

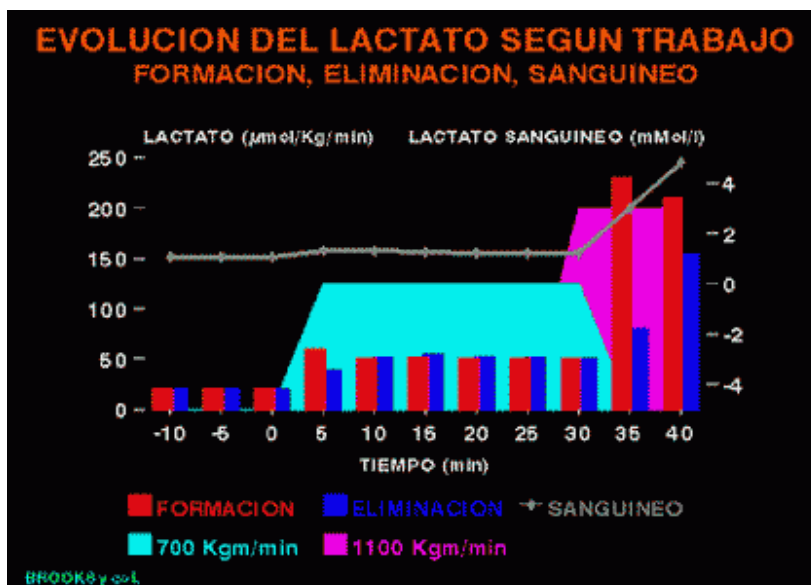
## Apuntes médicos para entrenadores

### Umbral Anaeróbico

Es realmente difícil el dar una definición de Umbral Anaeróbico que integre todos los conceptos que se vierten en relación al tema, y que satisfaga a todo el mundo. Quizá podría ser:

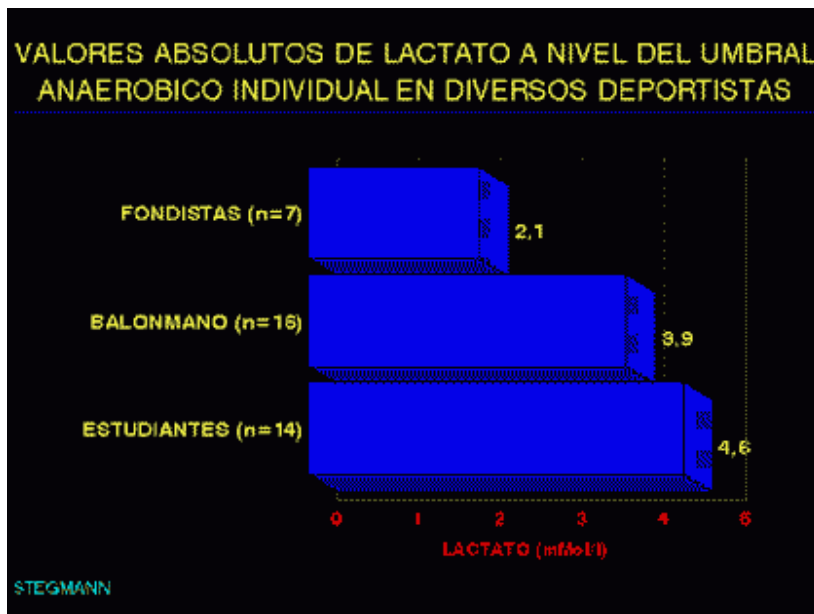
**Al punto de máxima intensidad, donde el ácido láctico se está produciendo pero no llega a acumularse en sangre, llamaremos Umbral Anaeróbico.** Por supuesto esta definición es simplista con el fin de no complicar la cuestión, ya que incluso entre los científicos no hay acuerdo unánime en cuanto a denominación, significación, análisis,...

Cuando hablamos del Umbral Anaeróbico, nos estamos refiriendo por tanto al **punto o zona de transición** entre el metabolismo aeróbico y el metabolismo anaeróbico. O quizá mejor a la zona de transición entre una intensidad en la que la obtención de energía es preponderantemente aeróbica y otra intensidad de ejercicio lógicamente más alta en la que la obtención de energía precisa de la participación importante del metabolismo anaeróbico láctico.



