

DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA ENFOCADA AL ESTUDIO DEL METABOLISMO DEL EJERCICIO A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE ESTUDIANTES DE LICENCIATURA EN DEPORTES DE LA UPN

Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Química

AUTOR

ANDRÉS AMAYA RICO

DIRECTOR

YAIR ALEXANDER PORRAS CONTRERAS
Doctor en innovación e Investigación en Didáctica

CODIRECTOR

JUAN TORRES
Magíster en Docencia de la Química

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2018**

DEDICATORIA

*“Para aquellos que fueron parte del inicio de este viaje llamado vida,
pero por azares de la misma ya no se encuentran entre nosotros.
Aquellos que sin duda alguna dejaron su esencia en mí y se
convirtieron en esa luz de cambio, motivación y lucha de superación
diaria”.*

Agradecimientos

*A mi familia. Mi madre **Liliana Rico**, mi abuela **Marina Molano**, mi “enana” hermana **Valentina**. Mis tres mujeres que me han apoyado de manera incondicional en cada etapa de mi vida, en cada proyecto, en cada acierto y en cada agravio. Que de manera cariñosa pero severa siempre me han motivado en salir adelante, en convertirme en mejor persona día a día. Pero sobre todo siempre me han impulsado a seguir mis sueños.*

*A mi director de trabajo de grado el profesor **Yair Porras** quien confió en mí, no desistió, ni abandono este proyecto sin importar las dificultades que se pudieron presentar.*

*Al profesor **Juan Torres** por sus aportes al proyecto, sus consejos, su conocimiento, pero más importante por su exigencia.*


A todos aquellos docentes de la UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL que hicieron parte de mi formación profesional y que contribuyeron de una u otra forma en la realización de este proyecto.

*A mis profes de practica **Zoraida Llanos, Raquel Paz Y Angela Ortiz**. Que me enseñaron que ser docente va más allá que un aula de clase y que para convertirse en uno se requiere de entrega, compromiso, lucha y dedicación.*

*A mis amigos, colegas y furto colegas. **Paola Galindo** por sus consejos y amistad incondicional, **Laura Velandia** por su apoyo en la realización de este trabajo, **David Marconi, Jonathan Arango, Cristian Taborda, Carlos Ramos, Andrea Suarez, Ketherine Restrepo, Kelly Arias, Ketherine Martínez** por hacer esta etapa universitaria mas amena.*

A todos.

¡GRACIAS!

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>EXCELENCIA EN LA EDUCACIÓN</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 111	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Diseño de una unidad didáctica enfocada al estudio del metabolismo del ejercicio a partir de la caracterización bioquímica de estudiantes de licenciatura en deportes de la UPN
Autor(es)	Andrés Amaya Rico
Director	Dc. Yair Alexander Porras Contreras
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2019. 111 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	Unidad Didáctica, Caracterización Bioquímica, Metabolismo del ejercicio

2. Descripción
<p>El trabajo de grado se presenta como propuesta que permite una integración disciplinar entre el estudio de la bioquímica y su aplicabilidad en la ciencia del deporte y la actividad física. Mediante la aplicación de la temática de caracterización bioquímica de deportistas, como eje integrador, se pretende generar una línea de trabajo promisoria para fomentar la articulación entre diferentes disciplinas, las cuales tienen como punto de encuentro la formación de profesores en el campo de la bioquímica del ejercicio. El trabajo se realiza siguiendo los lineamientos metodológicos de una investigación mixta, Siguiendo un enfoque investigativo correspondiente a un estudio de caso. Con el fin de diseñar una propuesta de unidad didáctica la cual esta enfocada al estudio bioquímico del metabolismo del ejercicio y dirigida a estudiantes de la licenciatura en deporte de la Universidad Pedagógica Nacional, en donde se relacionan conceptos disciplinares del deporte y la actividad física con el área de bioquímica, forma tal que se contribuya en la complementación de saberes y en la formación profesional de los estudiantes adscritos a la licenciatura en Deporte</p>

3. Fuentes

- Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). (2006). Extremadura: Universidad de Extremadura.
- Aguado, M. (s.f.). REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: MÉTODOS DE DETERMINACIÓN Y UTILIDAD DE LOS UMBRALES AERÓBICO Y ANAERÓBICO. España: Universidad de Navarra.
- Ahumada, F. (24 de Mayo de 2013). *Utilidad de la Valoración Fisiológica y Bioquímica del Deportista de Resistencia: Valoración del Estado Nutricional y Control del Entrenamiento Deportivo*. Obtenido de G-SE: <https://g-se.com/utilidad-de-la-valoracion-fisiologica-y-bioquimica-del-deportista-de-resistencia-valoracion-del-estado-nutricional-y-control-del-entrenamiento-deportivo-bp-S57cfb26d3ff5d>
- Álvarez, J. (2014). Tesis de Maestría. *Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio*. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Alvarracin, M. (2018). Tesis de Pregrado. *Determinación De CK Total, Ck-Mb Y Ldh En Los Deportista De 14 A 18 Años De La Federación Deportiva Del Cañar. 2017*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Alvero, J., Cabañas, M., Herrero, A., Martínez, L., Moreno, C., Porta, J., . . . Sirvent, J. (2009). Protocolo De Valoración De La Composición Corporal Para El Reconocimiento Médico-Deportivo. Documento De Consenso Del Grupo Español De Cineantropometría De La Federación Española De Medicina Del Deporte. *Revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 26(131), 166-179.
- Andreato, V., Franchini, E., de Moraes, S., Pastorio, J., da Silva, D., Esteves, J., . . . Machado, F. (2013). Physiological and Technical-tactical Analysis in Brazilian Jiu-jitsu Competition. *Asian Journal of Sports Medicine*, 137- 143.
- Arratibel, I. (2013). Tesis Doctoral. *COMPARACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DEL UMBRAL ANAERÓBICO INDIVIDUAL Y SU EQUIVALENCIA CON EL MÁXIMO ESTADO ESTABLE*. Vitoria- Gasteiz, España: Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea .
- Arratibel, I. (2013). Tesis Doctoral . *comparación de diferentes métodos para el cálculo del umbral anaeróbico individual y su equivalencia con el máximo estado estable*. Vitoria, Gasteiz, España: Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Ávila, A. (2012). Tesis de Maestría. *Metabolismo del Ejercicio; Propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la glucólisis y el ciclode Krebs*. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Aymard, A., Aranda, C., & Di Carlo, M. (2013). Estudio de parámetros bioquímicos en jugadores de fútbol de élite. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 101-111.
- Ballesteros, M. (2017). *Universidad Pablo de Olavide*. Obtenido de Bioquímica de la Actividad Física y del Deporte Guía docente: https://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/fdep/alumnos/Guias_Docentes/Guias_Docent

es_2016_2017/1468325206442_601015_-
_bioquímica_de_la_actividad_física_y_del_deporte.pdf

- Bautista, V. (Marzo de 2002). Tesis de Maestría. *Comportamientos de los niveles de lactato sanguíneo en presencia de pirofosfato de tiamina en personas sedentarias sujetas a una actividad física moderada*. Colima, Mexico: Universidad de Colima .
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica*. Barcelona: Paidotribo.
- Calderón, F., Benito, P., Melendez, A., & González, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte* , 65-87.
- Calderón, J. (2007). *FISIOLOGÍA DEL DEPORTE*. Madrid : Tébar, S.L.
- Cañadillas, J. (Febrero de 2012). Tesis Doctoral. *Evolución de la potencia de piernas en sucesivos combates de taekwondo*. Granda, España: Universidad de Granada.
- Cardozo, L., Vera, D., Conde, O., & Yáñez, C. (2017). Aspectos fisiológicos de deportistas de elite de taekwondo: Una Revisión narrativa. *REVISTA ESPAÑOLA DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES*, 35-46.
- Carrera, A. (2012). *Bioquímica en la Cultura Física. Un medio de enseñanza para el aprendizaje de la bioquímica*. Obtenido de efdeportes.com: <http://www.efdeportes.com/efd171/bioquímica-en-la-cultura-física.htm>
- Casajús, J., Piedrafita, E., & Aragonés, M. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, , 217-231.
- Castro, W., & Godino, J. (2011). Métodos mixtos de investigación en las contribuciones a los simposios de la SEIEM. En M. Marín, G. Fernández, L. Blanco, & M. Palarea, *Investigación en Educación Matemática* (págs. 99-116). Ciudad Real: Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM.
- Cerda, H. (1991). *Capítulo 7: Medios, Instrumentos, Técnicas y Métodos en la Recolección de Datos e Información*. Bogotá: El Buho.
- Conteúdo Sports Resource Group, Inc. (20 de Abril de 2011). *Lactate.com*. Obtenido de Pruebas de Estado Fijo: <http://www.lactate.com/petesbas.html>
- da Silva, B., Marocolo, M., de Monteiro, G., Junior, L., M, d. M., Mendes, E., & Da Mota, G. (2013). Blood Lactate Response After Brazilian Jiu-Jitsu Simulated Matches. *Journal of Exercise Physiology Online*, 63-67.
- Díaz, A. (2010). CRITERIOS DE APLICACIÓN DEL CONTROL DE LACTATO EN LOS TESTS DE CAMPO. En C. S. DEPORTES, *Análisis, valoración y monitorización del entrenamiento de alto rendimiento deportivo* (págs. 271-296). Madrid: Subdirección General de Deporte y Salud.

- Díaz, J. (2015). Tesis Doctoral . *Aspectos Físicos y Fisiológicos Determinantes en Brazilian Jiu-Jitsu y la Utilización de la Cafeína como Ayuda Ergogénica*. Toledo , España: Universidad de Castilla- la Mancha .
- Díaz-Barriga, F., Lule, M., Pacheco, D., Saad, E., & Rojas-Drummond, S. (2008). *Metodología de Diseño Curricular para Educación Superior*. Mexico D.F: Trillas.
- Doeven, S., Brink, M., Kosse, S., & Lemmink, K. (2018). Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: a systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. doi:10.1136/bmjsem-2017-000264
- Esteve, J. (2007). Tesis Doctoral. *Periodización y control del entrenamiento en corredores de fondo*. Madrid, España: Universidad Europea de Madrid.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 469-490.
- Fernández, A. (2009). *El diseño curricular. La práctica curricular y la evaluación curricular*. Obtenido de Universidad Autonoma del Estado de Morelos: http://sistemas2.dti.uaem.mx/evadocente/programa2/Psic009_13/documentos/06%20DISENO%20Y%20EVALUACION%20CURRICULAR.pdf
- Franchini, E., Bezerra, P., Oliveira, R., Souza, L., & Oliveira, D. (2005). Concentração de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e força de preensão manual durante um combate de jiu-jitsu. *Corpoconsciência*, 21-19.
- Gambke, B., Berg, A., Fabian, K., Francaux, M., Haber, P., Hartmann, U., . . . Berger, D. (1997). Multicenter evaluation of a portable system for determining blood lactate. *J Lab Med*, 250-256.
- Giraldo, J., & Nieto, C. (09 de 2018). *Transición aeróbica- anaeróbica*. Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira : <http://academia.utp.edu.co/basicasyaplicadas/files/2018/09/9.-10.-Transici%C3%B3n-aer%C3%B3bica-anaer%C3%B3bica-JCGT-CENG.pdf>
- Gleeson, M. (2002). Marcadores Bioquímicos e Inmunológicos del Sobreentrenamiento. *Journal of Sports Science and Medicine*, 31-41.
- González, A., & Pedroso, C. (2016). *Teoría y Metodología del entrenamiento del Taekwondo*. Las Tunas: Academica Universitaria Universidad de las tunas .
- Guerrero, L., Naranjo, J., Carranza, M., Rueda, J., Galván, C., & Guisado, R. (2006). LACTATO SANGUÍNEO EN NIÑOS DURANTE UN TEST PROGRESIVO HASTA EL AGOTAMIENTO EN CICLOERGÓMETRO. *ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE*, 359-364.
- Guerrero, S. (2015). Tesis de Maestría. *El papel de las ideas previas en el proceso enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad Icesi.
- Hartmann, U., & Mester, J. (Enero de 2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 209-215.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología De La Investigación* (6ta ed.). Mexico D.F: McGRAW-HILL.
- Howlett, R., Heigenhauser, G., & Spriet, L. (1999). Skeletal muscle metabolism during high-intensity sprint exercise is unaffected by dichloroacetate or acetate infusion. *J Appl Physiol*, 1747-1751.
- Koolman, J., & Heinrich, K. (2004). *Bioquímica. Texto y Atlas* (3ra ed.). Madrid: Editorial Medica Panamericana.
- Lee, E., Frangala, M., Kavouras, S., Queen, R., Pryon, J., & Casa, D. (31 de Octubre de 2017). Biomarkers In Sports And Exercise : Tracking Health, Performance, And Recovery In Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2920-2937. doi:10.1519 / JSC.0000000000002122,
- López, A. (Noviembre de 1997). Tesis Doctoral. *Repercusiones Renales Del Ejercicio Físico Intenso Estudio Bioquímico-Antropométrico En Nadadores Adolescentes* . Málaga , España: Universidad de Málaga.
- López, A. (Noviembre de 1997). Tesis Doctoral. *Repercusiones Renales Del Ejercicio Físico Intenso Estudio Bioquímico-Antropométrico En Nadadores Adolescentes*. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- López, J., & Fernández, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: Editorial Medica Panamericana.
- López, J., & López, L. (2008). *Fisiología Clínica del Ejercicio*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Lopez, J., Vicente, D., & Cancino, J. (2013). *Fisiología del entrenamiento aeróbico. Una visión integrada*. Medica Panamericana .
- López, T. (Noviembre de 1997). Tesis Doctoral. *REPERCUSIONES RENALES DEL EJERCICIO FÍSICO INTENSO ESTUDIO BIOQUÍMICO-ANTROPOMÉTRICO EN NADADORES ADOLESCENTES*. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- Marin, A. (2008). *Clasificación de la Investigación*. Obtenido de Metodología de la Investigación: <https://metinvestigacion.wordpress.com>
- Marqués, D. C., Arratibel, I., & Terrados, N. (2016). Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte (AMD)*, 33(6), 404-412.
- Mielgo, J., Maroto, B., Luzardo, R., Palacios, G., Palacios, N., & González, M. (2015). Valoración del estado nutricional y del gasto energético en deportistas. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 21(Supl. 1), 225-243. doi:10.14642/RENC.2015.21.sup1.5069
- Miller, B., Fattor, J., Jacobs, K., Horning, M., Navazio, F., Lindinger, M., & Brooks, G. (2002). Lactate and glucose interactions during rest and exercise in men: effect of exogenous lactate infusion. *Journal of Physiology*, 963-975. doi:10.1113/jphysiol.2002.027128
- Mirón, F. (2010). *Marcadores bioquímicos del entrenamiento*. Obtenido de HSN Blog de Fitness, Nutrición, Salud y Deporte: <https://www.hsnstore.com/blog/marcadores-bioquimicos-del-entrenamiento/>

- Moreno, S. (Diciembre de 2008). *Importancia de las valoraciones bioquímicas como medio de control del entrenamiento en deportistas de alto rendimiento*. Obtenido de Compumedicina: <http://www.compumedicina.com>
- Mujika, I. (2012). *Endurance training : science and practice*. Vitoria-Gasteiz,: Vitoria-Gasteiz, Basque Country .
- Müller-Sterl, W. (2008). *Bioquímica: Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida* . Barcelona: Reverté.
- Murray, R., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P., Rodwell, V., & Weil, P. (2010). *Harper. Bioquímica Ilustrada* (28 ed.). Mexico D.F: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (16 de Febrero de 2018). *Obesidad y sobrepeso*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud OMS: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Orrego, M., & Monsalve, D. (2006). Laboratorio clínico y ejercicio. En F. Marino, O. Cardona, & L. Contreras, *Medicina del deporte* (págs. 93-94). Medellín : Corporación para Investigaciones Biológicas.
- Palacios, G., Pedrero, R., Maroto, B., Aznar, S., & González, M. (2015). Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 235-242. doi:10.14642/RENC.2015.21.sup1.5070
- Pallarés, J., & Morán, R. (2012). Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Sport and Health Research*, 119-136.
- Pancorbo, A. (2008). *Medicina y ciencias del deporte y actividad física*. Majadahonda- Madrid: Ergon.
- Pascual, M., Leyton, M., Oriol, J., & Batista, M. (2018). Monitorización de las cargas de entrenamiento en corredores de fondo y medio fondo de alto nivel . *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 92-118.
- Pereira, R., Lopes, C., Dechechi, C., Silva, B., Ide, B., & Navarro, A. (2011). Cinética de remoção de lactato em atletas de Brazilian Jiu -jitsu. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 34-44.
- Petro, J. (18 de Febrero de 2013). *Mediciones de Creatinkinasa Sérica como Biomarcador en el Control del Entrenamiento Deportivo*. Obtenido de g-se.com : <https://g-se.com/mediciones-de-creatinkinasa-serica-como-biomarcador-en-el-control-del-entrenamiento-deportivo-bp-p57cfb26d0a28a>
- Robergs, R., Ghiasvand, F., & Parker, P. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Journal of the American Physiological Society*, 502-516. doi:10.1152/ajpregu.00114.2004.
- Roche . (2018). *BM-Lactate*. Mannheim, Alemania: Roche Diagnostics.

- Rodríguez, I. (13 de Junio de 2016). Tesis Pregrado. *Valoración De La Composición Corporal Por Antropometría Y Bioimpedancia Eléctrica* . Madrid, España: Universidad Francisco de Vitoria .
- Saunders, P., Pyne, D., Telford, R., & Hawley, J. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Med* , 465-485.
- Serrano, J., & Sanabria, J. (2015). Tesis de Pregrado. *Metodologías de valoración del umbral anaeróbico aplicado al atletismo de fondo*. Elche, Alicante, España: Universidad Manuel Hernández .
- Serrano, J., & Sarabia, J. (2015). Revisión Bibliográfica: Metodologías de valoración del umbral anaeróbico aplicado al atletismo de fondo . *Tesis de Pregrado* . Elche, Alicante, España: Universitat Miguel Hernández.
- Serrato, M. (2008). *Medicina del Deporte*. Bogotá D.C: Universidad del Rosario .
- Solis, J. (29 de Octubre de 2013). Tesis de Maestría . *Correlación entre los niveles de urea y cargas aplicadas al entrenamiento deportivo de futbolistas de la categoría juvenil del club deportivo la cuenca*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Stegmann, H., Kindermann, W., & A, S. (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med*, 160-165.
- Stöggli, T., Schwarzl, C., Müller, E., Nagasaki, M., Stöggli, J., Scheiber, P., . . . Niebauer, J. (2016). A Comparison between Alpine Skiing, Cross-Country Skiing and Indoor Cycling on Cardiorespiratory and Metabolic Response. *Journal of Sports Science and Medicine*, 184 - 195.
- Subieta, J. (2007). Aspectos Fundamentales del Umbral Anaeróbico. *VITAE Academia Biomédica Digital*. Universidad Autónoma de México. (s.f). *Técnicas de Investigación*. Obtenido de Universidad Autónoma de México: http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/tecnicas.pdf
- Universidad de Alcalá. (s.f.). *Bioquímica química*. Obtenido de BLOQUE III.- Metabolismo: http://www3.uah.es/bioquimica/Tejedor/bioquimica_quimica/T13-completo-pagina.pdf
- Urdampilleta, A. (2013). Valoración fisiológica y bioquímica del deportista de resistencia. *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires* .
- Urdampilleta, A., Martínez, J., & Lopez, R. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo . *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 73-83.
- Vlru, A., & Viru, M. (2001). *Biochemical Monitoring of Sport Training*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Vullo, D. (2014). El desafío de enseñar y aprender metabolismo en cursos de grado . *Química Viva*, 18-30.
- Williams, R., & Cavanagh, P. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*,, 1236-1245.
- Zabala, M. (2000). *Diseño y Desarrollo Curricular*. Madrid: NARCEA, S.A. DE EDICIONES .
- Zapata, P., & Rodríguez, D. (2001). LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL ÁREA DE BIOQUÍMICA: UN ENFOQUE COGNITIVO Y METACOGNITIVO. *Red Academia*



4. Contenidos

Dentro de los contenidos que le dan fundamentos a esta investigación se encuentra lo pertinente a la caracterización bioquímica de deportistas partiendo desde el control, valoración y utilidad bioquímica aplicada al deporte, en donde se expone la pertinencia de este tipo de investigaciones en el desarrollo de las ciencias de la actividad física y el deporte. Donde se resaltan los conceptos de valoración y control bioquímico, por otro lado, se especifican un listado de los biomarcadores más utilizados y de mayor relevancia en la caracterización bioquímica, junto con la importancia del lactato como biomarcador y el interés investigativo que se le atribuye a este como marcador químico del entrenamiento deportivo.

A nivel de la propuesta didáctica se establece son criterios de desarrollo y elaboración que debe tener, al igual que su pertinencia en el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje, donde se establece el papel planificador de esta, el cual debe ser enfocado alrededor de un elemento del contenido, el cual se convierte en eje de integración de conceptos, experiencias y conocimientos que, bajo un objetivo básico de aprendizaje, donde se pretende alcanzar pautas metodológicas necesarias para enriquecer dicho proceso. Constituyendo así los elementos estructurales para la creación de esta.

5. Metodología

El trabajo se enmarca en la línea de investigación "Educación en Ciencias y Formación Ambiental", perteneciente al grupo: Educación en Ciencias, Ambiente y Diversidad, adscrito al Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Esta propuesta sigue los principios metodológicos de la investigación mixta, lo cual implica un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006) La elección del método mixto de investigación puede ser apropiada para aportar un carácter general a los resultados, al tiempo que se mantiene suficiente detalle sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje para ser válidos y replicables. (Castro & Godino, 2011). De igual manera se adopta el enfoque metodológico de estudio de caso que, según Hernández, et al (2006, p. 223) se podría definir como "estudios que, al utilizar los procesos de investigación cuantitativa, cualitativa o mixta, analizan profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría. Se resalta que para poder llevar a cabo un tipo de investigación como este es fundamental que se realice de manera conjunta con una investigación de carácter documental, así como lo indica (Marín, 2008) esta clase de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones.

6. Conclusiones

Partiendo de los resultados obtenidos tanto por la aplicación del instrumento de recolección de datos como por la aplicación de la prueba incremental para la estimación de umbrales anaeróbicos se puede establecer

que los elementos teóricos acordes para el desarrollo de la propuesta de unidad didáctica acorde para estudiantes de licenciatura en Deportes de la UPN deberían ser:

- o Concepto de metabolismo energético aplicado al ejercicio físico
- o Producción de Ácido láctico por medio de la actividad física
- o Sistema anaeróbico láctico (glucólisis anaeróbica)
- o Caracterización bioquímica aplicada al deporte
- o Umbrales anaeróbicos y su estimación.

Se logra establecer y reconocer que para gran parte de los estudiantes participantes en este proyecto. La bioquímica está relacionada al estudio del metabolismo del ejercicio como aquella encargada de dar explicación a las necesidades energéticas del organismo cuando este es sometido a un estrés propio del entrenamiento deportivo. En donde limitan la importancia de la aplicabilidad de la bioquímica en las ciencias del deporte exclusivamente a representaciones de bioenergéticas y rutas metabólicas. Dando más importancia y relevancia a ciencias como la fisiología para establecer y esbozar explicaciones de orden científico con relación a cambios y adaptaciones metabólicas producto del entrenamiento, las cuales son fruto de alteración y cambios de naturaleza química tales como el lactato, y en donde el fundamento de su explicación recae a nociones y conocimientos netamente químicos

A partir de la información recolectada, se observó que en mayor medida los participantes presentaron dificultades relacionadas la implementación y aplicación de fundamentos teóricos bioquímicos relevantes en el estudio del metabolismo del ejercicio. En consecuencia, se presenciaron algunas falencias de carácter conceptual en las respuestas y explicaciones que requerían hacer uso de concepciones bioquímicas aplicadas a fenómenos y planteamientos. Sin embargo, el uso de un lenguaje generalizado para explicar los fenómenos bioquímicos se convierte en una oportunidad para involucrar las ideas de los estudiantes sobre el metabolismo con las trabajadas en las sesiones de clase, logrando lo que Ausubel denomina la diferenciación progresiva de conceptos.

Los resultados obtenidos y las dificultades encontradas permiten establecer la necesidad de la implementación de una cátedra de bioquímica, enfocada a las necesidades de estudio y contextualización de las ciencias de la actividad física y el deporte. En el programa de deportes de la facultad de educación física de la UPN, se recomienda afianzar conceptos a través de la contextualización y el desarrollo de actividades prácticas.

En referencia a la caracterización bioquímica de los deportistas, permito establecer que métodos como el utilizado en este trabajo cuentan con un gran potencial didáctico ya que permiten que los estudiantes tengan un acercamiento a prácticas actuales de investigación correspondientes a las ciencias del deporte. Lo que les permite observar de primera mano metodologías que integran diferentes ciencias con la finalidad de ayudar a deportistas a mejorar su rendimiento deportivo. De igual manera permite que los estudiantes vivencien la importancia que tiene una ciencia como la bioquímica en su formación profesional y que a pesar de estudiar y desempeñarse en campos académicos diferentes, es necesario que se reconozcan puntos de encuentro entre las diferentes disciplinas. Prueba de ello es la caracterización bioquímica de los estudiantes, lo cual permite reflexionar sobre los diferentes cambios adaptativos que han surgidos en los

deportistas, como consecuencia al entrenamiento que han realizado a lo largo de su carrera deportiva, lo cual puede servir de información válida para mejorar su rendimiento atlético y sus hábitos deportivos.

Elaborado por:	Andrés Amaya Rico
Revisado por:	Dc. Yair Alexander Porras Contreras

Fecha de elaboración del Resumen:	Dd	mm	aaaa
--	----	----	------

Contenido

Lista de ilustraciones.....	16
Lista de tablas	16
Lista de graficas.....	17
1. Introducción.....	18
1.1 Planteamiento del problema	19
1.2 Objetivos.....	21
1.2.1 Objetivo general.....	21
1.2.2 Objetivos específicos	21
1.3 Antecedentes	22
1.3.1 Control y valoración bioquímica en el deporte.....	22
1.3.2. Utilidad de la valoración bioquímica.	25
2. Referentes conceptuales.....	26
2.1 Biomarcadores en el deporte	26
2.2 Control y valoración bioquímica en deportistas.	26
2.3 Biomarcadores más importantes en el control y valoración bioquímica del atleta	28
2.3.1 Lactato	36
2.3.1.1 fundamento teórico de la producción de lactato en el musculo	38
2.3.1.2. Umbral anaeróbico individual (UAI)	40
2.4 Antropometría.....	41
2.4 Diseño de una propuesta de unidad didáctica.....	42
3. Metodología.....	43
3.1 Enfoque metodológico	43
3.2 Población participante.....	44
3.3 Métodos y técnicas de recopilación de información	44
3.3.1 Reconocimiento de ideas de la población participante.	44
3.3.2 Caracterización Bioquímica	44
3.3.3 Diseño unidad.....	44
3.4. Instrumentos.....	45
3.4.1 Encuesta.	45
3.4.1.1 Caracterización del instrumento	45
4. Resultados y discusión.....	46

4.1 Prueba física.....	46
4.1.1 Individuo 1: Mujer (M), Atletismo de fondo.....	47
4.1.2 Individuo 2: Hombre (H), Brasilina Jiu-Jitsu	49
4.1.3 Individuo 3: Hombre (H), Taekwondo	51
4.1.4 Individuo 4: Mujer (M), No Entrenada.....	54
4.2 Prueba escrita	56
4.2.1 Importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico	57
4.2.2 Implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico.	62
4.2.3 Relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización.....	67
5. Conclusiones	71
6. Recomendaciones	73
7. Referencias	74
ANEXO	81
Anexo 1. Propuesta de unidad didáctica	82
Anexo 2. Instrumento de recolección de datos.....	109
Anexo 3. Test incremental para la determinación de umbrales de lactato	112

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Clasificación de Biomarcadores	23
Ilustración 2 Continuación. Clasificación de Biomarcadores.....	24
Ilustración 3. Características del Control Bioquímico.	27
Ilustración 4. Cortisol	29
Ilustración 5. Testosterona.....	29
Ilustración 6 Umbral de lactato	29
Ilustración 7. Creatina fosfo quinasa.	30
Ilustración 8. Amoniacó.....	30
Ilustración 9. Creatinina	30
Ilustración 10. LDH.	31
Ilustración 11. Ácido urico.....	31
Ilustración 12. Homocisteína.....	31
Ilustración 13. Troponina cardiaca	32
Ilustración 14.MDA	32
Ilustración 15.SOD	32
Ilustración 16.ERO.....	33
Ilustración 17. PCR	33
Ilustración 18.IL-6.	33
Ilustración 19. Leucocitos.....	34
Ilustración 20. IMC.....	34
Ilustración 21.VO2	34
Ilustración 22. FC	35
Ilustración 23.Propiedades Físicoquímicas del Ac. Láctico	36
Ilustración 24. Esquema simplificado de la glucólisis anaeróbica	37
Ilustración 25.. Ciclo de Cori	37
Ilustración 26.Sustratos y productos de la Rx de LDH.	39

Lista de tablas

Tabla 1. Biomarcadores implícitos en el deporte	29
Tabla 2. Clasificación según IMC de la OMS.....	41
Tabla 3. Caracterización Instrumento recolección de datos	45
Tabla 4. Codificación Aspectos indagados instrumento de recopilación de datos.....	45
Tabla 5. Datos prueba física Atleta de fondo	47
Tabla 6.Datos prueba física deportista de Brazilian Jiu-Jitsu BJJ	49
Tabla 7. Datos prueba física atleta de Taekwondo.....	52
Tabla 8. Datos prueba física sujeto No entrenado.	54
Tabla 9. Caracterización Instrumento recolección de datos	56
Tabla 10. Tabulación de datos referentes a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico.....	57
Tabla 11. Ejemplos de respuestas a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico	59

Tabla 12 Tabulación de datos referentes a: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico	62
Tabla 13 Ejemplos de respuestas a: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico	64
Tabla 14. Tabulación de datos referentes a: la relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización	67
Tabla 15. Ejemplos de respuestas a: la relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización	69

Lista de graficas

Gráfica 1. Concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad para atleta de fondo	47
Gráfica 2. Concentración lactato- Glicemia Vs Velocidad para atleta de fondo.....	48
Gráfica 3. Concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad para deportista de Brazilian Jiu-Jitsu BJJ.....	50
Gráfica 4. Concentración lactato- Glicemia Vs Velocidad para deportista de Brazilian Jiu-Jitsu BJJ. 50	
Gráfica 5. Concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad para deportista de Taekwondo	52
Gráfica 6. Concentración lactato- Glicemia Vs Velocidad para deportista de Taekwondo.....	53
Gráfica 7. Concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad para sujeto No entrenado ...	55
Gráfica 8. Concentración lactato- Glicemia Vs Velocidad para sujeto No entrenado	55
Gráfica 9. Resultados identificación de conocimiento teórico referente a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico .	58
Gráfica 10. Resultados identificación de Aplicación de Conocimientos referentes a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico	58
Gráfica 11. Resultados identificación de Aplicación de la decisión a un contexto referente a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico	59
Gráfica 12 Resultados identificación de conocimiento teórico referente a: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico	63
Gráfica 13 Resultados identificación de ampliación y aplicación de conocimiento teórico referente a: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico	63
Gráfica 14 Resultados identificación de desarrollo de estrategias referente a: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico	64
Gráfica 15 Resultados identificación de ampliación y aplicación de conocimiento teórico referente a: la relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización	68
Gráfica 16. Resultados identificación de desarrollo de estrategias referente a: la relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización	68

1. Introducción

Este documento se presenta como una propuesta que permite una integración disciplinar entre el estudio de la bioquímica y su aplicabilidad en la ciencia del deporte y la actividad física. Haciendo uso de temáticas de investigación actuales como lo son la caracterización bioquímica de deportistas, como eje integrador, se pretende generar una línea de trabajo promisorio para fomentar la articulación entre diferentes disciplinas, las cuales tienen como punto de encuentro la formación de profesores en el campo de la bioquímica del ejercicio.

El eje central de este trabajo pretende dar respuesta a la pregunta ¿Qué elementos teóricos y metodológicos son necesarios para el desarrollo de una unidad didáctica que se enfoque en el estudio bioquímico del metabolismo del ejercicio físico? Para dar cumplimiento a esta cuestión, este documento se organiza con base a la planeación y puesta en marcha de una serie de estrategias, mediante las cuales se identificaron las ideas que un grupo de estudiantes de la licenciatura en Deporte de la UPN sobre el papel que desempeña el aprendizaje de la bioquímica en su formación como futuros docentes y profesionales. De igual manera, la propuesta didáctica pretende reconocer el potencial didáctico que tiene la aplicación de pruebas bioquímicas a deportistas, cuando son contextualizadas para dar explicación a fenómenos propios del entrenamiento deportivo. Lo anterior enmarcado dentro de la línea de investigación “Educación en Ciencias y Formación Ambiental”, perteneciente al grupo: Educación en Ciencias, Ambiente y Diversidad, adscrito al Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. y siguiendo los lineamientos metodológicos de una investigación mixta, Siguiendo un enfoque investigativo correspondiente a un estudio de caso.

Dentro de los resultados obtenidos se evidenciaron dificultades por parte de los estudiantes en la aplicación de conceptos bioquímicos asociados al ejercicio físico. Las cuales en su gran mayoría estuvieron relacionadas con el reconocimiento de la procedencia de los conceptos y de la delegación del estudio de la bioquímica a ciencias como la fisiología humana.

