



## MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL UMBRAL ANAERÓBICO EN DEPORTISTAS JÓVENES

Modalidad: Monografía

Jhon Cesar Barrios Otero  
CC: 1102390387  
Juan Diego Gómez Sandoval  
CC: 1005538875

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**Facultad Ciencias Socioeconómicas y Empresariales**  
**Tecnología Deportiva**  
**Bucaramanga, 06/07/2020**



## Métodos de evaluación del Umbral Anaeróbico en deportistas jóvenes

### Monografía

Jhon Cesar Barrios Otero  
CC: 1102390387  
Juan Diego Gómez Sandoval  
CC: 1005538875

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
Título al que optan los autores

**DIRECTOR**  
Ft. Diana Carolina López Jaimes

Grupo de Investigación Ciencia e Innovación Deportiva – GICED

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
Facultad Ciencias Socioeconómicas y Empresariales  
Tecnología Deportiva  
Bucaramanga, 06/07/2020

Nota de Aceptación

**APROBADO**

---

---

---

---



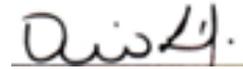
---

Firma del Evaluador 1



---

Firma del Evaluador 2



---

Firma del Director

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios por darnos sabiduría durante este proceso, agradecer a nuestros padres por su incondicional apoyo en este ciclo tecnológico.

A nuestros docentes asignados por cada uno de los semestres cursados porque ellos fueron quienes nos formaron hasta el día de hoy.

Agradecer a la docente Diana Carolina López por el apoyo y conocimiento brindado y adquirido en cada parte del trabajo de grado.

A todas las personas que han apoyado y han hecho que este trabajo se realice con éxito.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por haber sido el motor principal de este proyecto, por ser ese apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A nuestros padres por ser los principales motores para cumplir nuestros sueños y metas con su apoyo incondicional, dándonos consejos y ayudándonos a poner en práctica los valores inculcados.

Agradecemos a nuestros docentes de la universidad Unidades Tecnológicas de Santander quienes nos han formado y nos han compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestro trabajo final de grado.

En especial a nuestra docente Diana Carolina López por ser nuestra guía en este proceso y brindarnos todo su conocimiento para que hasta el día de hoy podamos concluir este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u></b>	<b><u>9</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>12</u></b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b><u>2. MARCO REFERENCIAL .....</u></b>	<b><u>15</u></b>
2.1. BIOENERGÉTICA: .....	15
2.1.1. HIDRATOS DE CARBONO:.....	15
2.1.2. LÍPIDOS:.....	18
2.1.3. PROTEÍNAS: .....	19
2.2. EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE: .....	20
2.3. METABOLISMO DEL ÁCIDO LÁCTICO: .....	22
2.4. UMBRAL ANAERÓBICO .....	26
2.4.1. DEFINICIÓN: .....	26
2.4.2. DETERMINACIÓN DEL UMBRAL ANAERÓBICO: .....	31
<b><u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....</u></b>	<b><u>38</u></b>
<b><u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>39</u></b>
<b><u>5. RESULTADOS .....</u></b>	<b><u>40</u></b>
<b><u>6. DISCUSIÓN .....</u></b>	<b><u>43</u></b>
<b><u>7. CONCLUSIONES .....</u></b>	<b><u>44</u></b>
<b><u>8. RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>45</u></b>
<b><u>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b><u>46</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proceso de obtención de energía a partir de la ingesta de carbohidratos. .....	17
<b>Figura 2.</b> Ciclo de Cori. ....	24
<b>Figura 3.</b> UAN mediante la relación VE/W. ....	26
<b>Figura 4.</b> Al nivel de 2mmol/l de lactato: Umbral aeróbico y al nivel de 4mmol/l: Umbral anaeróbico .....	28
<b>Figura 5.</b> Representación de la FC en el Test de Conconi. ....	35
<b>Figura 6.</b> Flujograma del desarrollo del trabajo de investigación. ....	39

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Equivalencias entre velocidad de desplazamiento (km/h) y potencia de pedaleo (watts).....	32
<b>Tabla 2.</b> Análisis de la evidencia científica relacionada con los métodos de evaluación del umbral anaeróbico.....	41
<b>Tabla 3.</b> Métodos del umbral anaeróbico basados en el comportamiento de la FC y BL.....	42

## RESUMEN EJECUTIVO

**INTRODUCCIÓN:** Se puede evaluar el estado físico de los atletas por medio de los umbrales del metabolismo humano y así poder realizar programas de entrenamiento adecuados a la condición física del atleta, uno de estos umbrales es el umbral anaeróbico (UAN), el cual hace referencia a la capacidad que tiene el cuerpo de conservar la homeostasis en un ejercicio de alta intensidad, durante periodos prolongados. **OBJETIVO:** Describir los diferentes métodos de evaluación del UAN aplicados a diferentes deportes. **METODOLOGÍA:** Se trató de un análisis comparativo a partir de revisiones bibliográficas para determinar los métodos con menor costo y más utilizados para evaluar el UAN en deportistas jóvenes, tanto en pruebas invasivas como no invasivas. **CONCLUSIONES:** Utilizando la información recolectada se evidencian diferentes métodos válidos para la evaluación del UAN, los más utilizados son los métodos que valoran el lactato, puesto que manifiestan una medida directa del estado anaeróbico de la persona. Cuando se habla de análisis de intercambio gaseoso ocasionado en la respiración, su cálculo es costoso y aparatoso, sin embargo, nos proporciona datos consistentes y de mayor uso. La recolección de valores por medio de frecuencia cardíaca (FC) es algo sencilla y es en nuestro criterio la que más se aconseja para valorar la condición física de los deportistas jóvenes, debido a su alta funcionalidad y menor costo.

**PALABRAS CLAVE:** Umbral anaeróbico, Umbral ventilatorio, Umbral de lactato, Lactato, Frecuencia cardíaca.

## INTRODUCCIÓN

Las influencias de las ciencias en el deporte son de gran importancia para el rendimiento deportivo, puesto que se otorgan conocimientos relacionados con la fisiología del cuerpo humano. Debido a esto se han determinado distintas respuestas fisiológicas y metabólicas, así mismo la limitación en el rendimiento humano bajo diferentes situaciones. Los umbrales de esfuerzo son de ayuda para distinguir las diversas etapas del metabolismo, debido a estos se muestran las variaciones en el metabolismo a lo largo de un intenso entrenamiento, tales como los cambios en el porcentaje de dióxido de carbono espirado, frecuencia cardiaca (FC) o en la concentración de lactato en sangre (BL). Se puede evaluar el estado físico de los atletas por medio de los umbrales del metabolismo humano y así poder realizar programas de entrenamiento adecuados a la condición física del atleta. (Dejtjar , 2015)

Uno de estos umbrales es el umbral anaeróbico (UAN), en el cual la creación muscular de lactato rebasa el poder sistémico de ejecutarlo, por lo cual sobrepasarlo ocasiona un incremento exponencial de la BL a lo largo de una prueba de ejercicio incremental con carga invariable (Binder, y otros, 2008).

El UAN hace referencia a la capacidad que tiene el cuerpo de conservar la homeostasis en un ejercicio de alta intensidad, durante periodos prolongados, diferenciando la intensidad de ejercicio sostenible de insostenible. Dicho umbral es importante para mejorar la resistencia y de gran ayuda a la hora de planificar los entrenamientos (Laurent Messonnier, 2013).

La presente monografía es un análisis comparativo a partir de revisiones bibliográficas, para determinar cuáles son los métodos más utilizados para evaluar el UAN en los atletas, tanto en pruebas invasivas como no invasivas, con el fin de

orientar a los entrenadores y atletas de las Unidades Tecnológicas de Santander. De esta manera se incluyan y apliquen aspectos relevantes para finalmente contribuir de manera positiva en el rendimiento a corto, mediano y largo plazo de los deportistas a su cargo. Así mismo, aportar a la línea de investigación de Entrenamiento Deportivo del grupo GICED de las Unidades Tecnológicas de Santander.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La realización de programas de entrenamiento con una buena planificación en la cual se vea la progresión y la mejora en el rendimiento del deportista en un determinado tiempo es un desafío para los profesionales del deporte. Los valores fisiológicos en presencia del ejercicio físico tales como frecuencia cardiaca, acumulación de lactato, intercambio de gases durante la respiración, han sido generados gracias a la indagación científica, siendo de gran relevancia para la planificación (Cano, Rivera , Valadez, Salazar , & Ochoa , 2014).

El UAN es desconocido por los deportistas por lo cual, la fatiga muscular afectara su desempeño. Para evaluar diversos parámetros sobre el UAN se suelen utilizar estudios donde se evidencien los cambios en la frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno, producción de dióxido de carbono, entre otros. Los cambios en estos parámetros mantienen una relación con la perdida de la linealidad del ácido láctico. Por consiguiente, estos parámetros permiten hallar el UAN (Pérez, 2015).

En el momento de seleccionar las pruebas se deben tener en cuenta las características de la población; si son deportistas élite o en formación, población adulta o niños, debido a que en algunos casos los test aplicados son específicos a grupos etarios (García, 2017).

En virtud de la problemática expuesta anteriormente se plantea la siguiente pregunta

¿Cuáles son los métodos más utilizados para evaluar el umbral anaeróbico en los deportistas jóvenes?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Los deportistas desconocen la importancia del UAN, por consiguiente, se limita el rendimiento y mejora del entrenamiento en cada uno de ellos. Al superar la concentración de ácido láctico en la sangre, el deportista se verá afectado por consecuencia llegará a la fatiga muscular, ocasionando un declive en su rendimiento. Para favorecer el rendimiento del deportista es primordial que al momento de alcanzar este umbral sea retardado el mayor tiempo posible, así consiguiendo soportar más tiempo a una intensidad elevada (Laurent Messonnier, 2013). La información que proporciona el umbral anaeróbico de un deportista es de gran ayuda para planificar, evaluar e individualizar permitiendo instaurar distintas zonas e intensidades (Pallares & Navarro, 2012).

La presente investigación se enfocará en analizar diversos métodos de evaluación del UAN y de esta manera conocer el método más efectivo, puesto que es una medida ampliamente utilizada para la planificación del entrenamiento deportivo retardando la aparición de la fatiga muscular. Para tal efecto, se aplican evaluaciones iniciales, intermedias y finales que sean confiables y válidas, permitiendo evaluar la progresión del deportista (Pentón López, y otros, 2018).