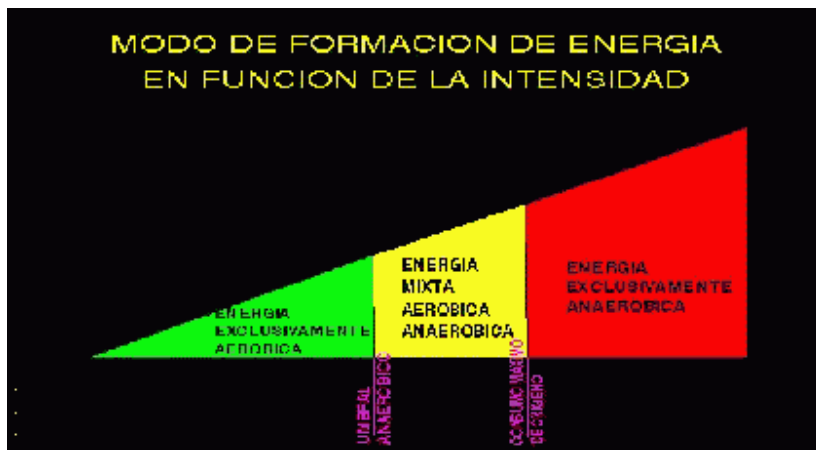
Hay que tener en cuenta que el hecho de estar trabajando a nivel de umbral anaeróbico o por debajo de él, no significa que no haya producción de ácido láctico a nivel muscular, lo que sucede es que está siendo neutralizado o eliminado en cantidad suficiente como para que no vaya acumulándose progresivamente, tal y como puede verse en el gráfico superior donde

se comprueba que tanto la situación de reposo (correspondiente al tiempo situado entre -10 y 0), como en trabajos de baja intensidad (correspondiente al tiempo situado entre 0 y 30) hay formación de lactato, lo que ocurre es que como hemos dicho anteriormente está siendo **eliminado** y como consecuencia de ello el [análisis de lactato](#) sanguíneo (representado por la línea que tiene como escala la ordenada derecha), prácticamente no tiene ninguna variación; sin embargo cuando la intensidad del ejercicio aumenta tanto como para que la eliminación del lactato no consiga equilibrar la formación (a partir del minuto 30), vemos el aumento progresivo del lactato sanguíneo. Por tanto, cuando un deportista está realizando un entrenamiento a la intensidad del umbral anaeróbico, o incluso por debajo de él, no quiere decir que esté trabajando exclusivamente el [metabolismo aeróbico](#), sino que también está desarrollando la [glucólisis anaeróbica](#) y el aclaramiento del lactato; lo que pasa es que al no haber acumulación de ácido láctico se considera que todo el trabajo es aeróbico.

