mantener la velocidad ya alcanzada.
- Fase final. Es una fase de resistencia a la velocidad en la cual los atletas tratan de mantener su máxima velocidad a través del pedaleo y la coordinación, y en la que la resistencia para mantener la potencia cíclica elevada (resistencia a la velocidad) juega un papel crucial en el desempeño final.

Teniendo en cuenta lo anterior, no es posible elaborar un perfil único de las demandas fisiológicas, biomecánicas y técnicas de la carrera

de BMX, pues ellas dependen del nivel de dificultad de las pistas (tal como fue descrito en la sección *Campo de competición*). Sin embargo sí existen unos referentes comunes a la gran mayoría de las pruebas, los cuales se expondrán en los párrafos siguientes.

## Capacidades **FÍSICAS**

En una investigación realizada durante la *competencia de contrarreloj* durante el Campeonato Mundial de BMX de 2010 en ciclistas Elite en pista de Supercross (Cowell *et al*, 2011) se encontró que los hombres evaluados emplearon  $39.67 \pm 0.81$  segundos en recorrer la distancia, dando  $30.45 \pm 3.2$  pedalazos; del total de la prueba solo pedalearon el 31% del tiempo ( $11.83 \pm 1.11$  segundos), en tanto que el resto del tiempo (o sea el 69%) lo emplearon realizando saltos e impulsándose a través de los obstáculos sin pedalear (estas últimas dos, en conjunto, se pueden denominar como acciones acíclicas). Por su parte, las mujeres emplearon  $40.95 \pm 0.91$  segundos, dando  $33.65 \pm 5.06$  pedalazos; del total de la prueba solo pedalearon el 38% del tiempo ( $14.4 \pm 2.17$  segundos), en tanto que el resto del tiempo (o sea el 62%) lo emplearon en acciones acíclicas. No obstante, no se pueden realizar comparaciones entre género, puesto que en las pistas de supercross las distancias y el tipo de recorrido realizado no son los mismos.

De otro lado, en análisis recientes llevados a cabo en competiciones de BMX se encontró que durante la carrera de BMX se realizan aproximadamente 6 sprints máximos de aproximadamente 1 a 3 segundos de duración en los cuales se generan elevados niveles de potencia; adicionalmente, se ha establecido que la parte superior del cuerpo participa significativamente durante la realización de los numerosos saltos que se realizan para superar los obstáculos de la pista (Garvican *et al*, 2013).

Con base a lo anterior se hace aparente que para analizar el BMX desde las perspectivas fisiológicas, biomecánicas y técnicas se debe tener en cuenta que en esta modalidad deportiva las acciones son intermitentes o alternadas, existiendo acciones de pedaleo o cíclicas (que generan potencia externa medible en los atletas) y otras sin pedaleo (que generan velocidad, y que en este texto se denominarán acciones acíclicas). Las acciones de pedaleo se realizan en dos momentos: en la partida, para generar aceleración, y en aquellos momentos en que el re-

corrido permite pedalear. El resultado final durante una competencia de BMX se debe entonces a la contribución de cada uno de esos factores.

Los corredores de BMX son capaces de generar unos valores elevados de potencia en la fase inicial (partida) de la carrera, los cuales son de gran importancia para producir una aceleración elevada, que les permitirá tomar la delantera desde el comienzo del recorrido. Al respecto, se han descrito valores de potencia máxima que oscilan entre  $1340 \pm 240$  W en corredores franceses de nivel nacional y  $2087 \pm 156.8$  W en corredores americanos del equipo olímpico del 2008 (Bertucci *et al*, 2011).

Otra característica de los ciclistas de BMX es que producen su potencia pico muy rápidamente. En efecto, en estudios realizados en terrenos similares a los de competición se ha encontrado que la potencia pico se obtiene en los primeros 1.4 segundos de carrera (Mateo *et al*, 2011) y los primeros seis metros de ella (Herman *et al*, 2009).