Con base en lo anterior, se espera orientar a los entrenadores y atletas de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) en cuanto a los métodos de evaluación del umbral anaeróbico, contribuyendo de manera positiva en el rendimiento a corto, mediano y largo plazo de los deportistas. Igualmente, aportar a la línea de investigación de Entrenamiento Deportivo del grupo GICED de las UTS.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Describir los diferentes métodos de evaluación del umbral anaeróbico aplicados a diferentes deportes.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

-Definir las fuentes bibliográficas primarias y secundarias de consulta, así como las bases de datos pertinentes.

-Revisar la evolución en el uso de los métodos de evaluación del umbral anaeróbico a lo largo del tiempo.

-Distinguir los fundamentos fisiológicos de los métodos de evaluación del umbral anaeróbico.

-Socializar los resultados del método de evaluación del umbral anaeróbico más apropiado para el entrenamiento de los deportistas.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. Bioenergética:

Los seres vivos necesitan de la energía para conservar sus vidas, ésta la encontramos al ingerir alimentos ya sean saludables o no. Cada porción de alimento nos concede la energía que es vital para nuestro cuerpo (Wilmore & Costill, 1994).

En el momento en el que exista una escasez de energía en el cuerpo, los almacenamientos de estas moléculas son usadas como combustible a través de la degradación de hidratos de carbono, lípidos y proteínas.

#### 2.1.1. Hidratos de carbono:

Es considerada una de las grandes fuentes de energía en el cuerpo, aportando aproximadamente 4 Kcal/g, debido a que tienen una combustión fácil el organismo lo utiliza como la principal fuente de energía. Los hidratos de carbono son principalmente diferenciados por su asimilación o si están constituidos por glucosa, fructosa, almidón o galactosa y estos son escogidos basándose de la actividad física o de la hora del día. La mayoría de hidratos carbono son almacenados dentro de los músculos e hígado en forma de glucógeno, éste se almacena en el citoplasma hasta que las células lo utilizan para formar Adenosin Trifosfato (ATP). Sin una adecuada ingesta de ellos, los músculos y el hígado tendrán una escasez de energía. Debido a que no se puede almacenar grandes cantidades de glucógeno, las calorías que sobran serán transformadas en grasas.

Los hidratos de carbono son utilizados progresivamente al realizar un esfuerzo muscular suave a otro agudo, sin necesitar tanto de las grasas. En los ejercicios de

alta intensidad en poca duración los hidratos de carbono son de gran aporte para generar el ATP. Los hidratos de carbono se transforman en glucosa, por ayuda de la sangre se dirigen hacia los tejidos activos y allí se metabolizan. (Wilmore & Costill, 1994) (Legendre, 2018) (De la Plaza, Llanos, Pelayo , Zugasti , & Zuleta , 2013) (Sanz, 2010) (McArdle , Katch , & Katch , 2016)

### **2.1.1.1 Glucógeno:**

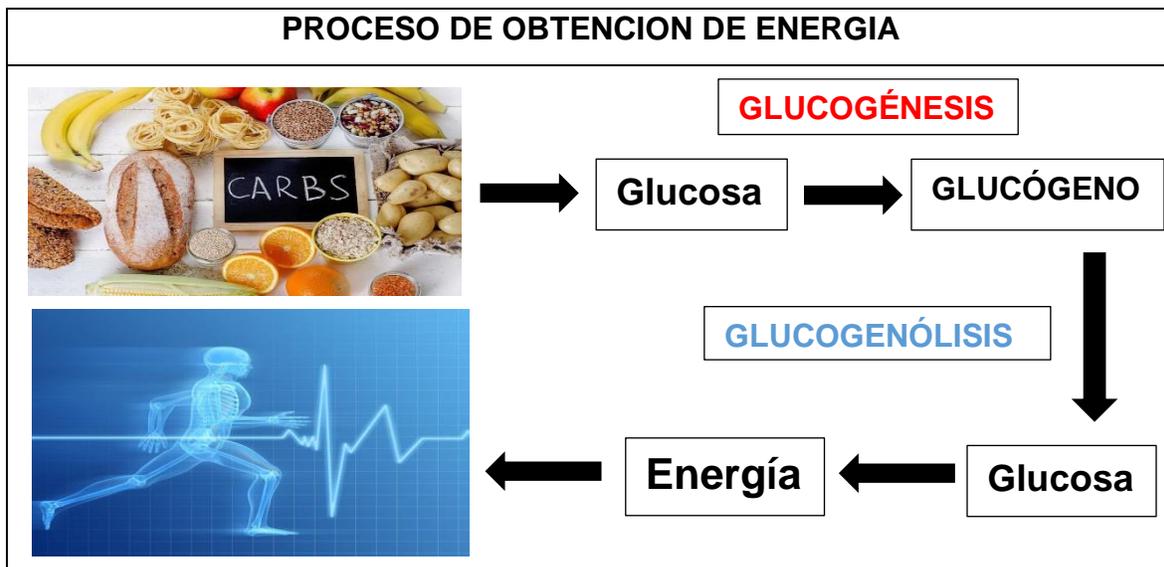
Se define como un polisacárido (biomoléculas compuestas por la unión de una gran variedad de azúcares simples o monosacáridos) de reserva energética conformado por cadenas ramificadas de glucosa (Sánchez , 2017) (Ivy, 2001) (Jentjens & Jeukendrup, 2003).

Los carbohidratos aportan la mayor parte de energía para el organismo, por tanto, pasan por un proceso y se modifican en glucosa para lograr aportar dicha energía, además la glucosa que el cuerpo no utiliza, la concentra en glucógeno para después utilizarla como reserva de energía. Esta transformación de glucosa a glucógeno se da a través del hígado y los músculos y es conocida como la glucogénesis (Sánchez , 2017) (Ivy, 2001) (Jentjens & Jeukendrup, 2003) (Benítez, 2013) (Parada , 2019) (Villaroel Espíndola, 2012).

Los depósitos llenos dejan residuos de glucosa que no lograron ser modificados en glucógeno por ende sufren un cambio y se vuelven grasas (Ivy, 2001) (Jentjens & Jeukendrup, 2003) (Benítez, 2013) (Parada , 2019) (Villaroel Espíndola, 2012).

El hígado es el encargado de transformar los carbohidratos que ingerimos en glucosa para nutrir a las células que lo necesitan, almacenándose como glucógeno (Sánchez , 2017) (Ivy, 2001) (Jentjens & Jeukendrup, 2003) (Benítez, 2013) (Parada , 2019)

Cuando realizamos ejercicio, el glucógeno que se encuentra en el músculo es degradado para convertirse en glucosa y servir como fuente de energía, a este proceso se le conoce como Glucogenólisis. (Sánchez , 2017) (Ivy, 2001) (Jentjens & Jeukendrup, 2003) (Benítez, 2013) (Parada , 2019) (Villaroel Espíndola, 2012).



**Figura 1.** Proceso de obtención de energía a partir de la ingesta de carbohidratos.

En actividades físicas de gran potencia y que impliquen movimientos explosivos continuos los depósitos de glucógeno muscular son de gran importancia, puesto que aportan la mayor cantidad de energía en dichos ejercicios, si estos depósitos se agotan y continuamos con el ejercicio intenso, la glucosa que se encuentra en el hígado se encargara de conservar aquella intensidad que requiere el ejercicio. En llegado caso de agotarse los depósitos de glucosa en el hígado y continuamos con el ejercicio intenso se llegará la fatiga muscular causando el descenso de nuestro ritmo (Sánchez , 2017) (Ivy, 2001) (Jentjens & Jeukendrup, 2003) (Benítez, 2013) (Parada , 2019) (Villaroel Espíndola, 2012).

### **2.1.2. Lípidos:**

Desde el punto de vista molecular los lípidos son un conjunto heterogéneo pero que conservan una peculiaridad: la insolubilidad en medio acuoso y la solubilidad en disolventes orgánicos. Intervienen en diversas funciones orgánicas: depósitos energéticos, hormonal o señalización celular y estructural (membranas). Observando su composición se pueden clasificar en lípidos complejos y lípidos simples. (Malavé Acuña , Méndez Natera, & Figuera Chacín , 2009) (Díaz Díaz, 2011) (McArdle , Katch , & Katch , 2016).

Los principales lípidos son las grasas y aceites, los cuales se encuentran en los alimentos ejerciendo diversas funciones en el organismo y esenciales para la vida, cada gramo (especialmente los triglicéridos) aportan 9Kcal/g lo que lo clasifica en una de las fuentes más importantes en uso tardío del organismo, pero los lípidos únicamente se pueden metabolizarse aeróbicamente (Malavé Acuña , Méndez Natera, & Figuera Chacín , 2009) (Webconsultas, 2020) (Díaz Díaz, 2011) (McArdle , Katch , & Katch , 2016).

#### **2.1.2.1 Grasas:**

Son esenciales en nuestro organismo puesto que realizan numerosas funciones por ende son primordiales en la dieta. A nivel energético son las más importantes para el organismo produciendo unas 9Kcal/g, siendo de gran aporte de energía a la gran parte de células del cuerpo, su consumo de oxígeno es elevado así que su combustión será difícil, por lo tanto, en entrenamientos a intensidades altas nuestro cuerpo deberá excluirlas para que el rendimiento no disminuya.

Basándose en los requisitos energéticos, las grasas pueden ser usadas de modo inmediato o a largo plazo siendo almacenadas en el tejido adiposo en forma de

triglicéridos, existen diferentes grasas y sus funciones varían siendo unas más esenciales y rentables para el organismo que otras (Wilmore & Costill, 1994) (FAO & FINUT, 2012) (Cabezas Zábala, Hernández Torres, & Vargas Zárate, 2016).