Por su parte la aplicación y estimación del umbral anaeróbico individual como prueba bioquímica aplicada para la caracterización de los deportistas permitió diferenciar las adaptaciones fisiológicas de un grupo de individuos los cuales eran partícipes de diferentes prácticas deportivas, permitiendo así la construcción una aproximación bioquímica de las adaptaciones fisiológicas provenientes del entrenamiento deportivo.

Por último, y una vez establecidos los elementos teóricos y metodológicos pertinentes y necesarios para el desarrollo de una propuesta de unidad didáctica se procedió con la elaboración de esta, la cual se espera sea una herramienta que permita afianzar la comprensión y aprendizaje de bioquímico del metabolismo del ejercicio. La cual facilite tanto a docentes como a estudiantes de la licenciatura en Deportes y en general de la facultad de educación física de la UPN una aproximación al estudio de la bioquímica bajo una perspectiva propia de las ciencias de la actividad física y el deporte.

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente el estudio y aplicación de la bioquímica en las ciencias del deporte se encuentra ligado principalmente al ámbito competitivo, de prevención de lesiones y caracterización de deportistas. Esto con la finalidad de promover el desarrollo de nuevas técnicas y metodologías de entrenamiento, que permitan a los deportistas no solo alcanzar un mayor rendimiento deportivo, sino que a su vez les permita a los entrenadores conocer de primera mano el estado de sus competidores con el fin de realizar los ajustes pertinentes a los planes de entrenamiento para así optimizar adaptaciones fisiológicas y metabólicas, al igual que prevenir niveles de estrés, fatiga y posibles lesiones.

En los últimos años se ha visualizado un asiduo interés en la importancia y utilización de marcadores fisiológicos, bioquímicos e inmunológicos que puedan ser medidos de manera rutinaria tanto en laboratorios como por medio de pruebas in situ, los cuales según Gleeson (2002) ofrezcan resultados útiles para los atletas y que puedan ser incluidos como parte del seguimiento, respaldo médico y científico del deporte. La necesidad por la identificación de factores que afecten o disminuyan el rendimiento dentro del ciclo de preparación o competencia cada vez toma más relevancia en las ciencias deportivas. Y aunque a la fecha, no se ha identificado un único marcador objetivo y confiable, las investigaciones realizadas en la última década parecen ser prometedoras debido a que se basan en hallazgos de respuestas hormonales causadas por alteraciones producto al estrés derivado por el entrenamiento.

Así mismo, distintas publicaciones y autores recalcan que en la selección de los distintos biomarcadores a analizar y cuantificar, el parámetro de mayor relevancia es la concentración y subsecuente a esta los rangos de referencia con los cuales poder contrastar los resultados obtenidos, esto debido a que ciertas concentraciones de diferentes biomarcadores pueden ser consideradas normales para sujetos entrenados y deportistas de élite, y sin embargo a su vez ser considerados patológicos para personas sedentarias o no entrenadas. Razón por la cual resulta ser realmente importante el poder establecer rangos de referencia adaptados al ejercicio y en lo posible a cada práctica deportiva, al igual que realizar un seguimiento analítico de cada individuo para establecer sus propios valores de referencia (Palacios, Pedrero, Maroto, Aznar, & González, 2015).

Si bien, el papel del estudio y la aplicación de la bioquímica en las ciencias del deporte ha presentado un constante crecimiento con el paso de los años, aún se evidencia cierta discrepancia entre la relevancia atribuida a nivel investigativo y la que se le atribuye a nivel de pregrado especialmente en la formación de profesores de educación física y deporte. Carrera (2012) indica que gran parte de esta discrepancia es debida entre otras cosas a la relevancia y protagonismo que se le atribuye a la asignatura de bioquímica a nivel de pregrado en donde se ha encasillado, reducido y limitado a la

interpretación y posterior explicación de transformaciones y procesos bioquímicos que caracterizan el abastecimiento energético para el trabajo muscular, en particular en el organismo de los sujetos que están sometidos a un régimen sistemático de actividad física. Por su parte Ballesteros (2017) indica que el objetivo del estudio de la bioquímica en el currículo de las ciencias del deporte debe ir más allá de proporcionar a los alumnos una visión global del metabolismo energético y de la integración de sus funciones en el cuerpo humano en movimiento, así como de las posibilidades de modulación ante nuevas demandas energéticas, de igual manera recalca que la aportación de la bioquímica dentro del plan formativo (...) la cual es introductoria a aspectos que posteriormente serán tratados y aplicados en otras asignaturas, tales como son la Fisiología del entrenamiento deportivo, la nutrición del deportista y el entrenamiento deportivo relacionado con la salud física, etc.

Bajo estas evidencias surge la necesidad de llevar las temáticas actuales de estudio de la bioquímica entorno a las ciencias del deporte a los niveles de formación de pregrado, por lo tanto, este trabajo presenta una iniciativa para el diseño de una propuesta didáctica enfocada al estudio bioquímico del metabolismo anaeróbico del ejercicio físico a partir de la caracterización bioquímica de un grupo de estudiantes de la facultad de educación física.

Por lo anterior la pregunta de investigación que rige este trabajo es:

¿Qué elementos teóricos y metodológicos son necesarios para el diseño y construcción de una unidad didáctica enfocada al estudio del metabolismo del ejercicio físico a partir de la caracterización bioquímica de un grupo de estudiantes de Licenciatura en Deportes de la Facultad de Educación Física de la Universidad Pedagógica Nacional?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Establecer los elementos teóricos y metodológicos necesarios para la construcción de una unidad didáctica enfocada al estudio del metabolismo del ejercicio físico a partir de la caracterización bioquímica de un grupo de estudiantes del programa de Licenciatura en Deportes de la Facultad de Educación Física de la Universidad Pedagógica Nacional

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar las ideas sobre el metabolismo energético del ejercicio y la caracterización bioquímica de deportistas, que manifiesta un grupo de estudiantes de la licenciatura en deportes de la UPN.
- Establecer el potencial didáctico de la caracterización bioquímicamente de deportistas en los procesos de formación de profesores
- Diseñar una unidad didáctica orientada al estudio bioquímico del metabolismo energético anaeróbico del ejercicio físico.

1.3 Antecedentes

1.3.1 Control y valoración bioquímica en el deporte

Lee et al. (2017) afirman que los datos ofrecidos por el estudio bioquímico y hematológico en atletas, ha llegado a convertirse en una poderosa herramienta para la identificación del equilibrio entre el entrenamiento y la recuperación de los deportistas, permitiendo una individualización de las necesidades de cada uno, en las diferentes etapas que trascurren dentro de un plan de entrenamiento, ya sea este de carácter preparatorio o competitivo. La aplicación de este tipo de estudios en deportistas de elite o de alto rendimiento ha traído consigo un cambio y desarrollo en la manera en que entrenadores y cuerpos técnicos planean y ejecutan las sesiones de entrenamiento. Para Doeven, Brink, Kosse, & Lemmink. (2018) la importancia del conocimiento del rendimiento y estado físico por medio de marcadores bioquímicos reflejó en su investigación un cambio en la magnitud e intensidad de los entrenamientos planificados para un equipo profesional de soccer, llevando a la creación de entrenamientos equilibrados lo que repercutió en la prevención de lesiones y enfermedades de los deportistas.

Por su parte Aymard, Aranda, & Di Carlo. (2013) quienes en su investigación correlacionan 38 biomarcadores los cuales catalogan en perfiles: bioquímicos, hematológicos y endocrinológicos (ver ilustración 1 y 2) consideran que el aporte de la bioquímica aplicada al deporte por medio de los estudios y mediciones de biomarcadores. Contribuyen con la medicina deportiva en el estudio de los cambios metabólicos producidos durante el ejercicio, la capacidad de trabajo, adaptabilidad y la recuperación de los deportistas.

A su vez Urdampilleta (2013). Indica que las exigencias físicas y psicológicas a las cuales se encuentran sometidos los deportistas de alto rendimiento, los costos de entrenamiento y el prestigio del deportista y de la asociación o federación a la que pertenece. Hace necesario que se amplíen los conocimientos frente a las respuestas adaptativas del deportista al entrenamiento. Estos conocimientos se basan principalmente en el control y estudio de factores fisiológicos y bioquímicos implicados en el proceso de entrenamiento. Con base en estos estudios es factible obtener datos y variables, la cuales permiten conocer el estado de los diferentes órganos y sistemas implicados en la práctica deportiva.

Al inducirse cambios metabólicos y funcionales provenientes del entrenamiento, estos deben evaluarse con la finalidad de esclarecer si constituyen un efecto beneficioso o perjudicial sobre el deportista. Y de esta manera cumplir con la premisa de “asegurar y mantener su salud”. Siendo imperativo detectar situaciones que limiten la práctica deportiva, favorezcan el riesgo de lesiones o patologías de base y así poder orientar de manera específica el entrenamiento el cual permita un máximo de rendimiento.

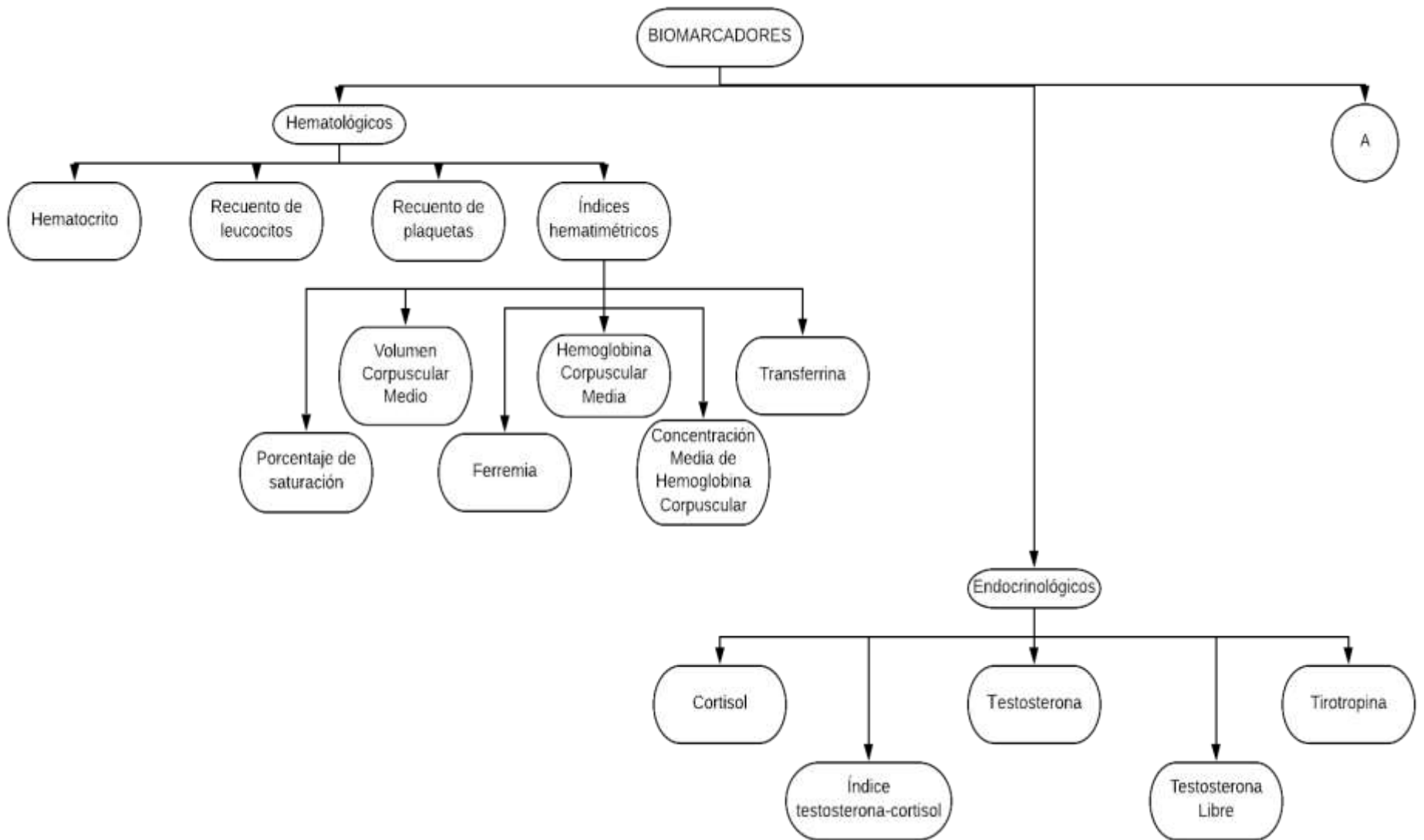


Ilustración 1. Clasificación de Biomarcadores. Adaptado de (Aymard, Aranda, & Di Carlo, 2013)

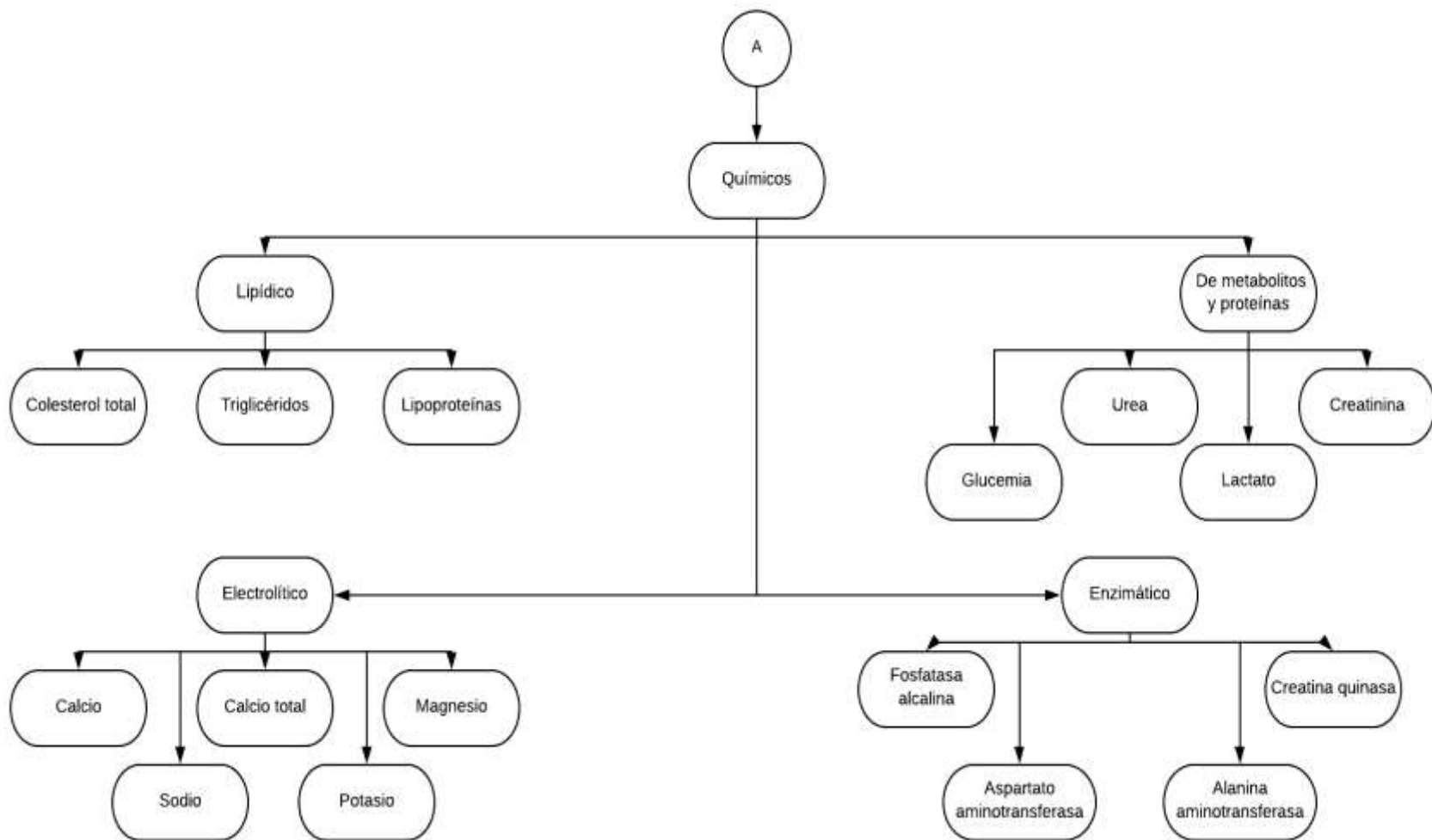


Ilustración 2 Continuación. Clasificación de Biomarcadores. Adaptado de (Aymard, Aranda, & Di Carlo, 2013)

No obstante a la importancia que investigadores como los anteriormente mencionados le atañen al monitoreo y valoración bioquímica en el deporte, existen otros investigadores quienes a pesar de reconocer la importancia y ventaja que estos ofrecen, advierten de las limitaciones que el estudio de estos presentan, tal como lo exponen Palacios et al. (2015) que al no existir valores de referencia adaptados específicamente a sujetos físicamente activos y atletas, en la mayoría de los casos se utilizan intervalos de referencia establecidos por el fabricante del ensayo correspondiente y que han sido obtenidos a partir de adultos sanos, lo cual puede suponer una errónea clasificación del sujeto y una malinterpretación de los resultados del análisis bioquímico.

1.3.2. Utilidad de la valoración bioquímica.

Ahumada (2013) propone que los estudios de carácter bioquímico en deportistas permiten un control más objetivo del estado de adaptación fisiología que estos presentan frente a un estímulo atribuido al ejercicio físico. De igual manera indica que la información obtenida es de gran utilidad para los nutricionistas, fisiólogos y entrenadores ya que permite realizar un mejor seguimiento y planificación nutricional y un control de cargas internas del entrenamiento. Por su parte Mielgo et al. (2015) resaltan el papel de la valoración bioquímica en la determinación del estado general del deportista, ya que indican que por medio de esta se puede obtener una idea del funcionamiento de órganos tales como el hígado o riñones, a través de pruebas como perfil lipídico, y que estos datos permiten identificar fallas nutricionales como exceso de grasas y proteínas, al igual que deficiencias y necesidades de suplementación.

De manera similar Moreno (2008) indica que al ser en el entrenamiento deportivo un proceso sistematizado y riguroso, el control desempeña un papel relevante en lo que se refiere a calidad de este. Propone que el control bioquímico puede considerarse como un medio complejo pero eficaz para conseguir una directriz sobre la metodología y el tipo de entrenamiento aplicado en un atleta y en una disciplina deportiva, ya que los resultados obtenidos son reflejo de estado de los músculos y por consiguiente del organismo. Ya que, al integrar diferentes mediciones bioquímicas realizadas antes, durante y después de las secciones de entrenamiento se obtiene información fehaciente de la asimilación al entrenamiento por parte del deportista, lo cual permite en consecuencia tomar decisiones y desarrollar estrategias con el fin de obtener un mayor rendimiento.

Este tipo de afirmaciones permiten aventurarse frente a una nueva línea en la investigación referente al uso de parámetros bioquímicos en el deporte y estandarización y validación de parámetros de referencia de los biomarcadores para las diferentes disciplinas deportivas, acordes a la intensidad y el nivel competitivo al cual se practique.

2. Referentes conceptuales.

2.1 Biomarcadores en el deporte

Un biomarcador (marcador bioquímico) se puede catalogar según Marqués, Arratibel, & Terrados, (2016) como molécula o producto medible, que es susceptible de monitorizar objetivamente el cambio de una condición o proceso efectuado durante un periodo de tiempo, después de un tratamiento o después del entrenamiento. A su vez en el ámbito deportivo los biomarcadores se consideran parámetros que permiten evaluar las repercusiones que tiene el ejercicio físico sobre los tejidos y órganos y de esta manera, poder estimar parámetros de valoración del grado de daño muscular, de hidratación/deshidratación, de inflamación, de daño oxidativo etc.(Palacios et al., 2015), con el fin de facilitar el monitoreo y valoración de la respuesta fisiológica de los deportistas a los diferentes estímulos (cargas, repeticiones, etc.) propios del ejercicio o entrenamiento que se estén llevando a cabo.

Por su naturaleza la mayoría de los biomarcadores son medidos por medio de muestras sanguíneas, de orina y saliva. En deportes de élite se prefiere trabajar en mayor medida con procedimientos de extracción no invasivos y por ello se utilizan la orina y la saliva como tipo de muestra. De igual manera existen otros biomarcadores de utilidad los cuales son de carácter morfológico y fisiológico tales como la composición corporal (especialmente masa muscular, masa grasa, peso), condición física (capacidad cardiovascular, fuerza, agilidad, flexibilidad), frecuencia cardiaca y presión arterial. Dependiendo del objetivo, se desee analizar se hace necesario la utilización de uno o de una combinación de varios biomarcadores.

2.2 Control y valoración bioquímica en deportistas.

La valoración continua del deportista tiene como finalidad global la búsqueda del aumento en el rendimiento deportivo, mediante el monitoreo, control y estudio de las adaptaciones fisiológicas y morfológicas, que el atleta llega a desarrollar a partir de la implementación de un plan de entrenamiento, enfocado en las necesidades propias de cada disciplina deportiva. Según (Urdampilleta, Martínez, & Lopez, Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo , 2013) La valoración bioquímica del deportista esta liada a dos aspectos claves para el rendimiento deportivo. En primer lugar, "(...) a valorar la salud para diagnosticar situaciones que contraindiquen y/o restrinjan el entrenamiento o la competición, y, en segundo lugar, a trata de determinar objetivamente las capacidades funcionales para prescribir y planificar un proceso de entrenamiento optimo (...)" (p.74).

Con base en lo anterior es posible afirmar que los diferentes parámetros bioquímicos que son determinados y cuantificados mediante análisis de laboratorio son biomarcadores los cuales permiten conocer el estado del atleta en diferentes momentos de su ciclo de preparación mediante un método mayormente no invasivo. Estos biomarcadores no solo son de bastante utilidad para los entrenadores, sino que también tal como lo indica Urdampilleta et al. (2013) el control bioquímico del entrenamiento puede ser objeto de estudio de un equipo multidisciplinar integrado por los fisioterapeutas, médicos y nutricionistas deportivos, para conseguir el rendimiento máximo y evitar el sobre entrenamiento, fatiga y lesiones.

A su vez Serrato (2008) indica que mediante monitoreo bioquímico del entrenamiento se obtiene información de retroalimentación sobre los efectos del entrenamiento, la efectividad de la

planeación del entrenamiento en una etapa específica del plan de entrenamiento y el reconocimiento de patrones de adaptabilidad del atleta.

Ahora bien, para que se lleve a cabo un efectivo control y por ende una correcta valoración bioquímica de los atletas no hace falta la realización de un sinnúmero de pruebas y mediciones, sino por su parte es necesario llevar una rigurosidad acorde a la búsqueda de los aspectos claves antes mencionados por Urdampilleta et al. (2013). Es por esta razón que (Solis, 2013) indica que para llevar a cabo un correcto control y valoración bioquímica se deben dar respuesta a las siguientes características:

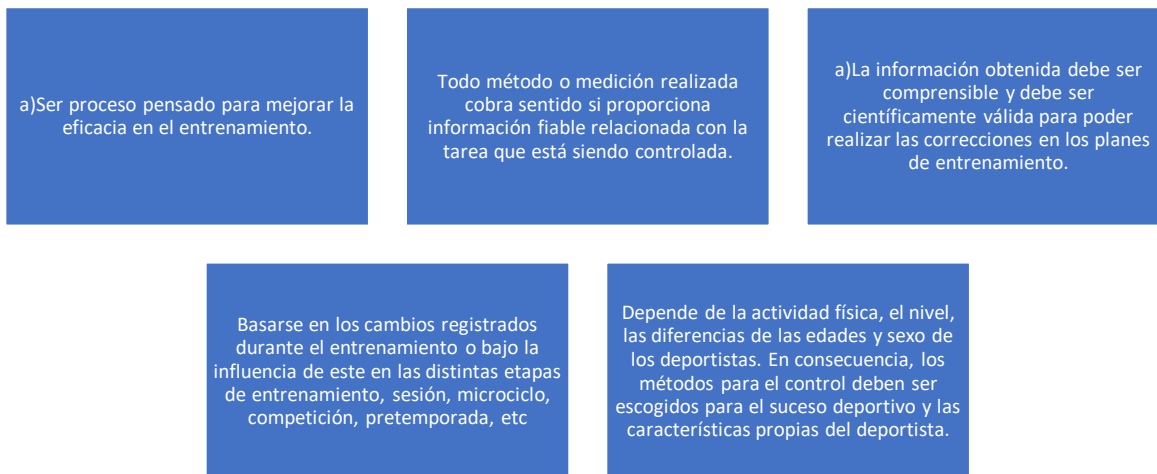


Ilustración 3. Características del Control Bioquímico. Adaptado de (Solis, 2013)

Por su parte Viru & Viru (2001) sostienen que la esencia fundamental del control y valoración bioquímica del entrenamiento recae en los siguientes parámetros.

- Caracterización cualitativa y cuantitativa de la adaptación metabólica del atleta con el fin de mejorar el rendimiento deportivo específico para un evento
- Detección de errores en la planeación de los macrociclos, microciclos y sesiones de entrenamiento que causen pronta adaptabilidad física y poca adaptabilidad metabólica, mediante estudios hormonales y bioquímicos
- Obtención de información confiable y sencilla, de las capacidades y habilidades físicas y estado fisiológico del atleta.

Ahora bien, bajo las premisas anteriores es evidenciable un interés notable por los biomarcadores a la hora de medir el rendimiento, el progreso del entrenamiento o la existencia de sobreentrenamiento en deportistas. Pero lo cierto es que, en los últimos años, este interés por los biomarcadores se ha ampliado tal como lo indica Calderón, Benito, Melendez, & González (2006) a la evaluación de la condición física y a sus aspectos relacionados con la salud.

Actualmente la organización mundial de la salud (OMS) promueven la realización de ejercicio físico, con el fin de para prevenir y tratar enfermedades no transmisibles (ENT) como las cardiopatías, los accidentes cerebrovasculares, la diabetes o el cáncer de mama o de colon. (Organización Mundial de la Salud OMS, 2010) tanto se hace importante que entrenadores conozcan y pueda dar razón tan

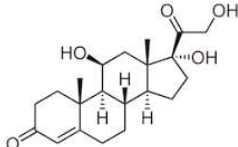
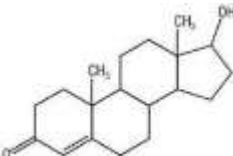
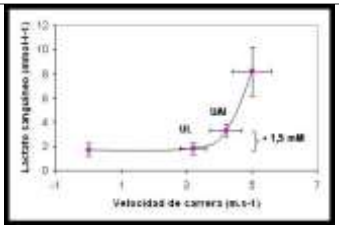
a atletas de elite como a personas no entrenadas de la respuesta fisiológica que el ejercicio fomenta en el organismo.

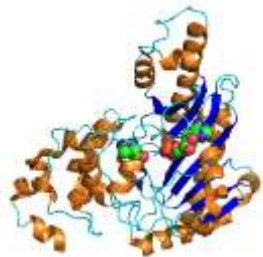
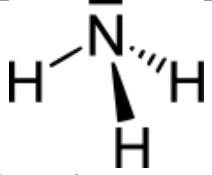
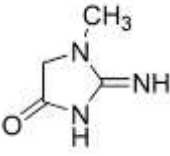
2.3 Biomarcadores más importantes en el control y valoración bioquímica del atleta


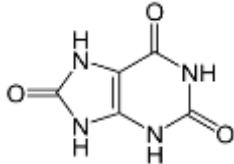
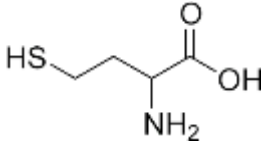
Como se ha estipulado con anterioridad en el control y valoración bioquímica del atleta son variados los biomarcadores empleados ya sea por su función, naturaleza, forma de obtención, pero sobre todo por el objetivo que se desee valorar. Es por esta razón y según como lo explican Palacios et al., (2015) los biomarcadores pueden ser clasificados de acuerdo con la información que suministre teniendo así las siguientes clasificaciones (ver tabla 1):

- Biomarcadores de fatiga y estrés crónico
- Biomarcadores de sobre entrenamiento
- Biomarcadores de riesgo cardiovascular
- Biomarcadores de estrés oxidativo
- Biomarcadores de inflamación
- Marcadores antropométricos y Ergonómicos

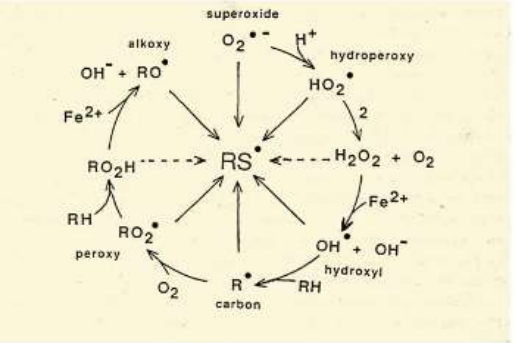
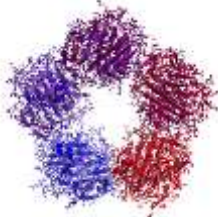

Tabla 1. Biomarcadores implícitos en el deporte. Creación Propia

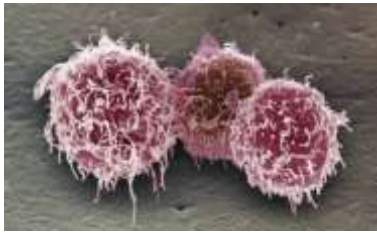

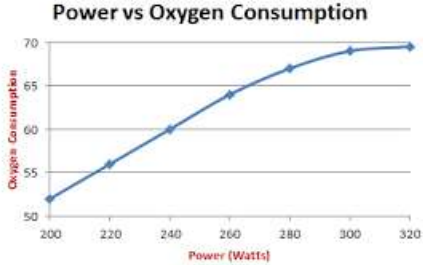
TIPO DE BIOMARCADOR	BIOMARCADOR	ORIGEN	POSIBLE ÁREA DE CONTROL DEL ENTRENAMIENTO	IMAGEN
De fatiga y estrés crónico	Cortisol	Hormona esteroide sintetizada a partir del colesterol por las enzimas del citocromo P450 situado en la corteza suprarrenal.	Un aumento considerable en los niveles de cortisol es indicador de un estrés físico elevado, y no ha de mantenerse durante mucho tiempo, porque puede llevar a un estado de sobreentrenamiento y decremento del sistema inmunológico (Urdampilleta et al. 2013)	 <p>Ilustración 4. Cortisol. https://es.wikipedia.org/wiki/Cortisol</p>
	Testosterona	Hormona esteroide del grupo andrógeno	Facilita el incremento de la masa y la fuerza muscular, aumenta la combatividad y agresividad de los deportistas y permite una mayor disminución de la grasa muscular. La relación cortisol/testosterona es un índice utilizado para medir la fatiga crónica en el deportista (Palacios et al. 2015)	 <p>Ilustración 5. Testosterona. https://www.researchgate.net/figure/Estructura-quimica-de-la-testosterona-3_fig1_284138922</p>
De sobreentrenamiento	Umbral de lactato	Producto final de la escisión de glucosa o glucógeno	<p>Determinación del umbral anaeróbico.</p> <p>Índice de intensidad de los ejercicios anaeróbico-glucolíticos o anaeróbico-aeróbicos.</p> <p>Índice de utilización de la capacidad de trabajo anaeróbico. (Mirón, 2010)</p>	 <p>Ilustración 6 Umbral de lactato. https://www.biolaster.com/rendimiento-deportivo/umbral-lactato/</p>


Creatina fosfo quinasa (CK)	Enzima citoplasmática encargada de catalizar la fosforilación reversible del ATP específicamente del sistema ATP-PC	Su aumento durante el ejercicio físico se debe a rupturas de las fibras musculares estriadas. Su elevación es proporcional a la intensidad y duración del ejercicio, elevados respecto al basal, indican trauma o sobre entrenamiento y su concentración puede ser utilizada para monitorizar la vuelta a la actividad normal de atletas que hayan sufrido una lesión muscular anterior (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 7. Creatina fosfo quinasa.</i> https://es.wikipedia.org/wiki/Creatina_quinasa</p>
Amoniaco	Resultado de la degradación de las fibras FG en AMP. Posible fuente adicional desoxidación de aminoácidos ramificados.	Índice de resíntesis de ATP a través de la combinación de dos ATP y formación de AMP. Índice indirecto de actividad de las fibras FG. (Mirón, 2010)	 <p><i>Ilustración 8. Amoniaco.</i> https://es.wikipedia.org/wiki/Amon%C3%ADaco</p>
Creatinina	Producto final del metabolismo muscular. Se origina a partir de la degradación de la creatina muscular que a su vez se produce por hidrólisis del fosfato de creatina, por acción de la CK.	En deportistas, lo más común en un caso de creatinina elevada suele ser el resultado un alto grado de entrenamiento o incluso de un sobre entrenamiento puntual, más que de una situación de patología renal. (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 9. Creatinina.</i> https://es.wikipedia.org/wiki/Creatinina</p>