Sin embargo, la generación de potencia durante la carrera de BMX no tiene un perfil homogéneo. En una investigación llevada a cabo en corredores de selección nacional española de género masculino en pistas de diferente nivel de dificultad (Mateo *et al*, 2011) se encontró que la potencia varía a través del tiempo, en función de las irregularidades del terreno y del tipo de dificultad de la pista, tal como puede apreciarse en la Figura 1, ya que solo se genera potencia en los momentos en que se patea.

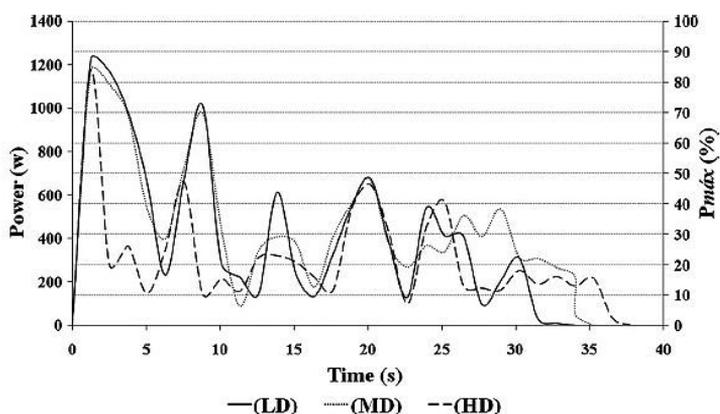


Figura 1. Curva potencia-tiempo durante una carrera de BMX en función de la dificultad de la pista (Mateo *et al*, 2011). Siglas: LD = Dificultad baja; MD= Dificultad media; HD = Dificultad elevada.

Fuente: The Journal of strenght and conditioning research, julio 2011.

La figura 1 muestra, además, cómo la potencia máxima se alcanza antes de los primeros dos segundos y luego cae considerablemente al final de la rampa de salida (más o menos a los tres segundos), siendo más abrupto el descenso en función de la pendiente de partida. Con el transcurso de la carrera la potencia sigue descendiendo, pero siempre los valores de potencia guardan una relación inversa con el nivel de dificultad de la pista, es decir, son menores en las pistas más exigentes, debido a la dificultad de pedalear; en efecto, los datos correspondientes a la Figura 1 muestran que las potencias promedios durante toda la prueba son de  $235.0 \pm 39.24$  W,  $360.34 \pm 39.29$  W y  $394.43 \pm 38.64$  W, en las de en las pistas de alta, media y baja dificultad, respectivamente.

En las pistas de baja dificultad, la menor inclinación de la rampa de salida afecta negativamente la aceleración en los primeros metros de la carrera, por lo cual se debe realizar mayor cantidad de pedaleos para poder alcanzar más prontamente el primer obstáculo (el cual se encuentra más alejado que en los otros tipos de pista). Adicionalmente, y debido al menor número de obstáculos que hay que sortear, se debe realizar mayor cantidad de ciclos de pedaleo a través de la carrera, lo que implica un grado de esfuerzo físico mayor que en las otras pistas. Es obvio que los corredores con mayores niveles de acondicionamiento fisiológico poseen una ventaja relativa para desempeñarse en este tipo de pistas que los más técnicos.

Por el contrario, en las pistas de dificultad elevada y media, las limitaciones para pedalear debido al número y complejidad de los obstáculos incrementa la utilización de acciones acíclicas y disminuye la posibilidad de generar altos valores de potencia. En este tipo de pistas, por lo tanto, los corredores más habilidosos y técnicos presentan mayores ventajas que los más acondicionados fisiológicamente.

En lo que respecta a la contribución del pedaleo y de las acciones acíclicas a la producción de la velocidad durante la carrera de BMX, Mateo y colaboradores (2011) estudiaron en pistas de diferente nivel de dificultad el aporte de esos factores en tres tipos de situaciones: en las que se permitía pedalear libremente, en las que sólo se permitía hacerlo en la salida, y en las que no estaba permitido (estas últimas evaluaban el componente acíclico). Los resultados de su investigación permitieron concluir que los gestos acíclicos (sin pedaleo) contribuían al 83.3% de la velocidad de la carrera, la salida sólo al 4.42% y el pedaleo durante el resto de la competencia al 12,28% restante.