Principalmente se dividen en saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas, de hecho, para llevar una sana y adecuada dieta las grasas que tienen mayor importancia y cogen un papel importante son las grasas poliinsaturadas que se presentan en el aceite de oliva, en las nueces y en los pescados. Las grasas que debemos evitar en la dieta puesto que pueden ser peligrosas son las grasas deshidrogenadas o grasas TRANS (Wilmore & Costill, 1994) (Cabezas Zábala, Hernández Torres, & Vargas Zárate, 2016)

### **2.1.3. Proteínas:**

En el procedimiento de la elaboración de energía no son tan determinantes como los hidratos de carbono o los lípidos, debido a que producen alrededor de 4 kcal/g, a nivel energético el organismo las toma en cuenta en actividades que impliquen la realización de esfuerzos prolongados, aportando entre el 15% y el 10% para conservar la energía en dichos ejercicios. Únicamente los aminoácidos (unidad básica de la proteína) se pueden utilizar para lograr la obtención de energía. (Wilmore & Costill, 1994) (Cuevas Velázquez & Covarrubias Robles, 2011) (Martínez O. & Muñoz, 2006) (Sanz, Las proteínas, 2010)

Las biomoléculas más volubles y variadas de la célula son las proteínas, estas tienen como función primordial la construcción de los tejidos y las podemos encontrar en todos los procesos biológicos, lo cual nos muestra la virtud de realizar una gran cantidad de funciones (Benito Peinado, Calvo Bruzos, Gómez Candela, & Iglesias Rosado, 2014).

Numerosos aminoácidos forman las proteínas, asimismo estos se clasifican en esenciales y no esenciales. Los aminoácidos esenciales deberán ser ingeridos en la alimentación puesto que nuestro organismo no es idóneo para producirlas, en cambio los aminoácidos no esenciales nuestro organismo si los puede producir (Wilmore & Costill, 1994) (Cuevas Velázquez & Covarrubias Robles, 2011) (Martínez O. & Muñoz, 2006) (Sanz, Las proteínas , 2010) (Mercedes Vázquez, 2005) (McArdle , Katch , & Katch , 2016) (Benito Peinado , Calvo Bruzos , Gómez Candela , & Iglesias Rosado , 2014).

## 2.2. Equilibrio ácido-base:

Debemos recordar que el PH lo tenemos que tener regulado en nuestro organismo, debido a que, si se hace muy alto o muy bajo, afecta a cualquier órgano, porque las células no funcionan correctamente (no pueden hacer sus funciones vitales), las reacciones enzimáticas se dan lentas, el cuerpo no puede absorber igual las vitaminas, minerales, nutrientes (Paulev & Zubieta , 2005) (Andrew & Murdoch, 2003) (Boron , 2006).

Si se habla concretamente del ser humano tenemos un margen muy estrecho de PH que tenemos que mantener para no enfermarnos: Nivel de pH correcto del cuerpo debe rondar: 7'38 - 7'45, si se aumenta ocurre una alcalosis y si disminuye una acidosis (Paulev & Zubieta , 2005) (Andrew & Murdoch, 2003).

Para preservar el equilibrio del ácido-base por un fluido extracelular y por una compensación de los cambios se utiliza habitualmente lo siguiente:

1) Por la cambiante ventilación alveolar el sistema respiratorio suprime o sostiene el CO<sub>2</sub>, debido a esto el sistema hace modificaciones en la PaCO<sub>2</sub> gas que por el escaso peso molecular y la mayor solubilidad acude sin problemas en los

compartimientos biológicos y en las distintas membranas alterando la Hidrogeno [H+] (Paulev & Zubieta , 2005) (Andrew & Murdoch, 2003) (Boron , 2006).

2) El sistema renal incrementa o reduce la secreción de H<sup>+</sup> y nuevamente absorbe alrededor de un 80% del HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> filtrado a través del túbulo proximal, se tiene la capacidad de reabsorber hasta un 16% por medio del túbulo contorneado distal y por el segmento ascendente grueso, al contrario que el túbulo colector que reabsorbe el 4%, además elabora nuevo bicarbonato por 2 procedimientos, los cuales son la glutamina en el tubo proximal y desde fosfatos en modo de sales neutras que filtran por el glomérulo vinculándose a los h<sup>+</sup> de la luz y elaborando HCO<sub>3</sub>. El bicarbonato es establecido como uno de los más esenciales factores del control metabólico (no respiratorio) del equilibrado acido base (Prendes , Garzón , & Castillo, 2012) (Poupin, Calvez, Lassale, Chesneau, & Tomé, 2012).

El sostenimiento del pH cerca a los valores de reposo se debe al considerable rango de intensidad al practicar un ejercicio y cuando el pH comience a disminuirse en relación opuesta será por intensidades más elevadas. Los responsables de estas variaciones son los sistemas de amortiguación en el cuerpo. Las diversas variables que identifican el pH pueden ser transmitidas en dos (dependientes e independientes) siendo así unos de los más esenciales estudios para comprender las distintas variaciones del equilibrio ácido-base (Jiménez, y otros, 2010).

Para los seres vivos es de gran importancia la conservación del pH del medio interno a través de unos límites estrechos. En los diferentes compartimientos corporales la concentración de hidrogeniones H<sup>+</sup> libres permanecerá fija en unos límites estrechos puesto que las reacciones metabólicas elaboran una gran variedad de ácidos (Calderón , 2007).

Esto se debe a la participación de los amortiguadores fisiológicos que actúan de manera rápida y de esa forma impiden las grandes modificaciones en la concentración de hidrogeniones, e igualmente en los mecanismos de regulación renal y pulmonar, que son los culpables del sostenimiento del pH en el último momento (Koeppen, 2009) (Böning, Maassen, Thomas, & Steinacker, 2001) (McNAMARA & Worthley, 2001).

El pH sanguíneo desde cierta intensidad inicia a bajar en relación inversa, esta es una de las consecuencias principales de una mayor dependencia del metabolismo anaeróbico. La presión parcial de CO<sub>2</sub> atenúa esta disminución. Al alcanzar un valor determinado en la intensidad del ejercicio, la elevación de concentración de ácido láctico en plasma precisa un incremento de la concentración de protones H<sup>+</sup>, con la reducción de la concentración de bicarbonato HCO<sub>3</sub> (Calderón Montero, Legido Arce, Benito Peinado, Peinado Lozano, & Paz Bermúdez, 2005) (Hermansen & Osnes, 1972) (Hultman & Sahlin, 1980) (Wilmore & Costill, 1994).

### **2.3. Metabolismo del ácido láctico:**

El ácido láctico o también llamado lactato se establece como marcador bioquímico cuyo papel biológico ha obtenido más importancia mientras comprendemos su conducta bioquímica, fisiológica, metabólica y fisiopatológica. Al comienzo fue conocido como sustrato nocivo y después, progresivamente fue considerado como una vía importante de sobrevivencia vital y sustrato energético en circunstancias extremas y también en situaciones normales (sistema nervioso central) (Vélez, y otros, 2017).

Tienen como propósito la resucitación hemodinámica en la actualidad, tan primordial, que su caída o subida después de reanimación hemodinámica anticipa la mortalidad y la alta morbilidad (Vélez , y otros, 2017).

Para el metabolismo del ácido láctico se debe tener en cuenta la importancia de la glucosa en el funcionamiento de nuestro cuerpo, podemos recorrer de forma consecuente, separando su recorrido en fases e ir explicando su ruta intracorporal desde que entra al cuerpo mediante la dieta hasta su absorción, metabolismo, almacenamiento y utilización (Guyton & Hall , 2011).

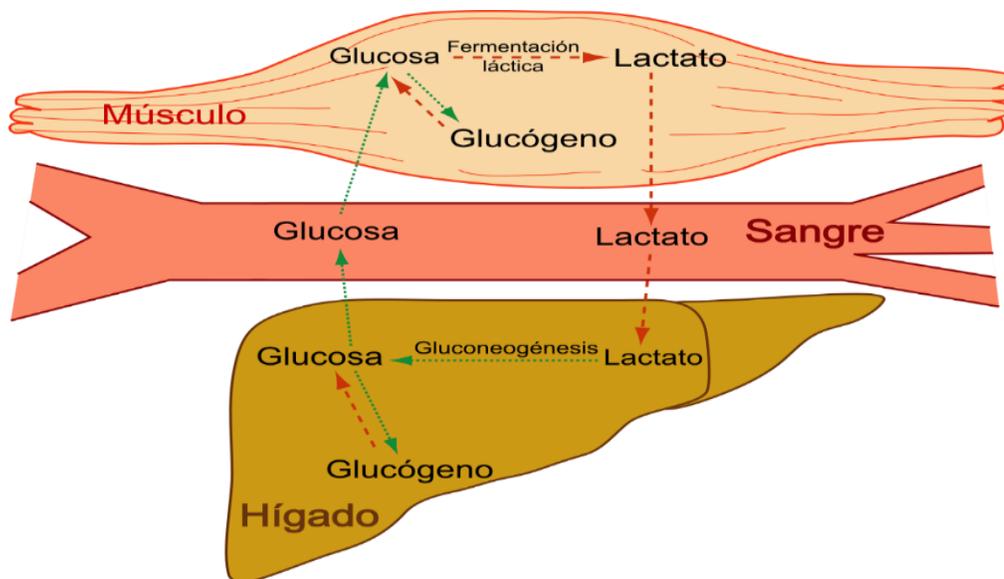
PROCESO I: Como polisacáridos mediante la dieta se ingresan los hidratos de carbono; los que más se conoce son lactosa, almidones y sacarosa; y en menor cantidad son ácido láctico, ácido pirúvico, alcohol, amilosa y glucógeno. La absorción de estas sustancias comienza en la boca por medio de la enzima llamada ptialina (alfa-amilasa); sigue con la amilasa pancreática. De este modo, acabarán en el intestino todos los hidratos de carbono como sacarosa, lactosa y ácido pirúvico, referente a estos sustratos actuarán la maltasa y alfa dextrinasa; se conocen como enzimas intestinales la lactasa y la sacarasa las cuales desdoblan la lactosa y la sacarosa en monosacáridos sencillamente absorbibles: galactosa y fructuosa (menos de 10%) y la glucosa (más de 80%) (Guyton & Hall , 2011).

PROCESO II: Al ser absorbidos los monosacáridos, entran a la célula la glucosa y la proporción de la fructosa y galactosa (que en el hígado se transforman en glucosa) para poder crear energía. En el organismo, la energía se consigue principalmente de la generación celular-mitocondrial de fosfatos con gran energía adenosín trifosfato (ATP) (Guyton & Hall , 2011) (Lieberman & Ricer, 2015).