	Lactato deshidrogenasa (LDH)	Enzima catalizadora que se encuentra en muchos tejidos del cuerpo, pero su presencia es mayor en el corazón, hígado, riñones, músculos, glóbulos rojos, cerebro y pulmones. Participa en el metabolismo energético anaerobio, reduciendo el piruvato procedente de la glucólisis a lactato.	Cuando existe daño muscular o destrucción de fibras musculares, los niveles de LDH en suero aumentan considerablemente. Además, la LDH tiene una gran variedad de isoenzimas que son específicas de diferentes tejidos, lo que aporta más información sobre la procedencia del daño muscular. (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 10. LDH. https://biologydictionary.net/lactate-dehydrogenase/</i></p>
	Ácido úrico.	Producto terminal del metabolismo de las purinas	La elevación de sus niveles puede deberse a un entrenamiento intenso, condiciones de demanda energética elevada, pequeñas roturas musculares como consecuencia de un Sobre entrenamiento o aumento de la ingesta de determinados alimentos, suplementos y preparados destinados a la ganancia de masa muscular. (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 11. Ácido úrico. https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_%C3%BArico</i></p>
De riesgo cardiovascular	Homocisteína (Hcy)	Aminoácido con un grupo sulfhidrilo derivado de la metionina.	Niveles elevados de Hcy están asociados al riesgo de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas que afectan al sistema nervioso central, tales como la epilepsia, enfermedad de Alzheimer y demencia	 <p><i>Ilustración 12. Homocisteína. https://es.wikipedia.org/wiki/Homociste%C3%ADna</i></p>

	Troponina cardiaca.	Son complejos proteínicos que regulan la función contráctil del músculo.	El aumento de los niveles de las isoformas cardíacas (TnI y TnT) indica que ha habido un daño muscular cardíaco. (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 13. Troponina cardiaca.</i> https://es.123rf.com/photo_66281796_la-troponina-estructura-del-dominio-central-de-troponina-card%C3%ADaca-humana-representaci%C3%B3n-3d-est%C3%A1-compuesto-p.html</p>
De estrés oxidativo	Malondialdehído (MDA) y proteínas carbonilo (PC)	El MDA se forma por la peroxidación lipídica de ácidos grasos insaturados. Por su parte, las proteínas carbonilo (PC) son el resultado de la oxidación de la albúmina u otras proteínas séricas.	Su aumento se traduce como un exceso de estrés del organismo por aumento en las cargas de entrenamiento. Sin embargo, tras la adaptación al entrenamiento de los deportistas sus valores disminuyen. (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 14. MDA.</i> https://es.123rf.com/photo_85870549_mol%C3%A9cula-de-malondialdeh%C3%ADdo-.html</p>
	Superóxido dismutasa (SOD) y glutatión peroxidasa (GSH)	La SOD y la GSH son enzimas antioxidantes, moduladas por la actividad física	El entrenamiento de resistencia de intensidad moderada mejora la actividad de estas enzimas (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 15. SOD.</i> https://es.wikipedia.org/wiki/Super%C3%B3xido_dismutasa</p>

	Especies reactivas del oxígeno (ERO).	Son radicales libres es capaz de inducir la expresión de enzimas antioxidantes y otros mecanismos de defensa.	El ejercicio en sí es un antioxidante, ya que el entrenamiento aumenta la expresión de enzimas antioxidantes que a su vez mantiene disminuidas las concentraciones de ERO, siempre y cuando un ejercicio extremo no provoque el desequilibrio entre agentes oxidantes y antioxidantes (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 16.ERO. https://slideplayer.es/slide/3521467/</i></p>
De inflamación	Proteína C-reactiva (PCR).	Se origina en el hígado y su nivel se eleva cuando hay inflamación en el organismo.	En el ámbito del deporte, una actividad física intensa puede provocar un aumento de la PCR. Niveles elevados de PCR después de un entrenamiento pueden ser indicativos de una mala adaptación a este o a un sobreentrenamiento, probablemente debido a procesos de estrés oxidativo (inflamación). (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 17. PCR. https://quing.mx/proteina-c-reactiva-ultrasensible/</i></p>
	interlucina-6 (IL-6)	Es una molécula antiinflamatoria e implicada en la regulación de la respuesta inflamatoria aguda. Posee receptores específicos a nivel del tejido adiposo, el músculo esquelético y el hígado.	Las sesiones de ejercicio intenso aumentan las concentraciones plasmáticas de IL-6 hasta 100 veces, lo cual, asociado a su acción sobre el tejido adiposo, el hígado y el músculo, aporta aún más al efecto beneficioso del ejercicio. (Palacios et al. 2015)	 <p><i>Ilustración 18.IL-6. https://es.wikipedia.org/wiki/Interleucina-6</i></p>

	Leucocitos	Son células del sistema inmune que se forman en la médula ósea y en el tejido linfoide	El ejercicio provoca una leucocitosis transitoria, cuya magnitud está relacionada directamente con la intensidad de este, es más pronunciada en respuesta a ejercicios máximos, e inversamente con el nivel de forma física ya que es más acusada en sujetos sin entrenar que en sujetos entrenados. (Palacios et al. 2015)	 <p>Ilustración 19. Leucocitos. https://conceptodefinicion.de/leucocitos/</p>
Antropométricos y Ergonómicos	Estimación de Índice de masa corporal (IMC) y caracterización del somatotipo	la antropometría se realiza el estudio de la forma, composición y proporción del cuerpo humano; con medidas, para tener un mayor conocimiento del desarrollo, rendimiento y nutrición del sujeto (López A. , Tesis Doctoral, 1997)	Da una aproximación al estado físico el deportista al permitir caracterizarlo dentro de los parámetros de somatotipo e IMC	 <p>Ilustración 20. IMC. https://calcular-imc.com/</p>
	Consumo de oxígeno (VO_2)	Expresa la cantidad de oxígeno que consume o utiliza el organismo	Ayuda a valoración del metabolismo energético durante la actividad física (López A. , Tesis Doctoral, 1997)	 <p>Ilustración 21. VO_2. https://www.fisiologiadelejercicio.com/la-fcmax-criterio-obtencion-vo2max/</p>

	<p>Frecuencia cardiaca (FC)</p>	<p>Se expresa como la cantidad de contracción del corazón durante un minuto</p>	<p>Junto con el VO_2 permiten estimar el grado de esfuerzo que se realiza durante la actividad física</p>	 <p><i>Ilustración 22. FC.</i> https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_card%C3%ADaca</p>
--	---------------------------------	---	--	--

Por consiguiente, y aunque lo ideal es poder realizar el control y valoración del atleta con al menos uno o dos biomarcadores por clasificación, en este proyecto se ha decidido realizar la caracterización de un grupo de estudiantes del programa de deportes de la Facultad De Educación Física de la Universidad Pedagógica Nacional mediante el estudio de los biomarcadores de Lactato, glucosa y frecuencia cardiaca, con el fin de poder estimar el umbral anaeróbico individual (UAI) y así poder analizar los niveles de resistencia y de capacidad adaptativa de los individuos a la producción de lactato en una prueba incremental.

2.3.1 Lactato

Históricamente la definición y descubrimiento del ácido láctico se le atribuye al químico sueco Carl Wilhem Scheele en 1780 quien encontró muestras del ácido 2-hidroxipropanoico en lecha agría, dado su aparición en la leche le llamo "láctico". Luego de su descubrimiento, en el año 1869 se logra la determinación de su fórmula química. Posteriormente se conoce la existencia de dos isómeros ópticos: las formas D y L (ilustración 23), de los cuales el isómero L es la de mayor presencia biológica en los tejidos. (Álvarez, 2014)

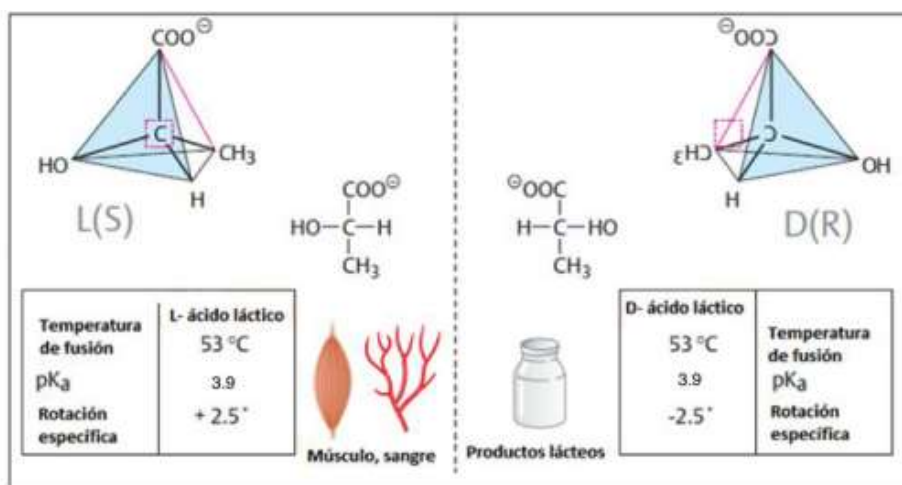


Ilustración 23. Propiedades Físicoquímicas del Ac. Láctico. Tomado de (Álvarez, 2014)

El organismo a partir de la glucólisis citoplasmática produce ácido láctico (C₃H₆O₃), el cual se ioniza rápidamente dando como resultado la liberación de un protón H⁺ y el ion lactato, este último con tendencia a la formación de la correspondiente sal mediante la unión a cationes disponibles en el organismo como el Na⁺ y K⁺.

La producción del lactato se lleva a cabo mayoritariamente en las fibras musculares y glóbulos rojos; Palacios et al. (2015) indican que el organismo, específicamente los músculos siempre producen lactato. Incluso cuando se está en estado de reposo con concentraciones que oscilan entre 0,8 y 1,5 mmol/L. El lactato es el producto final de la glucólisis (Ilustración 24) y proviene del piruvato cuando la cantidad de oxígeno es limitado en el organismo.

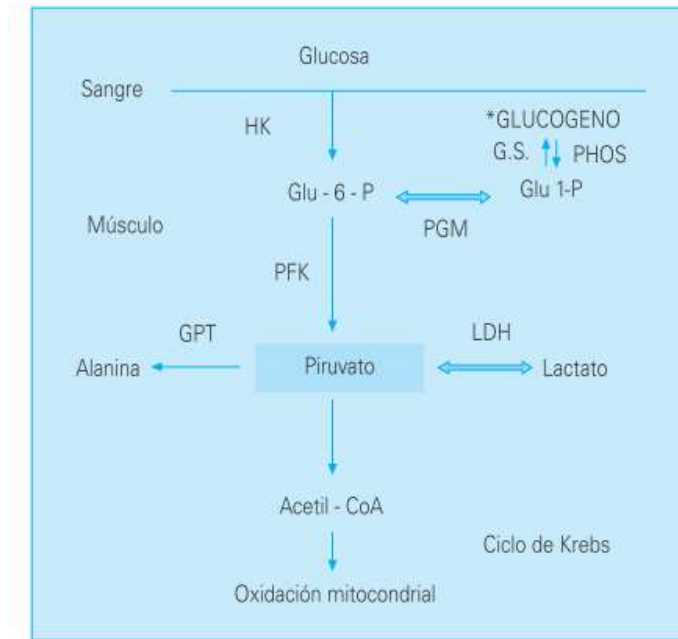


Ilustración 24. Esquema simplificado de la glucólisis anaeróbica. Tomado de (Pancorbo, 2008)

En condiciones de normalidad metabólica y nutricional Bautista (2002) indica que el ácido láctico se forma bajo las siguientes condiciones en el músculo esquelético: Un incremento en la actividad física en donde la limitación de oxígeno disponible en el organismo no permite el cumplimiento de las demandas energéticas en consecuencia se genera lactato en el proceso de producción de ATP anaerobio. Este proceso ocurre mayormente en las fibras musculares de contracción rápida tipo IIA y IIx de los músculos involucrados en la actividad física.

Los valores normales de ácido lactato en sangre medios como lactato son de 0,5 a 2,2mmol/L, pero pueden aumentar hasta los 20 mmol/L según sea la intensidad de la actividad física realizada

(Álvarez, 2014). Si bien se ha establecido al lactato como durante el ejercicio, este puede ser re- sintetizado a glucógeno en el hígado (ciclo de cori) (ilustración 25). Es una cuestión abierta hasta qué grado tal síntesis (gluconeogénesis) puede tener lugar directamente en los músculos de los mamíferos. Anteriormente se creía que varias de las enzimas esenciales para estas vías no existían en el músculo; sin embargo, investigaciones han mostrado que existe en el músculo un grupo de enzimas claves para una o varias vías en las cantidades necesarias.

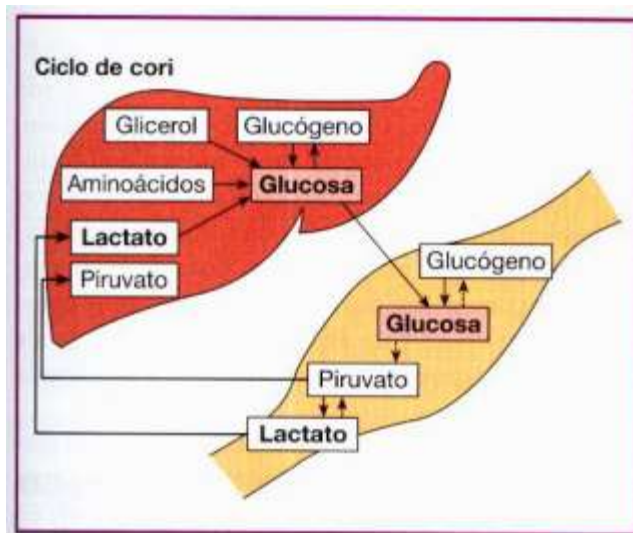
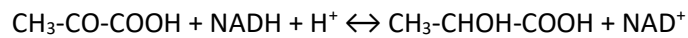


Ilustración 25.. Ciclo de Cori. Tomado de (López & Fernández, Fisiología del Ejercicio, 2006)

Durante el Ciclo de Cori el lactato procedente la fibra muscular que es transportado por el torrente sanguíneo es captado por el hígado para ser transformado en glucosa en el interior del hepatocito. Este proceso conocido como gluconeogénesis construye a la recuperación del glucógeno hepático. (López & Fernández, Fisiología del Ejercicio, 2006).

Calderón (2007) establece que una de las reacciones que tiene lugar durante el ejercicio es la transformación del ácido pirúvico en ácido láctico en la fibra muscular, la cual se representa de la siguiente manera.



sustrato oxidado + coenzima reducido \leftrightarrow producto reducido + coenzima oxidado

la cual es una reacción de tipo oxidación-reducción, en la cual un compuesto que cede protones es la coenzima de la enzima que cataliza esta reacción, que pasa de su forma reducida, NADH + H⁺, a la oxidada NAD⁺. El compuesto que los recibe es el pirúvico que se reduce y pasa a láctico.

El lactato es el marcador tal y como lo indica Urdampilleta et al. (2013) más empleado en el ámbito deportivo para el control de la intensidad de los entrenamientos, así como para la determinación de la adaptación del deportista. Ya que un aumento de lactato sanguíneo puede representar distintos significados, tales como: la capacidad de determinados órganos para utilizar este producto como sustrato energético; la capacidad de amortiguación tisular y plasmática; mayor reclutamiento de fibras de contracción rápida. De igual manera aporta información sobre la vía metabólica que el organismo está utilizando predominantemente, si se conocen de antemano los umbrales del metabolismo aeróbico y anaeróbico. De esta manera si, a una misma intensidad, se presenta una disminución en el lactato sanguíneo se puede establecer que el organismo es capaz de utilizar más energía (ya sea glucosa o grasas, pero vía oxidativa) proveniente de la vía aeróbica, lo que se traduce en un organismo es más eficiente.

2.3.1.1 Fundamento teórico de la producción de lactato en el musculo

La presencia de la acidosis láctica en humanos se ha relacionado estrechamente con la producción de ácido láctico en los músculos. Robergs, Ghiasvand, & Parker (2004) indican que la producción de ácido láctico durante el ejercicio físico se lleva a cabo durante el catabolismo de carbohidratos en el musculo esquelético como producto de una reacción adicional de la glucólisis en ausencia de oxígeno.

Desde una perspectiva bioquímica la producción de lactato a nivel celular presenta un beneficio para la realización de varias reacciones. Dentro de las reacciones de mayor importancia Robergs et al. (2004) destacan la reacción de la Lactato deshidrogenasa (LDH) al producir NAD⁺ a nivel del citosol para mantener el potencial Redox y contribuir con el flujo continuo de sustratos en la glucólisis. Al regular la demanda NAD⁺ como sustrato durante la reacción del gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasa, permite continuar con la regeneración de ATP. Por otra parte, la LDH se le puede atribuir la funcionalidad de amortiguador debido a que por cada molécula de piruvato que esta cataliza a lactato mediante el uso de NAD⁺ se consume un protón (H⁺), lo cual controla la acumulación celular de estos (acidosis).

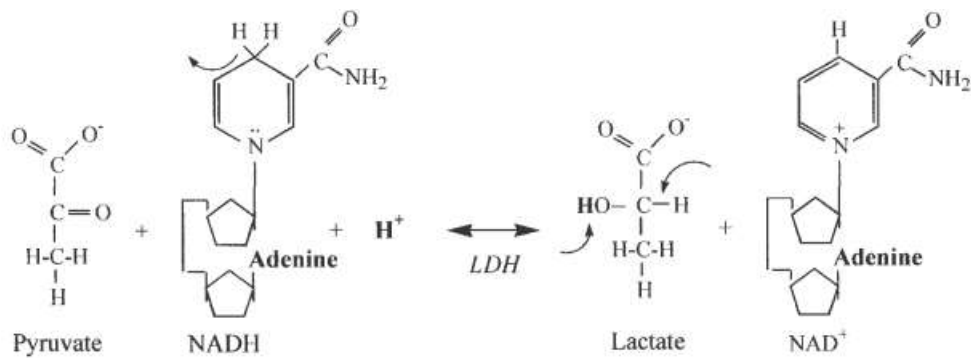


Ilustración 26. Sustratos y productos de la Rx de LDH. Tomado de (Robergs et al. 2004).

Por medio de la reacción de LDH, el lactato producido es removido de la célula mediante la intervención de un transportador mono carboxilato. Al retirar el lactato de la célula originaria este es captado y posteriormente utilizado como sustrato en diferentes rutas metabólicas dentro de los tejidos esqueléticos y cardiacos principalmente. (Robergs et al. 2004).

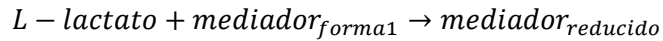
Es importante resaltar que el transportador mono carboxilato interviene en la remoción de protones desde la célula, por lo tanto, Robergs et al. (2004) establecen que por medio de la producción de lactato se propicia los medios para el flujo de remoción de protones. Esto debido a que estequiométricamente el lactato y un protón abandonan la célula por medio de la intervención del transportador mono carboxilato, esto no significa que en la producción de lactato se libere un protón. Ya que bioquímicamente no hay evidencias suficientes que establezcan la producción de lactato como fuente de protones. Por el contrario, diferentes investigaciones han demostrado que la remoción de protones es mucho mayor que la producción de lactato en el músculo esquelético. (Howlett, Heigenhauser, & Spriet, 1999).

2.3.1.1.1 Fundamento teórico medición de lactato prueba in situ

El seguimiento en los niveles de lactato sanguíneo durante el ejercicio físico según Roche (2018) permite que se determine la intensidad óptima del mismo al igual que establecer un equilibrio entre las fases de ejercicio y recuperación. La determinación de lactato también es útil en centros hospitalarios en especial en unidades de cuidados intensivos (UCI), para el diagnóstico y control de choque circulatorio, intoxicaciones, acidosis metabólicas de origen inespecífico (Gambke et al, 1997).

Para la medición de lactato sanguíneo mediante el uso de dispositivo portable Accutrend Plus, AccutSPORT. Roche (2018) indica que cada tira reactiva consta de una zona de detención. En la cual al aplicar la muestra de sangre se desencadena una reacción que provoca un cambio cromático en la zona de la prueba. El instrumento identifica y mide este cambio de coloración y lo transforma en un valor de concentración.

La sangre capilar pasa por una malla protectora, que conduce la sangre a una superficie de fibra de vidrio; en donde los eritrocitos son retenidos con la finalidad que solo el plasma sanguíneo alcance la zona de detención. El lactato se determina mediante un fotómetro de reflexión a una longitud de onda de 657nm en una reacción colorimétrica en el mediador Lactato-oxidasa.



Los reactivos que componen la prueba son: Lactato-oxidasa (*Aerococcus viridans* rec.); cloruro de amonio N, N-Bis-(2-hidroxi-etil) -(4-hidroximino-ciclohexa-2,5-dienilideno); 2,18-fosfomolibdato.

2.3.1.2. Umbral anaeróbico individual (UAI)

Serrano & Sarabia (2015) definen el umbral anaeróbico como el estadio en el cual el consumo de oxígeno disminuye por falta de este en la sangre lo que desencadena el comienzo a un estado de acidosis metabólica el cual producen cambios asociados al intercambio gaseoso. Una vez se empieza a producir ácido láctico de forma activa en las células musculares más glucolíticas y este abandona las células musculares, se disocia rápidamente, lo que conlleva a una variación del pH a niveles fisiológicos, originando la liberación de protones. Los cuales son amortiguados por los sistemas tampón del organismo, quienes son los encargados de mantener un pH constante en el cuerpo. Esta regulación que puede tener lugar en: células del músculo esquelético; en los hematíes; en el plasma; al igual que puede ocurrir por combinación con proteínas o por interacción con el sistema bicarbonato.

Como subsecuente la reacción entre los portones (H^+) liberados en la disociación del ácido láctico con el ion bicarbonato (HCO_3^-) da como producto un exceso de dióxido de carbono (CO_2). En la vía aeróbica u oxidativa se obtiene como productos finales dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), lo que significa que una vez la vía glucolítica comienza una participación de mayor significancia en la producción de ATP durante el ejercicio, existirán dos fuentes de dióxido de carbono (CO_2), generándose de forma simultánea las cuales correspondientemente serán de la vía aeróbica y otra de la amortiguación de los protones (H^+) generados en la producción de ácido láctico. La consecuencia fisiológica será un aumento de la ventilación pulmonar con la finalidad de eliminar CO_2 del organismo contribuyendo con ello a la regulación de pH durante el ejercicio.

Arratibel, (2013) indica que Keul y colaboradores en 1979 formularon el concepto de Umbral Anaeróbico Individual o (UAI). En principio se aceptó como valor de referencia que los umbrales de lactato podrían ser encontrados alrededor de una concentración de 4 mmol/l. y partiendo de esta premisa se estableció que el UAI correspondería a una tangente en la curva de lactato de $\tan \alpha = 1,26$ (mmol/l) / (km/h), que supone una tangente de $51^{\circ}34'$. Posteriormente Simon en 1981, propuso una ligera modificación en el cálculo realizado por Keul, en el cual transformo los $51^{\circ}34'$ propuestos por la línea tangente a 45° .

La identificación grafica de la una línea tangente a la curva de producción de la concentración de lactato, que se observa durante una prueba incremental, define la intensidad con la cual se está realizando el ejercicio.

2.3.1.2.1 Test incremental con etapas de 4 minutos e incremento de velocidad de 1,0km/h.

Díaz (2010) establece que las pruebas incrementales, son ejercicios en los cuales se va aumentando progresivamente la carga de trabajo ya sea velocidad, potencia, etc. Lo más importante es poder conseguir un estado metabólico estable en cada etapa. Para ello las etapas pueden ser programadas

bien sea por tiempo (estadios de 3–4 minutos) o por distancia. En las pruebas por distancia, a medida que se aumenta la velocidad se disminuye el tiempo de ejercicio, mientras que, en las pruebas incrementales por tiempo, a medida va aumentando la velocidad se aumenta la distancia recorrida.

Las características de esta prueba radican en que es la modificación de una prueba de atletismo el cual busca ser implementado en otras disciplinas deportivas en donde los deportistas no acaban con velocidades de carrera tan altas (20,5 o 22 km/h para hombres y 19 km/h o 20,5 km/h para mujeres). Por medio de esta prueba es factible la estimación y determinación del Umbral Anaeróbico individual (UAI).

2.4 Antropometría

La antropometría hace referencia a las medidas del tamaño y las proporciones del cuerpo humano. Donde a partir de ecuaciones antropométricas de predicción es posible estimar la densidad corporal de un individuo, y con base en este valor es posible el cálculo el porcentaje de grasa corporal (%GC) y por derivación la masa libre de grasa (MLG) (Rodríguez, 2016). Para realizar una valoración antropométrica, se debe combinar una serie de medidas antropométricas como lo son el peso, la estatura, los pliegues cutáneos de grasa, los diámetros óseos y los perímetros musculares, los cuales nos sirven como variables dependientes predictoras de la masa grasa y MLG. (Alvero, y otros, 2009).

La antropometría en el deporte tiene gran utilidad ya que facilita la evaluación de las características morfológicas puntuales, permitiendo un control a lo largo de una temporada deportiva, en deportistas de elite la diferencia en el rendimiento deportivo va a estar dada por la cantidad de masa muscular y por la optimización de la composición corporal de este. (Rodríguez, 2016).

Tabla 2. Clasificación según IMC de la OMS. Tomada y adaptada de (Organización Mundial de la Salud OMS, 2018)

Classification	BMI(kg/m ²)	
	Principal cut-off points	Additional cut-off points
Underweight	<18.50	<18.50
Severe thinness	<16.00	<16.00
Moderate thinness	16.00 - 16.99	16.00 - 16.99
Mild thinness	17.00 - 18.49	17.00 - 18.49
Normal range	18.50 - 24.99	18.50 - 22.99
		23.00 - 24.99
Overweight	≥25.00	≥25.00
Pre-obese	25.00 - 29.99	25.00 - 27.49
		27.50 - 29.99
Obese	≥30.00	≥30.00
Obese class I	30.00 - 34.99	30.00 - 32.49
		32.50 - 34.99
Obese class II	35.00 - 39.99	35.00 - 37.49
		37.50 - 39.99
Obese class III	≥40.00	≥40.00

Las medidas antropométricas suelen realizadas siguiendo dos protocolos el de “The International Society of Advancement of Kinanthropometry” (ISAK) en donde se recomienda que las medidas deben ser obtenidas en el lado derecho, o por el protocolo de la OMS que recomienda en el lado izquierdo. (Mielgo et al. 2015)

A su vez el índice de masa corporal o IMC es una de las medidas antropométricas más utilizadas en la práctica médica y

deportiva. Ya que, por medio de una sencilla fórmula matemática, pretende definir los parámetros más saludables de masa y expresar a través de un simple número el grado de delgadez o sobrepeso de una persona. Sin embargo, la verdadera utilidad del IMC no es la de diagnosticar un trastorno del peso en una persona, sino más bien la de clasificarla en base a parámetros poblacionales. (Rodríguez, 2016). Los valores poblacionales para el IMC establecidos por la OMS clasifican a los

individuos en: bajo de peso, rango normal, sobre peso y obesidad (tabla 2) (Organización Mundial de la Salud OMS, 2018)

2.4 Diseño de una propuesta de unidad didáctica

Se puede entender el diseño curricular como una extensión del currículo en el cual se proponen la metodología, acciones, diagnóstico, modelación y estructuración de proyectos que poseen una intencionalidad sobre la educación, los cuales apoyan y enriquecen el proceso de enseñanza - aprendizaje. Pretendiendo solucionar problemas y satisfacer necesidades de los individuos, y donde cuyo proceso de evaluación va encaminado a un perfeccionamiento de este (Fernández, 2009).

Así a su vez el diseño curricular debe responder a cuatro interrogantes ¿Qué fines desea alcanzar la escuela?, de todas las experiencias educativas que puede brindarse ¿Cuáles ofrecen la posibilidad de alcanzar esos fines?, ¿Cómo se puede organizar de manera eficaz esos fines? Y ¿Cómo se puede comprobar que se han alcanzado los fines propuestos? (Díaz-Barriga, Lule, Pacheco, Saad, & Rojas-Drummond, 2008). Por consiguiente y para dar respuesta a estos interrogantes Fernández, Elortegui, Moreno, & Rodríguez (2002) indican que el diseño curricular se debe articular bajo tres niveles. Un primer nivel en donde se establezcan los marcos legales de la educación, un segundo nivel donde se perfilen, se planifiquen los proyectos educativos y un tercer nivel en donde se organice el proceso de enseñanza-aprendizaje. Y es en este tercer nivel donde se proponen, planean y desarrollan las unidades didácticas.

Una unidad didáctica es según Federación de Enseñanza de CC.OO de Andalucía (2010) un elemento planificador del proceso enseñanza-aprendizaje, enfocado alrededor de un elemento del contenido, el cual se convierte en eje de integración de conceptos, experiencias y conocimientos que, bajo un objetivo básico de aprendizaje, pretende conseguir las pautas metodológicas necesarias para enriquecer dicho proceso.

Por lo anterior una unidad didáctica se constituye por una serie de elementos los cuales establecen una estructura, en la cual debe prevalecer una coherencia y relación con la finalidad de armonizar el proceso. Por ello y tal como lo expone Fernández, et al (2002) en una unidad didáctica, la selección en los contenidos debe ser acorde al tipo de capacidades a cuyo desarrollo se contempla contribuir (objetivos), al igual que con las estrategias y metodologías acordes a ser implementadas, las experiencias en las cuales se concretarán los aspectos anteriores y el sistema de evaluación diseñado. En los objetivos de la unidad se es susceptible al propósito o meta que, a cumplir en un lapso definido de tiempo, los contenidos son todos aquellos hechos, conceptos y saberes indispensables, que conducirán al saber y que por consiguiente deben estar íntimamente relacionados al desarrollo de las capacidades intelectuales, prácticas, sociales. Por su parte la metodología relaciona a todos aquellos métodos, recursos y formas de enseñanza que facilitan el éxito del proceso y, por último, para contemplar la evaluación de las actividades de aprendizaje y determinar el nivel de alcance de los objetivos pretendidos y con esto determinar los errores y aciertos de la propuesta; al realizar la evaluación se debe juzgar según Díaz-Barriga et al. (2008)

3. Metodología

El presente trabajo se enmarca en la línea de investigación “Educación en Ciencias y Formación Ambiental”, perteneciente al grupo: Educación en Ciencias, Ambiente y Diversidad, adscrito al Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

Esta propuesta sigue los principios metodológicos de la investigación mixta, lo cual implica un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones, para responder a un planteamiento del problema (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006)

La elección del método mixto de investigación puede ser apropiada para aportar un carácter general a los resultados, al tiempo que se mantiene suficiente detalle sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje para ser válidos y replicables. (Castro & Godino, 2011)

3.1 Enfoque metodológico

Este trabajo adopta el enfoque metodológico de estudio de caso que, según Hernández, et al (2006, p. 223) se podría definir como "estudios que, al utilizar los procesos de investigación cuantitativa, cualitativa o mixta, analizan profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría". La investigación in situ debido a que se realiza en el propio lugar donde se encuentra el objeto de estudio, permite al investigador conocer más a fondo el contexto en el cual se está presentando la situación o evento a investigar. Este tipo de investigación cuenta con una serie de herramientas de apoyo las cuales ayudan a que su desarrollo se lleve de mejor manera.

La investigación in situ debido a que se realiza en el propio lugar donde se encuentra el objeto de estudio, esto permite al investigador conocer más a fondo el contexto en el cual se está presentando la situación o evento a investigar. Este tipo de investigación cuenta con una serie de herramientas de apoyo las cuales ayudan a que su desarrollo se lleve de mejor manera.

Entre estas herramientas se pueden destacar las siguientes según (Universidad Autónoma de México, s.f)

- La entrevista.
- La encuesta.
- La observación.
- La experimentación

Cabe resaltar que para poder llevar a cabo un tipo de investigación como este es fundamental que se realice de manera conjunta con una investigación de carácter documental, así como lo indica (Marin, 2008) esta clase de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones.

En todo caso es importante realizar siempre la consulta documental con el fin de evitar una duplicidad de trabajos, puesto que se reconoce la existencia de investigaciones anteriores efectuadas sobre la misma materia y de las que se pueden usar sus conclusiones como insumos iniciales de la actual investigación.

3.2 Población participante

Estudiantes de la licenciatura en deportes del seminario de Deporte, nutrición y salud de la licenciatura en deportes de la UPN de la Universidad Pedagógica Nacional.

3.3 Métodos y técnicas de recopilación de información

Las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de información son de tipo cualitativo y cuantitativo y se implementaron de la siguiente manera:

3.3.1 Reconocimiento de ideas de la población participante.

Para el reconocimiento de ideas se establecieron tres aspectos generales de indagación:

- Importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico.
- Implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico.
- Relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas.

Los cuales posteriormente fueron tipificados y caracterizados (ver apartado 3.5.1.1) e indagados por medio de una encuesta (ver Anexo 2) compuesto por preguntas abiertas y cerradas el cual fue previamente validado por expertos.

3.3.2 Caracterización Bioquímica

Se realizó mediante la aplicación de la prueba incremental para la determinación de umbrales del lactato según protocolo (Mujika, 2012) TEST INCREMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE UMBRALES DEL LACTATO por David B. Pyne y Philo U. Saunders, Australian Institute of Sport (ver anexo 3). Al cual se le realizó modificaciones las cuales se encuentran consignadas en la propuesta de Unidad didáctica (ver anexo 1 Fase III).