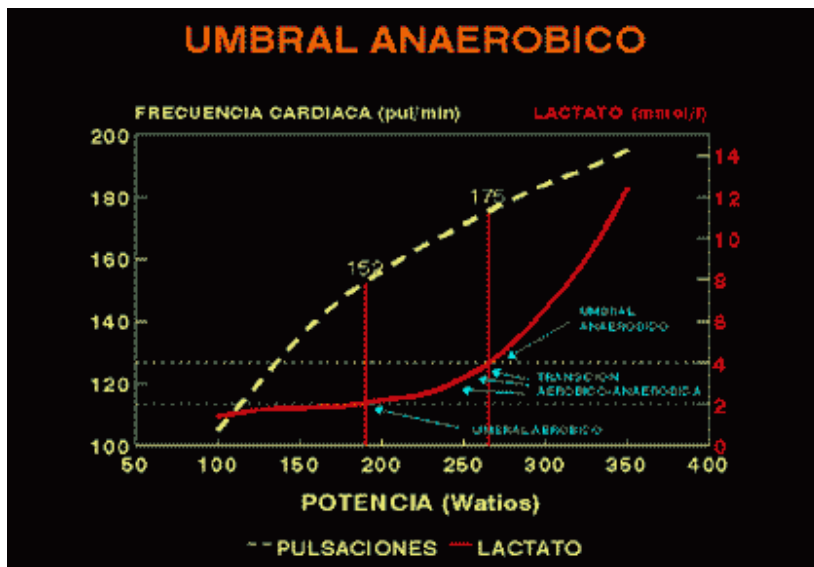


Por ello, el hecho de otorgar una cifra fija de lactato (como en su momento estuvo en boga con los 4 mMol/l) para determinar el Umbral, puede traer consigo errores, ya que el estado de equilibrio entre formación y eliminación de lactato al máximo nivel de intensidad de trabajo, que es al fin y al cabo lo que trata de determinar el Umbral Anaeróbico, es difícil que pueda relacionarse con exactitud con una cifra absoluta fija para todos los deportistas. Cuando se realizan estudios de estado estable de lactato, éste puede estabilizarse a 3 mMol/l o por debajo, lo mismo que pueden encontrarse otros deportistas que consiguen mantener un equilibrio en niveles superiores a los ya famosos 4 mMol/l; en este sentido el gráfico superior nos muestra diferentes

concentraciones de lactato a nivel de umbral anaerobico individual, basao en trabajos de Stegman.



Tampoco debe pensarse que una vez superada la intensidad en la que se encuentra el Umbral Anaeróbico, toda la energía que se forma procede del metabolismo anaeróbico, ya que el consumo de oxígeno todavía no ha tocado techo (a la intensidad del umbral), y según aumenta la intensidad de trabajo por encima del umbral, también aumenta el consumo de oxígeno, por lo que cabe pensar que aumenta la producción de energía por vía aeróbica igualmente; sin embargo, una vez sobrepasada la intensidad correspondiente a la Potencia Máxima Aeróbica (es la Potencia que se desarrolla cuando se alcanza el Consumo Máximo de Oxígeno), todo aumento de intensidad va a ser debido a un aumento de formación de energía por vía anaeróbica exclusivamente. Es conveniente tener claros estos conceptos claves, con el fin de poder asimilar igualmente referencias que se realizan a nivel de programación de entrenamiento; muchas veces a la hora de hablar de intensidad de entrenamiento, se hace referencia a un porcentaje y hay que delimitar si es un porcentaje del Consumo Máximo de Oxígeno, o bien un porcentaje de la Potencia Máxima; si se establecen porcentajes del Consumo Máximo de Oxígeno, podemos encontrarnos intensidades del 120 o 140% (ya que la Potencia Máxima Anaeróbica está claramente por encima de la Potencia Máxima Aeróbica que se corresponde con el Consumo Máximo de Oxígeno), mientras que si la intensidad se establece en porcentajes de la Máxima Intensidad (sin especificar nada de aeróbico), cabe pensar que niveles del 90% no son mantenibles más allá de 20-40 segundos.



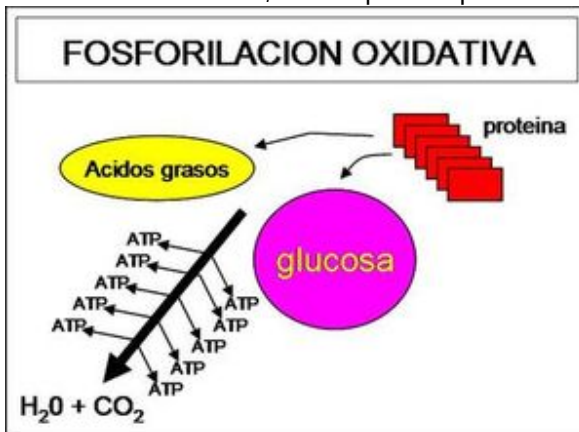
El Umbral Anaeróbico está siendo utilizado con mayor o menor fortuna en la programación del entrenamiento, y a pesar de las controversias en cuanto a su obtención y significación, es en este momento la medida más fiable para el establecimiento de los diferentes ritmos o intensidades de entrenamiento. La posibilidad de realizar mediciones de ácido láctico de forma sencilla y con [analizadores de lactato](#) de bajo coste y claramente portátiles, está permitiendo un mayor control y desarrollo del rendimiento físico.

Igualmente en disciplinas de fondo, el Umbral Anaeróbico está siendo utilizado para predecir el rendimiento, obteniéndose una alta fiabilidad en especialidades concretas, como puede ser el maratón, pruebas de natación donde se ha desarrollado de manera importante la utilización del lactato en todas sus vertientes, pruebas específicas de ciclismo (principalmente contrarreloj y récord de la hora), etc.