Para que suceda, la glucosa debe de introducir a la célula y lo realiza mediante difusión facilitada que inicia de una sustancia de mayor concentración a menor

concentración, pero se pospone de la difusión simple puesto que, necesita de una proteína de transmembrana la cual transporta la glucosa. Por consiguiente, la glucosa se introduce al citoplasma celular por medio de difusión FACILITADA (Guyton & Hall , 2011) (Costanzo, 2014).

En el interior del citosol, su carbono 6 (tenemos en cuenta que la formula química de la glucosa es  $C_6H_{12}O_6$ ) se fosforila produciendo GLUCOSA-6-FOSFATO que sucede por acción enzimática de la GLUCOCINASA (en el hígado) y de la HEXOCINASA (en los demás tejidos) ; de este modo, la glucosa no puede salir de la célula porque la unión con el radical fosfato es definitivo, menos en el hígado, epitelio tubular renal y células epiteliales intestinales en el cual la enzima GLUCOSA-FOSFATASA se separa con el radical fosfato permitiendo la salida celular de la glucosa (Guyton & Hall , 2011) (Lieberman & Ricer, 2015).



**Figura 2.** Ciclo de Cori.

Fuente: bioquimicadental.

Teniendo en cuenta al autor (Gladden L. B., 2004) asegura que en presencia de anoxia (la cual es descrita como la ausencia de oxígeno) el lactato es un metabolito anaeróbico, en presencia de dysoxia un metabólico hipóxico y en presencia de O<sub>2</sub>, glucosa y glucógeno un metabólico aeróbico.

De la siguiente manera otros estudios han relacionado la intensidad del ejercicio con la producción de lactato:

Durante los ejercicios de corta duración e intensos la producción de lactato en el músculo es acelerada, la salida del lactato hacia la sangre se debe al aumento del nivel intramuscular, seguidamente, a partir de la sangre de los músculos que trabajan a una baja intensidad o por otros que están en reposo hay una absorción de lactato, durante el descanso (Brooks, 2000) (Richter, Kiens, Saltin, Christensen, & Savard, 1988) (Gladden B., 2000).

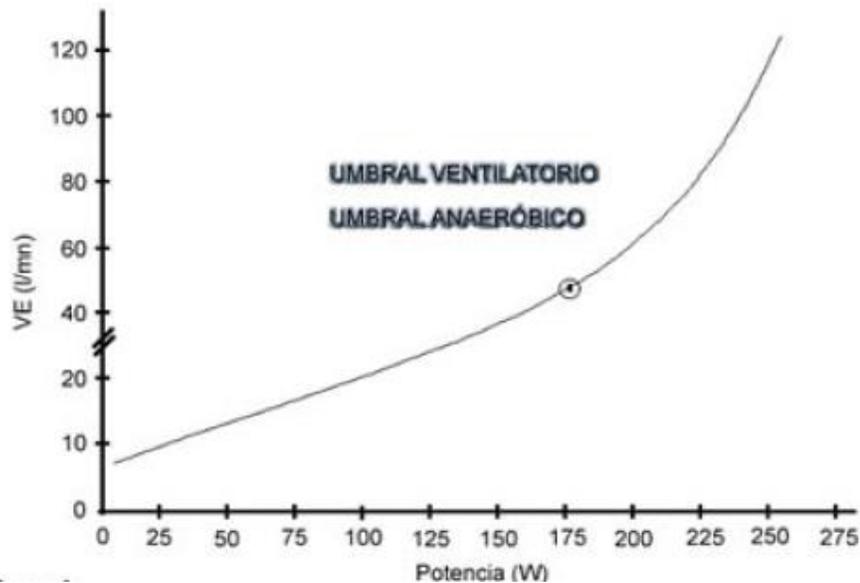
Durante los ejercicios de intensidad moderada, la liberación y producción del lactato se da gracias a las fibras musculares glucolíticas, una cantidad del lactato se dirige a la circulación y lo que sobra a las fibras musculares oxidativas cercanas para que lo oxiden (Baldwin, Campbell, & Cookie, 1977) (Stanley, y otros, 1986) (Brooks, 2000).

Durante los ejercicios de intensidad baja, los músculos pueden reabsorber el lactato que habían liberado al principio, en conclusión, tanto en la actividad física o en reposo el intercambio de lactato es un proceso dinámico (Stanley, y otros, 1986) (Jorfeldt, 1970) (Van Hall, Calbet, Sondergaard, & Saltin, 2020). (Stainsby & Welch, 1966) (Gladden, Crawford, & Webster, 1994) (Brooks, 2000).

## 2.4. Umbral anaeróbico

### 2.4.1. Definición:

El UAN es el punto que divide dos sistemas metabólicos; el anaeróbico y el aeróbico. El UAN interpreta la disminución de la relación lineal de la ventilación pulmonar con el consumo de oxígeno y la carga de trabajo, por lo tanto, tiene concordancia con la BL y al manifestarse una acidosis metabólica, el UAN establece como se aumenta de modo progresivo la acumulación del ácido láctico, al tiempo que la ventilación es incrementada excesivamente en relación al consumo de oxígeno en actividades físicas intensas (figura 3.) (Wasserman & Mcilroy, 1964) (Subiela , 2007) (Simões, Moreira, Moffatt, & Campbell, 2010) (García Cortés, 2017).



**Figura 3.** UAN mediante la relación VE/W.

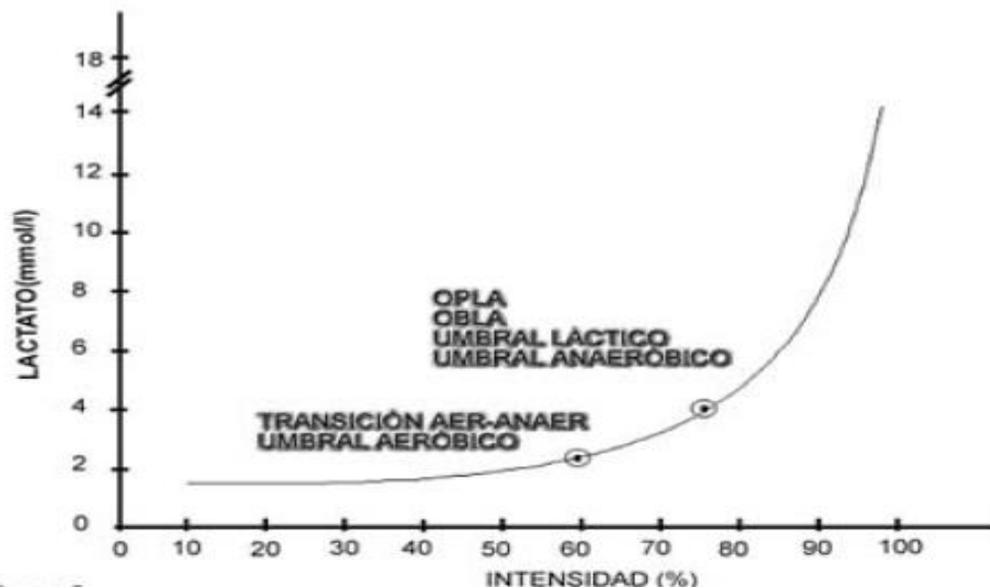
Fuente: Aspectos Fundamentales del Umbral Anaeróbico (2007).

Al determinar el UAN es posible evaluar la aptitud física de los deportistas, por ende, es importante para la mejora del rendimiento deportivo, se considera como un método fiable, con la capacidad de ejercer actividades prolongadas con un buen rendimiento (Sjödin & Jacobs, 1981) (Farrell , Wilmore , Billing , Costill , & Coyle , 1979).

Cuando se realiza alguna actividad física que se encuentre por debajo del umbral anaeróbico, la principal energía se consigue es el oxígeno que los pulmones captan del aire y del glucógeno muscular, en este punto los valores de lactato que el cuerpo produce son fácilmente limpiables por el organismo y no se acumula lactato en la sangre, cuando se realiza alguna actividad física intensa que se encuentre por encima del UAN y se mantiene por un tiempo prolongado, la principal energía “oxígeno” ya no abastece en su totalidad, entonces se comienza a aumentar el glucógeno muscular y en este punto el lactato en sangre se acumula porque el cuerpo ya no es capaz de limpiarlo en su totalidad, en consecuencia llegaremos a la fatiga y a la pérdida del rendimiento.

La determinación de los puntos máximos en los cuales los deportistas puedan mantenerse activos sin ningún cambio significativo en las funciones orgánicas, es establecida como un aspecto importante para instaurar intensidades que el deportista pueda soportar, conservando un rendimiento constante, para lograr un excelente entrenamiento, de la misma forma una progresión óptima (Palacios Portill, 2015).

El limite aeróbico – anaerobico o punto de deflexion se determina cuando la BL es de 4mmol/l.



**Figura 4.** Al nivel de 2mmol/l de lactato: Umbral aeróbico y al nivel de 4mmol/l: Umbral anaeróbico

Fuente: Aspectos Fundamentales del Umbral Anaeróbico (2007).

Los niveles de lactato se conservan fijos con el tiempo, acorde a como se mantiene la intensidad del ejercicio físico donde se lograron esas concentraciones, así mismo las que indican que tienen caracteres individuales. Por consiguiente, si se produce una cantidad mínima de lactato y los niveles alcanzados son superiores, se considera una mayor capacidad aeróbica (Orr , Green , Hughson, & Bennett, 1982).

## FACTORES QUE INFLUYEN EN EL UAN

La aparición temprana o tardía del UAN depende de varios factores, entre ellos podemos mencionar:

1. Masa muscular activa: cuando solo existe la intervención de grupos musculares pequeños, las reservas de lactato en sangre se modifican en poca cantidad, incluso si el metabolismo dominante es el anaeróbico. Por lo tanto, la determinación del umbral depende de la masa muscular implicada en el ejercicio.

2. Composición miotipológica: Una mayor capacidad metabólica aeróbica es determinada por una mayor cantidad de fibras de contracción lenta (ST) y, en consecuencia, un mayor umbral anaeróbico, por ende, un predominio de fibras de contracción rápida (FT) determina un UAN menor.

3. Situación de entrenamiento del sujeto. Si el sujeto tiene un estado óptimo de entrenamiento aumenta el UAN, por tanto, puede mantener el ejercicio intenso más tiempo.

4. Relación del evaluado con el entrenamiento seleccionado: una persona con entrenamientos adecuados tendrá una capacidad aeróbica superior, por ende, permite una excelente eficiencia energética y resistencia a la fatiga, por consiguiente, disminuyen las necesidades de recurrir al metabolismo anaerobio.