## Exigencias **FISIOLÓGICAS**

Al momento actual la literatura científica sobre los aspectos fisiológicos de esta disciplina es escasa. La realización de esfuerzos relativamente cortos de alta intensidad para generar elevados niveles de potencia (6 sprints máximos de aproximadamente 1 a 3 segundos de duración) implica la participación en alto grado del sistema anaeróbico aláctico. Adicionalmente, dada la duración de la prueba, la glicólisis anaeróbica también contribuye a la producción de energía.

Recientemente, durante los campeonatos europeos de BMX, se encontraron valores promedios de lactato sanguíneo de  $8.55 \pm 3.74$  mM/l, sin que se observaran diferencias significativas entre las series realizadas, y en algunos corredores se hallaron cantidades máximas de 18.6 mM/l (Mateo et al, 2012 (1); Zabala et al, 2008).

No obstante, para comprender mejor el comportamiento del lactato sanguíneo durante las pruebas de BMX debe estudiarse la influencia que ejercen sobre sus valores las distintas acciones técnicas y el tipo de pista. Mateo et al, 2012 (1) investigaron el efecto de esos factores en una muestra de nueve atletas masculinos pertenecientes a la Selección Nacional Española de BMX a los cuales se les midieron las concentraciones de lactato sanguíneo extraído del lóbulo de la oreja, 3 minutos después del esfuerzo mediante un analizador *Lactate Pro*. Las variables dependientes estudiadas fueron el tipo de dificultad de la pista (Alta, Baja y Media, tal como fue descrito atrás) y el tipo de acciones empleadas (pedaleo libre, PL; pedaleo sólo hasta el final de la rampa de salida, PRS; y sin pedaleo, NP; también mencionado antes). Las principales conclusiones se exponen a continuación.

## Concentración de lactato con relación a la **TÉCNICA EMPLEADA EN LA CARRERA**

En todos los tipos de pistas la concentración de lactato sanguíneo está influenciada por cada una de las tres técnicas de carrera que se emplean en el BMX: Los valores promedios encontrados, considerando todas las pistas, fueron mayores en PL ( $11.46 \pm 0.48$  mM/l), que en

PRS ( $8.87 \pm 0.74$  mM/l) y que en NP ( $7.53 \pm 0.63$  mM/l). Como puede observarse, un hallazgo de gran significación encontrado fue que aún el hecho de no pedalear produce valores importantes de lactato sanguíneo ( $7.53 \pm 0.63$  mM/l), el cual representa el 65.7% del valor máximo obtenido en la carrera, el pedaleo en la rampa de salida aporta un 11.73% más, y el pedaleo durante el resto de la prueba contribuye con el 22.57% restante. De este modo, las actividades acíclicas contribuyen con el 65.7% de la producción de lactato, en tanto que las cíclicas de pedaleo sólo con el 34.3%, tal como se ilustra en la figura 2.

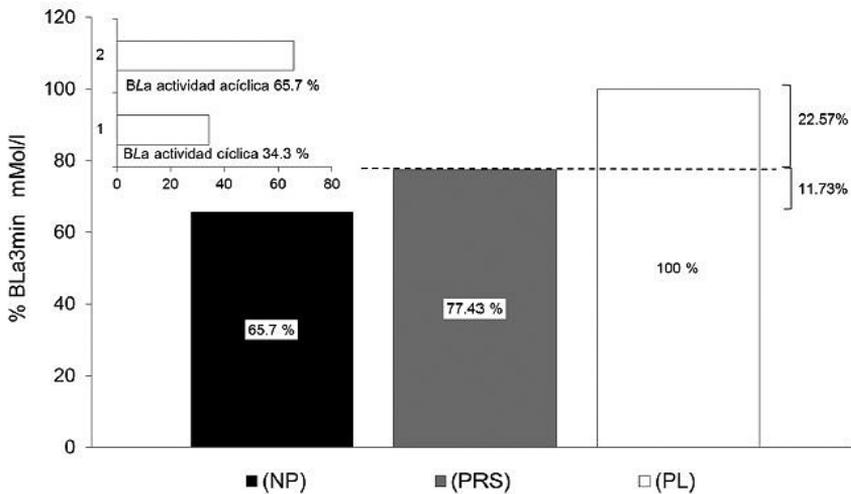


Figura 2. Diferencias en la concentración de lactato sanguíneo en relación al tipo de esfuerzo desarrollado durante la carrera de BMX (Mateo *et al*, 2012 (1)). Siglas: NP = No pedaleo. PRS = Pedaleo sólo durante la rampa de salida. PL = Pedaleo libre.