Para la cual se utilizaron como implementos:

- Unidad de detención de lactato sanguíneo Accutrend Lactate
- Tiras reactivas BM- Láctate.
- Pulsioxímetro.
- Unidad de detención de glucosa en sangre OneTouch Select Plus Flex
- Tiras reactivas OneTouch Select Plus Flex
- Lancetas OneTouch Delica

3.4 Diseño unidad didáctica

El diseño de la unidad didáctica se orientó como una herramienta la cual permita dar respuesta al estudio bioquímico del metabolismo contextualizado a los requerimientos propios de las ciencias del deporte y de la actividad física. Para su desarrollo se partió desde la identificación y recolección de ideas referentes a la importancia del estudio de la bioquímica tiene para un grupo de estudiantes de la licenciatura en Deporte de la UPN, para determinar la relevancia que para ellos tiene la bioquímica en su formación profesional como docentes. Al igual que establecer la pertinencia podría tener el diseño de unidad para este grupo de estudiantes. Simultáneamente se buscó reconocer el potencial didáctico que pueden tener la aplicación de temáticas actuales de investigación como la

caracterización bioquímica aplicada al deporte, como elemento que permita reforzar y poner en práctica conocimientos bioquímicos en situaciones concretas del entrenamiento deportivo.

La unidad completa puede consultarse en el anexo 1.

3.5. Instrumentos

3.5.1 Encuesta.

Se puede definir según Cerda (1991) como la recolección sistemática de datos en una población o en una muestra de la población, mediante el uso de entrevistas personales y otros instrumentos para obtener datos. Como instrumento, la encuesta no puede ser atribuida como método específico de disciplina alguna. Su aplicación a problemas de muchos campos de investigación, junto con su capacidad de múltiple utilización y su gran alcance, hace de la encuesta una técnica de gran utilidad en cualquier tipo investigación que exija o requiera el flujo informativo de amplio sector de la población.

3.5.1.1 Caracterización del instrumento

En las tablas 3 y 4 se presentan los criterios utilizados para caracterizar el instrumento de identificación y recolección de ideas que se aplicó en el desarrollo de este trabajo.

Tabla 3. Caracterización Instrumento recolección de datos

CARACTERIZACIÓN DE PREGUNTA	# PREGUNTA	ASPECTO POR IDENTIFICAR CODIFICACION
Importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico.	1	AC
	2	CT
	12	ApC
Implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico.	3	AC
	7	CT
	8	AC
	9	DE
	10	CT
Relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas.	11	CT
	4	AC
		DE
	5	AC
6	DE	

Tabla 4. Codificación Aspectos indagados instrumento de recopilación de datos

ASPECTO POR INDAGAR	
Conocimiento teórico (CT)	<ul style="list-style-type: none"> Identifica fortalezas y debilidades teóricas que pueden influir en la toma de decisiones Capacidad de transferir los conocimientos teóricos a planteamientos y situaciones prácticas
Ampliación Y aplicación de conocimiento (AC)	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de integrar, procesar, ampliar y aplicar conocimientos teóricos Toma de decisiones en ámbitos concretos de trabajo
Desarrollo de estrategias (DE)	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de uso estratégico de los conocimientos adquiridos Toma de decisiones precisas y con coherencia en ámbitos o situaciones complejas
Aplica la decisión a un contexto (ApC)	<ul style="list-style-type: none"> Aplica las decisiones tomadas a contextos propios

4. Resultados y discusión

4.1 Prueba física

Por medio de la aplicación de la prueba física se buscó establecer el potencial didáctico que tiene el uso de temáticas como la caracterización bioquímica de deportistas, en la formación docente y profesional en un grupo de estudiantes de la licenciatura en Deportes de la UPN. Haciendo uso de un test incremental el cual permitió se puede establecer los niveles de resistencia de los deportistas se puede observar de primera mano la integración de ciencias como la bioquímica y el papel que desempeña en el desarrollo científico e investigativo del deporte.

Las mediciones y datos obtenidos durante la prueba sirvieron como insumo para el desarrollo de la unidad didáctica planteada en este trabajo, ya que fueron utilizados para contextualizar las diferentes adaptaciones fisiológicas de un grupo de deportistas a través de la explicación bioquímica de las mismas, teniendo en cuenta el tipo de entrenamiento y deporte practicado por los sujetos participantes.

La realización de la prueba física para determinación de lactato en sangre se realizó según método UAI (Serrano & Sanabria, 2015) con la asesoría de un metodólogo deportivo y entrenador certificado. Para la cual se hizo uso y modificaciones del protocolo INCREMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE UMBRALES DEL LACTATO (David B. Pyne & Philo U. Saunders, Australian Institute of Sport) (ver anexo 3).

Se constituyo por 5 etapas incrementales realizadas en pista, cada etapa con un incremental de distancia estipulado entre los 800 a 1200 metros (100 metros por etapa) a una velocidad incremental de 1k/h con un tiempo máximo de realización de 4 minutos por etapa, con un intervalo de descanso de 60 segundos, en el cual se realizó la recolección de la muestra para la determinación de lactato, Frecuencia cardiaca (FC), porcentaje de saturación de O₂ (SpO₂%) y glucosa en sangre.

Se seleccionaron 4 sujetos (dos hombres y dos mujeres) para la realización de la prueba, estos fueron seleccionados dentro de la población participante de la siguiente manera: 3 de los participantes se escogieron por contar con un historial de entrenamiento continuo en diferentes deportes (atletismo de fondo, brazilian jiu-jitsu, taekwondo) y un último sujeto físicamente activo.

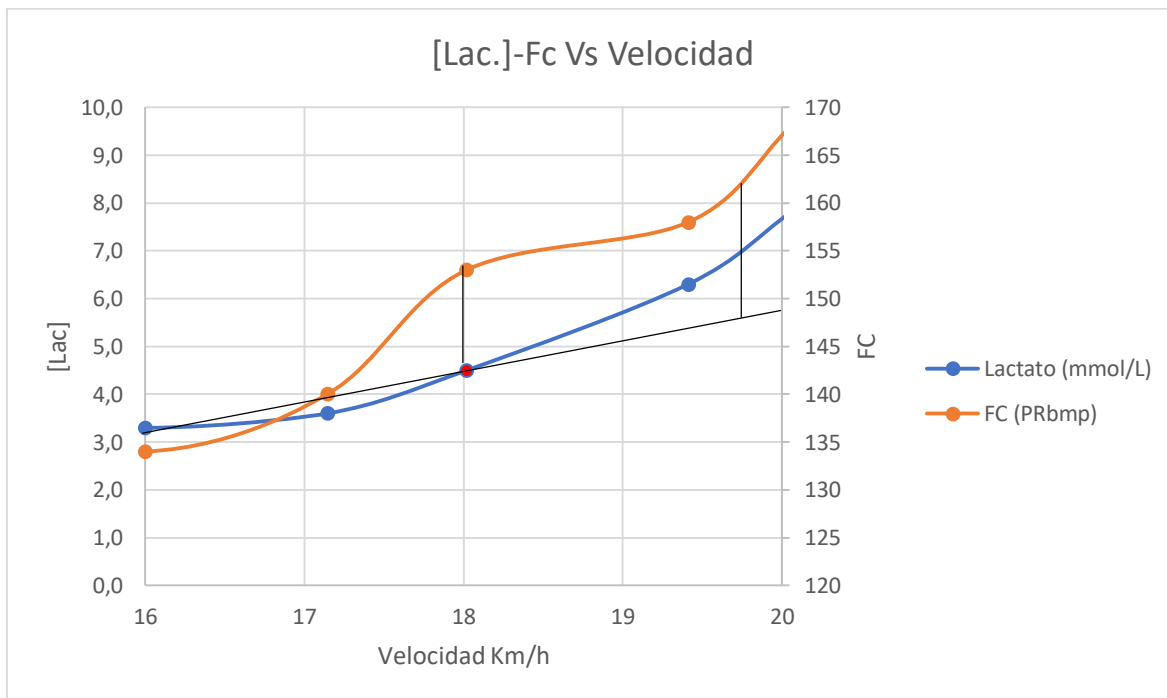
A partir de esta actividad, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1.1 Individuo 1: Mujer (M), Atletismo de fondo.

En la tabla 5 se encuentran los datos que se registraron durante la prueba física para una atleta femenina de 26 años quien es practicante de atletismo de fondo.

Tabla 5. Datos prueba física Atleta de fondo

Prueba	Lactato (mmol/L)	SpO ₂ %	FC (PRbpm)	Glicemia (mg/dL)	tiempo (min)	distancia (m)	Velocidad (Km/h)
línea base	3,0	93	127	97	0,00	0	0
1	3,3	88	134	110	3,00	800	16,0
2	3,6	97	140	114	3,15	900	17,1
3	4,5	90	153	129	3,33	1000	18,0
4	6,3	92	158	143	3,40	1100	19,4
5	7,8	91	168	187	3,59	1200	20,1



Gráfica 1. Concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad para atleta de fondo

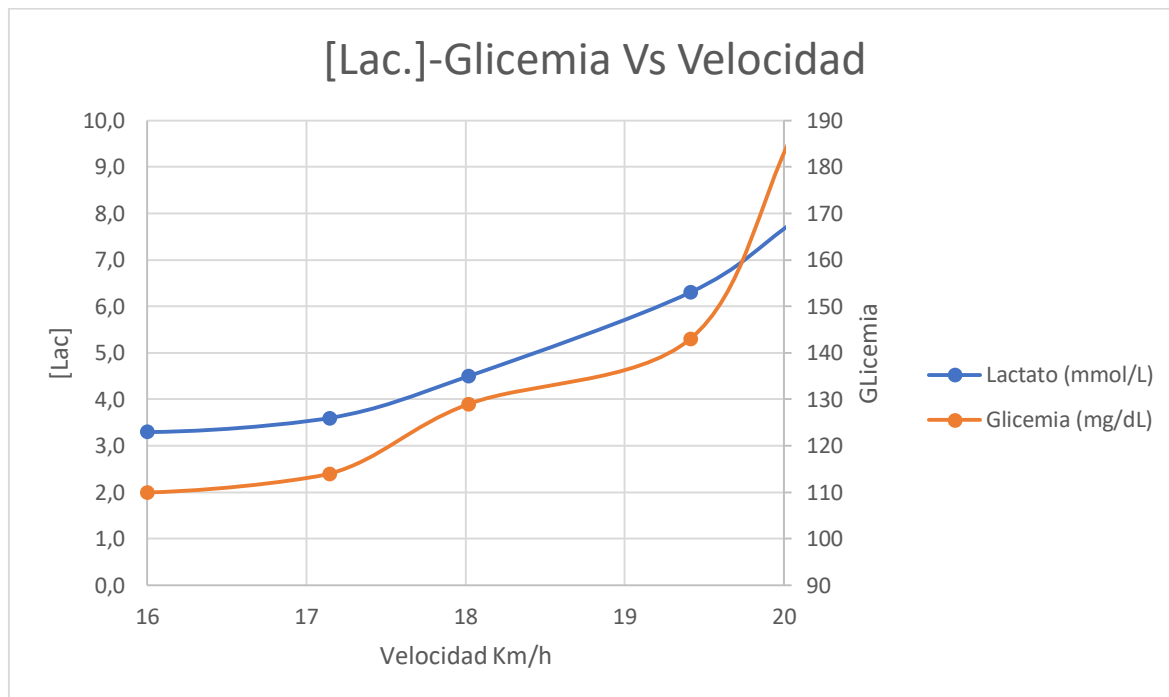
Según los datos registrados por la atleta no es posible determinar gráficamente el umbral anaerobio individual. Ya que no se presenta un cambio significativo, brusco o marcado de la tendencia lineal de curva obtenida, ya que como lo precisan Faude, Kinderman y Meyer (2009) para la determinación grafica del UAI es necesario que se presente una fluctuación de la curva de concentración de lactato la cual debe corresponder visualmente a un cambio exponencial de la misma.

No obstante, los datos registrados permitieron la inferencia de ciertas nociones referentes al rendimiento deportivo de la atleta los cuales fueron contrastados con la literatura.

En primera instancia se pudo inferir haciendo uso de la gráfica 1 obtenida para concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad en la cual se obtuvo un punto de corte entre la curva obtenida y línea tangente de 45° que propone Simon 1981 (Faude et al 2009).

Este punto representa el umbral aeróbico donde se inicia la transición aeróbica – anaeróbica (Subieta, 2007) y (Aguado). Al establecer umbral aeróbico de la deportista es conveniente afirmar que la intensidad con la cual esta realizó prueba es de carácter moderado esto debido a que la transición aeróbica – anaeróbica se realiza entre 40% -70% de intensidad con la cual se está realizando el esfuerzo físico (López, Vicente, & Cancino, 2013) y (Giraldo & Nieto, 2018). Al haber realizado la prueba en rangos moderado de intensidad el estrés proveniente por la prueba en la atleta no es el suficiente para generar un aumento brusco en la lactacidemia.

Al contrastar los datos obtenidos en la gráfica 2 se corrobora la intensidad con la cual la deportista realizó la prueba ya que se visualiza un comportamiento similar (tendencia al aumento) de las curvas de glucosa en sangre y los valores de lactato. Esta similitud se debe a que en el estado de transición aeróbico – anaeróbico existe lo que Miller et al (2002) consideran como una “competencia” entre sustratos (lactato y glucosa) para suplir las demandas energéticas durante la actividad física, razón por la cuales el organismo bioquímicamente no prioriza ruta metabólica alguna. Por lo que las concentraciones de ambos sustratos se mantienen estables y con tendencia al aumento tal como se visualizó en la gráfica 2. Por su parte Stöggel et al (2016) establecieron que al realizar actividad física a moderada intensidad se presentaba una estabilidad entre los valores sanguíneos de glucosa y lactato, producidos por deportistas entrenados durante pruebas de esfuerzo físico. Tal como se encontró con los datos registrados por la deportista



Gráfica 2. Concentración lactato- Glicemia Vs Velocidad para atleta de fondo

Los resultados bioquímicos obtenidos se ven reflejados en como consecuencia a las adaptaciones y cambios fisiológicos logrados por parte de la atleta a partir del entrenamiento y especificidad de

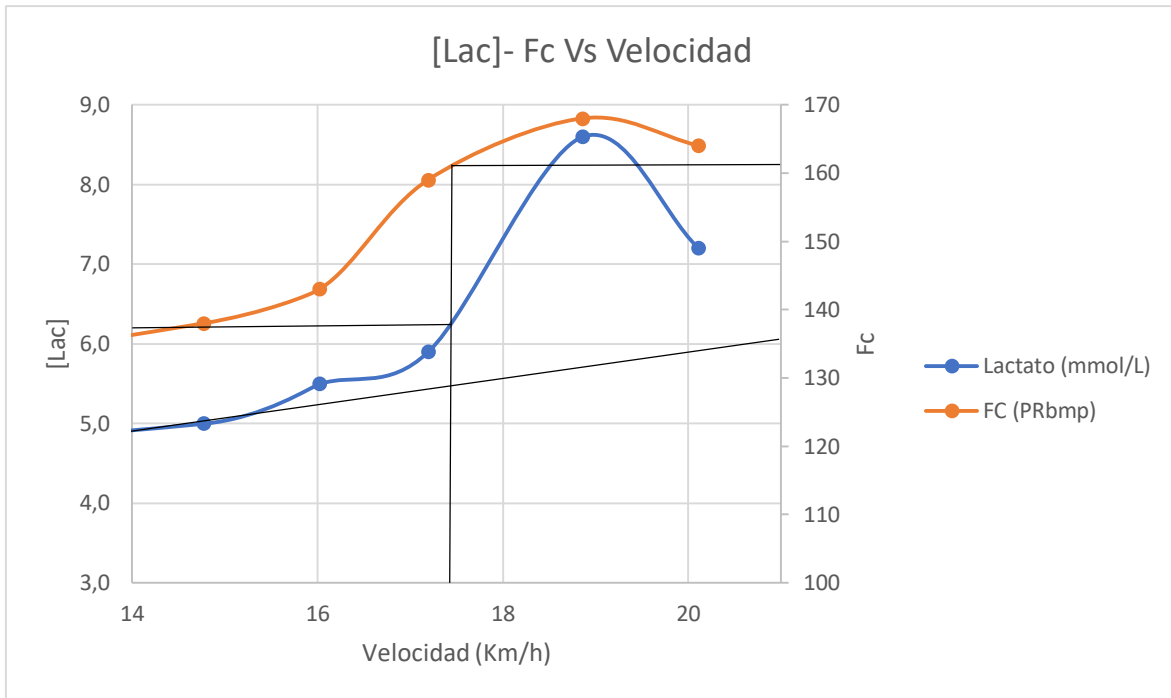
este. Ya que el entrenamiento para deportistas de resistencia permite que estos produzcan una menor cantidad de lactato y un menor gasto energético (Williams y Cavanagh, 1987), lo que se traduce en un mejor rendimiento en carreras de fondo (Saunders, Pyne, Telford & Hawley, 2004). Una de las principales adaptaciones fisiológicas presentes en los corredores o atletas de fondo se presenta en la composición de las fibras musculares de estos. Los corredores de fondo presentan un 75% de fibras tipo I (de contracción lenta) y un 25% de fibras tipo IIa (de contracción intermedia), siendo un porcentaje muy pequeño o incluso nulo el de fibras tipo IIb (de contracción rápida). Este predominio de fibras musculares tipo I parece estar relacionado con el VO₂ Max (Saunders, et al 2004) y la economía de carrera (Williams y Cavanagh, 1987). De igual manera un mayor porcentaje de fibras lentas presentan una correlación en la baja producción de lactato. Con base en la literatura se estima que los valores de UAI para deportistas de resistencia oscilan entre concentraciones de (8-9 mmol/l) referente que se suele obtener cuando se alcanza el VO₂ máx. (Billat, 2002; Esteve Lanao, 2007; Pallarés y Morán Navarro, 2012). De hecho, en las pruebas de resistencia se consideran pruebas máximas si, desde el punto de vista de la lactacidemia, se superan los 8 mmol/L (Casajús, Piedrafita y Aragonés, 2009).

4.1.2 Individuo 2: Hombre (H), Brasilina Jiu-Jitsu

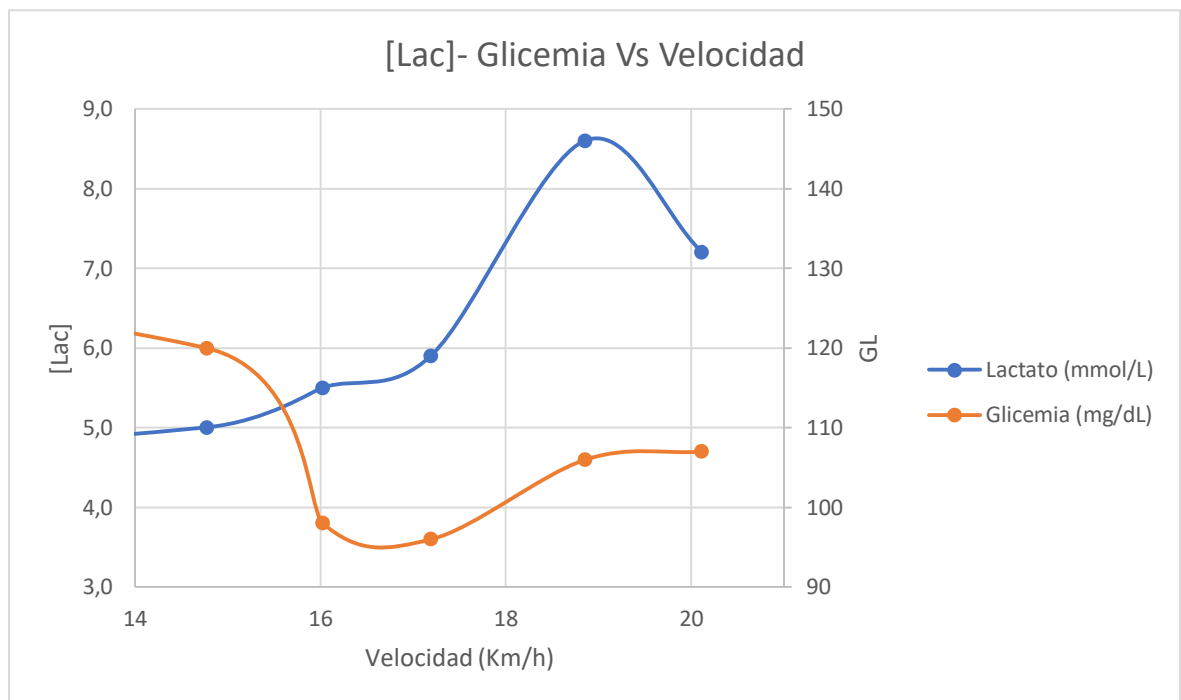
En tabla 6 muestra los resultados registrados para un deportista que 26 años el cual entrena brazilian jiu-jitsu o BJJ por sus siglas en inglés. Durante la aplicación de la prueba incremental para la determinación de umbrales del lactato.

Tabla 6. Datos prueba física deportista de Brazilian Jiu-Jitsu BJJ

Prueba	Lactato (mmol/L)	SpO ₂ %	FC (PRbpm)	Glicemia (mg/dL)	tiempo (min)	distancia (m)	Velocidad (Km/h)
línea base	3,7	97	107	141	0,00	0	0
1	5,0	88	138	120	3,25	800	14,8
2	5,5	94	143	98	3,37	900	16,0
3	5,9	92	159	96	3,49	1000	17,2
4	8,6	81	168	106	3,50	1100	18,9
5	7,2	95	164	107	3,58	1200	20,1



Gráfica 3. Concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad para deportista de Brazilian Jiu-Jitsu BJJ



Gráfica 4. Concentración lactato- Glicemia Vs Velocidad para deportista de Brazilian Jiu-Jitsu BJJ

Faude et al (2009) quien retoma los postulados de Simon 1981 para la estimación grafica del UAI el cual indica que la presencia de un cambio en la tendencia lineal de la curva obtenida para la concentración de lactato en sangre. Corresponderá al UAI cuando se presente una tangente en la curva de lactato 45°. Bajo esta premisa se estimó gráficamente y haciendo uso de la gráfica 3 que el valor correspondiente al UAI de este deportista, aproximadamente correspondieron a una concentración de 6,3 mmol/L de lactato, 163 PRbpm de frecuencia cardiaca y a una velocidad 17,4 k/h durante la aplicación de la prueba.

Se considera que en este punto temporal de esfuerzo el nivel de difusión de lactato sanguíneo y el nivel de su eliminación se encuentran en equilibrio. (Stegmann 1981). Cabe recalcar que base de la importancia de la estimación de (UAI) recae en la necesidad de refutar la idea que varios autores como Mader, Sjodin, Jacobs defendieron, en donde se aceptaba que el umbral de lactato debía de ser encontrado en concentraciones de 4mmol/L. La aplicación de métodos como el UAI permiten establecer que los valores del umbral son relativos a cada deportista y a cada deporte. Está demostrado que, el utilizar como umbral anaeróbico la concentración estándar de lactato en sangre de 4 mmol/l no es del todo fiable a la hora de representar el máximo estado estable de lactato (MLSS) y Umbrales Anaeróbicos Individuales (UAI). (Pascual, Leyton, Oriol, Batista, 2018)

Al contrarrestar las concentraciones de lactato y glucosa (gráfica 6) se evidencia una disminución significativa en las concentraciones de glucosa, dicha disminución obedece al cambio de ruta metabólica priorizada para el abastecimiento energético acorde con la realización del esfuerzo físico, donde se realiza un cambio entre la ruta metabólica aerobia (glucólisis aerobia) a anaerobia (glucólisis anaerobia) (Miller et al, 2002) y (Stöggl et al, 2016)

Díaz (2015) sugiere que gran parte de la producción de energía durante una lucha de Brazilian Jiu-Jitsu (BJJ) se basa principalmente en la vía glucolítica, debido a que el ratio o relación esfuerzo/descanso no es suficiente para restablecer plenamente el sistema de los fosfógenos. Por lo tanto, la capacidad para soportar valores bajos de pH, tanto intramusculares como sanguíneos, es crucial para mantener los valores de fuerza muscular y potencia, debido a la alta intensidad producida por los atletas en un combate oficial de BJJ.

Pereira et al. (2011) hacen referencia a la capacidad de producción y eliminación de lactato, como uno de los aspectos determinantes en modalidades deportivas intermitentes como el BJJ. Esta capacidad podría optimizar el mantenimiento adecuado del pH frente a los esfuerzos de alta intensidad de la lucha, así como la reutilización del lactato como sustrato energético para las fibras tipo I. Por lo tanto, la dinámica de producción/eliminación podría favorecer el mantenimiento de la capacidad de resistencia anaeróbica del atleta de BJJ

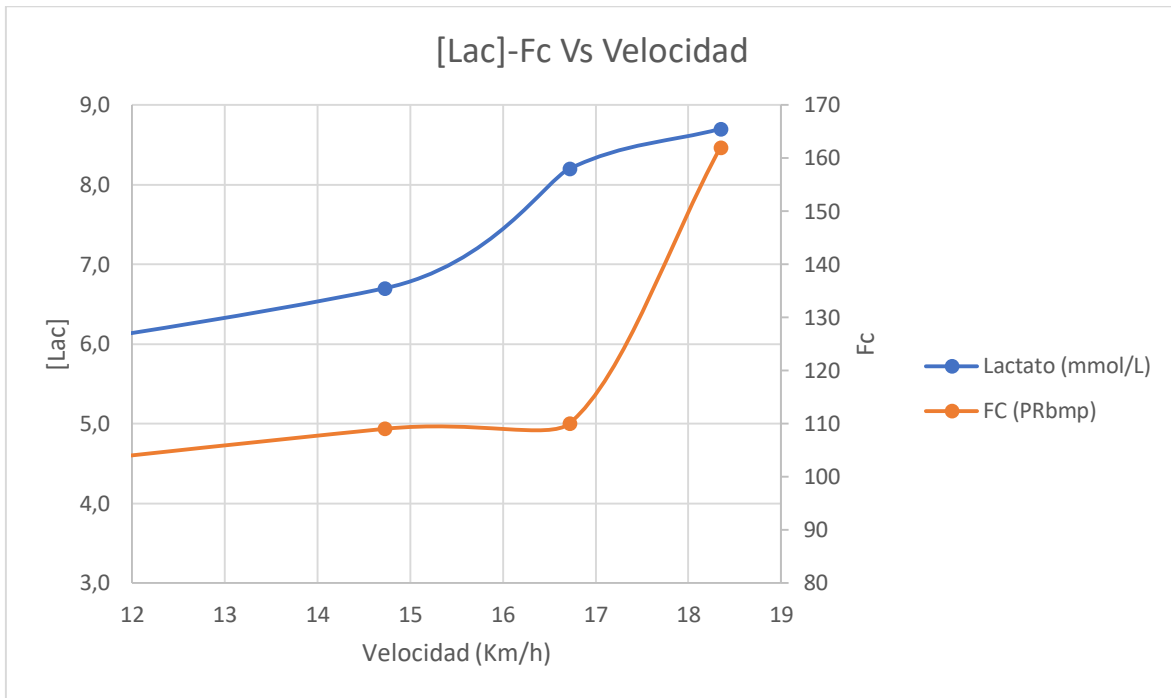
En la literatura se puede encontrar algunas investigaciones que han medido la máxima concentración de lactato durante luchas simuladas (Andreato et al., 2013; da Silva et al., 2013; Franchini et al., 2005) Estos estudios han encontrado concentraciones de lactato entre 9 y 12 mmol·L⁻¹, indicando una moderada activación de la vía glucolítica durante una lucha simulada de BJJ.

4.1.3 Individuo 3: Hombre (H), Taekwondo

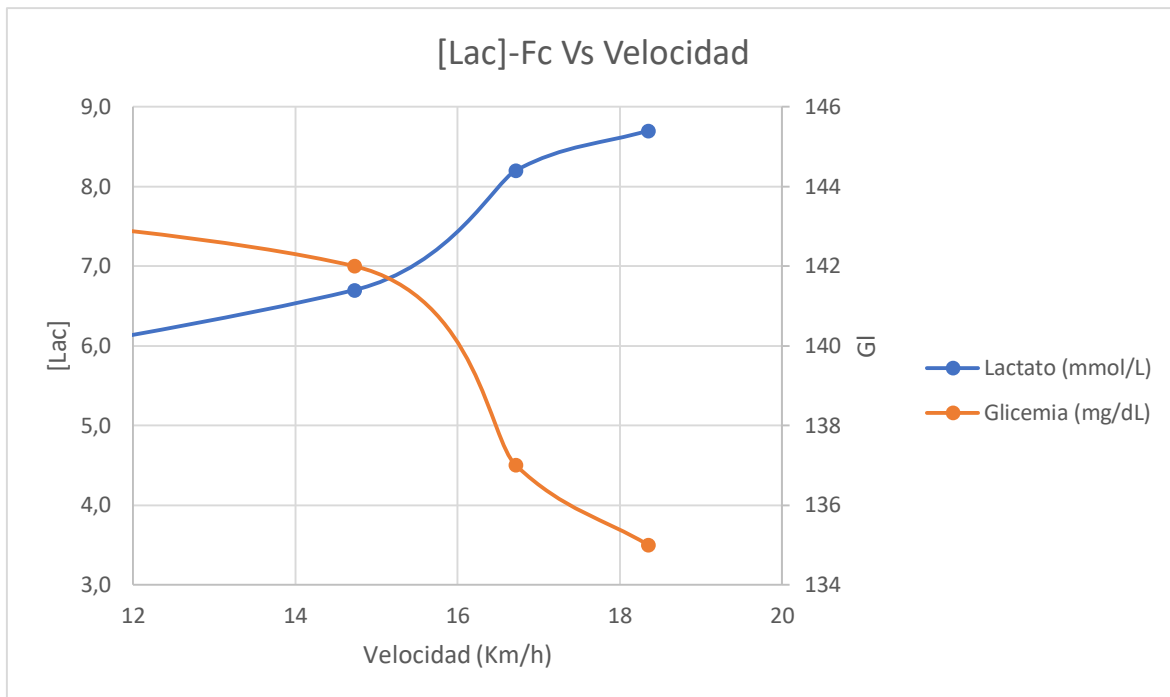
Datos registrados durante la aplicación de la prueba incremental para la estimación de umbrales de lactato por un atleta masculino de 28 años, el cual practica Taekwondo se encuentran presentados en la siguiente tabla (7)

Tabla 7. Datos prueba física atleta de Taekwondo

Prueba	Lactato (mmol/L)	SpO ₂ %	FC (PRbpm)	Glicemia (mg/dL)	tiempo (min)	distancia (m)	Velocidad (Km/h)
línea base	4,1	97	81	145	0,00	0	0
1	6,7	89	109	142	3,26	800	14,7
2	8,2	93	110	137	3,23	900	16,7
3	8,7	90	162	135	3,27	1000	18,3



Gráfica 5. Concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad para deportista de Taekwondo



Gráfica 6. Concentración lactato- Glicemia Vs Velocidad para deportista de Taekwondo

En el caso del individuo 3 no es posible la determinación del UAI por falta de datos, esto debido a que en el momento de la realización de la prueba las condiciones climáticas cambiaron lo que dificultaron la obtención de la muestra sanguínea a los 1100 metros de distancia (etapa 3 de la prueba).

Sin embargo, los datos obtenidos permiten la inferencia de algunos aspectos sobre el deportista.

1. Se observó una tendencia estable en el aumento de la concentración de lactato, en la cual se evidencia que a medida que se incrementa la intensidad del ejercicio (etapa 2-3) por la variación en la frecuencia cardíaca. La concentración de lactato presenta variaciones mínimas en orden de 0,5 mmol/L (Gráfica 5). Esta tendencia estable según los planteamientos de Beneke y Von Duvillard, 1996 los cuales son retomados por Arratibel (2013) son asociados a la presumible carga de trabajo constante más alta que puede llevarse a cabo con el metabolismo oxidativo; de igual manera Beneke, 2003 quien es citado por (Arratibel, 2013) indica que la tendencia en producir variaciones mínimas en la concentración de lactato está estrechamente relacionada con la máxima intensidad de esfuerzo que puede mantener el deportista durante un tiempo sin que se produzca acumulación de lactato en el músculo.
2. Se observó en la gráfica 6 que al igual que con el deportista practicante de Brazilian Jiu-Jitsu que se presenta una disminución en la concentración de glucosa y un aumento en la de lactato. Lo que establece que el atleta alcanza en la realización de la prueba una

intensidad entre moderada y sub máxima como lo exponen Miller, et al (2002) los cuales sugieren que al aumentar la intensidad en pruebas incrementales se aprecia un decaimiento en los niveles de glucosa sanguíneos a media que se cambia de una ruta metabólica aerobia a una anaerobia utilizando como sustrato energético el lactato como precursor de piruvato para la glucólisis anaeróbica.

Cardozo, Vera, Conde, Yáñez (2017) indican que los deportistas de taekwondo realizan periodos intensos de lucha (entre 1 a 5 segundos) alternado con periodos más largos de no lucha o pausa dinámica donde estudian a su contrincante para atacar, contraatacar o descansar, generando una alta degradación de fosfocreatina y gran demanda metabólica glucolítica como fuentes para la obtención de energía.

Esto se refleja en el nivel de competición donde se alcanzan niveles pico de frecuencia cardiaca por encima del 90% de la frecuencia cardiaca máxima y concentraciones de lactato que pueden oscilar entre 7,0 a 12,2 mmol/L, valores debido a la dinámica del combate como lo son patadas, puños, defensas, esquivas, etc. (Cardozo et al., 2017).

Por su parte Cañadillas (2012) sugiere que los valores en las concentraciones de lactato no se ven afectadas por los sucesivos combates sino por la intensidad de cada combate, recalando que en una competición un peleador puede realizar hasta 5 combates con descansos entre ellos en ocasiones menores a los 10 minutos. Razón por la cual el entrenamiento en intensidades sub máximas se hace necesario para el aumento en la tolerancia del lactato. (González, Pedroso, 2016).