5. Estado metabólico (reserva alcalina, concentración de glucógeno, otros): Capacidad de aprovechamiento y mantenimiento del lactato sanguíneo y capacidad de obstrucción del exceso de H por los sistemas amortiguadores sanguíneos.

6. Eco factores (humedad relativa, viento, temperatura)

7. Presencia o ausencia de trastornos cardiorrespiratorios (EPOC, cardiopatía isquémica, asma bronquial)

## EL UAN EN LAS ZONAS DE ENTRENAMIENTO

El progreso del UAN se obtiene gracias a un entrenamiento individualizado, puesto que nos otorga beneficios, alcanzando con una intensidad grande de trabajo una menor elaboración de lactato y una mejor capacidad al eliminarlo, sin llegar a la fatiga.

El UAN nos deja llegar a ritmo de esfuerzos más elevados y a un ritmo definitivo de volumen de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx.) más alto, sin que el lactato se eleve a expensas del progreso de la eficacia del UA.

El UAN es el punto de intensidad en que inicia la acumulación de lactato, siendo el nivel aproximado entre 3-4 mmol/L. Este umbral nos indica dos zonas, el umbral aeróbico considerado como inferior y la potencia aeróbica siendo esta superior. Este indicador es de gran importancia en el deporte de un alto rendimiento, inclusive mayor al  $VO_2$  Max (Pancorbo Sandoval , 2006).

Lo que mejor puede pasar en el deporte competitivo es que el UAN sea alcanzado a un porcentaje mayor del  $VO_2$  máx. desde un entrenamiento con buena planificación y que sea personalizado.

El aumento del UAN se debe a varios factores entre esos a un aumento de las enzimas de los músculos esqueléticos y una superior capacidad de eliminación del lactato procedente de los músculos, asociado al cambio del sustrato metabólico como resultado del ejercicio físico. El efecto primordial es de una baja elaboración de lactato con una igual intensidad del esfuerzo en el entrenamiento, sin que se produzca la fatiga muscular (Pancorbo Sandoval , 2006).

## **2.4.2. Determinación del umbral anaeróbico:**

Existen varios métodos para la determinación del UAN y se clasifican en métodos invasivos, los cuales se calcula, por medio de muestras de sangre, la BL en la que, si se logran 4mmol/l se determina el UAN, puesto que, es considerado como el máximo nivel que el lactato es capaz de conservarse en estado estable, mientras que las condiciones en las que se lograron sean mantenidas constantemente. Se fundamenta la determinación del UAN por los métodos no invasivos, por medio de la variación de la FC o de la conducta de ventilación e intercambio gaseoso a nivel pulmonar, con la carga de trabajo o la intensidad del ejercicio (Wasserman & Mcilroy, 1964) (Orr , Green , Hughson, & Bennett, 1982).

### **2.4.2.1 MÉTODOS INVASIVOS:**

#### **2.4.2.1.1 TEST INCREMENTAL (*Chambers, 2015*).**

En cada fase hay un esfuerzo sostenido de 3 a 4 minutos (min)[ de las siete fases que hay en esté test.

La intensidad inicial tendrá una velocidad de 23km/h la cual equivale a 100 watts (W) con incrementos de 50 W por fase, cada fase dura de 3 o más min en donde el ciclista debe detenerse cuando ya se hayan cumplido los tres min, de 80 a 90 debe ser la cadencia de pedaleo y esta será constante en todas las fases. En cada fase se llegará a desarrollar una potencia de 400 W, el test tendrá una duración de 7 estadios.

Según el autor, las equivalencias de los W con la velocidad de desplazamiento del ciclista se indican en la tabla 1.

<b>Km/h.</b>	<b>WATTS</b>
24	100
29	150
32.5	200
35.5	250
38	300
40.5	350
43	400

**Tabla 1.** Equivalencias entre velocidad de desplazamiento (km/h) y potencia de pedaleo (watts).

La muestra de sangre se extraerá para su análisis en el descanso entre estadios que son 30 segundos (seg), así mismo se anotará la FC y la percepción subjetiva del esfuerzo del deportista (RPE).

#### **2.4.2.1.2 TEST DE CAMPO (*Stegmann & Kindermann, 1982*)**

Es un ejercicio incremental en dónde se empieza a una velocidad de 8 o 10 km/h (depende del nivel del sujeto) y cada 3 min se debe aumentar 2km/h hasta el cansancio o el evaluado no pueda seguir la velocidad establecida.

Cada vez que se aumenta la velocidad, el sujeto debe detenerse un tiempo no mayor de 30 seg dónde se analiza el lactato sanguíneo por medio de una muestra de sangre del lóbulo de la oreja.

Si se quiere realizar en un ergómetro de bicicleta con freno los deportistas en una posición sentada y con las respectivas cargas dependiendo del género del deportista a evaluar a 50 W (femenino) o 100 W (masculino), se añaden 50 W cada 2 min y la muestra de sangre se extrae del lóbulo de la oreja en descanso, al final de cada carga de trabajo, y varias veces durante los 15 min iniciales del período posterior al ejercicio.

#### **2.4.2.1.3 PRUEBA DE CARRERA DE ULTRA-RESISTENCIA POR RELEVOS (Clemente, Muñoz, Ramos , Navarro , & González Ravé, 2010).**

Los 8 sujetos a evaluar tienen que realizar 340 km en un tiempo menor a 24 horas en donde hacen relevos de 20 min y recuperan mientras que los otros sujetos realizan su parte de la prueba.

La prueba consiste en 4 muestras de FC, BL y RPE: antes de comenzar la prueba, la que se hace después de terminar el primer relevo, en la mitad de la prueba y la que se realiza al terminar la prueba.

#### **2.4.2.1.4 Protocolo modificado de MacDougal tipo II (Quintero Burgos, Abril, & Herrera Amaya, 2017).**

Para la realización del test se inicia con 100 W y cada 2 min se debe aumentar de a 50 W hasta llegar a 300 W, posteriormente se aumentó de 25 en 25 W siguiendo el tiempo de 2 min hasta el cansancio o si el testeado no puede mantener la cadencia de pedaleo (entre 70 y 80 rpm).

#### **2.4.2.1.5 Prueba progresiva incremental:**

Con un ergómetro de remo Concept2 y la ayuda de una prueba progresiva incremental hasta la intensidad máxima, se evaluó la densidad de lactato en sangre. Dicha prueba inicio con 150W y la potencia de salida se aumentó en 50 W por cada 3 min. Se examinó el lactato de una prueba de sangre capilar (5 µl) del lóbulo de la oreja al inicio y entre los descansos de 30 seg durante las etapas de 3 min. La prueba incremental fue variando entre 20 y 35 golpes / min (Erdogan , Cetin, Karatosun , & Baydar , 2010).

#### **2.4.2.2 MÉTODOS NO INVASIVOS:**

##### **2.4.2.2.1 TEST DE CONCONI (*Conconi , Ferrari , Ziglio, Droghetti, & Codeca , 1982*):**

Hay diferentes modalidades de realizar el test de Conconi: piscina, cinta, pista o bicicleta, en función de la modalidad deportiva y posibilidades del entrenador escogeremos la opción más adecuada.

El protocolo a seguir en una pista de atletismo, se comienza el test con una velocidad de 10k/h y se debe ir incrementando la velocidad de carrera cada 200 metros (m) en 0.5 km/h hasta que los deportistas no pueden mantener la velocidad o lleguen al agotamiento. (Figura 5.)

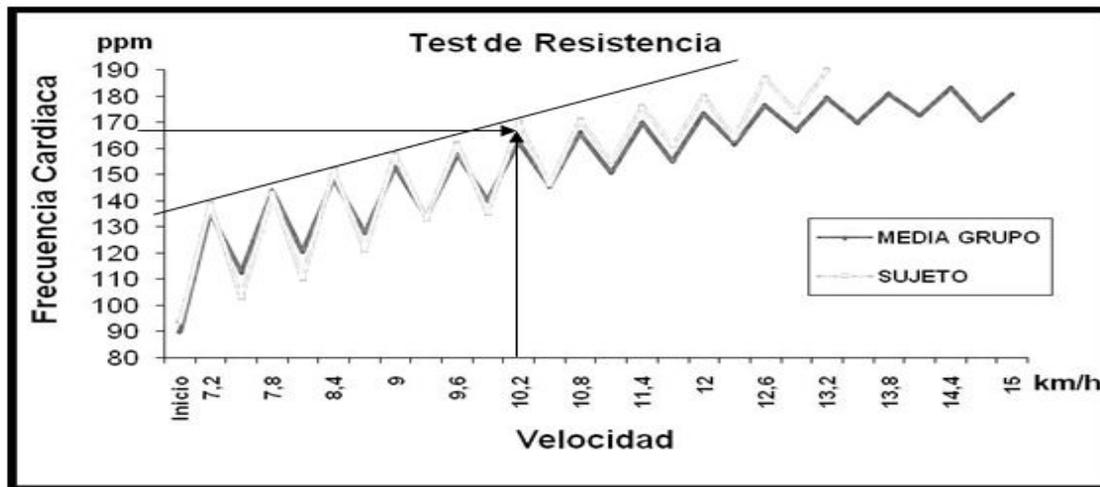


Figura 5. Representación de la FC en el Test de Conconi.

Fuente: Test de Conconi: Determina tu umbral anaeróbico (2013). Sanus Vitae.

Se sigue un protocolo en la piscina realizando fases de 100 m libres, en cada fase de debe descansar 15 seg y disminuyendo 2 o 3 seg por fase, se debe anotar en cada serie el tiempo y la FC, se finaliza el test cuando el deportista no pueda progresar 2 seg entre cada serie y las series que completo se convierten en el referente del estado de forma del atleta.

En una cinta de correr el protocolo a seguir es el siguiente: antes de arrancar con el test tomaremos la FC en reposo. En este caso se comenzó el test a una velocidad de 8 km/h, a los 30 seg se anotan las pulsaciones y al completar el minuto se incrementa la velocidad en 0'5km/h. Se repite este proceso observando la progresión lineal del aumento de la FC. Durante el test existe un momento en el que se incrementa velocidad, pero las pulsaciones registradas no aumentan, en ese instante se finaliza el test.