Fuente: Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte- vol. 12 - número 45 - enero 2012

## Concentración de lactato con relación A LA DIFICULTAD DE LA PISTA

Durante las acciones cíclicas de pedaleo libre durante la carrera entera de BMX se han encontrado diferencias *estadísticamente significativas*, y en forma inversa, entre las concentraciones de lactato sanguíneo y la dificultad de las pistas (porque, como fue mencionado atrás, la potencia media durante una carrera guarda relación inversa con la

dificultad de las pistas). En efecto los valores encontrados son de  $10.94 \pm 1.72$  mM/l,  $11.52 \pm 2.69$  mM/l,  $11.90 \pm 1.68$  mM/l cuando se pedalea en pistas de alta, media y baja dificultad respectivamente.

De otro lado, durante las acciones acíclicas sin pedaleo las concentraciones de lactato *tienden* a ser mayores cuando las pistas son de mayor dificultad técnica, mientras que decrece cuando el nivel técnico es menor.

Como conclusión, las mediciones de las concentraciones de lactato sanguíneo muestran que durante las pruebas de BMX se producen importantes cantidades de este metabolito cuando se pedalea libremente durante toda la carrera ( $11.46 \pm 0.48$  mM/l en promedio para todos los tipos de pista y  $11.90 \pm 1.68$  mM/l para el caso de las pistas de baja dificultad), pero que sus valores están fuertemente influenciados por el tipo de pistas y el tipo de acciones técnicas empleadas (encontrándose incluso cifras de  $7.53 \pm 0.63$  mM/l cuando se corre sin pedaleo), por lo cual su interpretación, cuando se hacen seguimientos y controles, y la aplicación de sus valores para la planeación del entrenamiento deportivo deben realizarse con mucho cuidado.

## Capacidades físicas específicas **EN EL CICLISMO BMX**

Si bien parece no haber discusión en que el rendimiento deportivo está en relación con el grado de desarrollo de las tres capacidades condicionales básicas (la fuerza, la velocidad y la resistencia), realmente en los corredores de BMX no se encuentran esas habilidades puras, sino mezcladas, formando combinaciones diferenciadas. A continuación se presentan las distintas habilidades atléticas específicas que se requieren en el BMX (Bompa T y Haff G, 2009; Ramírez *et al*, 2008).

1. Agilidad. Conjunto de habilidades interdependientes que convergen para que el corredor responda a los estímulos externos con desaceleraciones, cambios de dirección y re-aceleraciones, que le permite adaptarse a la incertidumbre generada por el circuito y por los otros pilotos (pudiendo cambiar de trazada en el aire, de dirección en un peralte, etc.).
2. Potencia. Manifestación específica de la fuerza aplicada como producto de fuerza y velocidad (González-Badillo y Gorostiaga, 2002),

que redundará en una capacidad de propulsión y en una velocidad de traslación mayor, lo que se aprecia especialmente en las arrancadas que deben realizarse a lo largo del circuito (principalmente en la salida).

3. Resistencia de corta duración, pues el corredor debe ser capaz de realizar esfuerzos máximos a lo largo de las diferentes zonas del circuito sin apenas descanso, máxime cuando debe llegar a los últimos 10 m de la prueba en condiciones de disputar un sprint que puede resultar decisivo de cara al resultado final.
4. Resistencia de larga duración: además de la anterior, hay que tener en cuenta la estructura eliminatoria de la prueba, y se deben realizar varias mangas para alcanzar la final (según el número de corredores) con lapsos de aproximadamente treinta minutos de recuperación entre cada una de ellas. Lo anterior significa que un piloto de BMX no sólo debe tener un rendimiento alto durante los 40-45 segundos que dura una carrera, sino que además deberá tratar de mantenerlo en las sucesivas series, máxime si se tiene en cuenta que sus rivales serán de mayor entidad cada vez, dado el carácter eliminatorio de estas pruebas. Hay que tener en cuenta que estas competiciones pueden durar en su totalidad desde la primera serie hasta la última, suponiendo que el corredor alcance la final, alrededor de 3h a 3h 30' (sin considerar los entrenamientos previos que pueden comenzar en torno a 3h antes).