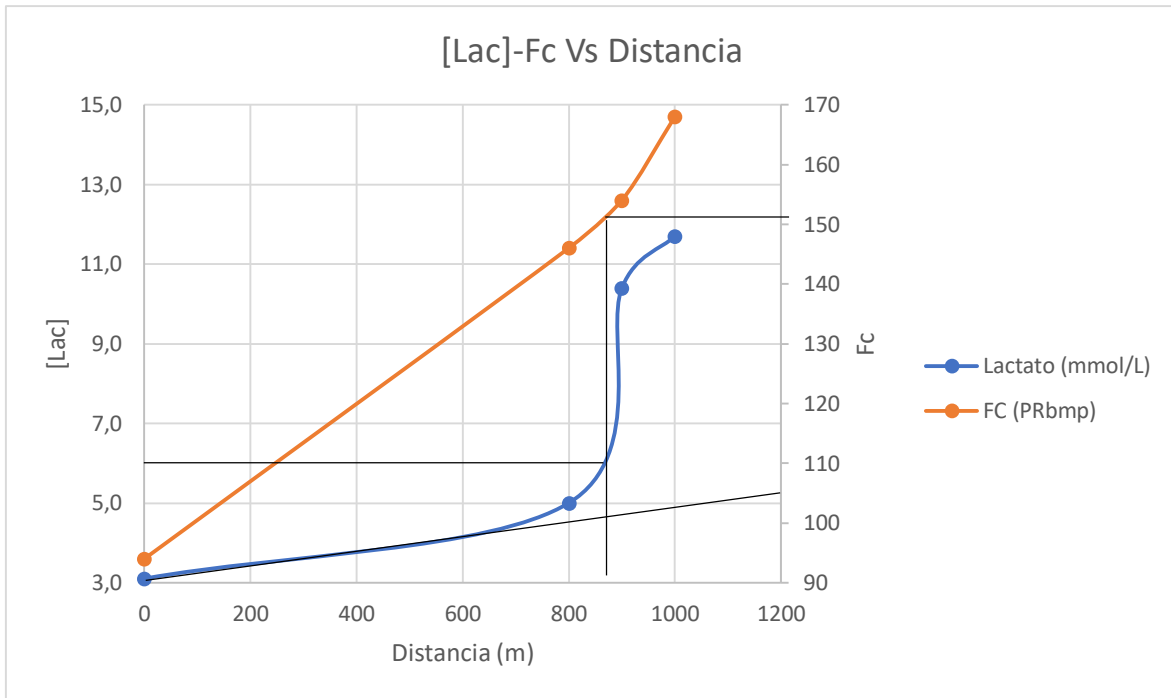
Es este entrenamiento de intensidad sub máxima la que permite a los deportistas el desarrollo de un estado estable en la concentración de lactato por un tiempo prolongado, sin que se produzca una acumulación en el músculo un descenso en pH sanguíneo (acidosis) (González, Pedroso, 2016).

4.1.4 Individuo 4: Mujer (M), No Entrenada.

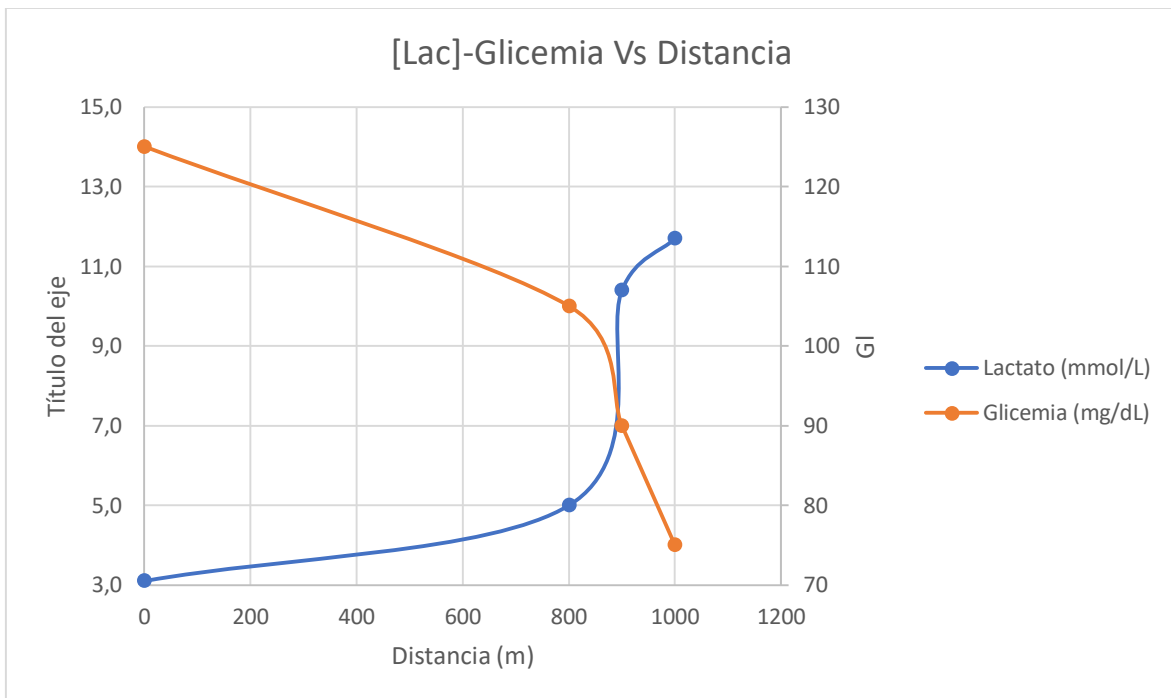
En la tabla 8 se encuentran registrados los valores obtenidos los valores obtenidos durante la aplicación de la prueba para un sujeto de sexo femenino de 23 años. La cual es físicamente activa más no realiza un entrenamiento propio de una disciplina deportiva.

Tabla 8. Datos prueba física sujeto No entrenado.

Prueba	Lactato (mmol/L)	SpO ₂ %	FC (PRbmp)	Glicemia (mg/dL)	tiempo (min)	distancia (m)	Velocidad (Km/h)
línea base	3,1	94	94	125	0,00	0	0
1	5,0	96	146	105	5,00	800	9,6
2	10,4	95	154	90	6,28	900	8,6
3	11,7	96	168	75	6,16	1000	9,7



Gráfica 7. Concentración Lactato - Frecuencia cardiaca Vs Velocidad para sujeto No entrenado



Gráfica 8. Concentración lactato- Glicemia Vs Velocidad para sujeto No entrenado

Con el individuo 4 cabe destacar dos puntos para poder establecer el UAI en la curva obtenida:

1. Aunque se completa 3 etapas de la prueba llegando hasta una distancia recorrida de 1100 metros, no se sigue el protocolo incremental de velocidad que se había establecido para el cumplimiento de esta
2. Los tiempos registrados son superiores a 4 minutos, los cuales habían sido establecidos en el protocolo

Por tal razón se optó por establecer el UAI al graficar la concentración de lactato frente a distancia. Este tipo de grafica según Conteúdo Sports Resource Group, Inc, (2011) se estipula como un gráfico de estado fijo. Los valores aproximados para el UAI del sujeto no entrenado son: para concentración de lactato de 6,0 mmol/L y una frecuencia cardiaca de 151 PRbpm.

Guerrero, Naranjo, Rueda, Galván, Guisado (2006) indican en su investigación que sujetos sanos no entrenados pueden presentar valores máximos de lactato en sangre que oscilan entre 10,6 y 13,5 mmol/L. valores que concuerdan con los datos obtenidos para el sujeto no entrenado.

Por otra parte, la gráfica 8 presenta tendencia a disminuir la concentración de glucosa en sangre, la cual es notoria en los individuos 2 y 3. Aunque el cambio se genera de forma más notoria y pronunciada, lo que indica que la transición entre sustrato energético en la ruta metabólica se presenta de forma mucho más rápida en comparación a los demás. Tal como fue propuesto por (Miller et al, 2002) y (Stöggl et al, 2016) y discutido con anterioridad.

4.2 Prueba escrita

Se realiza la aplicación del instrumento de recopilación de información a un total de dieciséis (16) estudiantes del seminario Deporte, nutrición y salud de la licenciatura en deportes de la UPN, de los cuales se distribuyen en 11 hombres y 5 mujeres. Quienes se encuentran en un rango de edad comprendido entre los 20 y 41 años.

A continuación, la tabla 9 Presenta los criterios seleccionados a evaluar con el fin de facilitar al lector la explicación de estos

Tabla 9. Caracterización Instrumento recolección de datos

ÍTEM	CARACTERIZACIÓN DE PREGUNTA	ASPECTO POR IDENTIFICAR
A	Importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico	Conocimiento teórico
		Ampliación Y aplicación de conocimiento
		Aplicación de la decisión a un contexto
B	Implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico	Conocimiento teórico
		Ampliación Y aplicación de conocimiento
		Desarrollo de estrategias
C	Relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas	Ampliación Y aplicación de conocimiento
		Aplicación de la decisión a un contexto

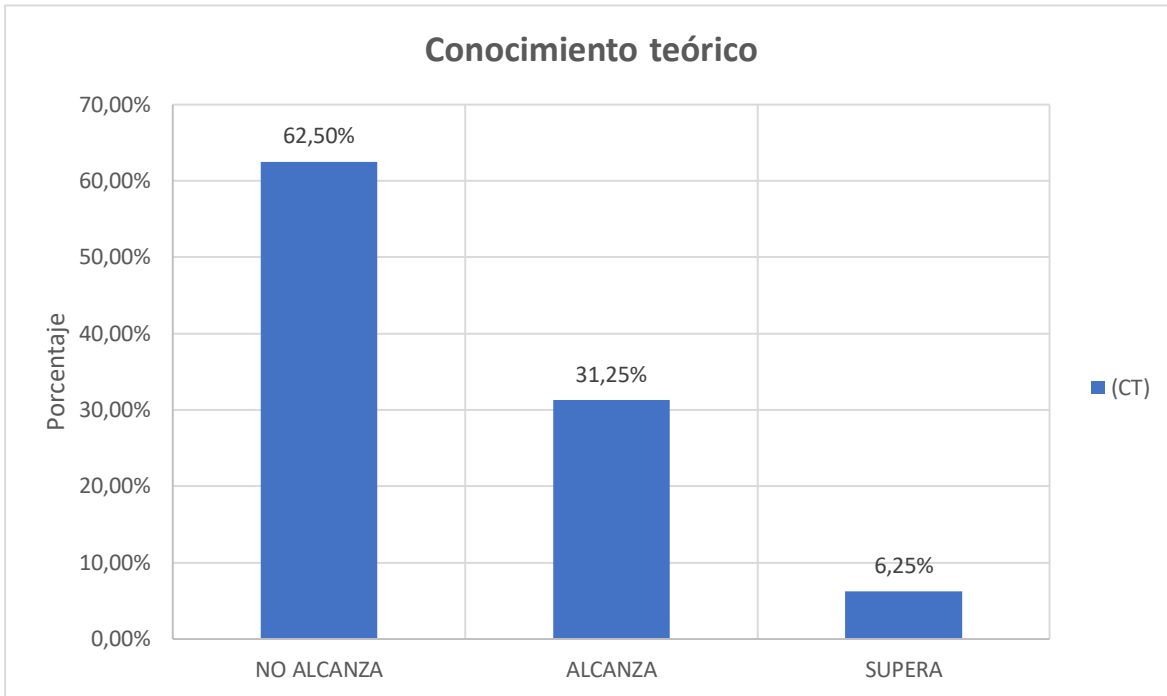
4.2.1 Importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico

En este ítem se buscó establecer e identificar las ideas referentes a la importancia y relevancia que tiene para un grupo de estudiantes de la licenciatura en Deportes de la UPN. El estudio de la bioquímica para la comprensión y aprendizaje del metabolismo. A si mismo visualizar como interpretan, relacionan amplían y hacen uso de conceptos bioquímicos para dar respuesta a situaciones asociadas al entrenamiento deportivo. Con el fin de establecer la relevancia que tendría el diseño de una propuesta didáctica que se enfoque en el estudio y explicación bioquímica del metabolismo, contextualizado a las ciencias del deporte y la actividad física.

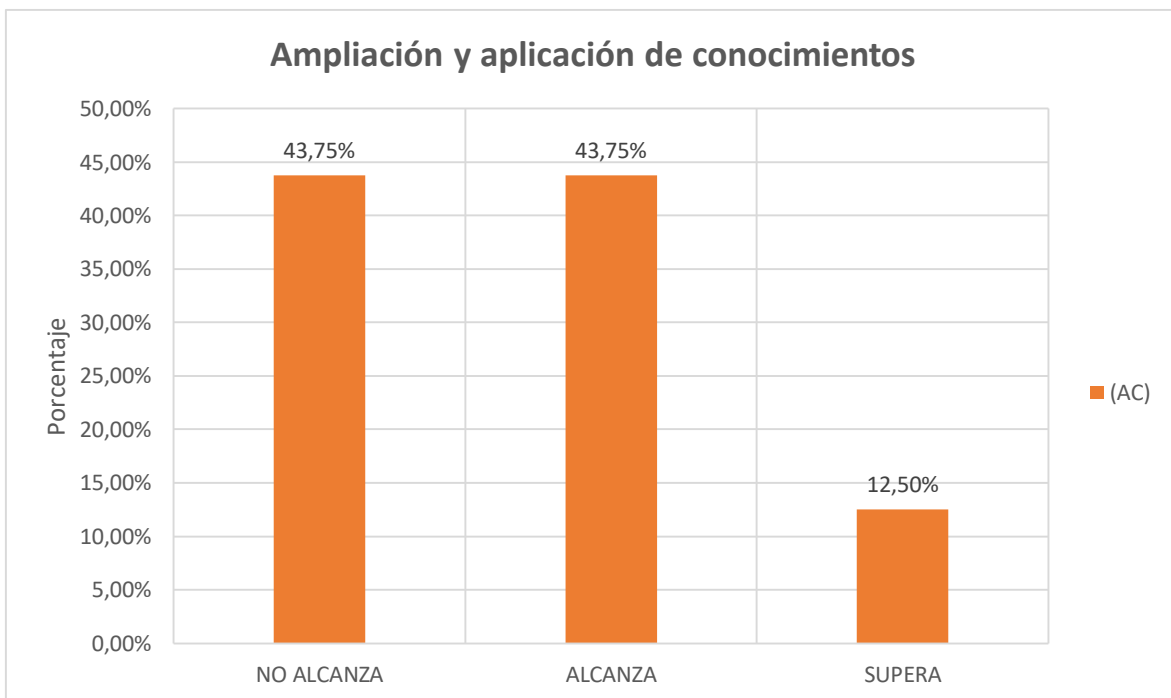
En la tabla 10 se encuentran tabulados los resultados obtenidos al aplicar el instrumento de recopilación de datos e interpretados según la caracterización estipulada con anterioridad en el documento (ver tabla 3 y 9)

Tabla 10. Tabulación de datos referentes a las ideas de la población participante acerca de: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico

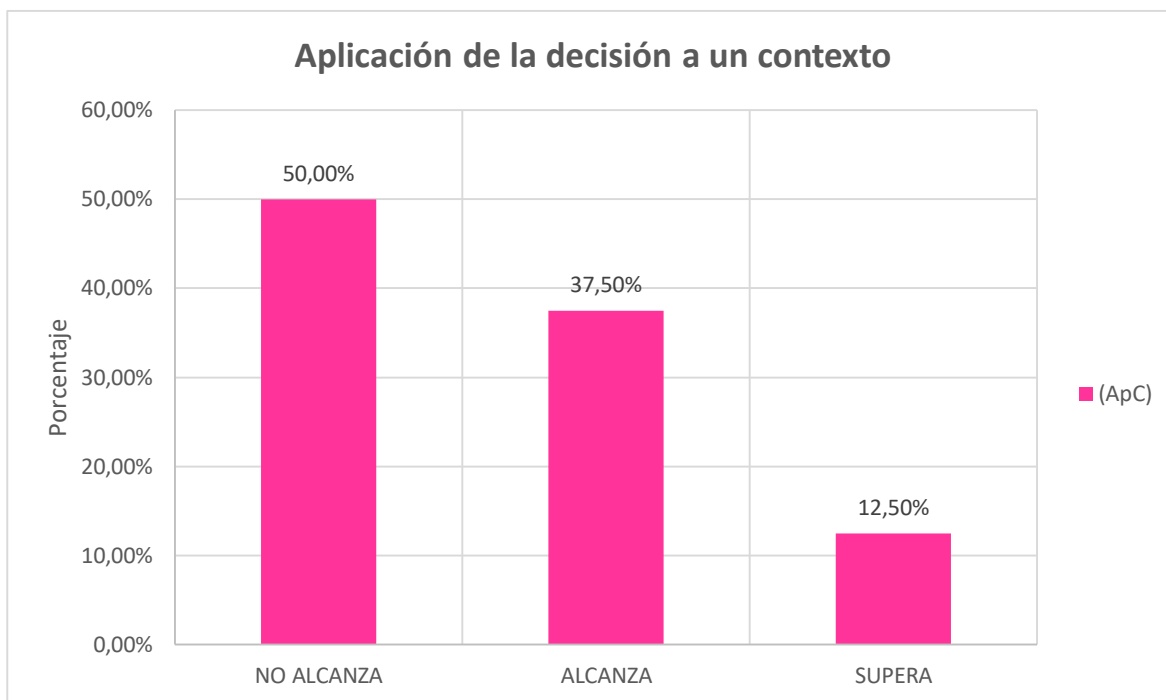
IMPORTANCIA Y RELACIÓN DEL ESTUDIO DE LA BIOQUÍMICA PARA EL APRENDIZAJE DEL METABOLISMO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO FÍSICO																		
ESTUDIANTE /ASPECTO POR IDENTIFICAR	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E1 0	E1 1	E1 2	E1 3	E1 4	E1 5	E1 6	Tot al	Porcent aje
Total, preguntas por sección	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48	N/A
(CT)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100%
NO ALCANZA	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	10	62,50%
ALCANZA	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5	31,25%
SUPERA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6,25%
(AC)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100%
NO ALCANZA	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	7	43,75%
ALCANZA	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	7	43,75%
SUPERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	12,50%
(ApC)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100%
NO ALCANZA	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	8	50,00%
ALCANZA	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	6	37,50%
SUPERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	12,50%
SUMA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48	16 (100%)
N= Documentos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100%



Gráfica 9. Resultados identificación de conocimiento teórico referente a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico



Gráfica 10. Resultados identificación de Aplicación de Conocimientos referentes a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico



Gráfica 11. Resultados identificación de Aplicación de la decisión a un contexto referente a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico

Tabla 11. Ejemplos de respuesta dada por los estudiantes según los criterios indagados referentes a: la importancia y relación del estudio de la bioquímica para el aprendizaje del metabolismo energético del ejercicio físico

IMPORTANCIA Y RELACIÓN DEL ESTUDIO DE LA BIOQUÍMICA PARA EL APRENDIZAJE DEL METABOLISMO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO FÍSICO		
Pregunta 1: ¿De qué manera considera usted que la bioquímica se relaciona con el estudio del metabolismo energético del ejercicio físico?		
Aspecto identificado: Ampliación Y aplicación de conocimiento (AC)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
9	Con el análisis de los datos obtenidos de una célula con diferentes estímulos	No alcanza
5	Es el resultado de reacciones químicas producidas dentro del cuerpo humano, por tal motivo una ciencia es necesaria para el estudio detallado de estas reacciones y como podría afectar el rendimiento del deportista	Alcanza
13	La bioquímica tiene que ver con todas las reacciones químicas en el cuerpo, a la vez que los procesos metabólicos de anabolismo y catabolismo, los sustratos energéticos y las fuentes de dicha energía.	Supera
Pregunta 2 ¿Que conocimientos bioquímicos cree usted necesarios para identificar, comprender, analizar y explicar el metabolismo energético del ejercicio físico?		

Aspecto identificado: Conocimiento teórico (CT)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
9	Las diferentes relaciones que tiene la célula con los tipos de entrenamiento físico que se realizan	No alcanza
13	Procesos de degradación de los macronutrientes, las rutas metabólicas y la relación de estas con la duración de trabajo y la prestación de energía	Alcanza
2	Oxidación celular, rutas metabólicas, ciclo de Krebs, respiración celular, intercambio de iones	Supera
Pregunta 12 ¿De los siguientes enunciados cual considera usted presenta relevancia en su formación profesional? Y ¿por qué?		
Aspecto identificado: Aplica la decisión a un contexto (ApC)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
6	A: NN	No alcanza
2	A: Permite mayor conocimiento de los procesos bioquímicos que surgen durante las actividades físicas, lo cual permite hacer un estudio más arduo en la individualización de los procesos aplicados	Alcanza
11	A. Desde la perspectiva bioenergética, permite la valoración de las capacidades metabólicas que contribuyen una mejor distribución de cargas, buscando llevar al individuo a un mejor aprovechamiento de las adaptaciones fisiológicas, logrando una adecuada planeación del entrenamiento sistemático	Supera

En referencia al ítem indicado con anterioridad se propuso tres aspectos para ser evaluado; los aspectos pueden ser encontrados en la tabla 9. A partir de los resultados obtenidos se pudo establecer que:

Diez estudiantes (E1,3,4,6,8,9,10,11,12 y 14) los cuales representan el 62,50% de la población participante (ver tabla 10 y Grafica 9) presentan dificultades a nivel de conocimientos teóricos para articular conceptos propios de la bioquímica con el fin de establecer explicaciones y/o tomar decisiones referentes al metabolismo energético del ejercicio físico. Frente a cinco estudiantes (E5,7,13,15,16) quienes representan al (31,25%) y un único estudiante (E2) (6,25%) que alcanza y supera las expectativas respectivamente al hacer un uso acorde y coherente de conceptos bioquímicos. Ejemplos de las respuestas dadas por los estudiantes se encuentran consignadas en la tabla 11 en la pregunta 2.

Al evaluar la aplicación de los conocimientos teóricos anteriormente establecidos se obtuvo siete de los estudiantes (E1,2,4,6,9,10,15) el 43,75% (ver tabla 10 gráfica 10) presenta dificultades en la ampliación y aplicación de conocimientos bioquímicos acordes a la temática de metabolismo energético con este resultado se estableció que estudiantes como (E1,4,6,10) que ya habían presentado dificultades en ámbito teórico persisten con dificultades ahora en la aplicación de conocimientos. Oña (2002) establece que muchos de los problemas a nivel teórico-científico de las ciencias de la actividad física están asociados a lo que denomina como el “alejamiento del conocimiento científico” el cual genera que se delegue el estudio de conocimientos propios de ciencias básicas específicas como la bioquímica a materias relacionadas, ejemplo que propone en

su trabajo es el estudio de temáticas de la bioquímica transferidas al estudio de la fisiología humana, lo cual genera en los estudiantes conflictos con la procedencia de las temáticas, esto debido a que a pesar de conocer, manejar y emplear conceptos de bioquímica, su procedencia, validez y explicación son atribuida a la fisiología más no a la bioquímica. Y aunque en principio en las ciencias de la actividad física y el deporte se estableció que la bioquímica hacia parte de la fisiología humana. Actualmente son disciplinas y ciencias claramente diferentes y con objetos de estudios diferenciados (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), 2006). Lo anterior es evidenciable en las respuestas generadas por los estudiantes (tablas 11 pregunta 1).

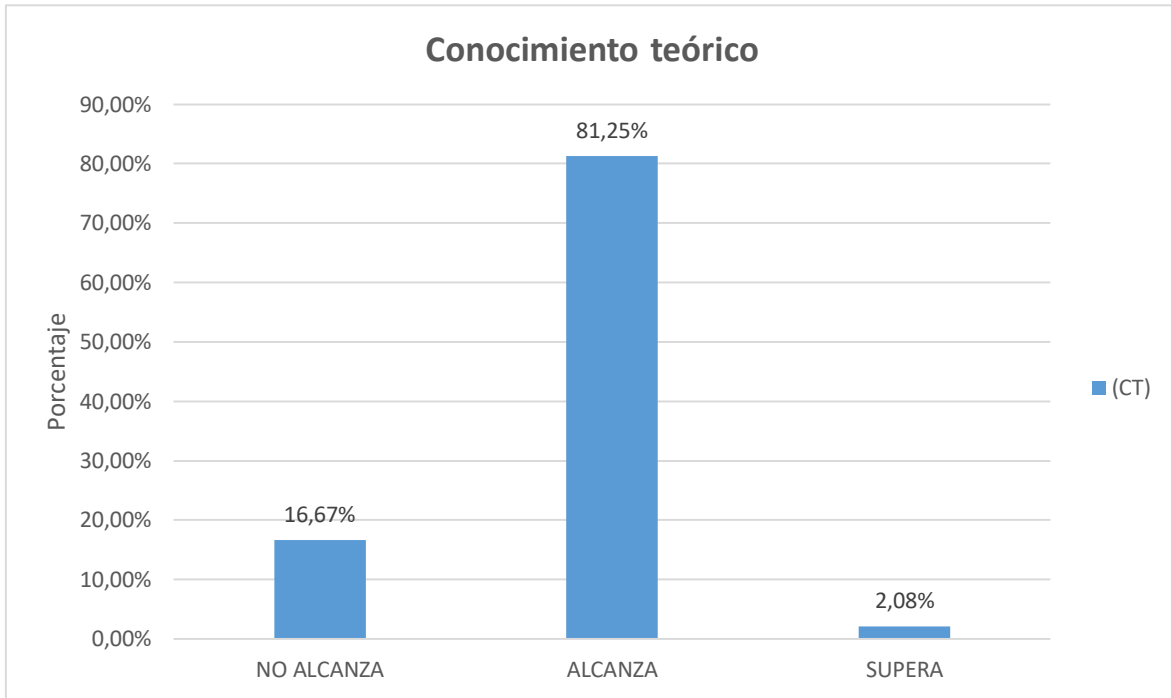
Al evaluar la capacidad de los estudiantes de integrar y aplicar conocimientos bioquímicos a contextos propios del ejercicio físico se obtuvo que ocho estudiantes (E1,4,6,7,10,11,13 y 15) quienes representan el 50,00% de la población (ver tabla 10 gráfica 11) presentaron dificultades frente al aspecto evaluado. Estrada, & Concepción (2010) establecen que las insuficiencias en la apropiación de los conocimientos bioquímicos limitan su aplicación en las esferas de actuación de la profesión, lo que conlleva a un conocimiento incompleto relacionado con alteraciones metabólicas, las cuales son parte del campo de estudio de la Cultura Física y el deporte. Otro posible factor influyente en la dificultad que presentaron los estudiantes a la hora de integrar y aplicar la bioquímica a contextos generales de la cultura física y el deporte es según Milhet, Camejo, Domínguez, & Díaz (2009) es la falta información específica, llámese ejemplares, textos o explicaciones, definiciones, etc. Que sean orientados netamente al estudio bioquímico desde las perspectivas y necesidades propias de la actividad física y el deporte, ya que mucha de la literatura existente es de carácter complejo para estudiantes y personas alejadas del ámbito químico. Esta falta de especificidad no solo se ve reflejada en la literatura disponible sino que también está presente en la formación de los docentes y de los encargados de “trasmisión de conocimientos” tal como lo expone Palao (2015) quien indica que la Formación insuficiente en relación con la ciencia y el método científico, junto con Falta de formación permanente en los profesionales hace que se genere un brecha entre el conocimiento científico propio de las ciencias básicas como la química, biología, física entre otras. Y la relevancia de estas para la comprensión y estudio de los fenómenos propios de las ciencias deportivas. Brecha que se ve reflejada luego en los estudiantes ya que sigue repitiendo los mismos vacíos conceptuales provenientes de sus docentes.

4.2.2 Implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico.

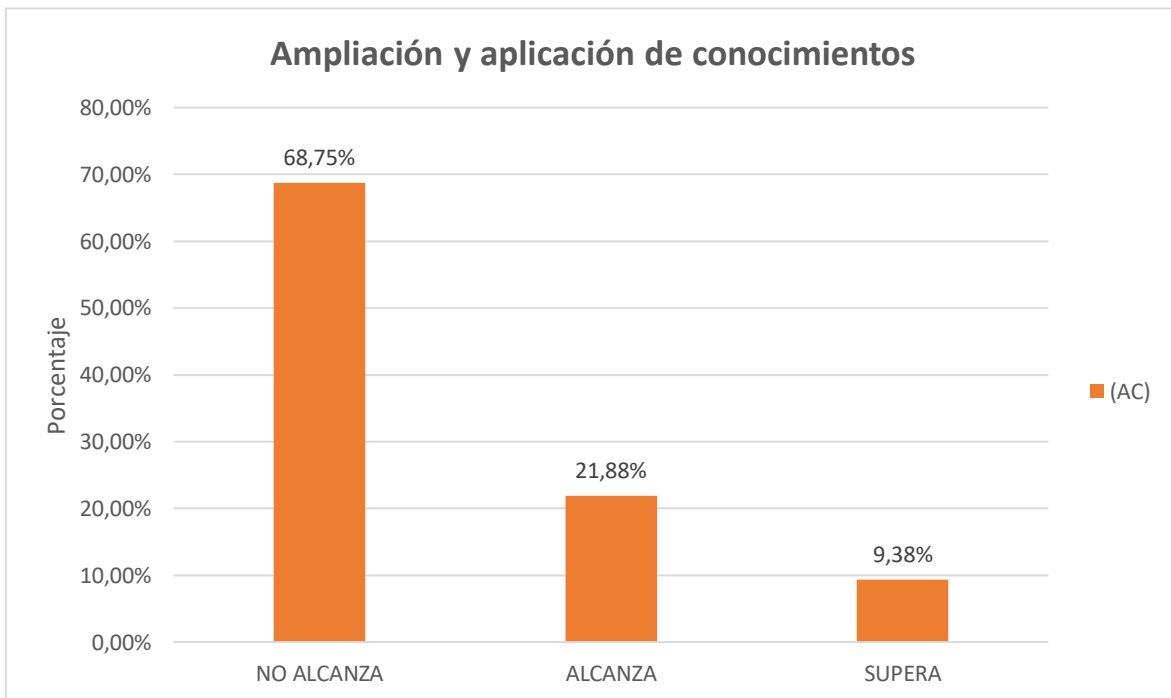
En este apartado se identificaron las ideas que los estudiantes según presentaron frente a la implicación de sustratos energéticos y como estos se asocian a las diferentes rutas metabólicas, para llevar a cabo esta identificación se detallaron aspectos teóricos de los sustratos energéticos y rutas metabólicas, al igual que la aplicación de los conocimientos teóricos a situaciones de interés de la actividad física y el deporte. Por último, se identificó la capacidad de los estudiantes de desarrollar estrategias para la aplicación de dichos conocimientos a situaciones planteadas.