\*\*\*\*\*

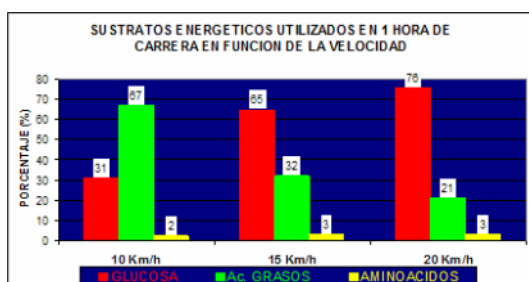
## (1) Metabolismo Aeróbico

Cuando el músculo debe mantener una actividad prolongada realizando un ejercicio de más de 3 minutos, el músculo necesitará un nuevo sistema de producción de energía; este es el sistema Aerobio, y se llama así porque necesita oxígeno para que pueda funcionar, y cuanto más oxígeno llegue al músculo más energía va a ser capaz de producir el músculo por este sistema, y mayor rendimiento va a desarrollar; es como sucede en un horno, en el que el aporte de oxígeno a través de un fuelle, da lugar a



que se avive el fuego. En este caso, el músculo puede utilizar tanto glucosa como grasa, como proteínas, como sustrato energético, pero siempre debe realizarse en presencia de O<sub>2</sub>, y como ya hemos dicho pero lo repetiremos por su importancia, cuanto más O<sub>2</sub> llegue al músculo más energía va a ser capaz de producir por esta vía. A esta vía energética donde interviene el O<sub>2</sub>

llamamos AEROBIA y como resultado de las diferentes reacciones químicas se va a producir CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Hemos comentado que en este sistema de producción de energía, podemos utilizar tanto la glucosa, la grasa y las proteínas como sustrato energético (la utilización de las proteínas va a suponer en condiciones normales el 2-3 %, por lo que lo dejamos al margen, aunque también debemos saber que en situaciones de esfuerzo muy prolongado en el que se produzcan disminuciones importantes en las reservas de glucógeno muscular, la utilización de las proteínas en la formación de energía puede llegar a ser de un 10%), pero hay que significar que el flujo energético (cantidad de energía por unidad de tiempo) que nos da la combustión de la grasa va a ser menor que el flujo energético proveniente de la combustión aeróbica de la glucosa (dado que se necesita más cantidad de O<sub>2</sub> para obtener 1 ATP proveniente de la Grasa que de la Glucosa), y todo ello en función de la cantidad de O<sub>2</sub> que llega al músculo. Por ello, según va aumentando la intensidad del esfuerzo y va aumentando el consumo de oxígeno, el músculo va utilizando cada vez más glucógeno muscular y menos grasa, tal y como vemos en el gráfico siguiente.



El hecho de que los depósitos de glucógeno muscular sean limitados, da lugar a que en la medida de lo posible, y siempre que se genere suficiente energía, el músculo va a tender a utilizar grasa; así, cuando el nivel de intensidad de ejercicio sea bajo, y por tanto la cantidad de oxígeno que llega al músculo es relativamente alta para las necesidades que tiene, el músculo utilizará principalmente grasa, tal y como vemos en el gráfico siguiente, donde la formación de energía a 10 km/h durante 1 hora proviene principalmente de la utilización de las grasas (67%). Sin embargo, cuando aumentamos la intensidad del ejercicio, no llega comparativamente tanto oxígeno al músculo, aunque sigue siendo suficiente como para que toda la energía provenga del metabolismo aeróbico; en esta situación, hay un aumento en la utilización del glucógeno muscular con respecto a las grasas, con lo que de esta manera obtiene más energía teniendo en cuenta el oxígeno que llega, tal y como vemos en el sector de la derecha del gráfico siguiente, donde vemos cómo a 15 km/h durante 1 hora, aumenta de forma importante la utilización del glucógeno (65%), a costa de una menor utilización de la grasa (baja al 32%).