## Fundamentos fisiológicos y desde las capacidades **FÍSICAS PARA EVALUAR LOS CORREDORES DE BMX**

Tal como lo mostró el estudio de Mateo *et al* (2011) el 83.3% de la velocidad media de la carrera depende de los gestos acíclicos sin pedaleo. Los entrenadores de BMX deberían considerar la implementación de test acíclicos de terreno.

Aunque los atletas de BMX tienen grandes necesidades de potencia para alcanzar la máxima velocidad en los primeros segundos y entrar en posiciones de avanzada en la recta al terminar la rampa de salida, la potencia máxima se obtiene en los primeros dos segundos de la partida. Ello sugiere que las evaluaciones de potencia máxima se pueden llevar a cabo empleando test de muy corta duración. Algunos investigadores han sugerido test de saltos (como el Squat y el Contramovi-

miento) y los de potencia en bicicleta (pedaleo a la máxima frecuencia posible contra una carga durante pocos segundos).

Aunque durante las pruebas de BMX se producen importantes cantidades de lactato sanguíneo no solamente cuando se pedalea libremente sino también cuando ello no se realiza, los valores de este metabolito están fuertemente influenciados por el tipo de pistas y de acciones técnicas empleadas, por lo cual su interpretación debe realizarse con mucho cuidado.

Aunque la duración de la carrera de BMX es de alrededor de cuarenta segundos, sólo se pedalea cerca de once segundos, en forma intermitente, y se realizan aproximadamente 30 pedaleos, los test de treinta a sesenta segundos de duración, como el de Wingate, son "largamente irrelevantes" (Cowell *et al*, 2011).

## Control biomédico del **ENTRENAMIENTO EN EL BMX**

### Control de etapa

#### *Evaluación médica del estado de salud*

En el primer control de etapa de preparación del período anual se realiza una evaluación médica completa con varios propósitos: 1) realizar un diagnóstico del estado de salud; 2) determinar clínicamente la recuperación de eventuales traumas o lesiones presentadas; 3) determinar la presencia de factores de riesgo para enfermarse o lesionarse, y 4) hacer un diagnóstico de idoneidad o aptitud para el entrenamiento y la competición. En los siguientes controles del ciclo anual la evaluación médica se realiza una actualización de lo acontecido en el estado de salud.

Cuando se evalúan ciclistas menores de edad o en fases de crecimiento y desarrollo es de particular importancia la determinación de la edad biológica a fin de realizar una adecuada consejería para la correcta prescripción de las cargas de entrenamiento.

### ***Evaluación de la salud oral***

Considerando la posibilidad de diseminación de infecciones a partir de focos sépticos en la cavidad oral, las frecuentes molestias en cara y cuello debidas a síndromes de mala oclusión, la cada vez más mencionada asociación entre infecciones en boca y lesiones deportivas, la frecuencia con la cual se presentan urgencias odontológicas en los atletas durante competiciones que afectan nocivamente el desempeño, durante el control de etapa se lleva a cabo una evaluación odontológica completa a fin de resolver oportunamente todas las alteraciones.

### ***Evaluación cardiovascular***

Se lleva a cabo mediante el EKG de reposo y la Prueba ortostática. Cuando se detectan situaciones patológicas, o al menos sospechosas, se remiten los atletas a centros especializados en donde se realizan los estudios complementarios pertinentes.