Tabla 12 Tabulación de datos referentes a las ideas de la población participante acerca de: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico

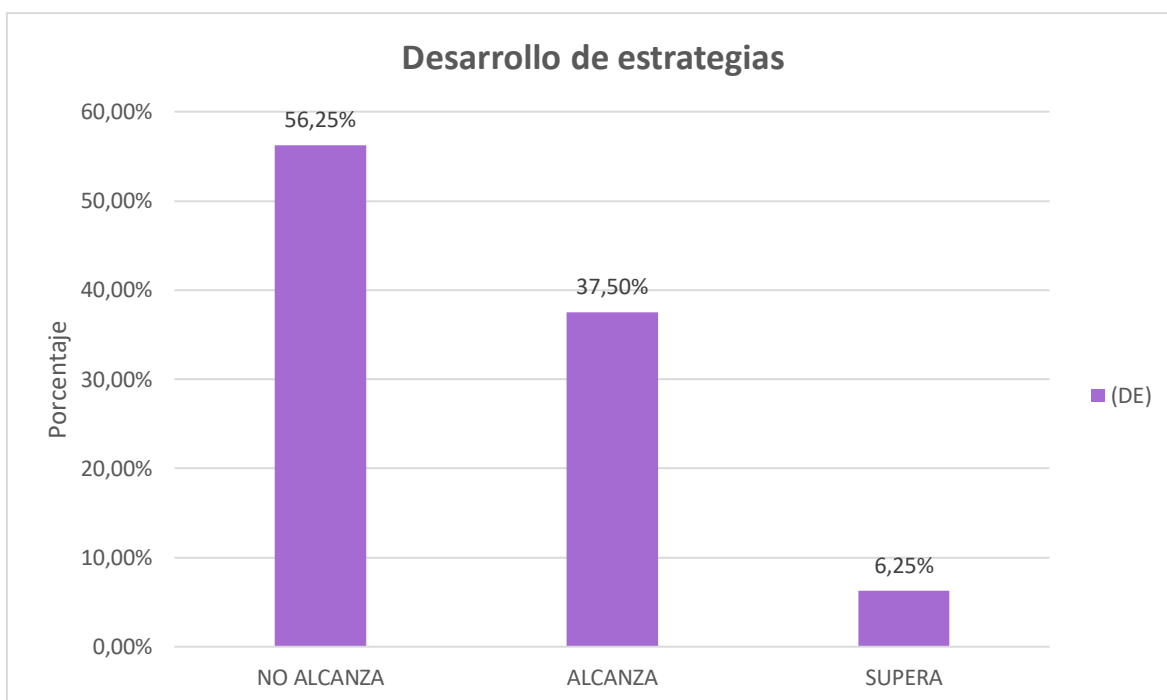
IMPLICACIÓN DE SUSTRATOS ENERGÉTICOS, ASOCIADOS A LAS DIFERENTES RUTAS METABÓLICAS ENERGÉTICAS DEL EJERCICIO FÍSICO																		
ESTUDIANTE /ASPECTO POR IDENTIFICAR	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E1 0	E1 1	E1 2	E1 3	E1 4	E1 5	E1 6	Tot al	Porcen taje
Total, preguntas por sección	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	96	N/A
(CT)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48	100%
NO ALCANZA	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	8	16,67%
ALCANZA	3	3	3	3	2	3	3	3	3	1	1	2	2	2	3	2	39	81,25%
SUPERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2,08%
(AC)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32	100%
NO ALCANZA	0	2	1	2	2	1	2	0	2	1	1	2	0	2	2	2	22	68,75%
ALCANZA	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	7	21,88%
SUPERA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	3	9,38%
(DE)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100%
NO ALCANZA	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	9	56,3%
ALCANZA	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	6	37,5%
SUPERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	6,3%
SUMA	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	96	16(100 %)
N= Documentos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100%



Gráfica 12 Resultados identificación de conocimiento teórico referente a: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico



Gráfica 13 Resultados identificación de ampliación y aplicación de conocimiento teórico referente a: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico



Gráfica 14 Resultados identificación de desarrollo de estrategias referente a: la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico

Tabla 13 Ejemplos de respuesta dada por los estudiantes según los criterios indagados referentes a la implicación de sustratos energéticos, asociados a las diferentes rutas metabólicas energéticas del ejercicio físico

IMPLICACIÓN DE SUSTRATOS ENERGÉTICOS, ASOCIADOS A LAS DIFERENTES RUTAS METABÓLICAS ENERGÉTICAS DEL EJERCICIO FÍSICO		
Pregunta 3: ¿Como se relacionan la glucosa, el lactato y la fosfocreatina con la producción de ATP?		
Aspecto identificado: Ampliación Y aplicación de conocimiento (AC)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
5	La glucosa es el alimento general presente en la comida. Que bajo procesos se transforma la glucosa en elementos necesarios para crear fosfocreatina.	No alcanza
10	La PC es el primer combustible, luego la glucosa mantiene la energía por medio de la glucólisis y llega a un punto que por la necesidad de energía a una alta intensidad el proceso no se completa y se genera lactato	Alcanza
8	La glucosa permite obtener ATP en actividades aeróbicas y anaeróbicas lácticas. El lactato producido puede ser utilizado como sustrato energético a través del ciclo de cori y la lanzadera de lactato. La PC permite obtener ATP en condiciones anaeróbicas alácticas.	Supera

Pregunta 8: ¿Considera usted el lactato como producto secundario del ejercicio físico o como una fuente de energía para este?		
Aspecto identificado: Ampliación Y aplicación de conocimiento (AC)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
9	Producto de desecho, después del entrenamiento el lactato pasa por un proceso llamado lanzadera de lactato que es un proceso energético como desecho	No alcanza
8	Es precursor en la formación de ATP durante el ciclo de Cori	Alcanza
11	En Realidad, puede considerarse de las dos maneras, como subproducto de la glucólisis y como sustrato para la gluconeogénesis	Supera
Pregunta 7: ¿Cuáles son las vías metabólicas energéticas predominantes para deportes de a: corta duración y alta intensidad, b: larga duración y baja intensidad?		
Aspecto identificado: Conocimiento teórico (CT)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
12	Aeróbica – Anaeróbica	No alcanza
1	Anaeróbico aláctico y aeróbico	Alcanza
16	fosfógenos, Anaeróbica aláctica y Aeróbica	Supera
Pregunta 10: ¿En qué rutas metabólicas energéticas están presentes los siguientes ciclos: ¿Ciclo de Krebs y Ciclo de Cori?		
Aspecto identificado: Conocimiento teórico (CT)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
5	A	No alcanza
8	E	Alcanza
Pregunta 11: ¿La función principal del ciclo de Krebs es?		
Aspecto identificado: Conocimiento teórico (CT)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
10	NN	No alcanza
7	A	Alcanza
Pregunta 9: ¿Que validez cree usted que tiene la siguiente afirmación? y ¿por qué?: “El lactato puede ser utilizado como combustible en otras células musculares diferentes a las que lo han producido.”		
Aspecto identificado: Desarrollo de estrategias (DE)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
5	NN	No alcanza
16	Es verdadera ya que existen vías de reconversión del lactato como la lanzadera de lactato y ciclo de cori.	Alcanza
11	Valida. Cuando el lactato por medio de la reconversión es utilizado por los tejidos musculares en sustrato para la gluconeogénesis	Supera

De acuerdo con los datos obtenidos se estableció que el 81,25% de los estudiantes conocen y hacen uso de conceptos propios de la bioquímica para dar respuestas y explicaciones referentes al papel que cumplen los diferentes sustratos energéticos en las rutas metabólicas asociadas al ejercicio físico. Ejemplo de lo encontrado se halla consignado en la tabla 13 en las respuestas a las preguntas 7, 10 y 11. A su vez 2,08% superan las expectativas en sus respuestas y un 16,67% presenta dificultad teórica para relacionar bioquímicamente los sustratos energéticos y asociados a las diferentes rutas metabólicas. Carrera (2012) indica que las Ciencias Biológicas, integrada por las asignaturas como Bioquímica, Fisiología Humana y Fundamentos Biológicos del Ejercicio Físico. Han sido parte fundamental del desarrollo de las así llamadas ciencias de la actividad física y el deporte, donde estas han representado la base de fundamentación biológica de las regularidades que caracterizan a la teoría y metodología de la educación física y el entrenamiento deportivo. Y donde resalta la relevancia de la asignatura Bioquímica, pues es en esta donde se posibilita a los estudiantes la interpretación de las transformaciones y procesos bioquímicos (metabolismo) los cuales no solo caracterizan el abastecimiento energético para el trabajo muscular, sino que también permiten la obtención de evidencias corroborativas a los fenómenos de adaptación en el organismo de los sujetos que están sometidos a un régimen sistemático de actividad física

Por otra parte, un 68,75% de la población participante presento dificultad para integrar, procesar, ampliar y aplicar conocimientos bioquímicos y/o tomar de decisiones consecuentes a los sustratos energéticos implicados en las diferentes rutas metabólicas. Mientras que 21,88% alcanza y un 9,38% supera las expectativas demostrando que pueden integrar conceptos bioquímicos y tomar decisiones acordes a la relación entre los diferentes sustratos energéticos y las subsecuentes rutas metabólicas. Vullo (2014) sostiene que la enseñanza y posterior aplicación de conceptos relacionados con el metabolismo en cursos de bioquímica, generalmente presentan un desafío que recae en la naturaleza de este. Ya que para su estudio son necesarias la aplicación en conjunto de dos visiones principales de dos ciencias, la química y la biología. Desde el aspecto químico es fundamental poder asimilar interpretaciones de mecanismos Redox, termodinámicos, de intercambio de iones entre otros. Y desde el aspecto biológico la asociación de las vías metabólicas con una localización celular correspondiente. Pero cuando se pretende enseñar nociones de metabolismo para su futura aplicación fuera los fenómenos químicos. Los desafíos aumentan debido a que ente más alejados se encuentren objetivos de aprender de sus respectivas afinidades (biológicas o químicas). Se convertirán en un obstáculo mucho más difícil de eliminar. A este inconveniente se suma el hecho de que las fuentes bibliográficas y libros de texto, que generalmente son utilizados en los cursos, pueden que contengan toda la información pertinente, pero en forma poco integrada y desligada al contexto propio de estudio en este caso las ciencias de la actividad física y el deporte. Con lo cual la información se incorpora en compartimentos que no permiten la asociación de los conceptos que se tratan de transmitir

De igual manera se obtuvo que un 56,25% presenta dificultades para usar de manera estratégica los conocimientos bioquímicos adquiridos y tomar de decisiones precisas y con coherencia en ámbitos o situaciones complejas asociadas a los sustratos energéticos y rutas metabólicas. Los estudiantes conocen, hacen uso y describen conceptos bioquímicos en la construcción de respuesta (ver ejemplos de respuesta en la tabla 13) a los planteamientos presentes en el cuestionario, pero contrariamente son muy pocos los que pueden integrar estos conceptos y conocimientos cuando se les plantea una situación, en la cual es necesario dar una explicación y tomar una postura con

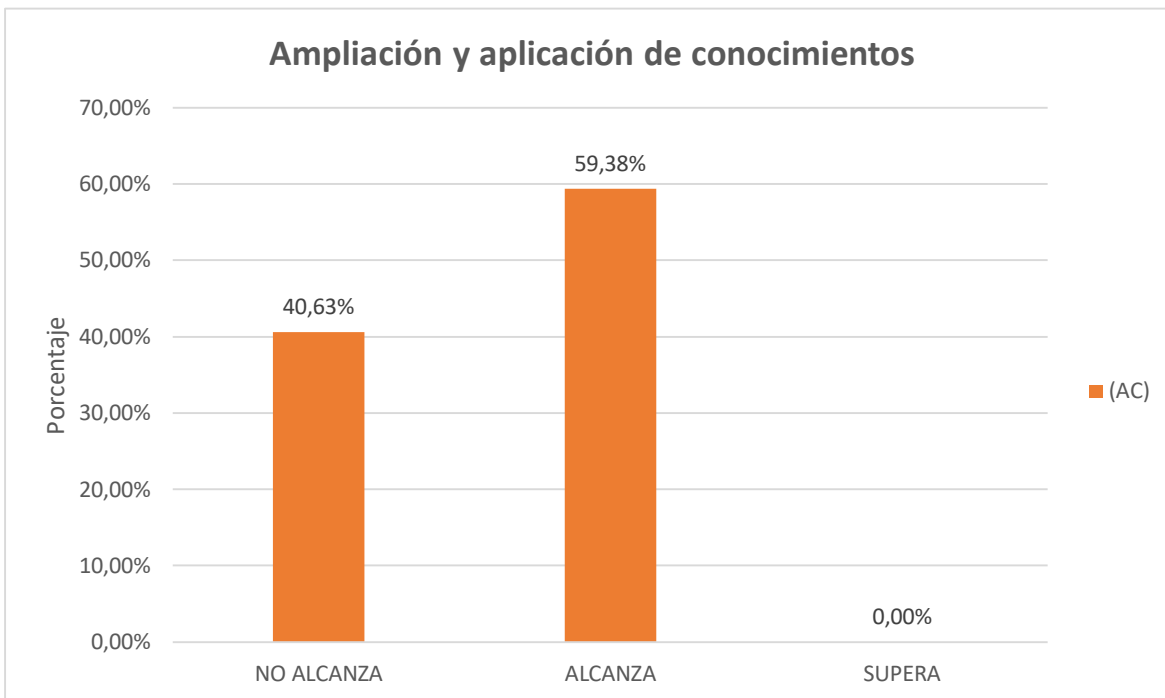
relación al papel que desempeñan los diferentes sustratos energéticos en las correspondientes rutas metabólicas desde una perspectiva bioquímica. Esta dificultad se puede relacionar con lo indicado en el ítem anterior donde según los planteamientos de Oña (2002) al devengar la explicación de temáticas de la bioquímica a otras materias, en los estudiantes se generan conflictos debido a la procedencia de los conceptos utilizados, ya que a pesar de utilizar términos de una ciencia (en este caso bioquímica) no son capaces de asociarlos a la misma, y atribuyen su procedencia a otras ciencias (fisiología, biología, etc.) por tal motivo se les dificulta el construir respuestas de sustento bioquímico. La falta de claridad en la procedencia teórica de los conceptos, sumado a limitada información bioquímica contextualizada en las ciencias de la actividad física y el deporte. Repercute en como los estudiantes pueden desarrollar estrategias para la aplicación de dichos conceptos en ámbitos que requieran de un enfoque mayoritariamente bioquímico y que dé respuesta a objetivos netamente deportivos.

4.2.3 Relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización.

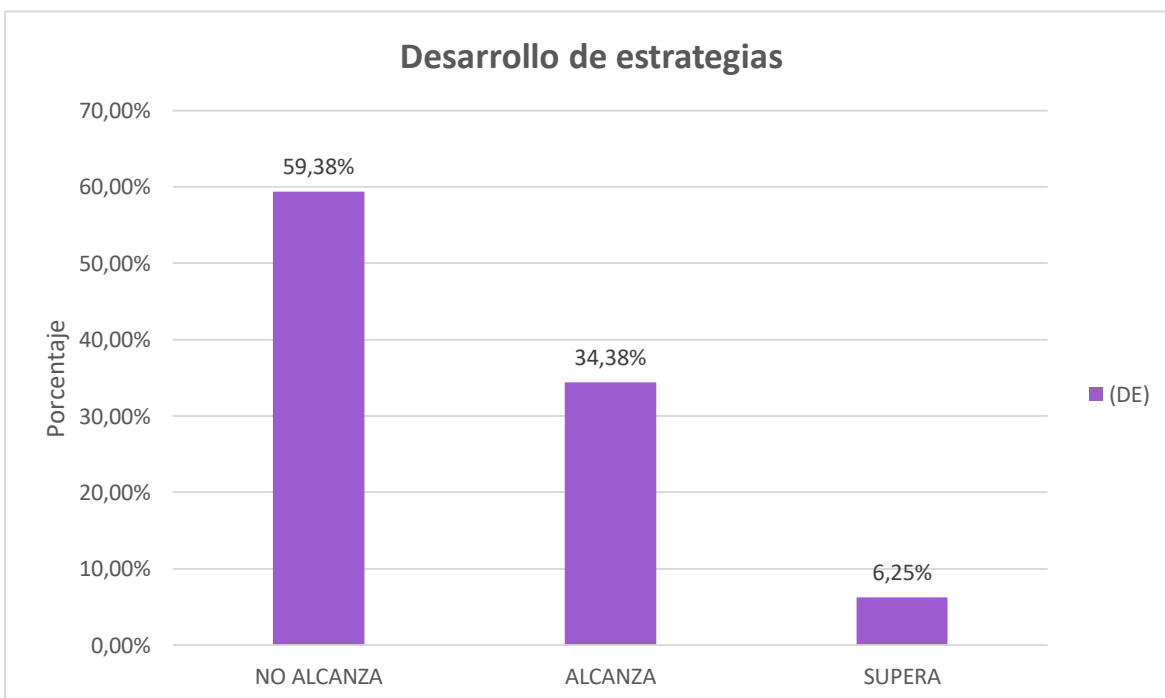
En este inciso se identificaron haciendo uso del instrumento de recolección de datos (ver anexo 2) las ideas de que los estudiantes poseían frente a la antropometría y la valoración bioquímica y como estas pueden ser aplicadas para la caracterización de deportistas.

Tabla 14. tabulación de datos referentes a las ideas de la población participante acerca de: la relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización

RELEVANCIA Y APLICACIÓN DE LA ANTROPOMETRÍA Y DE LA VALORACIÓN BIOQUÍMICA EN DEPORTISTAS PARA SU CARACTERIZACIÓN																		
ESTUDIANTE /ASPECTO POR IDENTIFICAR	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 0	E1 1	E1 2	E1 3	E1 4	E1 5	E1 6	Tot al	Porcent aje
Total, preguntas por sección	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48	N/A
(AC)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32	100%
NO ALCANZA	1	0	0	1	2	1	1	0	1	1	2	1	0	0	1	1	13	40,63%
ALCANZA	1	2	2	1	0	1	1	2	1	1	0	1	2	2	1	1	19	59,38%
SUPERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
(DE)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32	100%
NO ALCANZA	1	0	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	19	59,38%
ALCANZA	1	2	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	11	34,38%
SUPERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	6,25%
SUMA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48	16(100%)
N = Documentos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	1



Gráfica 15 Resultados identificación de ampliación y aplicación de conocimiento teórico referente a: la relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización



Gráfica 16. Resultados identificación de desarrollo de estrategias referente a: la relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización

Tabla 15. Ejemplos de respuesta dada por los estudiantes según los criterios indagados referentes a la relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización

RELEVANCIA Y APLICACIÓN DE LA ANTROPOMETRÍA Y DE LA VALORACIÓN BIOQUÍMICA EN DEPORTISTAS PARA SU CARACTERIZACIÓN		
Pregunta 4: ¿Considera usted la antropometría un método viable en la caracterización de los deportistas? ¿Qué información puede obtener partir de su aplicación, de qué manera y bajo qué circunstancias haría usted uso de esta?		
Aspecto identificado: Ampliación Y aplicación de conocimiento (AC)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
15	Si es viable para caracterizar a los deportistas	No alcanza
8	Si, ya que se puede identificar la composición corporal del deportista y generar una planificación de entrenamiento de acuerdo con los objetivos específicos	Alcanza
Pregunta 4: ¿Considera usted la antropometría un método viable en la caracterización de los deportistas? ¿Qué información puede obtener partir de su aplicación, de qué manera y bajo qué circunstancias haría usted uso de esta?		
Aspecto identificado: Desarrollo de estrategias (DE)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
11	No es un sistema confiable para la caracterización de los porcentajes	No alcanza
2	Es importante ya que facilita obtener porcentaje graso, porcentaje óseo y esto permite tener un estudio del individuo y saber de esta manera que tipo de entrenamiento realizar	Alcanza
Pregunta 5: ¿Que entiende usted por valoración bioquímica en el entrenamiento?		
Aspecto identificado: Ampliación Y aplicación de conocimiento (AC)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
12	Tener una valoración de manera numérica o estadística del deportista	No alcanza
7	Evaluación de las adaptaciones de orden biológico y químico en el organismo por el entrenamiento	Alcanza
Pregunta 6: ¿Como aplicaría usted de la valoración bioquímica en deportistas y que circunstancias serían las más aptas para su aplicación?		
Aspecto identificado: Desarrollo de estrategias (DE)		
ESTUDIANTE	RESPUESTA	VALORACIÓN
10	Depende de la especialidad del deportista y lo que se quiera determinar	No alcanza
1	Aplicación en prácticas deportivas, que permitan el estudio de una vía metabólica determinada. Con control estricto y planteamientos teóricos estructurados	Alcanza
11	Dependiendo del tipo de deporte, la valoración de las capacidades metabólicas puede dar un referente que puede ser contrastado para evaluar el rendimiento del atleta y su evolución	Supera

Una vez aplicado el cuestionario para recolección de ideas previas se obtiene que referente a los aspectos evaluados con relación a relevancia y aplicación de la antropometría y de la valoración bioquímica en deportistas para su caracterización que un 59,38% de los estudiantes son capaces de integrar, procesar, ampliar y aplicar conocimientos teóricos acordes al tema en donde demuestran que pueden tomar decisiones en ámbitos concretos de trabajo. Frente a un 40,63% que reflejan dificultades en este aspecto.

Por otra parte, se obtuvo que 59,38% de los estudiantes presentan dificultades referentes a la capacidad del uso estratégico de los conocimientos adquiridos lo que les impide tomar decisiones precisas y con coherencia en ámbitos o situaciones complejas. Mientras que 34,38% y un 6,25%.

Como ya se ha indicado en los dos anteriores ítems las dificultades que presentan los estudiantes referentes a la transferencia, integración y procesamiento de los conocimientos teóricos pueden atribuirse a los siguientes factores.

- Al “alejamiento del conocimiento científico” (Oña, 2002)
- La falta de información específica (Milhet et al, 2009)
- Formación insuficiente en relación con la ciencia y el método científico (Palao, 2015)

Respecto a las dificultades que presentan los estudiantes en el desarrollo de estrategias para el uso de sus conocimientos Zapata & Rodríguez (2001) indican que una persona no solo necesita tener una serie de conocimientos específicos para un buen desempeño, sino que es necesario tener el conocimiento de cómo y cuándo se debe aplicar dentro de un contexto determinado. Así de esta manera se facilita la planificación de estrategias y, además, el individuo al ser consciente de la estrategia que está usando para resolver el problema puede hacer supervisión de esta y adaptarla a situaciones y contextos propios.

5. Conclusiones

- Partiendo de los resultados obtenidos tanto por la aplicación del instrumento de recolección de datos como por la aplicación de la prueba incremental para la estimación de umbrales anaeróbicos se puede establecer que los elementos teóricos acordes para el desarrollo de la propuesta de unidad didáctica acorde para estudiantes de licenciatura en Deportes de la UPN deberían ser:
 - Concepto de metabolismo energético aplicado al ejercicio físico
 - Producción de Ácido láctico por medio de la actividad física
 - Sistema anaeróbico láctico (glucólisis anaeróbica)
 - Caracterización bioquímica aplicada al deporte
 - Umbrales anaeróbicos y su estimación.
- Se logra establecer y reconocer que para gran parte de los estudiantes participantes en este proyecto. La bioquímica está relacionada al estudio del metabolismo del ejercicio como aquella encargada de dar explicación a las necesidades energéticas del organismo cuando este es sometido a un estrés propio del entrenamiento deportivo. En donde limitan la importancia de la aplicabilidad de la bioquímica en las ciencias del deporte exclusivamente a representaciones de bioenergéticas y rutas metabólicas. Dando más importancia y relevancia a ciencias como la fisiología para establecer y esbozar explicaciones de orden científico con relación a cambios y adaptaciones metabólicas producto del entrenamiento, las cuales son fruto de alteración y cambios de naturaleza química tales como el lactato, y en donde el fundamento de su explicación recae a nociones y conocimientos netamente químicos
- A partir de la información recolectada, se observó que en mayor medida los participantes presentaron dificultades relacionadas la implementación y aplicación de fundamentos teóricos bioquímicos relevantes en el estudio del metabolismo del ejercicio. En consecuencia, se presenciaron algunas falencias de carácter conceptual en las respuestas y explicaciones que requerían hacer uso de concepciones bioquímicas aplicadas a fenómenos y planteamientos. Sin embargo, el uso de un lenguaje generalizado para explicar los fenómenos bioquímicos se convierte en una oportunidad para involucrar las ideas de los estudiantes sobre el metabolismo con las trabajadas en las sesiones de clase, logrando lo que Ausubel denomina la diferenciación progresiva de conceptos.

Los resultados obtenidos y las dificultades encontradas permiten establecer la necesidad de la implementación de una cátedra de bioquímica, enfocada a las necesidades de estudio y contextualización de las ciencias de la actividad física y el deporte. En el programa de deportes de la facultad de educación física de la UPN, se recomienda afianzar conceptos a través de la contextualización y el desarrollo de actividades prácticas.

- En referencia a la caracterización bioquímica de los deportistas, permito establecer que métodos como el utilizado en este trabajo cuentan con un gran potencial didáctico ya que permiten que los estudiantes tengan un acercamiento a prácticas actuales de investigación correspondientes a las ciencias del deporte. Lo que les permite observar de primera mano metodologías que integran diferentes ciencias con la finalidad de ayudar a deportistas a mejorar su rendimiento deportivo. De igual manera permite que los estudiantes vivencien la importancia que tiene una ciencia como la bioquímica en su formación profesional y que a pesar de estudiar y desempeñarse en campos académicos diferentes, es necesario que se reconozcan puntos de encuentro entre las diferentes disciplinas. Prueba de ello es la caracterización bioquímica de los estudiantes, lo cual permite reflexionar sobre los diferentes cambios adaptativos que han surgidos en los deportistas, como consecuencia al entrenamiento que han realizado a lo largo de su carrera deportiva, lo cual puede servir de información válida para mejorar su rendimiento atlético y sus hábitos deportivos.

6. Recomendaciones

1. Al indagar las ideas de los que los estudiantes posean referentes a la bioquímica y su relación con el estudio del metabolismo es aconsejable hacer un dé explicaciones y ejemplificaciones que asocien a esta con temáticas del entrenamiento deportivo y la actividad física con el fin de facilitar su entendimiento y relación.
2. Realizar una contextualización más profunda, referente a la caracterización bioquímica y su utilización actual para el seguimiento y control del entrenamiento en deportistas de alto rendimiento, con el fin de establecer diferencias y similitudes entre las adaptaciones bioquímicas y fisiológicas causadas por diferente métodos d entrenamiento.
3. Implementar una catedra de bioquímica como parte del currículo de la licenciatura en Deporte de la UPN. En donde se estimule el aprendizaje de la bioquímica contextualizada a las necesidades de estudio de las ciencias de la actividad física y el deporte.
4. Poder diseñar una prueba para la estimación de umbrales de lactato que pueda ser estandarizada para requerimientos específicos de cada deporte, con el fin de contrastar los datos obtenidos al aplicar una prueba propia de la disciplina deportiva y una de tipo general. general.
5. Respecto a la caracterización de deportistas por medio de la estimación de umbral anaeróbico se recomienda ampliar la cantidad de sujetos de prueba, con la finalidad de obtener mayores datos los cuales puedan ser comparados

7. Referencia

- Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). (2006). Extremadura: Universidad de Extremadura.
- Aguado, M. (s.f.). REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: MÉTODOS DE DETERMINACIÓN Y UTILIDAD DE LOS UMBRALES AERÓBICO Y ANAERÓBICO. España: Universidad de Navarra.
- Ahumada, F. (24 de Mayo de 2013). *Utilidad de la Valoración Fisiológica y Bioquímica del Deportista de Resistencia: Valoración del Estado Nutricional y Control del Entrenamiento Deportivo*. Obtenido de G-SE: <https://g-se.com/utilidad-de-la-valoracion-fisiologica-y-bioquimica-del-deportista-de-resistencia-valoracion-del-estado-nutricional-y-control-del-entrenamiento-deportivo-bp-S57cfb26d3ff5d>
- Álvarez, J. (2014). Tesis de Maestría. *Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio*. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Alvarracin, M. (2018). Tesis de Pregrado. *Determinación De CK Total, Ck-Mb Y Ldh En Los Deportista De 14 A 18 Años De La Federación Deportiva Del Cañar. 2017*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Alvero, J., Cabañas, M., Herrero, A., Martínez, L., Moreno, C., Porta, J., . . . Sirvent, J. (2009). Protocolo De Valoración De La Composición Corporal Para El Reconocimiento Médico-Deportivo. Documento De Consenso Del Grupo Español De Cineantropometría De La Federación Española De Medicina Del Deporte. *Revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 26(131), 166-179.
- Andreato, V., Franchini, E., de Moraes, S., Pastorio, J., da Silva, D., Esteves, J., . . . Machado, F. (2013). Physiological and Technical-tactical Analysis in Brazilian Jiu-jitsu Competition. *Asian Journal of Sports Medicine*, 137- 143.
- Arratibel, I. (2013). Tesis Doctoral. *COMPARACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DEL UMBRAL ANAERÓBICO INDIVIDUAL Y SU EQUIVALENCIA CON EL MÁXIMO ESTADO ESTABLE*. Vitoria- Gasteiz, España: Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea .
- Arratibel, I. (2013). Tesis Doctoral . *comparación de diferentes métodos para el cálculo del umbral anaeróbico individual y su equivalencia con el máximo estado estable* . Vitoria, Gasteiz, España: Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Ávila, A. (2012). Tesis de Maestría. *Metabolismo del Ejercicio; Propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la glucólisis y el ciclode Krebs* . Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Aymard, A., Aranda, C., & Di Carlo, M. (2013). Estudio de parámetros bioquímicos en jugadores de fútbol de élite. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 101-111.

- Ballesteros, M. (2017). *Universidad Pablo de Olavide*. Obtenido de Bioquímica de la Actividad Física y del Deporte Guía docente:
https://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/fdep/alumnos/Guias_Docentes/Guias_Docentes_2016_2017/1468325206442_601015_-_bioquimica_de_la_actividad_fxsica_y_del_deporte.pdf
- Bautista, V. (Marzo de 2002). Tesis de Maestría. *Comportamientos de los niveles de lactato sanguíneo en presencia de pirofosfato de tiamina en personas sedentarias sujetas a una actividad física moderada*. Colima, Mexico: Universidad de Colima .
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la practica*. Barcelona: Paidotribo.
- Calderón, F., Benito, P., Melendez, A., & González, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte* , 65-87.
- Calderón, J. (2007). *FISIOLOGÍA DEL DEPORTE*. Madrid : Tébar, S.L.
- Cañadillas, J. (Febrero de 2012). Tesis Doctoral. *Evolución de la potencia de piernas en sucesivos combates de taekwondo*. Granda, España: Universidad de Granada.
- Cardozo, L., Vera, D., Conde, O., & Yáñez, C. (2017). Aspectos fisiológicos de deportistas de elite de taekwondo: Una Revisión narrativa. *REVISTA ESPAÑOLA DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES*, 35-46.
- Carrera, A. (2012). *Bioquímica en la Cultura Física. Un medio de enseñanza para el aprendizaje de la bioquímica*. Obtenido de efdeportes.com:
<http://www.efdeportes.com/efd171/bioquimica-en-la-cultura-fisica.htm>
- Casajús, J., Piedrafita, E., & Aragonés, M. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, , 217-231.
- Castro, W., & Godino, J. (2011). Métodos mixtos de investigación en las contribuciones a los simposios de la SEIEM. En M. Marín, G. Fernández, L. Blanco, & M. Palarea, *Investigación en Educación Matemática* (págs. 99-116). Ciudad Real: Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM.
- Cerda, H. (1991). *Capítulo 7: Medios, Instrumentos, Técnicas y Métodos en la Recolección de Datos e Información*. Bogotá: El Buho.
- Conteúdo Sports Resource Group, Inc. (20 de Abril de 2011). *Lactate.com*. Obtenido de Pruebas de Estado Fijo: <http://www.lactate.com/petesbas.html>
- da Silva, B., Marocolo, M., de Monteiro, G., Junior, L., M, d. M., Mendes, E., & Da Mota, G. (2013). Blood Lactate Response After Brazilian Jiu-Jitsu Simulated Matches. *Journal of Exercise Physiology Online*, 63-67.
- Díaz, A. (2010). CRITERIOS DE APLICACIÓN DEL CONTROL DE LACTATO EN LOS TESTS DE CAMPO. En C. S. DEPORTES, *Análisis, valoración y monitorización del entrenamiento de alto rendimiento deportivo* (págs. 271-296). Madrid: Subdirección General de Deporte y Salud.