**GLUCOSA + O<sub>2</sub> -----> ENERGIA + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O (6)**

**GRASA + O<sub>2</sub> -----> ENERGIA + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O (7)**

**PROTEINAS + O<sub>2</sub> -----> ENERGIA + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O (8)**

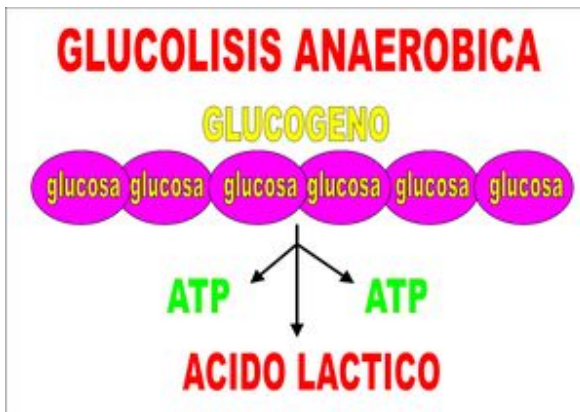


El flujo energético total de este sistema es bastante menor que en los sistemas anteriores, pero tiene la ventaja de que es mucho más prolongado en el tiempo, ya que el factor limitante va a ser el agotamiento de las reservas energéticas, y si bien la glucosa se va a agotar, las reservas de grasa son prácticamente inagotables.

---

## Metabolismo anaeróbico láctico

Lógicamente la actividad muscular no tiene por qué estar limitada a una duración de 10 segundos de forma continua, por lo que el músculo debe tener, y de hecho tiene, otras formas de obtener energía con el objetivo de resintetizar el ATP y de esta manera poder seguir manteniendo su actividad.



Otro mecanismo de producción de energía lo va a constituir la glucólisis anaeróbica, en la que la metabolización de la glucosa sin presencia de oxígeno, va a aportar energía direccionada a la resíntesis de **ATP**. A este sistema lo denominamos **ANAEROBICO LACTICO**; Anaeróbico porque tampoco utiliza Oxígeno, y Láctico porque en su funcionamiento se produce ácido láctico; como sustrato energético se

utiliza la Glucosa. Podríamos decir que la velocidad de proceso de esta reacción no es tan alta como en el caso anterior; es decir, no se está produciendo tanta energía por unidad de tiempo, lo que va a dar lugar a una resíntesis de ATP menor en un tiempo determinado, y ello va a condicionar la intensidad del ejercicio, que como puede suponerse va a ser inferior a la intensidad que nos permitía el [metabolismo anaeróbico aláctico](#). En este caso la reacción sería:

**GLUCOSA -----> ENERGIA + Ac. LACTICO (5)**

El Acido Láctico que se genera como resultado de esta reacción tiene una característica especial y es que si se acumula va a producir una disminución del pH (acidosis) y por encima de una cantidad se produce el bloqueo del propio sistema energético, y con ello su parada; parece como si el propio organismo utilizara un mecanismo de seguridad para evitar que en el organismo la acidosis aumentara de manera exagerada, lo que daría lugar a un problema grave y generalizado, y por tanto detiene de forma automática el proceso en el que se forma ácido láctico; este bloqueo o disminución del rendimiento muscular se produce por varias razones, entre las que las más importantes son:

- Disminución de la actividad enzimática, principalmente de la Fosfofructoquinasa, que va a catalizar una de las reacciones intermedias, con lo que disminuye la rapidez del proceso y con ello la formación de energía.

- El cambio ácido va a dar lugar a alteraciones en la formación de puentes entre la actina y la miosina, con lo que disminuye la capacidad de generar fuerza.



En definitiva, el acúmulo de lactato va a dar lugar a una disminución de formación de energía y por tanto a una disminución del nivel de intensidad; el deportista ya no es capaz de mantener el nivel anterior y tiene que disminuir su intensidad. Es el caso que ocurre cuando un deportista realiza un ejercicio muy intenso durante un tiempo mantenido, y presenta unas sensaciones que relata como si los músculos se le quedaran agarrotados, dolorosos y duros, unido ello a una imposibilidad de mantener el nivel de intensidad; ello es debido a que se ha acumulado Acido Láctico en exceso y se ha producido el bloqueo muscular. Las características de este sistema de producción de energía son que nos da una menor energía por unidad de tiempo que el sistema anterior (anaeróbico aláctico), pero nos permite mantener esta intensidad de ejercicio hasta aproximadamente los 2 o 3 minutos.

Trabajo extraído de internet  
Recopilación Dra. Almada S. [sonicalm@yahoo.com.ar](mailto:sonicalm@yahoo.com.ar)