### ***Laboratorio clínico***

En los controles de etapa se lleva a cabo una detallada valoración, la cual se ha agrupado de la siguiente manera:

- Hematología: hemoleucograma completo.
- Metabólica: glicemia, colesterol total y fracciones, triglicéridos, urea, ácido úrico.
- Hepática: transaminasas AST y ALT, proteínas totales en sangre, albúmina en sangre, glicemia.
- Renal: creatinina, urea, proteínas totales, albúmina, citoquímico de orina, ácido úrico.
- Muscular: CPK total, transaminasa AST, creatinina.
- Ósea: proteínas totales, albúmina.
- Cardíaca: CPK, transaminasa AST.
- Vías energéticas: ácido úrico, urea.
- Fatiga y sobreentrenamiento: albúmina, CPK total, urea.
- Otros en casos especiales o en atletas considerados de la élite según la UCI: recuento de reticulocitos, gama glutamil transferasa, fosfatasa alcalinas, bilirrubinas total y directa, cortisol total, testosterona libre, Ferritina, TSH.

### ***Evaluación fisioterapéutica***

Se llevan a cabo las siguientes valoraciones:

- Evaluación de la flexibilidad y la movilidad articular
- Evaluación postural
  - Evaluación clínica
  - Evaluación sistematizada mediante el Sistema de Análisis Postural Bipodal por Imagenología Computarizada (software APIC)
  - Evaluación en la bicicleta estática o en movimiento
- Evaluación del apoyo plantar estática

### ***Evaluación cineantropométrica***

Parámetros específicos a determinar en los deportes de bicicleta:

- Estatura y peso corporal
- IMC e índice AKS
- Superficie corporal y área de superficie frontal
- Índice córmico
- Porcentaje de grasa corporal según los métodos apropiados (niños, adolescentes y adultos)
- Áreas musculares y perímetros corregidos (brazo, muslo, pierna)

### ***Evaluación nutricional***

Fundamentalmente persigue dos objetivos:

- Ofrecer al atleta asesoría en la adecuada alimentación, antes, durante y después del entrenamiento y la competencia.
- Realizar la modelación de una composición corporal óptima de acuerdo a la modalidad.

### ***Evaluación psicológica***

En la evaluación psicológica se realizan diversos abordajes a través del tiempo, de la siguiente manera:

- Primer abordaje: Perfil psicológico para el alto rendimiento deportivo (Test de Loher).
- Segundo abordaje: Empleo de estrategias cognitivas mediante el Cuestionario de Estrategias Cognitivas para el Deporte (CECD).
- Tercer abordaje: Profundización en la motivación, la autoconfianza, el control emocional y el perfil para el alto rendimiento (BTPS-D).

### Laboratorio de Fisiología del Ejercicio

La evaluación funcional que se realiza a los ciclistas de BMX en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia va encaminada principalmente a la determinación de la potencia máxima de los miembros inferiores y al estudio de las relaciones entre la fuerza y la velocidad.

Con tal propósito se llevan a cabo las siguientes evaluaciones:

Determinación de la potencia máxima de los miembros inferiores a partir del salto vertical, empleando la metodología de Bosco: salto a partir de sentadillas (*squat jump*), salto con contramovimiento (*counter-movement jump*) y salto con la ayuda de los brazos (salto vertical o SV). Los valores encontrados en ciclistas de BMX de Antioquia (y que son la base de la selección nacional de Colombia) en evaluaciones que se han realizado en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Valores de saltabilidad en corredores de BMX de Antioquia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Los valores se expresan como Media  $\pm$  DE

Variable	Hombres mayores	Mujeres mayores
Salto a partir de sentadillas, SJ (cms)	49.2 $\pm$ 7.2	33.4 $\pm$ 3.7
Salto con contramovimiento, CMJ (cms)	55.3 $\pm$ 6.9	37.0 $\pm$ 3.8
Salto vertical con ayuda de los brazos, SV (cms)	64.1 $\pm$ 8.8	43.5 $\pm$ 4.9

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

5. Determinación de la potencia máxima de los miembros inferiores en cicloergómetro en condiciones de laboratorio. En el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia la potencia máxima de los miembros inferiores se obtiene en un test máximo en cicloergómetro Monark Ergomedic-894E, con cargas de cinco segundos de duración, pedaleando a la máxima velocidad posible. La potencia se suele determinar tanto en términos absolutos (W) como en relación con el peso corporal (W/kg) y el área de superficie frontal (W/ASF, W/m<sup>2</sup>). El análisis de la potencia relativa al área de superficie frontal permite tener un mejor conocimiento fisiológico del corredor, pues esta valoración estima la producción de potencia por cada unidad de área corporal que entra en contacto con la fricción del aire, considerando que esta última es el elemento más importante, responsable del gasto energético en el ciclismo a grandes velocidades.