#### **2.4.2.2.2 ERGÓMETRO DE REMO (ESTIMACIÓN DEL UMBRAL ANAERÓBICO DE REMEROS) (*Erdogan , Cetin, Karatosun , & Baydar , 2010*).**

En el ergómetro de remo fue iniciada la prueba después de un calentamiento durante 5 min, los participantes pudieron decidir la intensidad de la etapa de calentamiento, se inició con una potencia de salida de 75 w y la carga de trabajo subió en 25 w / min hasta llegar al agotamiento, este protocolo de aumento de carga fue gradual para incrementar la FC correspondiente en < 8 beats/ min.

El agotamiento sucedió cuando fueron cumplidos los próximos criterios:

- (1) la FC se aproximó a  $\pm 10$  latidos / min de la FC teórica máxima (220 – edad en años).
- (2) el VO<sub>2</sub> nivelado incluso con un incremento de intensidad.
- (3) se logró una relación de intercambio respiratorio > 1,15.

#### **2.4.2.2.3 PRUEBA DE CARRERA DE OVCHINNIKOV Y KOSMIN (*Martínez López , 2011*).**

Hallar el UAN y la resistencia anaeróbica de una base media y larga duración es uno de los principales objetivos de esta prueba de carrera.

El evaluado estará tras la línea de salida en posición de salida alta o de pie para comenzar la prueba. Con la indicación de inicio el evaluado tendrá que recorrer la máxima distancia posible durante un periodo de 60 seg, este método se realiza cuatro veces con una alternancia de periodos de descanso desde que se realiza el

primer recorrido con tres min de descanso en el segundo recorrido tendrán dos min de descanso y antes que se inicie el último recorrido será de un minuto de descanso.

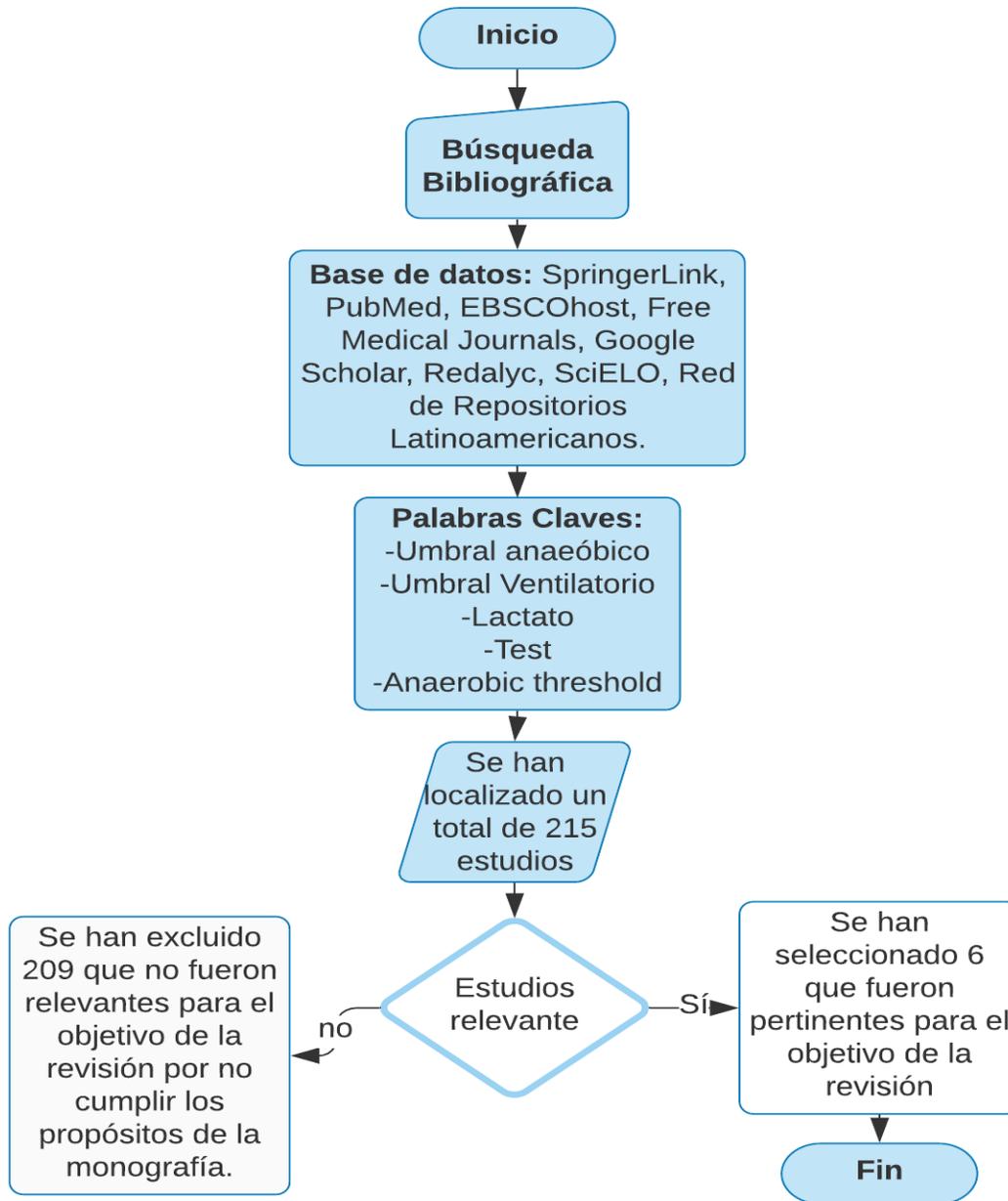
Se anotarán los m recorridos en cada periodo realizado y se realizará una toma de (FC) en un tiempo de dos min antes de comenzar la prueba, si se da el tiempo se realizará una toma en los primeros 15 seg en los min 1,2,3 y 4 de las pruebas subsiguientes e inmediatamente después de dar finalizado el test.

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

#### **Materiales y métodos:**

La presente monografía se llevó a cabo en una búsqueda bibliográfica y selectiva en bases de datos como: SpringerLink, PubMed, EBSCOhost, Free Medical Journals, Google Scholar, Redalyc, SciELO, Red de Repositorios Latinoamericanos; se utilizaron palabras claves como “umbral anaeróbico”, “lactato”, “umbral ventilatorio”, “anaerobic threshold”, “ventilatory threshold”, “anaerobic tests” y en libros clásicos relacionados con el tema. Finalmente, se realizó una revisión analítica de la literatura entre el año 2010 hasta la actualidad y en ese sentido, se seleccionaron las referencias que permitieran profundizar en el análisis sobre los métodos de evaluación del umbral anaeróbico en deportistas.

#### 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



**Figura 6.** Flujograma del desarrollo del trabajo de investigación.

## 5. RESULTADOS

A continuación, se relaciona una tabla de análisis de la evidencia científica relacionada con los métodos de evaluación del umbral anaeróbico.

REFERENCIA	AÑO	MUESTRA	PROTOCOLO	MÉTODO	RESULTADOS
Clemente , Muñoz , Ramos , Navarro & Gónzales.	2010	Se analizaron 8 sujetos.	Carrera de ultra resistencia por relevos. (340 km por relevos de 20')	En la prueba se evaluaron los siguientes elementos:  -FC -RPE -BL	Para concluir, se puede decir que, durante la elaboración de la prueba, no se hallaron diferencias significativas en la RPE y en los valores de la BL, a diferencia de la FC.
Erdogan , Cetin, Karatosun , & Baydar.	2010	22 remeros hombres con nivel tanto nacional como internacional.	-Test progresivo incremental 150W + 50W/3min  -Test conconi: 75W + 25W*min	En la prueba se evaluaron los siguientes elementos:  -FC -BL	El UAN establecido por el punto de deflexión de la FC nos ofrece resultados similares con los establecidos por BL.

Chambers	2015	Se analizó un ciclista	Test incremental con siete fases de duración	En la prueba se evaluaron los siguientes datos:  -Tiempo de las fases -FC -RPE -BL	Después de la aplicación del test se concluye que es apropiado para medir el UAN y se encontró en la 5° fase.
Quintero Burgos, Abril, & Herrera Amaya	2017	Se analizaron ocho hombres ciclistas ruteros	-Test maximal (Protocolo modificado de MacDougal tipo II). 100W + 50W * 2min hasta 300W, en adelante se aumentaba de 25W * 2min hasta el agotamiento.	En la prueba se evaluaron los siguientes datos: -BL -FC	Los deportistas lograron mantener el test a pesar que desde los 100 W. ya estaban en una media de 6,51 mmol/lit. Es decir, por encima del UAN.

**Tabla 2.** Análisis de la evidencia científica relacionada con los métodos de evaluación del umbral anaeróbico.

W – vatios, BL – concentración de lactato en sangre, UAN – umbra anaeróbico, RPE - la percepción subjetiva de esfuerzo, FC – frecuencia cardíaca.

Adicionalmente con la revisión de la literatura se evidencian otros métodos del umbral anaeróbico, los cuales se basan en el comportamiento de la FC y BL.

REFERENCIA	AÑO	NOMBRE	PROTOCOLO	MÉTODO
Martínez López	2011	prueba de carrera de Ovchinnikov y kosmin	El evaluado estará tras la línea de salida en posición de salida alta o de pie para comenzar la prueba. Con la indicación de inicio el evaluado tendrá que recorrer la máxima distancia posible durante un periodo de 60 seg, este método se realiza cuatro veces.	En la prueba se evaluaron los siguientes datos: -FC -Metros recorridos
CrossWork	2018	Test de campo para la medición de lactato en sangre.	Es un ejercicio incremental en dónde se empieza a una velocidad de 8 o 10 km/h (depende del nivel del sujeto) y cada 3 min se debe aumentar 2km/h hasta el cansancio o el evaluado no pueda seguir la velocidad establecida. Si se quiere realizar en un ergómetro de bicicleta con freno, los deportistas con las respectivas cargas dependiendo del género del deportista a evaluar son de 50 W. (femenino) o 100 W (masculino), se añaden 50 W cada 2 min hasta el agotamiento.	En la prueba se evaluaron los siguientes datos: -BL. -FC.

**Tabla 3.** Métodos del umbral anaeróbico basados en el comportamiento de la FC y BL.

## 6. DISCUSIÓN

Mediante la indagación de los artículos originales y de las revisiones bibliográficas se obtuvo la información requerida para la monografía y se anexo con el propósito de lograr un enfoque de los diferentes métodos de valorar el UAN.