- Díaz, J. (2015). Tesis Doctoral . *Aspectos Físicos y Fisiológicos Determinantes en Brazilian Jiu-Jitsu y la Utilización de la Cafeína como Ayuda Ergogénica*. Toledo , España: Universidad de Castilla- la Mancha .
- Díaz-Barriga, F., Lule, M., Pacheco, D., Saad, E., & Rojas-Drummond, S. (2008). *Metodología de Diseño Curricular para Educación Superior*. Mexico D.F: Trillas.
- Doeven, S., Brink, M., Kosse, S., & Lemmink, K. (2018). Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: a systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. doi:10.1136/bmjsem-2017-000264
- Esteve, J. (2007). Tesis Doctoral. *Periodización y control del entrenamiento en corredores de fondo*. Madrid, España: Universidad Europea de Madrid.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 469-490.
- Fernández, A. (2009). *El diseño curricular. La práctica curricular y la evaluación curricular*. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Morelos: http://sistemas2.dti.uaem.mx/evadocente/programa2/Psic009_13/documentos/06%20DISEÑO%20Y%20EVALUACION%20CURRICULAR.pdf
- Franchini, E., Bezerra, P., Oliveira, R., Souza, L., & Oliveira, D. (2005). Concentração de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e força de preensão manual durante um combate de jiu-jitsu. *Corpoconsciência*, 21-19.
- Gambke, B., Berg, A., Fabian, K., Francaux, M., Haber, P., Hartmann, U., . . . Berger, D. (1997). Multicenter evaluation of a portable system for determining blood lactate. *J Lab Med*, 250-256.
- Giraldo, J., & Nieto, C. (09 de 2018). *Transición aeróbica- anaeróbica*. Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira : <http://academia.utp.edu.co/basicasyaplicadas/files/2018/09/9.-10.-Transición%20aeróbica-anaeróbica-JCGT-CENG.pdf>
- Gleeson, M. (2002). Marcadores Bioquímicos e Inmunológicos del Sobreentrenamiento. *Journal of Sports Science and Medicine*, 31-41.
- González, A., & Pedroso, C. (2016). *Teoría y Metodología del entrenamiento del Taekwondo*. Las Tunas: Académica Universitaria Universidad de las Tunas .
- Guerrero, L., Naranjo, J., Carranza, M., Rueda, J., Galván, C., & Guisado, R. (2006). LACTATO SANGUÍNEO EN NIÑOS DURANTE UN TEST PROGRESIVO HASTA EL AGOTAMIENTO EN CICLOERGÓMETRO. *ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE*, 359-364.
- Guerrero, S. (2015). Tesis de Maestría. *El papel de las ideas previas en el proceso enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad Icesi.
- Hartmann, U., & Mester, J. (Enero de 2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 209-215.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología De La Investigación* (6ta ed.). Mexico D.F: McGRAW-HILL.
- Howlett, R., Heigenhauser, G., & Spriet, L. (1999). Skeletal muscle metabolism during high-intensity sprint exercise is unaffected by dichloroacetate or acetate infusion. *J Appl Physiol*, 1747-1751.
- Koolman, J., & Heinrich, K. (2004). *Bioquímica. Texto y Atlas* (3ra ed.). Madrid: Editorial Medica Panamericana.
- Lee, E., Frangala, M., Kavouras, S., Queen, R., Pryon, J., & Casa, D. (31 de Octubre de 2017). Biomarkers In Sports And Exercise : Tracking Health, Performance, And Recovery In Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2920-2937. doi:10.1519 / JSC.0000000000002122,
- López, A. (Noviembre de 1997). Tesis Doctoral. *Repercusiones Renales Del Ejercicio Físico Intenso Estudio Bioquímico-Antropométrico En Nadadores Adolescentes* . Málaga , España: Universidad de Málaga.
- López, A. (Noviembre de 1997). Tesis Doctoral. *Repercusiones Renales Del Ejercicio Físico Intenso Estudio Bioquímico-Antropométrico En Nadadores Adolescentes*. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- López, J., & Fernández, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: Editorial Medica Panamericana.
- López, J., & López, L. (2008). *Fisiología Clínica del Ejercicio*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Lopez, J., Vicente, D., & Cancino, J. (2013). *Fisiología del entrenamiento aeróbico. Una visión integrada*. Medica Panamericana .
- López, T. (Noviembre de 1997). Tesis Doctoral. *REPERCUSIONES RENALES DEL EJERCICIO FÍSICO INTENSO ESTUDIO BIOQUÍMICO-ANTROPOMÉTRICO EN NADADORES ADOLESCENTES*. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- Marin, A. (2008). *Clasificación de la Investigación*. Obtenido de Metodología de la Investigación: <https://metinvestigacion.wordpress.com>
- Marqués, D. C., Arratibel, I., & Terrados, N. (2016). Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte (AMD)*, 33(6), 404-412.
- Mielgo, J., Maroto, B., Luzardo, R., Palacios, G., Palacios, N., & González, M. (2015). Valoración del estado nutricional y del gasto energético en deportistas. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 21(Supl. 1), 225-243. doi:10.14642/RENC.2015.21.sup1.5069
- Miller, B., Fattor, J., Jacobs, K., Horning, M., Navazio, F., Lindinger, M., & Brooks, G. (2002). Lactate and glucose interactions during rest and exercise in men: effect of exogenous lactate infusion. *Journal of Physiology*, 963-975. doi:10.1113/jphysiol.2002.027128

- Mirón, F. (2010). *Marcadores bioquímicos del entrenamiento*. Obtenido de HSN Blog de Fitness, Nutrición, Salud y Deporte: <https://www.hsnstore.com/blog/marcadores-bioquimicos-del-entrenamiento/>
- Moreno, S. (Diciembre de 2008). *Importancia de las valoraciones bioquímicas como medio de control del entrenamiento en deportistas de alto rendimiento*. Obtenido de Compumedicina: <http://www.compumedicina.com>
- Mujika, I. (2012). *Endurance training : science and practice*. Vitoria-Gasteiz,: Vitoria-Gasteiz, Basque Country .
- Müller-Sterl, W. (2008). *Bioquímica: Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida* . Barcelona: Reverté.
- Murray, R., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P., Rodwell, V., & Weil, P. (2010). *Harper. Bioquímica Ilustrada* (28 ed.). Mexico D.F: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (16 de Febrero de 2018). *Obesidad y sobrepeso*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud OMS: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Orrego, M., & Monsalve, D. (2006). Laboratorio clínico y ejercicio. En F. Marino, O. Cardona, & L. Contreras, *Medicina del deporte* (págs. 93-94). Medellín : Corporación para Investigaciones Biológicas.
- Palacios, G., Pedrero, R., Maroto, B., Aznar, S., & González, M. (2015). Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 235-242. doi:10.14642/RENC.2015.21.sup1.5070
- Pallarés, J., & Morán, R. (2012). Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Sport and Health Research*, 119-136.
- Pancorbo, A. (2008). *Medicina y ciencias del deporte y actividad física*. Majadahonda- Madrid: Ergon.
- Pascual, M., Leyton, M., Oriol, J., & Batista, M. (2018). Monitorización de las cargas de entrenamiento en corredores de fondo y medio fondo de alto nivel . *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 92-118.
- Pereira, R., Lopes, C., Dechechi, C., Silva, B., Ide, B., & Navarro, A. (2011). Cinética de remoção de lactato em atletas de Brazilian Jiu -jitsu. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 34-44.
- Petro, J. (18 de Febrero de 2013). *Mediciones de Creatinkinasa Sérica como Biomarcador en el Control del Entrenamiento Deportivo*. Obtenido de g-se.com : <https://g-se.com/mediciones-de-creatinkinasa-serica-como-biomarcador-en-el-control-del-entrenamiento-deportivo-bp-p57cfb26d0a28a>

- Robergs, R., Ghiasvand, F., & Parker, P. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Journal of the American Physiological Society*, 502-516. doi:10.1152/ajpregu.00114.2004.
- Roche . (2018). *BM-Lactate*. Mannheim, Alemania: Roche Diagnostics.
- Rodríguez, I. (13 de Junio de 2016). Tesis Pregrado. *Valoración De La Composición Corporal Por Antropometría Y Bioimpedancia Eléctrica* . Madrid, España: Universidad Francisco de Vitoria .
- Saunders, P., Pyne, D., Telford, R., & Hawley, J. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Med* , 465-485.
- Serrano, J., & Sanabria, J. (2015). Tesis de Pregrado. *Metodologías de valoración del umbral anaeróbico aplicado al atletismo de fondo*. Elche, Alicante, España: Universidad Manuel Hernández .
- Serrano, J., & Sarabia, J. (2015). Revisión Bibliográfica: Metodologías de valoración del umbral anaeróbico aplicado al atletismo de fondo . *Tesis de Pregrado* . Elche, Alicante, España: Universitat Miguel Hernández.
- Serrato, M. (2008). *Medicina del Deporte*. Bogotá D.C: Universidad del Rosario .
- Solis, J. (29 de Octubre de 2013). Tesis de Maestría . *Correlación entre los niveles de urea y cargas aplicadas al entrenamiento deportivo de futbolistas de la categoría juvenil del club deportivo la cuenca*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Stegmann, H., Kindermann, W., & A, S. (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med*, 160-165.
- Stöggli, T., Schwarzl, C., Müller, E., Nagasaki, M., Stöggli, J., Scheiber, P., . . . Niebauer, J. (2016). A Comparison between Alpine Skiing, Cross-Country Skiing and Indoor Cycling on Cardiorespiratory and Metabolic Response. *Journal of Sports Science and Medicine*, 184 - 195.
- Subieta, J. (2007). Aspectos Fundamentales del Umbral Anaeróbico. *VITAE Academia Biomédica Digital*.
- Universidad Autónoma de México. (s.f). *Técnicas de Investigación*. Obtenido de Universidad Autónoma de México: http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/tecnicas.pdf
- Universidad de Alcalá. (s.f.). *Bioquímica_química*. Obtenido de BLOQUE III.- Metabolismo: http://www3.uah.es/bioquimica/Tejedor/bioquimica_quimica/T13-completo-pagina.pdf
- Urdampilleta, A. (2013). Valoración fisiológica y bioquímica del deportista de resistencia. *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires* .
- Urdampilleta, A., Martínez, J., & Lopez, R. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo . *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 73-83.

- Vlru, A., & Viru, M. (2001). *Biochemical Monitoring of Sport Training*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Vullo, D. (2014). El desafío de enseñar y aprender metabolismo en cursos de grado . *Química Viva*, 18-30.
- Williams, R., & Cavanagh, P. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 1236-1245.
- Zabala, M. (2000). *Diseño y Desarrollo Curricular*. Madrid: NARCEA, S.A. DE EDICIONES .
- Zapata, P., & Rodríguez, D. (2001). LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL ÁREA DE BIOQUÍMICA: UN ENFOQUE COGNITIVO Y METACOGNITIVO. *Red Academia* .

ANEXOS

Anexo 1. Propuesta de unidad didáctica

BIOQUÍMICA EN EL DEPORTE

Unidad Didáctica Enfocada Al Estudio Bioquímico Del
Metabolismo Del Ejercicio

Andrés Amaya Rico
2019

BIOQUÍMICA EN EL DEPORTE

Unidad Didáctica Enfocada Al Estudio Bioquímico Del Metabolismo Del Ejercicio

Andrés Amaya Rico

2019

Contenido

PLANIFICACIÓN DOCENTE	85
Desarrollo de la unidad	86
Fase I: Reconocimiento de ideas.....	86
Objetivo	86
Actividad.....	86
Fase II: Explicación de conceptos.....	87
Objetivo	87
Actividades.....	87
Fase III Estimación practica del umbral anaeróbico.....	100
Objetivo	100
Actividad.....	100
<i>Actividad 7</i>	100
Fase IV: Valoración de la unidad didáctica	104
Referencias.....	107

PLANIFICACIÓN DOCENTE

Título: LACTATO Y EJERCICIO: Unidad didáctica abordada a partir del metabolismo anaerobio del ejercicio físico.		N° de sesiones	4
		Tiempo de sesión	2 hrs
Objetivos General:	Explicar e interpretar fundamentos bioquímicos del ejercicio físico a partir del estudio del metabolismo anaeróbico.		
Objetivo Específico:	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer las ideas sobre el estudio bioquímico del metabolismo energético del ejercicio • Contrastar el umbral anaeróbico individual (UAI) en individuos entrenados, semi entrenados y no entrenados. • Identificar la capacidad de toma de decisiones 		
Aprendizaje esperado	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar fundamentos bioquímicos del ejercicio físico desde la interpretación del metabolismo anaeróbico del ejercicio. • Desarrollar nuevos significados del concepto de metabolismo energético a partir de explicaciones y experiencias prácticas • Construir modelos, descripciones y explicaciones bioquímicas del metabolismo en relación con el ejercicio • Identificar los sustratos energéticos y su relación con los fenómenos metabólicos propios del ejercicio. • Analizar la relevancia del metabolismo anaeróbico en el ejercicio físico 		
Población a que va dirigida	Estudiantes de Licenciatura en deportes de la Universidad Pedagógica Nacional		
UNIDAD DIDÁCTICA			
Contenido	Conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación de las rutas metabólicas implicadas en el ejercicio físico • Identificación de los sustratos energéticos usados durante el ejercicio físico • Recontextualización del lactato como sustrato energético • Estudio del metabolismo anaerobio en el ejercicio físico • Aplicación de la caracterización bioquímica en el ejercicio físico y el deporte 	
	procedimental	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta y selección información relacionada con la temática trabajar. • Formulación de Hipótesis, modelos, descripciones y explicaciones relacionadas con la obtención de energía durante el ejercicio físico • Analizar situaciones hipotéticas y experimentales, y proponer conclusiones que den cuenta de los fenómenos bioquímicos implícitos 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Realizar prácticas de campo y laboratorio sobre la estimación del umbral anaeróbico en diferentes sujetos. • Tomar decisiones y resolver problemáticas acordes al metabolismo energético propio de cada una
	Actitudinal	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de la autonomía en el progreso de actividades científicas. • Respetar y tolerar las ideas de cada estudiante. • Participación, efectiva y crítica de las actividades desarrolladas. • Contrastar, argumentar y debatir los modelos propuestos durante el desarrollo de las actividades
Materiales		
Evaluación		

Desarrollo de la unidad

Fase I: Reconocimiento de ideas.

Objetivo: Reconocer ideas sobre el estudio bioquímico del metabolismo energético del ejercicio, caracterización antropométrica y bioquímica de deportistas.

Actividad: En la construcción del saber, se hace importante reconocer las ideas que los estudiantes posean frente a los conceptos y temáticas que se van a abordar a lo largo del desarrollo de las clases. Ya que a partir de este reconocimiento los docentes pueden obtener una base, la cual les permita diseñar modelos de actuación didáctica que resulten más efectivos, los cuales promuevan un mejor alcance los objetivos a aprender (Guerrero S. , 2015). Permitiendo así un mejor aprovechamiento de tiempos y recursos, pero sobre todo una planeación más asertiva de las temáticas objeto de estudio.

Actividad 1 Reconocimiento de ideas sobre: Metabolismo energético el ejercicio físico, implicaciones del metabolismo anaerobio del ejercicio y caracterización antropométrica y bioquímica de deportistas.

Par realizar el reconocimiento de ideas proponer hacer uso del instrumento de recopilación de información **(ver anexo 2 trabajo de grado)**

Fase II: Explicación de conceptos.

Objetivo: Explicación de temáticas Metabolismo Anaerobio, Caracterización Bioquímica, Umbral anaeróbico las cuales se realizan de manera separada.

Actividades: los estudiantes identificarán, abordarán, interpretarán, analizarán y explicarán los conceptos de metabolismo energético, metabolismo anaerobio, caracterización bioquímica y umbral anaeróbico. A partir de la explicación aportada por el docente, búsqueda y selección de artículos científicos, análisis y resolución de problemas prácticos y teóricos afines a las temáticas a abordar

Actividad 1:

Concepto de metabolismo energético

Para realizar el trabajo muscular se necesita energía; ésta es aportada por el trifosfato de adenosina (ATP), el cual se desdobra en una molécula de difosfato de adenosina (ADP) y otra de fósforo inorgánico (Pi), liberando energía. El ATP se forma a partir de una molécula de ADP y otra de Pi que se unen utilizando la energía procedente de los alimentos.

El organismo tiene tres vías para producir la energía necesaria para formar ATP, dos que no necesitan oxígeno, o vías anaeróbicas, y otra que requiere la presencia de oxígeno o vía aeróbica. Una de las vías anaeróbicas no produce ácido láctico, es la vía aláctica o sistema fosfágeno o vía de la fosfocreatina. Otra sí produce ácido láctico: es la vía láctica o sistema de la glucólisis anaeróbica. La vía aeróbica es el sistema de glucólisis aeróbica o fosforilación oxidativa.

Proceso energético	Energía disponible (mol ATP)*	Tiempo de mantenimiento máximo al 70% del VO ₂ máx (min)
Proceso anaeróbico:		
ATP	0,02	0,03
PC	0,34	0,5
Glúcidos (CHO) → Lactato	0,7 a 5,2	0,9 a 6,9
Proceso aeróbico:		
Glúcidos (CHO) → CO ₂ + H ₂ O	70	93
Lípidos (ácidos grasos libres) → CO ₂ + H ₂ O	8.000	10.600

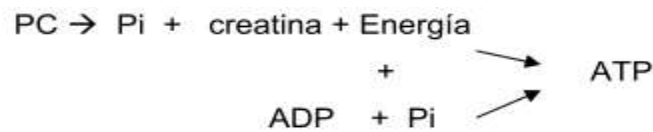
Ilustración 27. Disponibilidad energética y tiempo máximo de mantenimiento Fuente especificada no válida.

Sistema fosfágeno o vía de la fosfocreatina

La fosfocreatina (PC) es una sustancia química que se almacena en las células musculares. Este sistema puede liberar energía con una gran rapidez y es el utilizado para el comienzo de un esfuerzo o para mantener éste a su máxima intensidad durante aproximadamente 10-15 segundos. Al cabo

de ese tiempo, este sistema agota su capacidad de producir energía y hay que esperar a que se restaure. La fosfocreatina se desdobra en una molécula de creatina y otra de fósforo inorgánico liberando energía, la cual es utilizada para sintetizar ATP.

Ecuación 1. Producción de ATP a partir de PC



El sistema de fosfágenos es la vía energética principal en **deportes de potencia, con carácter explosivo, aquellos que implican distancias y tiempos cortos** tales como: halterofilia, las pruebas de velocidad, el crossfit, entre otros que, en ocasiones, requieren este tipo de esfuerzos explosivos e intensos.

Este proceso es rápido y puede llevarse a cabo sin ninguna estructura especial dentro de la célula. Aunque puede ocurrir en presencia de oxígeno, este proceso no lo requiere, por lo cual se dice que el sistema PC es anaeróbico

Ejemplo de la implicación deportiva del sistema de fosfágenos se puede establecer en el *SPRINT* 100 mts debido a su alta intensidad y corta duración. Lo que la convierte en una prueba física de tipo máxima, se presume que los requerimientos energéticos en este tipo de pruebas son altos y deben de presentarse en cortos tiempos que oscilan entre los 10 y 13 segundos. En la **ilustración 1** se puede observar los patrones de decaimiento de PC y formación de ATP en una prueba de *SPRINT*.



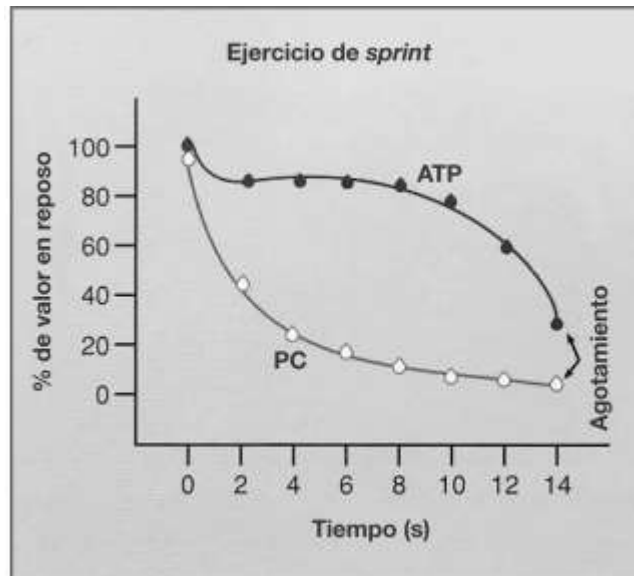


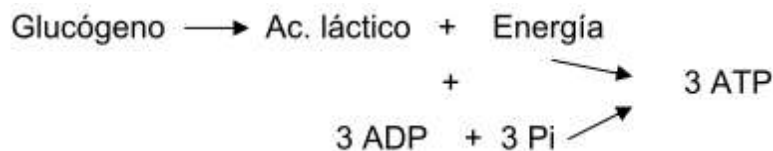
Ilustración 28. Cambios en el ATP y PC muscular durante los primeros segundos de esfuerzo muscular máximo en una prueba de Sprint 100 mts. Tomado de *Fuente especificada no válida*.

Glucólisis anaerobia o sistema anaeróbico láctico

Consiste en la degradación de glucógeno o glucosa para producir energía para la resíntesis del ATP; se realiza en ausencia de oxígeno. Cuando el glucógeno se degrada en ausencia de oxígeno se produce ácido láctico, el cual al acumularse en sangre y tejidos produce fatiga, que puede impedir el mantenimiento del esfuerzo durante más tiempo.

La disponibilidad energética de este sistema es rápida, aunque menor que con el sistema visto anteriormente; en cambio produce más energía (por cada 180g de glucógeno pueden re sintetizarse 3 moles de ATP). Con la glucólisis anaeróbica el organismo obtiene la energía necesaria para realizar esfuerzos de intensidad elevada que duran entre 30 segundos y 2 minutos. Su esquema simplificado de reacciones es:

Ecuación 2. Producción de ATP por glucólisis anaeróbica



Participa como fuente energética fundamental en ejercicios de sub máxima intensidad (entre el 80 y el 90% de la capacidad máxima individual) Esta vía metabólica proporciona la máxima energía a los 20-35 segundos de ejercicio de alta intensidad y disminuye su tasa metabólica de forma progresiva conforme aumenta la tasa oxidativa alrededor de los 45-90 segundos

El karate es un ejemplo claro de una disciplina deportiva de carácter intermitente ya que constan de repeticiones sucesivas de ejercicios más o menos intensos, en donde existe un tiempo de

restitución de las reservas energéticas. Lo cual lo hace ideal para validar el porcentaje de gasto energético proporcionado por la glucólisis anaeróbica consideremos lo siguiente:



“Los karatekas realizan 6 katas (encadenamiento de gestos técnicos sin oposición) de 10 a 80 segundos. El consumo de oxígeno representaba el 11% del suministro energético para los katas de 10 segundos el 13% para los katas de 80 segundos, mientras que la energía procedente de la glucólisis anaeróbica (evaluada a partir de la acumulación de ácido láctico) era despreciable para los katas inferiores a 20 segundos y representaba un 43% para los katas de 80

segundos.” La lactacidemia del final del kata de 80 segundos era de 5,8 mmol/l. El 90% y el 46% del gasto energético los suministra, para los katas de 10 y 80 segundos, respectivamente, el metabolismo anaeróbico aláctico.” **Fuente especificada no válida.**

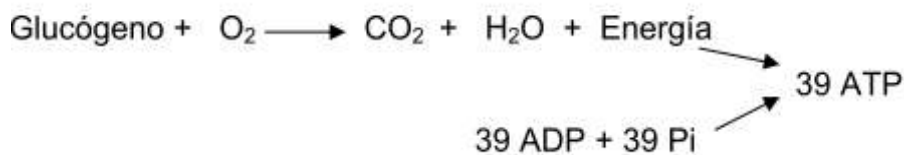
Glucólisis aeróbica

La glucólisis aeróbica o fosforilación oxidativa es el sistema de reacciones metabólicas por las que el glucógeno, o su unidad elemental la glucosa, se desdobra en otros compuestos más sencillos, dando como resultado final la producción de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂) y energía suficiente para formar 39 moles de ATP, pero en presencia de oxígeno suficiente. Este sistema energético produce más energía que los dos anteriores.

La glucólisis aeróbica o fosforilación oxidativa es el sistema encargado de aportar la energía al organismo para mantener esfuerzos intensos entre 3 y 30 minutos.

El esquema simplificado de reacciones es:

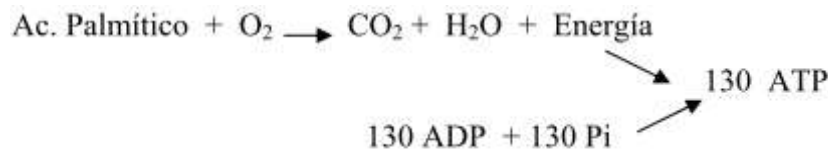
Ecuación 3. Formación de ATP por glucólisis aeróbica



A partir de un esfuerzo que dura más de 30 minutos se utiliza también este sistema, pero en lugar de utilizar glucógeno como fuente energética se utilizan ácidos grasos, con un rendimiento energético mayor que con el glucógeno.

El esquema simplificado de reacciones es:

Ecuación 4. Formación de ATP. a partir de ácidos grasos



Mediante este sistema metabólico, no sólo se utiliza hidratos de carbono y grasas para obtener energía, sino que, también se pueden utilizar proteínas y sus aminoácidos para obtener esta misma energía.

Por lo tanto, el organismo posee tres sistemas energéticos para la producción de energía durante el ejercicio físico, que tienen características diferentes en lo que se refiere a la rapidez de intervención, potencia y capacidad; pero sin embargo son complementarios. Estos procesos no pueden estudiarse aisladamente; la participación de uno está siempre asociada al aumento de actividad de los otros. La importancia de cada uno de ellos depende de la intensidad y de la duración del ejercicio. Tomado y adaptado de (López T. , 1997)

RESUMEN

1. El ATP se genera mediante tres sistemas energéticos:
 - El sistema ATP-PC.
 - El sistema glucolítico.
 - El sistema oxidativo.
2. En el sistema ATP-PC, Pi es separado de la fosfocreatina mediante la acción de la creatinasa. Pi puede combinarse entonces con ADP para formar ATP. Este sistema es anaeróbico, y su función principal es mantener los niveles de ATP. La producción de energía es de 1 mol de ATP por 1 mol de PC.
3. El sistema glucolítico comprende el proceso de la glucólisis, por el cual la glucosa o el glucógeno se descomponen en ácido pirúvico mediante las enzimas glucolíticas. Cuando se lleva a cabo sin oxígeno, el ácido pirúvico se convierte en ácido láctico. Un mol de glucosa produce 2 moles de ATP, pero 1 mol de glucógeno produce 3 moles de ATP.
4. Los sistemas ATP-PC y glucolítico son contribuidores importantes de energía durante los primeros minutos de ejercicio de alta intensidad.

Requerimientos energéticos en diferentes actividades, la máxima actividad para la provisión de energía y cantidades disponibles de los diferentes sustratos (~P mol·min⁻¹ y ~P, respectivamente).

Actividad	Requerimiento energético		Energía disponible de los sustratos		
	Velocidad	Cantidad	Vel. Máj.	Cantidad	Fuente
100 m sprint	2,6	0,43	4,4	0,5	ATP-PC
400 m sprint	2,3	1,72	-	-	
800 m carrera	2	3,43	2,35	1,5	Glucólisis anaeróbica
1.000 m carrera	1,7	6	0,85-1,14	85	Glucólisis aeróbica
Marathon	1	150	0,4-0,6	4.000	Oxidación de lípidos
Reposo	0,07	0,36	-	-	

Ilustración 30. Necesidades ATP diferentes actividades deportivas. Fuente especificada no válida.

Ilustración 29. Resumen. Sistemas de producción de ATP durante el ejercicio (Wilmore & Costill, 2010)

Preguntas orientadoras

- ¿investigue y explique la relación que existe entre las vías metabólicas con la intensidad y duración del ejercicio físico?

- ¿Qué papel desempeñan los alimentos y otras sustancias como sustratos energéticos en el metabolismo del ejercicio? ¿Composición química de los sustratos energéticos, rutas de absorción y degradación en el organismo?
- ¿investigue cuál es la contribución energética de las vías metabólicas según el tiempo de duración del ejercicio?

Actividad 2

Producción de ácido láctico en el organismo

El ácido láctico y el lactato no son el mismo compuesto. La producción de ácido láctico (C₃H₆O₃) se realiza en el organismo a partir de la glucólisis citoplasmática realizada en la célula. El cual se ioniza rápidamente dando como resultado la liberación de un protón H⁺ y la formación del ion lactato. Este último se une con Na⁺ o K⁺ para formar la respectiva sal. (Álvarez, 2014)

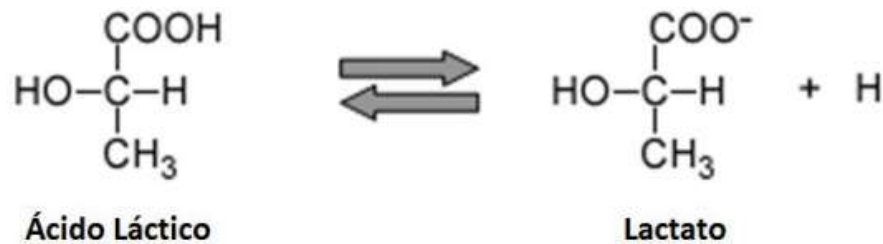


Ilustración 31. Hidrolisis del Ác. Láctico

La producción de lactato está dada por la glucólisis y glucogenólisis, proceso éste que ocurre mayormente en las fibras de contracción rápida de tipo IIA y IIB de músculos involucrados en el ejercicio. El ácido láctico se produce principalmente en las fibras musculares y en los glóbulos rojos. Dicho ácido se forma cuando el cuerpo descompone carbohidratos para utilizarlos como energía y por ello se relaciona su concentración con el desempeño del deportista, particularmente porque es a menudo utilizado de forma indirecta como fuente de energía, en particular por las fibras musculares lentas y por las fibras cardíacas. Normalmente en reposo, hay una concentración de lactato en la sangre y en el músculo; el rango normal de la concentración en sangre es de 0,5 a 2,2 mMol/l (4,5 a 19,8mg/dL) pero puede aumentar hasta 20mMol/l durante un esfuerzo intenso. No obstante, cabe reconocer que resulta difícil valorar la producción de lactato en reposo, sobre todo teniendo en cuenta el concepto de tasa de renovación metabólica, que podría enmascarar los cambios de producción, manteniendo unos niveles normales de lactato en sangre al aumentar su eliminación. El lactato se produce siempre, incluso en sujetos sanos en reposo y bien oxigenados. Tomado y adaptado de (Álvarez, 2014)

La natación es uno de los deportes por excelencia en el cual la estimulación de la potencia y resistencia anaeróbica es fundamental para el entrenamiento del deportista

En el entrenamiento de natación los esfuerzos e 20-45 segundos estimulará la potencia anaeróbica láctica, los cuales son precedidos por periodos prolongados de descanso. Como resultado de este entrenamiento, los nadadores desarrollarán concentraciones elevadas de ácido láctico en sangre lo que se traduce en una elevada producción de energía anaeróbica. Es por esta razón que los

velocistas desarrollarán mayores concentraciones de lactato en sus músculos que los nadadores mediofondistas o fondistas, y por ello necesitan una recuperación más prolongada. Los periodos de recuperación deberían incluir suficiente trabajo aeróbico de baja intensidad que facilitará la eliminación del lactato de los músculos a la sangre.

Actividad 4

Sistema anaeróbico láctico o glucólisis anaeróbica

Este sistema, también conocido como vía Embden-Meyer-hof, se desarrolla en el citoplasma miofibrilar. Utiliza la degradación de la glucosa para la resíntesis del ATP, su gran ventaja es que proporciona una gran cantidad de energía por unidad de tiempo, aunque menor que el sistema de fosfágenos, pero con una mayor duración.

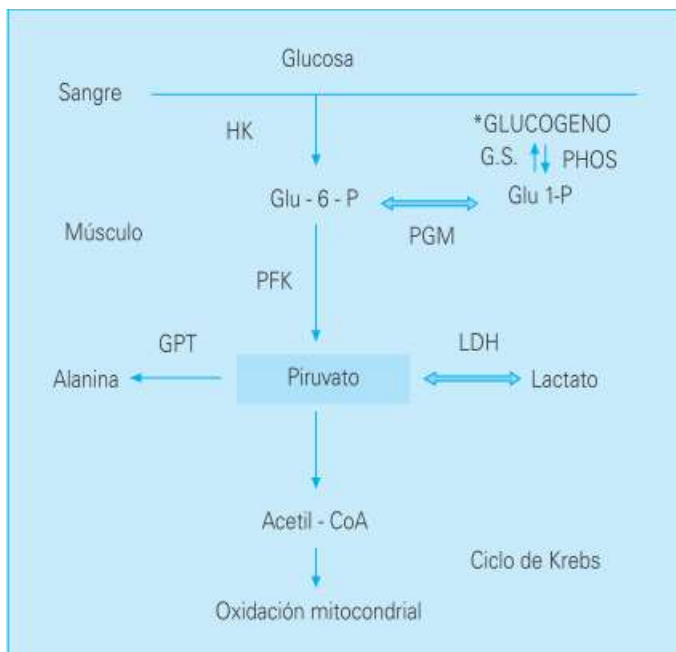


Ilustración 32. Esquema simplificado de la glucólisis anaeróbica. Tomado de (Pancorbo, 2008)

Es un sistema que actúa de forma predominante en esfuerzos de alta intensidad de seis segundos a dos minutos de duración. Su desventaja es que, en la degradación de la glucosa en piruvato, con liberación de hidrógeno (H^+), cuando la concentración de O_2 en los músculos es insuficiente o nula, el H^+ se fija al ácido pirúvico, formando ácido láctico. Este hecho provoca una acidosis metabólica miofibrilar, en la que la acumulación de H^+ inhibe enzimas importantes de la glucólisis, como la fosfofructoquinasa (PFK), produciendo fatiga muscular cuando las cifras de ácido láctico son elevadas, lo cual produce un incremento de la ventilación pulmonar. La acumulación de lactato se metaboliza en los músculos activos e

inactivos, corazón, hígado y riñones después de esfuerzos de alta intensidad. Tomado y adaptado de (Pancorbo, 2008)

Metabolismo del lactato durante el ejercicio

El ácido láctico ha sido considerado como el precursor energético inmediato en la célula muscular culpable fundamental del cansancio y de la fatiga muscular y un producto de desecho. El músculo se ha considerado como la principal fuente de producción de lactato. A lo largo del siglo XX la perspectiva ha cambiado drásticamente.

Actualmente se sabe que el lactato juega un papel importante en el metabolismo energético que contribuye en la utilización completa de los carbohidratos de la dieta, así como a la formación de glucosa hepática

El lactato en la actualidad es considerado como un sustrato susceptible a ser oxidado y que permite la movilización de reservas de glucógeno entre los diferentes tipos de fibras musculares. Además, el lactato actúa como regulador del equilibrio Redox celular a través de su conversión a su análogo oxidado el piruvato, mediante la acción de la enzima *lactato deshidrogenasa*. El lactato originado a partir del metabolismo incompleto de la glucosa no constituye un metabolismo de desecho del cual el organismo trate de eliminar. En su lugar, el organismo va a provechar todavía esta molécula de tres átomos de carbono, para terminar de obtener la energía contenida en sus enlaces y utilizarla como sustrato precursor de glucosa y por tanto de glucógeno.

El destino metabólico del lactato producido por la glucólisis puede seguir tres caminos

- Actuar como factor gluconeogénico en el músculo
- Ser oxidado en diferentes tejidos, principalmente en el músculo esquelético y cardíaco
- Ser captado por el hígado y/o riñones para la posterior síntesis de glucógeno hepático en el ciclo de cori. Tomado de (López & Fernández, Fisiología del Ejercicio, 2006)

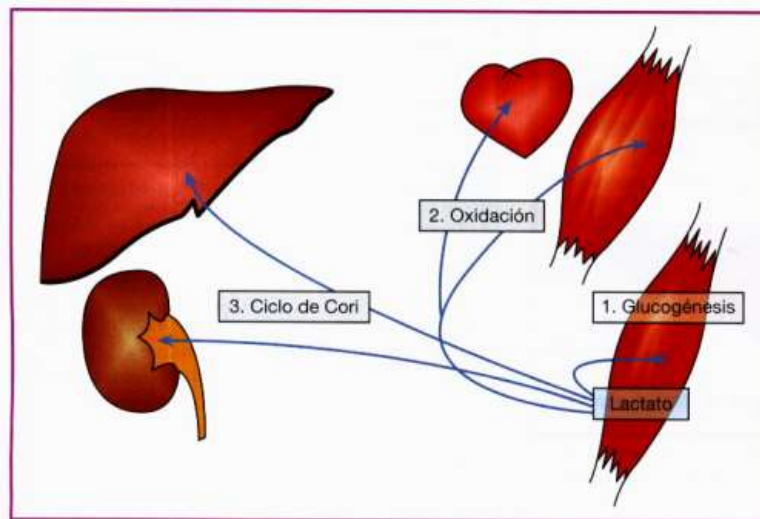


Ilustración 33. Destino del lactato producido por la célula muscular (López & Fernández, 2006)

Oxidación del lactato

La opción de utilizar el lactato como precursor energético en otras células musculares diferentes a la que lo han producido se presenta fundamentalmente en las fibras tipo I y los miocitos cardiacos de las células captadoras de lactato sanguíneo que

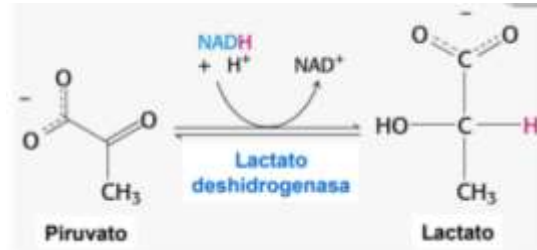


Ilustración 34. Formulación oxidación de lactato a piruvato (Universidad de Alcalá, s.f.)