Los valores de potencia máxima que se han encontrado en ciclistas de BMX de Antioquia (que son la base de la selección nacional de Colombia) en evaluaciones que se han realizado en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Valores de potencia máxima en corredores de BMX de Antioquia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Los valores se expresan como Media ± DE

Variable	Hombres mayores	Mujeres mayores
Potencia máxima (W)	1461.3 ± 146.3	905.1 ± 59.5
Potencia máxima (W/kg)	18.8 ± 1.6	16.4 ± 1.1
Potencia máxima (W/ASF, W/m <sup>2</sup> )	3466.4 ± 255.8	2656.8 ± 174.8

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia

### *Análisis metodológico del mesociclo o de la etapa de preparación*

Son mesas de trabajo en las que se analizan los resultados de las distintas evaluaciones llevadas a cabo durante los controles, con la participación de entrenadores, asesores metodológicos y del equipo de trabajo de Medicina y de las ciencias aplicadas al deporte (médicos especialistas en Medicina del Deporte, nutricionistas, psicólogos, entre otros).

## Control cotidiano o puntual

El control cotidiano se puede llevar a cabo mediante valoraciones subjetivas, por métodos fisiológicos y bioquímicos, y utilizando cargas-tests.

**Evaluación mediante métodos subjetivos.** Corrientemente se analizan el estado general, el ánimo, el sueño, el apetito, el peso, los deseos de entrenar y la autopercepción de la asimilación de las cargas de trabajo y de la recuperación de la fatiga, entre otros aspectos.

**Evaluación por métodos fisiológicos.** Análisis de parámetros como la medición cotidiana de la frecuencia cardíaca basal y su respuesta con el cambio de posición (prueba ortostática), la presión arterial y la frecuencia respiratoria, entre otros.

**Evaluación por métodos bioquímicos, hematológicos y hormonales.** Principalmente mediante la determinación de los siguientes parámetros:

- Urea sérica
- Creatinquinasa sérica
- Citoquímico de orina (para la búsqueda de hematuria y proteinuria)
- Hemoglobina y hematocrito
- Cortisol sanguíneo total
- Testosterona libre total

## Control operativo

El control operativo del impacto de la carga de trabajo sobre el organismo de los ciclistas se realiza a partir de los siguientes parámetros:

- Frecuencia cardíaca
- Lactato sanguíneo
- Desarrollo de la bicicleta
- Velocidad de desplazamiento
- Frecuencia de pedaleo (rpm)
- Potencia externa generada (Watts)

## Retroalimentaciones y ajustes al **CONTROL DE ENTRENAMIENTO**

El control del entrenamiento deportivo se considera un eslabón necesario del sistema de regulación del proceso de entrenamiento, pero independiente y objetivo, que permite optimizar el plan de trabajo y la interacción deportista- entrenador. A partir de la evaluación concienzuda de las cargas de trabajo realizadas, del conjunto del plan de entrenamiento ejecutado y de los resultados de los controles llevados a cabo, de índole tanto particular como general, se podrá corregir el trabajo y formular nuevas estrategias para las siguientes etapas de preparación. De este modo, como resultado de los controles operativos, puntuales y de etapa, se generan retroalimentaciones inmediatas para el entrenador que permitirán ajustar oportunamente el plan de entrenamiento. Por lo anterior, un correcto control médico del trabajo implica la permanente y activa intervención de diferentes especialistas, tanto de medicina deportiva como de ciencias aplicadas al deporte, en todo el proceso de entrenamiento, y su participación en el análisis y discusión de los resultados observados.