El concepto que se obtuvo es que para valorar el UAN existen diferentes formas efectivas. La diversidad de los métodos es porque son el análisis de procesos fisiológicos semejantes con el metabolismo por el cual la homeostasis sufre una pérdida constante y esto ha ocasionado que en cuanto a la terminología del UAN existan confusiones debido a que el mismo umbral está considerado con diversos nombres y esto depende del autor o de que parámetro fisiológico estemos buscando.

La valoración por BL es el método más conocido y a pesar de este reconocimiento se consideran los que valoran el intercambio gaseoso y los relacionados al punto de deflexión de la FC. Además, estos podrían ser convenientes dependiendo de las situaciones en las que realicemos la valoración. Los test utilizados en la monografía mediante las revisiones bibliográficas se abarcan en los que valoran la FC y por BL, muchos test se relacionan entre si dando como conclusión que para valorar el UAN se necesita un test progresivo donde se evidencien las variaciones de la FC o por BL.

## 7. CONCLUSIONES

Por medio de esta revisión bibliográfica se obtuvo una visión general de los diferentes métodos de valoración del UAN, utilizando la información recolectada se evidencian diferentes métodos válidos para la evaluación del UAN, los más utilizados son los métodos que valoran el lactato, puesto que manifiestan una medida directa del estado anaeróbico de la persona. Cuando se habla de análisis de intercambio gaseoso ocasionado en la respiración, su cálculo es costoso y aparatoso, y se realiza especialmente en un laboratorio, sin embargo, nos proporciona datos consistentes y de mayor uso. La recolección de valores por medio de frecuencia cardíaca es algo sencilla y es en nuestro criterio la que más se aconseja para valorar la condición física del deportista y esto se debe a su alta funcionalidad y menor costo.

A partir de la búsqueda encontramos el “test de Conconi”, creado por Francesco Conconi en el año 1980, el cual es utilizado para la medición del estado físico de los deportistas, siendo el más específico para los deportes cíclicos como la natación, el ciclismo o el atletismo, cuyos resultados aportan el informe de la FC de trabajo en la zona del UAN, por ende, este test es el más utilizado para conocer el UAN de los deportistas, debido a que es un método sencillo.

El UAN es una medida ampliamente utilizada para la planificación del entrenamiento deportivo, por lo tanto, se debe dar a conocer en las escuelas de formación deportivas, clubes de alto rendimiento y a todos los deportistas y entrenadores de las selecciones de las UTS, para que apliquen dichos test y logren como resultado una adecuada evaluación y análisis del deportista. De tal manera, se garantizará una oportuna planificación y por consiguiente un desarrollo óptimo del rendimiento deportivo. Así mismo, aportar a la línea de investigación de Entrenamiento Deportivo del grupo GICED de las UTS.

## 8. RECOMENDACIONES

Al inicio de la revisión bibliográfica fue compleja debido a que no se tenía disponibilidad a toda la información, en el desarrollo de la revisión del material encontramos otras palabras claves pertinentes para nuestra monografía lo cual favoreció la búsqueda bibliográfica.

La recopilación de valores por medio de la FC es relativamente sencilla y es, en nuestro criterio, la que más se aconseja para valorar la condición física de los deportistas, en especial el “test de conconi” para evaluar el UAN en deportes cíclicos, debido a su alta funcionalidad y bajo costo.

La información obtenida en esta revisión bibliográfica puede ser idónea para crear guías multidisciplinarias y realizar planificaciones con las que se mejorará el rendimiento de los deportistas.

Se propone a los estudiantes, deportistas y entrenadores que si desconocen del tema se interesen en esta área y continúen investigando, ya sea específicamente literatura en inglés para una revisión más completa, debido a que la literatura en español es escasa.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrew, D., & Murdoch, I. (2003). Understanding acid--base balance. *Current Paediatrics*, 513-519.
- Baldwin, K., Campbell, P., & Cookie , D. (1977). Glycogen, lactate, and alanine changes in muscle fiber types during graded exercise. *American Physiological Society*, 43(2), 288-291.
- Benítez, J. A. (03 de 05 de 2013). *El glucógeno, nuestra fuente de energía (I)*. Obtenido de <https://www.jabefitness.com/el-glucogeno-nuestra-fuente-de-energia-i/>
- Benito Peinado , P. J., Calvo Bruzos , S. C., Gómez Candela , C., & Iglesias Rosado , C. (2014). *Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte* . Madrid : UNED.
- Binder, R. k., Wonisch, M., Corra, U., Cohen-Solal, A., Vanhees, L., Saner , H., & Schmid, J. P. (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Preventive Cardiology*, 15, 726-734. doi:10.1097/HJR.0b013e328304fed4
- Böning, D., Maassen, N., Thomas, A., & Steinacker , J. (2001). Extracellular pH Defense Against Lactic Acid in Normoxia and Hypoxia Before and After a Himalayan Expedition. *springer verlag*, 84, 78-86.
- Boron , W. (2006). Acid-Base Transport by the Renal Proximal Tubule. *American Society of Nephrology*, 17(9), 2368-2382. doi:10.1681/ASN.2006060620
- Brooks, G. (2000). Intra- and extra-cellular lactate shuttles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(4), 790-799. doi:10.1097/00005768-200004000-00011
- Cabezas Zábala, C. C., Hernández Torres, B. C., & Vargas Zárata, M. (30 de 03 de 2016). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(4), 761-8. Obtenido de Fat and oils: Effects on health and global regulation: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v64n4/0120-0011-rfmun-64-04-00761.pdf>

Calderón , J. (2007). *Fisiología aplicada al deporte* (2ª EDICION ed.). Madrid: TÉBAR.

Calderón Montero, F., Legido Arce , J., Benito Peinado , P., Peinado Lozano , A., & Paz Bermúdez, A. (2005). ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL ESTADO ÁCIDO-BASE DURANTE. *Archivos de medicina del deporte*, 12(109), 397-405. Obtenido de [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Revision\\_acido-base\\_397\\_109.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Revision_acido-base_397_109.pdf)

Cano, J., Rivera , M., Valadez, J., Salazar , J., & Ochoa , F. (2014). VALIDACIÓN DEL UMBRAL ANAERÓBICO A TRAVÉS DEL CONTROL DEL ÁCIDO LÁCTICO, FRECUENCIA CARDIACA Y ESCALA DE BORG. *Revista de Ciencias del Ejercicio FOD*, 9(9), 2007-8463. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/247101>

Chambers, R. (2015). *Determinación del Umbral de Lactato en Triatletas: Aplicaciones Para el Entrenamiento*. Obtenido de PubliCE: <https://g-se.com/determinacion-del-umbral-de-lactato-en-triatletas-aplicaciones-para-el-entrenamiento-1887-sa-857cfb2725e054>

Clemente, V., Muñoz, V., Ramos , D., Navarro , F., & González Ravé, J. (2010). Destrucción muscular, modificaciones de frecuencia cardiaca, lactato y percepción subjetiva de esfuerzo en una prueba de carrera por relevos de ultra-resistencia de 24 horas. *European Journal of Human Movement*, 24, 29-37.

Conconi , F., Ferrari , M., Ziglio, P., Droghetti, P., & Codeca , L. (1982).etermination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *American Physiological Society*, 52(4), 869-873.

Costanzo, L. (2014). *Fisiología* (5ta. ed ed.). Madrir: Elsevier. Obtenido de <http://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/03/986636/metro-junio-out-2017-1-25-29.pdf>

- Cuevas Velázquez, C. L., & Covarrubias Robles, A. A. (2011). Las proteínas desordenadas y su función: una nueva forma de ver la estructura de las proteínas y la respuesta de las plantas al estrés. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 14(2), 97-105.
- De la Plaza, M., Llanos, P., Pelayo, M. S., Zugasti, B., & Zuleta, Á. (6 de 2013). Revisión actualizada de los Hidratos de Carbono. *Actualización en nutrición*, 14(2), 88-107. Obtenido de Su implicancia en el tratamiento nutricional.: [http://www.revistasan.org.ar/pdf\\_files/trabajos/vol\\_14/num\\_2/RSAN\\_14\\_2\\_88.pdf](http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_14/num_2/RSAN_14_2_88.pdf)
- Dejtjar, D. L. (2015). *REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA*. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2503/1/Dejtjar%20%20Pitov,%20David%20Leandro.pdf>
- Díaz Díaz, J. L. (2011). Los lípidos. Fisiología, patología y dianas terapéuticas. *GALICIA CLÍNICA*, 72(1), 1-44.
- Díaz, M. J., Serrano Lázaro, A., & Mesejo Arizmendi, A. (2014). Proteínas en nutrición artificial. *SENPE*, 8(3), 91-108. doi:10.7400/NCM.2014.08.3.5021
- Erdogan, A., Cetin, C., Karatosun, H., & Baydar, M. (2010). Non-invasive Indices for the Estimation of the Anaerobic Threshold of Oarsmen. *The Journal of International Medical Research*, 38(3), 901-915. doi:10.1177/147323001003800316
- FAO, & FINUT. (2012). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana*. Granada : Estudio FAO alimentación y nutrición . Obtenido de <http://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf>
- Farrell, P., Wilmore, J., Billing, J., Costill, D., & Coyle, E. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports*, 11(4), 338-44.
- García Cortés, L. (2017). *Estudio de la capacidad aeróbica, variables antropométricas y sus determinantes en deportistas adolescentes de Madrid*,

*factores diagnósticos y pronósticos de salud.* Obtenido de  
<https://eprints.ucm.es/41274/1/T38414.pdf>

Gladden , B., Crawford, R., & Webster , M. (1994). Effect of lactate concentration and metabolic rate on net lactate uptake by canine skeletal muscle. *American Journal of Physics*, 266(4), 1095-1101. doi:10.1152/ajpregu.1994.266.4.R1095

Gladden, B. (2000). Muscle as a consumer of lactate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(4), 764-771. doi:10.1097/00005768-200004000-00008

Gladden, L. B. (2004). Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *TOPICAL REVIEW*, 558(1), 5-30. doi:10.1113/jphysiol.2003.058701

Guyton, A., & Hall , J. (2011). *Tratado de fisiología médica* (12<sup>a</sup> ed. ed.). Madrid: Elsevier. Obtenido de <http://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/03/986636/metro-junio-out-2017-1-25-29.pdf>

Hermansen, L., & Osnes, J. (1972). Blood and Muscle pH After Maximal Exercise in Man. *Journal of Applied Physiology*, 32(3), 304-308. doi:10.1152/jappl.1972.32.3.304

Hultman, E., & Sahlin, K. (1980). Acid-base Balance During Exercise. *Exerc Sport Sci Rev*, 8, 41-128.