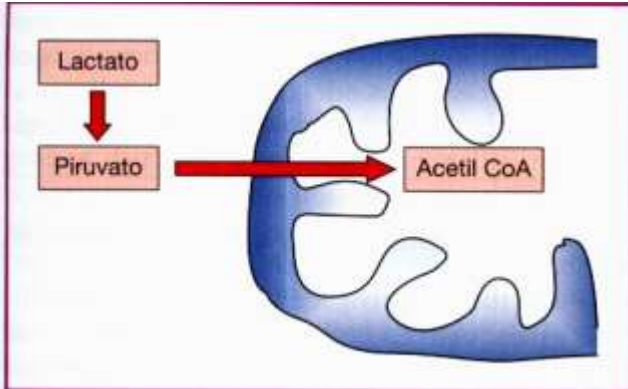


Ilustración 35. Oxidación del lactato (López & Fernández, 2006)

posteriormente lo utilizaran como combustible al transformarlo en ácido pirúvico e introducirlo en la mitocondria para completar su oxidación. Tomado y adaptado de (López & Fernández, Fisiología del Ejercicio, 2006)

Ciclo de cori

El lactato debe reconvertirse en piruvato, para encontrar una conexión remanente al metabolismo. Los músculos y los eritrocitos dejan esta función al hígado. El lactato generado se transporta concretamente con un simporte con un portón con la ayuda de un transportador de mono

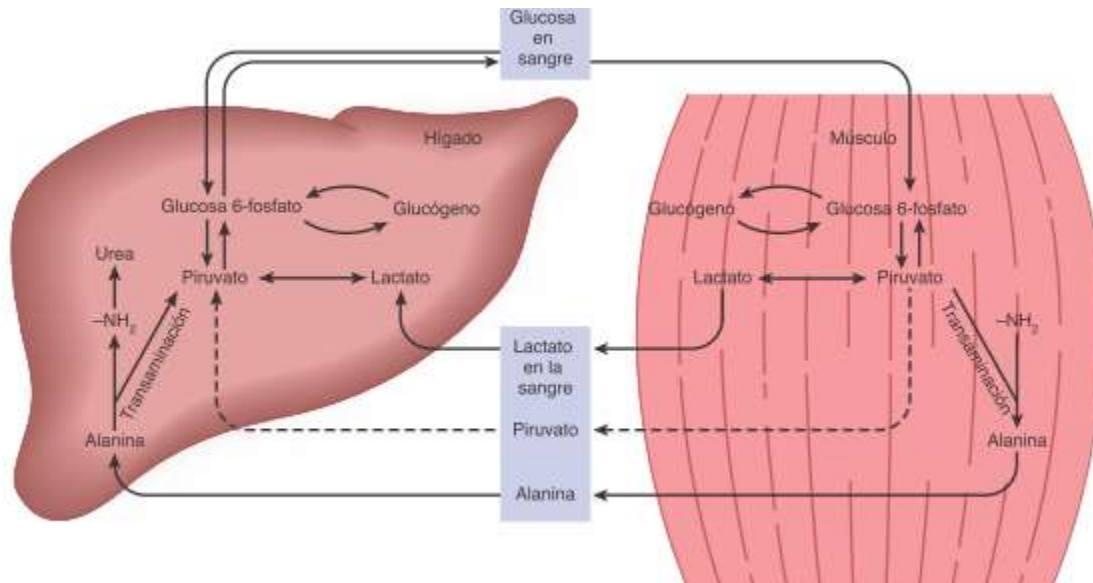


Ilustración 36. Ciclo de Cori y Glucosa- Alanina. Tomado de (Murray, y otros, 2010)

carboxilatos a través de la membrana de los miocitos y los eritrocitos a la sangre, para ser conducido por la vena porta hasta las células del hígado. Los hepatocitos oxidan el lactato a piruvato y lo utilizan para la gluconeogénesis. Con ello se origina glucosa-6-fosfato. La glucosa-6-fosfatasa libera glucosa,

que se cede a la sangre y es conducida a los tejidos consumidores, las células musculares y eritrocitos procesan la glucosa con la formación de ATP de nuevo a piruvato y lactato. En conjunto, el balance de ATP del ciclo glucosa-lactato es negativo. Sin embargo, posibilita a las células un funcionamiento largo y duradero sin tener lugar la fosforilación oxidativa, una generación de ATP mediante glucólisis anaerobia, y así sirve también en la conversión ahorrativa para el SNC de la glucosa. A esta secuencia se le denomina CICLO DE CORI. Tomado y adaptado de (Müller-Sterl, 2008)

Preguntas orientadoras

- Consulte ¿Qué relación tiene el ciclo Glucosa-Alanina con el ciclo de Cori?
- ¿Cuál es la importancia que cumple la enzima lactato deshidrogenasa para la reconversión de lactato?
- Consulte y explique ¿Cuáles y de que tipo son las reacciones químicas? que se llevan a cabo durante: A. Oxidación del lactato, B. Ciclo de cori, C. Glucólisis anaerobia.
- Con base en el artículo “LACTATO: DE INDESEABLE A VALIOSO METABOLITO” de Ribas Juan disponible en http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Revision_Lactato_211_137.pdf, indique:
 - ¿Cuáles son las otras funciones menos conocidas del lactato?
 - ¿Cuáles son las razones no anaeróbicas para la producción de lactato?
 - ¿Cuál es el papel del lactato extracelular durante el ejercicio intenso?

Actividad 5

Caracterización Bioquímica en el deporte

La valoración del deportista se encamina, en primer lugar, a valorar la salud con el fin de diagnosticar situaciones que contraindiquen o restrinjan el entrenamiento o la competición, y, en segundo lugar, a tratar de determinar de manera objetiva las capacidades funcionales para así prescribir y planificar un proceso de entrenamiento óptimo y acorde a objetivos propuestos. (Urdampilleta, Martínez, & Lopez, Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo, 2013)

Los parámetros o valores bioquímicos determinados mediante análisis de laboratorio sirven como biomarcadores los cuales permiten conocer el estado de los deportistas mediante un método no invasivo. El objetivo principal del control bioquímico del entrenamiento es ayudar a los entrenadores, y equipo multidisciplinar a conseguir el rendimiento máximo y evitar el sobreentrenamiento o fatiga crónica.

Un biomarcador (marcador bioquímico) se puede catalogar según (Marqués, Arratibel, & Terrados, 2016) como molécula o producto medible, que es susceptible de monitorizar objetivamente el cambio de una condición o proceso efectuado durante un periodo de tiempo, después de un tratamiento o después del entrenamiento. A su vez en el ámbito deportivo los biomarcadores se consideran parámetros que permiten evaluar las repercusiones que tiene el ejercicio físico sobre los tejidos y órganos y de esta manera, poder estimar parámetros de valoración del grado de daño

muscular, de hidratación/deshidratación, de inflamación, de daño oxidativo etc.(Palacios et al., 2015), con el fin de facilitar el monitoreo y valoración de la respuesta fisiológica de los deportistas a los diferentes estímulos (cargas, repeticiones, etc.) propios del ejercicio o entrenamiento que se estén llevando a cabo.

Por su naturaleza la mayoría de los biomarcadores son medidos por medio de muestras sanguíneas, de orina y saliva. En deportes de élite se prefiere trabajar en mayor medida con procedimientos de extracción no invasivos y por ello se utilizan la orina y la saliva como tipo de muestra. De igual manera existen otros biomarcadores de utilidad los cuales son de carácter morfológico y fisiológico tales como la composición corporal (especialmente masa muscular, masa grasa, peso), condición física (capacidad cardiovascular, fuerza, agilidad, flexibilidad), frecuencia cardíaca y presión arterial. Dependiendo del objetivo, se desee analizar se hace necesario la utilización de uno o de una combinación de varios biomarcadores.

A su vez (Serrato, 2008) indica que mediante monitoreo bioquímico del entrenamiento se obtiene información de retroalimentación sobre los efectos del entrenamiento, la efectividad de la planeación del entrenamiento en una etapa específica del plan de este y el reconocimiento de patrones de adaptabilidad del atleta.

Ahora bien, para que se lleve a cabo un efectivo control y por ende una correcta valoración bioquímica de los atletas no hace falta la realización de un sinnúmero de pruebas y mediciones, sino por su parte es necesario llevar una rigurosidad acorde a la búsqueda de los aspectos claves antes mencionados por Urdampilleta et al. (2013). Es por esta razón que (Solis, 2013) indica que para llevar a cabo un correcto control y valoración bioquímica se deben dar respuesta a las siguientes características:



Ilustración 37. Características de la caracterización y valoración Bioquímica. Adaptado de (Solis, 2013)

Biomarcadores de más importancia en el control y valoración bioquímica del atleta

Como se ha estipulado con anterioridad en el control y valoración bioquímica del atleta son variados los biomarcadores empleados ya sea por su función, naturaleza, forma de obtención, pero sobre todo por el objetivo que se desee valorar. Es por esta razón y según como lo explican Palacios et al., (2015) los biomarcadores pueden ser clasificados de acuerdo con la información que suministre teniendo así las siguientes clasificaciones:

- Biomarcadores de fatiga y estrés crónico
- Biomarcadores de sobre entrenamiento
- Biomarcadores de riesgo cardiovascular
- Biomarcadores de estrés oxidativo
- Biomarcadores de inflamación
- Marcadores antropométricos y Ergonométricos

Preguntas orientadoras

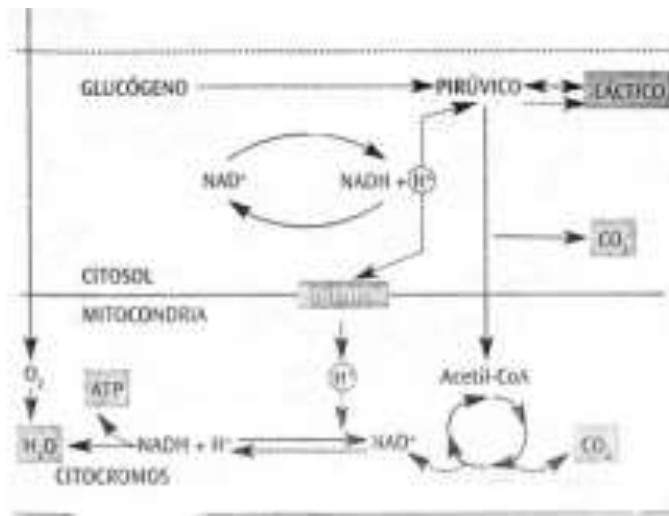
- Consultar ¿cuáles son los biomarcadores según la anterior clasificación?
- ¿Cuál es el momento propicio para realizar la caracterización bioquímica de un deportista? Apóyese en el artículo *“Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo”* de Urdampilleta, A; Martínez, J & López, R.
- ¿Cuáles son los significados fisiológicos de los biomarcadores?
- Con base a la presentación *“Caracterización bioquímica de deportes priorizados”* de Moreno, S disponible en <http://barranquilla2018.com/wp/wp-content/uploads/2018/07/Caracterizacio%CC%81n-bioquimica-Sandra-Moreno.pdf>
 - ¿Cómo contribuye la bioquímica en el ejercicio?
 - ¿Qué finalidades tiene el control bioquímico en el deporte?
 - ¿Qué papel desempeña la caracterización bioquímica en el deporte?
 - Con base en el seguimiento a deportistas que se muestra en la presentación indique ¿Cómo esta información llega a ser útil para usted como entrenador deportivo?

Actividad 6

Umbral anaeróbico

El umbral anaeróbico se define como la carga de trabajo o consumo de oxígeno a partir de la cual se comienza a instaurar un estado de acidosis metabólica y ocurren cambios asociados en el intercambio gaseoso (Wasserman y McIlroy, 1964. Una vez que el ácido láctico comienza a producirse de forma importante en las células musculares más glucolíticas y abandona la célula muscular, se disocia rápidamente, variando su pH a niveles fisiológicos, dando lugar a una liberación de iones de hidrógeno, éstos son amortiguados por los sistemas tampón del organismo manteniendo constante el pH. Esta regulación puede tener lugar en las propias células del músculo esquelético, en los hematíes o en el plasma; y puede ocurrir por combinación con proteínas o por interacción con el sistema bicarbonato u otros sistemas tampón menos importantes.

La reacción de los H^+ con el HCO_3^- da como resultado, la producción de un exceso de CO_2 . La vía aeróbica u oxidativa tiene como productos finales CO_2 y H_2O , y por tanto una vez que la vía



glucolítica comienza a participar de forma significativa en la producción de ATP durante el ejercicio, habrá dos fuentes de CO_2 generándose de forma simultánea: una correspondiente a la vía aeróbica y otra correspondiente a la amortiguación de los H^+ generados como consecuencia de la producción de ácido láctico por las células musculares activas. La consecuencia fisiológica será un aumento de la ventilación pulmonar con la finalidad de eliminar CO_2 del organismo contribuyendo con ello a la regulación de pH durante el ejercicio.

Ilustración 38. Lanzadera de protones de la membrana mitocondrial. Tomada de: (Ávila, 2012)

Tomado y adaptado de: (Serrano & Sarabia, Revisión Bibliográfica: Metodologías de valoración del umbral anaeróbico aplicado al atletismo de fondo, 2015)

Umbral Anaeróbico Individual (UAI)

En 1979, Keul y colaboradores formularon el concepto de Umbral Anaeróbico Individual (Individuelle anaerobe Schwelle) (Keul et al, 1979), y aunque los autores aceptaron que la media de los umbrales de lactato puede encontrarse alrededor de los 4 mmol/l, establecieron que el UAI correspondería a una tangente en la curva de lactato de $\tan \alpha = 1,26$ (mmol/l) / (km/h), que supone una tangente de $51^\circ 34'$. Simon posteriormente, en 1981, propuso una ligera modificación en el cálculo realizado por Keul, transformando los $52^\circ 34'$ propuestos por la línea tangente a 45° . Tomado y adaptado de: (Arratibel, Tesis Doctoral, 2013)

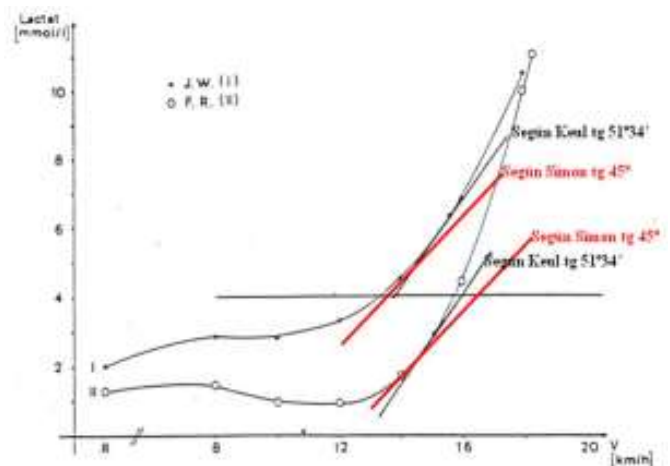


Ilustración 39. Umbral según los métodos de Keul y Simon. Tomado de (Arratibel, 2013)

Fase III Estimación práctica del umbral anaeróbico

Objetivo: Modelar fenómenos experimentales aplicados al ejercicio basados en modelos teóricos químicos. Los cuales permitan contrastar conceptos, dar explicaciones científicas y tomar decisiones frente a cambios fisiológicos producidos en deportistas mediante el entrenamiento deportivo.

Actividad: Realizar la estimación del umbral anaeróbico individual en diferentes individuos (entrenados, semi entrenados y no entrenados) con el fin de caracterizarlos bioquímicamente y obtener datos que pueda utilizar para tomar decisiones frente al entrenamiento y el estado físico del individuo.

Actividad 7

Estimación del umbral anaeróbico individual (UAI) mediante la aplicación de prueba incremental.

TEST INCREMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE UMBRALES DEL LACTATO por David B. Pyne y Philo U. Saunders, Australian Institute of Sport

Introducción

La parte sub máxima de esta prueba puede ser usada para medir la economía de la carrera y las respuestas del lactato y la frecuencia cardíaca (FC) a ciertas velocidades para desarrollar curvas FC/lactato –velocidad. Los datos derivados de pruebas sub máximas pueden ser usados para valorar la aptitud física aeróbica sin depender de la motivación necesaria para los esfuerzos sub máximos. La parte máxima de la prueba puede ser utilizada para determinar el VO_2 máx. y la velocidad asociada al mismo ($v\text{VO}_2$ máx.).

Protocolo

La parte sub máxima de la prueba implica que los deportistas completen 4-5 etapas de 4 minutos de duración y a velocidades constantes entre 15 y 21 km/h para los corredores varones y entre 13 y 19 km/h para las corredoras (estas velocidades pueden ser más bajas dependiendo del nivel de los corredores*). Todas las etapas sub máximas son completadas en un tapiz rodante con una pendiente igual a 0% con un período de descanso de 1 minuto entre etapas para la recolección de muestras de sangre capilar, y cada etapa siguiente es realizada a una velocidad 1 km/h superior a la anterior.

Un lineamiento general para calcular las velocidades de la prueba es buscar que el deportista realice la 5 etapa al ritmo de competición de 10 km del corredor. Esto es, si el tiempo actual estimado de los 10 km es 30 min, entonces la cuarta etapa debería realizarse a aproximadamente 19 km/h. Así, la prueba sub máximo de este sujeto consistirá entonces de 4 etapas completadas a 16, 17, 18, y 19 km/h, con una posible etapa final a 20 km/h.

Clasificación

Prueba Sub máxima.

Población

Deportistas de medio y alto rendimiento.

Tomado de: (Mujika, 2012)

Adaptaciones realizadas al protocolo de David B. Pyne y Philo U. Saunders

Objetivo general:

Caracterizar bioquímicamente un grupo de deportistas seleccionados, por medio de la estimación del Umbral Anaeróbico Individual. Con el fin de contrastar conceptos, dar explicaciones científicas basadas en aspectos bioquímicos y tomar decisiones frente a cambios fisiológicos producidos en deportistas mediante el entrenamiento deportivo

Objetivos específicos:

- Realizar medición In Situ de los niveles de concentración sanguíneos de lactato (Lactatemia) de un grupo de deportistas al realizar un test incremental de resistencia.
- Estimar el Umbral Anaeróbico individual de un grupo de deportistas
- Explicar los posibles cambios fisiológicos propios de cada deportista, haciendo uso de conceptos, teorías y explicaciones con fundamento bioquímico

Materiales y Reactivos.

Materiales: Cinta deslizante o pista atlética, cronometro, planilla para recolección de datos, pulsioxímetro, Unidad de detención de lactato sanguíneo, Unidad de detención de glucosa en sangre, lancetas, guantes de latex o nitrilo, gasa.

Reactivos: Tiras reactivas BM- Láctate, Tiras reactivas OneTouch Select Plus Flex.

Protocolo de la prueba.

Antes de iniciar la prueba y en un estado de reposo de los participantes se realizará la correspondiente medición y determinación de los niveles sanguíneos de lactato, glucosa. Al igual que de la frecuencia cardiaca. Valores que serán tomados como línea base y consignados en la correspondiente hoja de toma de datos de cada individuo.

Los deportistas o individuos participantes deberán completar cinco (5) etapas incrementales las cuales están conformadas por un aumento de distancia el cual tendrá un intervalo comprendido entre los 800 metros y los 1200 metros con aumentos de 100 metros por etapa. (Las distancias e intervalos pueden variar según el nivel de entrenamiento de los participantes).

A una velocidad incremental de 1Km/h por etapa. Y con un tiempo máximo de duración 4 minutos, el cual será acompañado por un intervalo de 60 segundos en el cual se deberá hacer la recolección de muestra para la determinación de lactato y glucosa, al igual que la determinación de la frecuencia cardiaca.

La estimación de las velocidades para la realización de la prueba se llevará a cabo bajo los lineamientos y recomendaciones de David B. Pyne y Philo U. Saunders consignadas con antelación en este protocolo.

HOJA DE TOMA DE DATOS (Individual)						
Fecha		Hora				
Sujeto N°:		Edad:				
Genero:		Deporte practicado:				
Nivel de entrenamiento		Entrenado	Semi entrenado	No entrenado		
Frecuencia cardiaca en reposo		Línea base			(PRbmp)	
Frecuencia cardiaca máxima. estimada		FCM=220(H) o 226(M) – EDAD			(PRbmp)	
Concentración de lactato en reposo (Lactatemia)		Línea base			(mmol/L)	
Concentración de glucosa en reposo (Glucemia)		Línea base			(mg/dL)	
Registro de datos						
Etapa	[Lactato (mmol/L)	Glucemia (mg/dL)	FC (PRbmp)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Velocidad (k/h)
1						
2						
3						
4						
5						

Una vez realizado la recolección de datos de los diferentes deportistas o sujetos participantes realizar

- Estimación de los UAI de cada sujeto, mediante la estimación grafica propuesta por Simon (1981) para esto se recomienda consular el artículo de Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 469-490
- Explique bioquímicamente cómo los resultados obtenidos se relacionan con el entrenamiento y la práctica deportiva realizada por cada sujeto participante
- Consulte que otras pruebas bioquímicas se realizan para el control del entrenamiento de deportistas, seleccione uno y explique su fundamento bioquímico y su relación fisiológica con el entrenamiento.

- d. Seleccione un deporte de su interés y proponga una prueba que permita estimar valores de referencia para por lo menos uno de los biomarcadores explicados en esta propuesta. Y como cual sería la importancia o relevancia de su estudio en el deporte que selecciono.

Para esto tenga en cuenta:

- Sistema energético utilizado en el deporte.
- Fundamento bioquímico de la prueba
- Fundamento fisiológico del deporte
- Tipo de prueba.
- Aplicación para el control de entrenamiento
- Estrategia para implementar la prueba.
- Posibles resultados esperados al aplicar la prueba y con su correspondiente explicación bioquímica y relación al entrenamiento propio del deporte seleccionado.

Fase IV: Valoración de la unidad didáctica

Rubrica de evaluación holística.

ASPECTO POR EVALUAR		SUPERA LAS EXPECTATIVAS	ALCANZA LAS EXPECTATIVAS	NO ALCANZA LAS EXPECTATIVAS
Conocimiento teórico (CT)	<ul style="list-style-type: none"> Identifica fortalezas y debilidades teóricas que pueden influir en la toma de decisiones Capacidad de transferir los conocimientos teóricos a planteamientos teórico y situaciones prácticas 	El estudiante reconoce su bagaje teórico frente a situaciones planteadas y asume una postura coherente y acorde a la situación, siendo capaz de explicar su postura en términos concretos y técnicos además de argumentar su decisión a través de postulados y evidencia científica.	El estudiante reconoce su bagaje teórico frente a situaciones planteadas y asume una postura coherente y acorde a la situación, siendo capaz de explicar su postura en términos concretos y técnicos	El estudiante se le dificulta reconocer su bagaje teórico frente a situaciones planteadas. Puede o no asumir una postura, mas esta no es coherente ni acorde a la situación, le es difícil explicar su postura en términos concretos y técnicos
Ampliación Y aplicación de conocimiento (AC)	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de integrar, procesar, ampliar y aplicar conocimientos Toma de decisiones en 	El estudiante indaga de manera autónoma información acorde a situaciones planteadas, con la finalidad de plantear una postura concreta frente a la temática expuesta Además, es capaz de ampliar la justificación de su decisión con	El estudiante indaga de manera autónoma información acorde a situaciones planteadas, con la finalidad de plantear una postura concreta frente a la temática expuesta	El estudiante no indaga de manera autónoma información acorde a situaciones planteadas. No tiene la capacidad justificar de manera concreta la decisión tomada.

	ámbitos concretos de trabajo	base en los nuevos conocimientos indagados		
Desarrollo de estrategias (DE)	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de uso estratégico de los conocimientos adquiridos • Toma de decisiones precisas y con coherencia en ámbitos o situaciones compleja 	El estudiante Aplica diferentes estrategias, métodos, técnicas, y recursos para proponer maneras de solucionar un problema. También tiene la capacidad de desarrollar un proyecto, definiendo un curso de acción con pasos específicos	El estudiante aplica diferentes estrategias, métodos, técnicas, y recursos para proponer maneras de solucionar un problema.	El estudiante no aplica diferentes estrategias, métodos, técnicas, y recursos para proponer maneras de solucionar un problema.
Evaluación de la toma de decisiones (EtD)	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce su capacidad de evaluar el proceso personal en la solución de problemas y en la toma de decisiones, personales y colectivas, asumiendo responsable y éticamente las consecuencias de sus actos 	El estudiante identifica errores en el razonamiento en las inferencias realizadas por él y otros. Siendo capaz de identificar, explicar y argumentar la naturaleza de los errores cometidos	El estudiante identifica errores en el razonamiento en las inferencias realizadas por él y otros y es capaz de identificar la naturaleza de los errores cometidos	El estudiante no identifica errores en el razonamiento en las inferencias realizadas por él y otros y no es capaz de identificar el porqué de los errores cometidos

<p>Aplica la decisión a un contexto (ApC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplica las decisiones tomadas a contextos propios 	<p>El estudiante está en la capacidad de aplicar la decisión en contextos reales y cotidianos Reproduciendo los resultados expuestos por el de manera teórica. Además, es capaz de solucionar y adaptarse a imprevistos durante la aplicación.</p>	<p>El estudiante está en la capacidad de aplicar la decisión en contextos reales y cotidianos Reproduciendo los resultados expuestos por el de manera teórica.</p>	<p>El estudiante no está en la capacidad de aplicar la decisión en contextos reales y cotidianos</p>
--	---	--	--	--

Referencias

- Álvarez, J. (2014). Tesis de Maestría. *Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio*. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Arratibel, I. (2013). Tesis Doctoral . *comparación de diferentes métodos para el cálculo del umbral anaeróbico individual y su equivalencia con el máximo estado estable* . Vitoria, Gasteiz, España: Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Billat, V. (2002). *Physiologie et Methodologie de l'entraînement*. Barcelona: Paidotribo.
- Guerrero, S. (2015). Tesis de Maestría. *El papel de las ideas previas en el proceso enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad Icesi.
- López, J., & Fernández, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: Editorial Medica Panamericana.
- López, T. (Noviembre de 1997). Tesis Doctoral. *REPERCUSIONES RENALES DEL EJERCICIO FÍSICO INTENSO ESTUDIO BIOQUÍMICO-ANTROPOMÉTRICO EN NADADORES ADOLESCENTES*. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- Marqués, D. C., Arratibel, I., & Terrados, N. (2016). Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte (AMD)*, 33(6), 404-412.
- Merí, A. (2005). *Fundamentos de Fisiología de la actividad Física y el deporte* . Madrid: MedicaPanamericana .
- Mujika, I. (2012). *Endurance training : science and practice*. Vitoria-Gasteiz,: Vitoria-Gasteiz, Basque Country .
- Müller-Sterl, W. (2008). *Bioquímica: Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida* . Barcelona: Reverté.
- Murray, R., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P., Rodwell, V., & Weil, P. (2010). *Harper. Bioquímica Ilustrada* (28 ed.). Mexico D.F: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Pancorbo, A. (2008). *Medicina y ciencias del deporte y actividad física*. Majadahonda- Madrid: Ergon.
- Serrano, J., & Sarabia, J. (2015). Revisión Bibliográfica: Metodologías de valoración del umbral anaeróbico aplicado al atletismo de fondo . *Tesis de Pregrado* . Elche, Alicante, España: Universitas Miguel Hernández.
- Serrato, M. (2008). *Medicina del Deporte*. Bogotá D.C: Universidad del Rosario .
- Solis, J. (29 de Octubre de 2013). Tesis de Maestría . *Correlación entre los niveles de urea y cargas aplicadas al entrenamiento deportivo de futbolistas de la categoría juvenil del club deportivo la cuenca*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Urdampilleta, A., Martínez, J., & Lopez, R. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo . *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 73-83.

Wilmore, J., & Costill, D. (2010). *Physiology of sport and exercise Human Kinetics*. Barcelona: Paidotribo.

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
INSTRUMENTO PARA LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN
Trabajo de grado

“DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA ENFOCADA AL ESTUDIO BIOQUÍMICO DEL METABOLISMO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA A ESTUDIANTES DE DEPORTES DE LA UPN”

Nombre de estudiante: _____ Código: _____ fecha y hora: _____

Licenciatura: _____ Semestre: _____ Genero: _____ Edad: _____

1. ¿De qué manera considera usted que la bioquímica se relaciona con el estudio del metabolismo energético del ejercicio físico?

2. ¿Qué conocimientos bioquímicos cree usted necesarios para identificar, comprender, analizar y explicar el metabolismo energético del ejercicio físico?

3. ¿Como se relacionan la glucosa, el lactato y la fosfocreatina con la producción de ATP?

4. ¿Considera usted la antropometría un método viable en la caracterización de los deportistas?
¿Qué información puede obtener partir de su aplicación, de qué manera y bajo qué circunstancias haría usted uso de esta?

5. ¿Qué entiende usted por valoración bioquímica en el entrenamiento?

6. ¿Como aplicaría usted de la valoración bioquímica en deportistas? y ¿Qué circunstancias serían las más aptas para su aplicación?

7. ¿Cuáles son las vías metabólicas energéticas predominantes para deportes de? a: corta duración y alta intensidad, b: larga duración y baja intensidad

8. ¿Considera usted el lactato como producto secundario del ejercicio físico o como una fuente de energía para este?

9. ¿Qué validez cree usted que tiene la siguiente afirmación? y porqué: *“El lactato puede ser utilizado como combustible en otras células musculares diferentes a las que lo han producido.”*

10. ¿En que rutas metabólicas energéticas están presentes los siguientes ciclos?: Ciclo de Krebs y Ciclo de Cori.

- a. Ruta anaerobia aláctica y ruta anaerobia láctica
- b. Ruta anaeróbica láctica exclusivamente
- c. Ruta anaerobia aláctica exclusivamente
- d. Ruta aerobia y ruta anaerobia aláctica
- e. Ruta anaerobia láctica y ruta aerobia
- f. Ruta aerobia exclusivamente

11. ¿Cuál es la función principal del ciclo de Krebs es?:

- a. Completar la oxidación de los hidratos de carbono, grasas y proteínas (formar NADH y FADH).
- b. Producir ATP mediante la fosforilación del sustrato.
- c. Iniciar/promover la glucólisis para la producción de ATP.
- d. Producir H₂O y ATP.

12. De los siguientes enunciados ¿cual considera usted presenta relevancia en su formación profesional?. Y porqué:

- a. *“La Bioquímica, posibilita en los estudiantes la interpretación de las transformaciones y procesos bioquímicos que caracterizan el abastecimiento energético para el trabajo*

muscular, en particular en el organismo de los sujetos que están sometidos a un régimen sistemático de actividad física.”

- b. “proporcionar a los alumnos una visión global del metabolismo energético y de la integración de sus funciones en el cuerpo humano en movimiento, así como de las posibilidades de modulación ante nuevas demandas energéticas.”*
-
-
-

Anexo 3. Test incremental para la determinación de umbrales de lactato

TEST INCREMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE UMBRALES DEL LACTATO por David B. Pyne y Philo U. Saunders, Australian Institute of Sport

Objetivo

La parte sub máxima de esta prueba puede ser usada para medir la economía de la carrera y las respuestas del lactato y la frecuencia cardíaca (FC) a ciertas velocidades para desarrollar curvas FC/lactato –velocidad. Los datos derivados de pruebas sub máximas pueden ser usados para valorar la aptitud física aeróbica sin depender de la motivación necesaria para los esfuerzos sub máximos. La parte máxima de la prueba puede ser utilizada para determinar el VO₂ máx. y la velocidad asociada al mismo (vVO₂ máx.).

Protocolo

La parte sub máxima de la prueba implica que los deportistas completen 4-5 etapas de 4 minutos de duración y a velocidades constantes entre 15 y 21 km/h para los corredores varones y entre 13 y 19 km/h para las corredoras (estas velocidades pueden ser más bajas dependiendo del nivel de los corredores*). Todas las etapas sub máximas son completadas en un tapiz rodante con una pendiente igual a 0% con un período de descanso de 1 minuto entre etapas para la recolección de muestras de sangre capilar, y cada etapa siguiente es realizada a una velocidad 1 km/h superior a la anterior.

Un lineamiento general para calcular las velocidades de la prueba es buscar que el deportista realice la 5 etapa al ritmo de competición de 10 km del corredor. Esto es, si el tiempo actual estimado de los 10 km es 30 min, entonces la cuarta etapa debería realizarse a aproximadamente 19 km/h. Así, la prueba sub máximo de este sujeto consistirá entonces de 4 etapas completadas a 16, 17, 18, y 19 km/h, con una posible etapa final a 20 km/h.

Clasificación

Prueba Sub máxima.

Población

Deportistas de medio y alto rendimiento.

Materiales

Cinta deslizante o pista de carreras, cronometro, planilla para recolección de datos, pulsioxímetro, analizador de lactato

Tomado de: (Mujika, 2012)