## **REFERENCIAS**

- Bartoli, L., y Fagioli, F.** (1998). *Entrenamiento de pretemporada*. Madrid: Dorleta.
- Bertucci, W., y Hourde, C.** (2011). Laboratory testing and field performance in BMX riders. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 417-419.
- Bompa, T., y Haff, G.** (2009). *Periodization. Theory and Methodology of Training*. Champaign: Human Kinetics.
- Campillo, P., Doremus, T., y Hespel, J.** (2007). Pedaling analysis in BMX by telemetric collection of mechanic variables. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 1(2), 15-27.
- Cowell, J., Cronin, J., y McGuigan, M.** (2011). Time motion analysis of Supercross BMX Racing. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 420-421.
- Garvican, L., Ebert, T., Quod, M., Gardner, S., Gregory, J., Osborne, M., y Martin, D.** (2013). High-Performance Cyclists. En T. Rebecca y C. Gore. (Eds.). *Physiological Tests of Elite Athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- González-Badillo, J. J., Gorostiaga, E.** (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Inde.
- Herman, C., McGregor, S., Allen, H., y Bolt, E.** (2009). Power capabilities of elite bicycle motocross (BMC) racers during field testing in preparation for 2008 Olympics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(5), 306-307.

- Hodgkins, T., Slyter, M., Adams, K., Berning, J., y Warner, S. A.** (2001). Comparison of Anaerobic Power and Ranking among professional BMX racers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), S246.
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., y Zabala, M.** (2011). Pedaling Power and Speed Production vs. Technical Factors and Track Difficulty in Bicycle Motocross Cycling. *Journal of Strength and Conditioning Association*, 25(12), 3248-3256.
- Mateo, M., Zabala, M., Blasco-Lafarga, C. y Guzmán, J.** (2012). Concentración de lactato versus diseño y dificultad de la pista en BMX. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 12(45), 52-65.
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., Doran, D., Romero-Rodríguez, R. y Zabala, M.** (2012). Notational analysis of European, World, and Olympic BMX cycling races. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 502-509.
- Mateo, M., Fernández, E., Blasco, C., Morente, J., y Zabala, M.** (2014). Does a non-circular chainring improve performance in the bicycle motocross cycling start sprint? *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 97-104.
- Milasius, K., Dadeliene, R., Tubelis, L., y Skernevicius, J.** (2012). Alternation of physical and functional powers of high performance female BMX cyclists during yearly training cycle. *Ugdymas. Kuno Kultura. Sportas*, 1(84), 36-41.
- Ramírez, J., Zabala, M., Sánchez, C., Hernández, M., Mateo, M. y Gutiérrez, A.** (2008). Desarrollo de un protocolo simple para evaluar el rendimiento físico específico del piloto de BMX. *EFDeportes Revista Digital*, 12(116). Recuperado de <http://www.efdeportes.com/>.
- Rylands, L., Roberts, S., Cheetham, M., y Baker, A.** (2013). Velocity production in elite BMX riders: A field based study using a SRM power meter. *Journal of Exercise Physiology*, 16(3), 40-50.
- Slyter, M., Pinkham, K., Adams, K., Durham, M., Poss, C., y Wenter, T.** (2001). Comparison of Lower Body Power output between expert and professional bicycle motor cross racers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), S157.
- Tanner, R., y Gore, C.** (Eds). (2013). *Physiological Tests for Elite Athletes*. Australian Institute of Sports. Champaign: Human Kinetics.
- Union Cycliste Internationale.** (2017, 01 de enero). UCI cycling regulations. Part 6. BMX. *Recuperado de* [http://www.uci.ch/mm/Document/News/Rulesandregulation/16/61/41/6-BMX-EN-20170101\\_English.pdf](http://www.uci.ch/mm/Document/News/Rulesandregulation/16/61/41/6-BMX-EN-20170101_English.pdf)
- Zabala, M., Requena, B., Sánchez-Muñoz, C., González-Badillo, J., García, I., Vahur, O., y Pääsuke, M.** (2008). Effects of sodium bicarbonate ingestion on performance and perceptual responses in a laboratory-simulated BMX cycling qualification series. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1645-1653.
- Zabala, M., Sánchez, C., y Mateo, M.** (2009). Effects of the administration of feedback on performance of the BMX cycling gate start. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 393-400.