Ivy, J. L. (2001). Dietary Strategies to Promote Glycogen Synthesis After Exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(S1), S236-S245. Obtenido de <https://sci-hub.tw/10.1139/h2001-058>

Jentjens , R., & Jeukendrup, A. E. (2003). Determinants of Post-Exercise Glycogen Synthesis During Short-Term Recovery. *Adis Data Information BV*, 33(2), 117-144.

Jiménez, E., Ramos, J., Montoya, J., Segovia, J., López, f., & Calderón, f. (2010). Estudio del equilibrio ácido base durante la realización de un test de campo máximo en futbolistas profesionales. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud*, 7-21.

- Jorfeldt, L. (1970). Turnover of 14c- l(+)-lactate in human skeletal muscle during exercise. *Acta Physiol*, 67.
- Koeppen, B. (2009). The kidney and acid-base regulation. *American Physiological Society*, 33(4), 132-141. doi:10.1152/advan.00054.2009
- Kuipers, H., Keizer, A., Vries, T., Rijthoven, P., & Wijts, M. (1988). Comparison of heart rate as a non-invasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. *Journal of Applied Physiology*, 58(3), 303-306. doi:10.1007/BF00417267
- Laurent Messonnier, C.-A. e. (4 de April de 2013). Lactate Kinetics at the Lactate Threshold in Trained and Untrained Men. *Journal of Applied Physiology*, 1593-1602. Obtenido de <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00043.2013>
- Legendre, M. (2018). *Fuentes de Energía en el cuerpo humano*. Obtenido de <https://www.zagrossports.com/fuentes-de-energia-en-el-cuerpo-humano/>
- Lieberman, M., & Ricer, R. (2015). *Bioquímica, Biología Molecular y Genética* (6.<sup>a</sup> ed.). Barcelona: Wolters Kluwer.
- Malavé Acuña, A. d., Méndez Natera, J. R., & Figuera Chacín, Y. J. (2009). Lípidos, alimentos y sus suplementos en la salud cardiovascular. I. Fuentes marinas. *UDO Agrícola*, 9(4), 711-727. Obtenido de file:///D:/Downloads/Dialnet-LipidosAlimentosYSusSuplementosEnLaSaludCardiovasc-3393572.pdf
- Martínez López, E. (2011). *Pruebas de aptitud física* (2a. ed. ed.). Barcelona: Paidotribo. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/uts/titulos/114906>
- Martínez O., A., & Muñoz, V. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 01-14.
- Matthew Laurent, C., Meyers, M. C., Robinson, C. A., & Matt Green, J. (2007). Cross-validation of the 20- versus 30-s Wingate anaerobic test. *European Journal of Applied Physiology*, 645-651. doi:10.1007/s00421-007-0454-3
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2016). *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Madrid : McGrawHillEducation.

- McNAMARA, J., & Worthley, L. (2001). Acid-Base Balance: Part I. Physiology. *Crit Care Resusc*, 3(3), 181-187.
- Oded , B.-O. (1993). *Test Anaeróbico Wingate*. Obtenido de PubliCE: <https://g-se.com/test-anaerobico-wingate-259-sa-h57cfb2711fd82>
- Orr , G., Green , H., Hughson, R., & Bennett, G. (1982). A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, 52(5), 1349-1352.
- Palacios Portill, A. S. (2015). *Determinación del umbral anaeróbico en nadadores/as principiantes y avanzados de la asociación de natación de pichincha en el distrito metropolitano de quito, con el fin de establecer zonas de entrenamiento durante el periodo de julio a octubre del 2015*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9851/TESIS%20NACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pallares, J., & Navarro, R. (2012). *Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria* . Obtenido de [http://journalshr.com/papers/Vol%204\\_N%202/V04\\_2\\_3.pdf](http://journalshr.com/papers/Vol%204_N%202/V04_2_3.pdf)
- Pancorbo Sandoval , A. (2006). *Medicina y ciencias del deporte y actividad física*. Madrid: Ergon.
- Parada , R. (2019). *Glucógeno: estructura, síntesis, degradación, funciones*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/glucogeno/#Referencias>
- Paulev, P., & Zubieta , C. (2005). Essentials in the diagnosis of acid-base disorders and their high altitude application. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 56(4), 155-170. Obtenido de <https://zuniv.net/pub/Acid-Base.pdf>
- Pentón López, J. L., Padillas Frías, A., Caveda, D., Zaballa González, M. d., Calero Morales, S., & Vaca García, M. (2018). Estudio del umbral anaeróbico en ciclistas, categoría 14-15 años. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(4), 1-11. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2018/cib184b.pdf>

- Pérez, J. (2015). *Metodologías de valoración del umbral anaeróbico aplicado al atletismo de fondo*. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/1903/1/Jos%C3%A9%20Serrano%20P%C3%A9rez..pdf>
- Poupin, N., Calvez, J., Lassale, C., Chesneau, C., & Tomé, D. (2012). Impact of the diet on net endogenous acid production and acidebase balance. *Elsevier*, 31(3), 313-321. doi:10.1016/j.clnu.2012.01.006
- Prendes, L., Garzón, R., & Castillo, F. (2012). *Basaes moleculares de la vida*. Bogotá: UNIVERSIDAD DEL ROSARIO.
- Quintero Burgos, R. I., Abril, F. M., & Herrera Amaya, G. M. (02 de 12 de 2017). Lactato sanguíneo a partir de biomarcadores salivales. Un estudio con indicadores fisiológicos en ciclistas de la ciudad de Tunja (Colombia) durante prueba de esfuerzo. *Archivos de Medicina*, 17(2), 379-390. doi:10.30554/archmed.17.2.2408.2017
- Ribeiro, J., Fielding, R., Hughes, V., Black, A., Bochese, M., & Knuttgen, H. (1985). Heart Rate Break Point May Coincide with the Anaerobic and Not the Aerobic Threshold. *Journal of Sports Medicine*, 06(04), 220-224.
- Richter, E., Kiens, B., Saltin, B., Christensen, N., & Savard, G. (1988). Skeletal muscle glucose uptake during dynamic exercise in humans: role of muscle mass. *American Physiological Society*, 254(5), E555-E561. doi:10.1152/ajpendo.1988.254.5.E555
- Salazar, R., Calvo, F., Valencia Arango, L., Montoya, M., Barbosa, O., & Hincapié, V. (2015). Equilibrio ácido-base: el mejor enfoque clínico. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 43(3), 219-224.
- Sánchez, D. (2017). *Glucógeno y Deporte. Un gran depósito de Energía*. Obtenido de <https://www.entrenasalud.es/glucogeno-y-deporte-un-gran-deposito-de-energia/#:~:text=Cuando%20realizas%20un%20esfuerzo%20f%C3%ADsico,muy%20limitadas%20y%20pueden%20agotarse>.
- Sanz, I. T. (2010). Las proteínas. *VIVEsano*, 3(3866), 1-4.

- Sanz, I. T. (2010). Los hidratos de carbono. *vivesanoescuela*, 2(3862), 1-4.
- Silverthorn , D. U. (2009). Fisiología Humana. En D. U. Silverthorn, *Fisiología Humana* (pág. 803). Panamericana.
- Simões, H., Moreira, S., Moffatt, R., & Campbell, C. (2010). Methods to Identify the Anaerobic Threshold for Type-2 Diabetic and Non-Diabetic Subjects. *Sociedade Brasileira de Cardiologia*, 94(1), 71-78. doi:10.1590/s0066-782x2010000100012
- Sjödín, B., & Jacobs, I. (1981). Onset of Blood Lactate Accumulation and Marathon Running Performance. *Georg Thieme Verlag Stuttgart*, 02(01), 23-26. doi:10.1055/s-2008-1034579
- Stainsby, W., & Welch , H. (1966). Lactate metabolism of contracting dog skeletal muscle in situ. *American journal of physics*, 211(1), 177-183. Obtenido de <https://sci-hub.tw/10.1152/ajplegacy.1966.211.1.177>
- Stanley , W., Gertz , E., Wisneski, J., Neese , R., Morris, L., & Brooks , G. (1986). Lactate extraction during net lactate release in legs of humans during exercise. *American Physiological Society*, 60(4), 1116-1120.
- Stegmann, H., & Kindermann, W. (1982). Comparison of Prolonged Exercise Tests at the Individual Anaerobic Threshold and the Fixed Anaerobic Threshold of 4 mmoll Lactate\*. *Journal of Sports Medicine*, 03(02), 105-110. doi:10.1055/s-2008-1026072
- Subiela , J. (2007). Aspectos Fundamentales del Umbral Anaeróbico. *VITAE*, 1-10.
- Van Hall, G., Calbet, J., Sondergaard, H., & Saltin, B. (2020). Similar carbohydrate but enhanced lactate utilization during exercise after 9 wk of acclimatization to 5,620 m. *American Physiological Society*, 283(6), E1203-E1213. doi:10.1152/ajpendo.00134.2001
- Vélez , J. L., Montalvo , M., Velarde , G., Vélez, P., Jara, F., & Paredes, J. (2017). Fisiología, bioquímica y metabolismo del ácido láctico: revisión de la literatura. *Metro Ciencia*, 25(2), 27-31.

- Villaroel Espíndola, F. D. (11 de 12 de 2012). *Regulación del metabolismo del glucógeno testicular y su posible relación con apoptosis de células germinales masculinas*. Obtenido de [http://repositorio.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/180787/VILLARROEL\\_FRANZ\\_1950D.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/180787/VILLARROEL_FRANZ_1950D.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Wasserman, K., & Mcilroy, M. (1964). Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients During Exercise. *American Journal of Cardiology*, 14(6), 844-852. doi:10.1016/0002-9149(64)90012-8
- Webconsultas. (2020). Lípidos o grasas. *Webconsultas*, 1-3.
- Wilmore , J. H., & Costill, D. L. (1994). *Fisiología del esfuerzo y el deporte* (3 ed.). Barcelona: Paidotribo .