



**Diversidad, diferencia y sujetos contemporáneos**  
 Pensar la escuela y la universidad en tiempos de desigualdad, contra-conducta y nuevas subjetividades



El estado de “crisis” que se ha venido inventado en los tiempos actuales, por diversas razones, en especial por la reactualización del capitalismo en el siglo XXI, los movimientos sociales y la emergencia de nuevas dinámicas en relación con los sujetos y sus posibilidades de constitución, hace que la educación y la pedagogía tengan un juego de acciones y responsabilidades como nunca en la historia. La educación y su forma moderna escuela-universidad se ven obligadas a salir de su espacio conservador y transmisor de la cultura y las modelaciones de la sociedad para pensar, recrear y comprender a los sujetos en dinámicas atravesadas por escenarios de transformación acelerada: tecnológicos, identitarios, emocionales, económicos y sociales. Pero a su vez, la educación y pedagogía requieren volver a sus orígenes y raíces centradas en la formación y las posibilidades de multitudes de personas que no encajan en los circuitos mundiales del capital y son marginados, olvidados, excluidos y vulnerabilizados.

Estas consideraciones anteriores nos lleva como Área Disciplinar de Posgrados en Educación constituida por la proyección del Doctorado en Pedagogía y Didáctica DPD la Maestría en Educación y la Especialización en Necesidades de Aprendizaje en Lectura, Escritura y Matemáticas a convocar a investigadores, profesores, estudiantes, grupos de investigación, encargados de la orientación y diseño de políticas públicas en educación, redes académicas, al VII congreso de Investigación y Pedagogía con los ejes de discusión diversidad, diferencia y sujetos contemporáneos.

Como ha sido costumbre en las seis versiones anteriores del congreso los grupos que sostienen las líneas de investigación relacionadas con el área disciplinar de posgrados en educación coordinan las mesas temáticas ofertadas para la presentación de ponencias, conferencias, talleres, paneles y mini cursos (conferencistas invitados).

## **IDENTIFICACIÓN DE LACTATO PARA LA ENSEÑANZA DE PROCESOS BIOQUÍMICOS MEDIANTE VOLTAMPEROMETRÍA**

### **Autores:**

**Angulo Flórez, Diego Hernando**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

**Correo electrónico:** [Diego.angulo@uptc.edu.co](mailto:Diego.angulo@uptc.edu.co)

**Pachón Barbosa, Néstor Adolfo**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

**Correo electrónico:** [Nestor.pachon@uptc.edu.co](mailto:Nestor.pachon@uptc.edu.co)

**Cipagauta Esquivel, Edna Carolina**

Universidad de Boyacá

**Correo electrónico:** [eccipgauta@uniboyaca.edu.co](mailto:eccipgauta@uniboyaca.edu.co)

**Eje temático:** Investigación e innovación en pedagogía y didáctica de las ciencias naturales y la educación ambiental

**Resumen:** En este trabajo, se desarrolló una metodología, rápida, fácil de manipular y de bajo costo basada en voltamperometría para la identificación y cuantificación de lactato determinando las concentraciones de lactato en sangre optimizando las variables de voltaje, amperaje, corriente y pH, en función de la respuesta analítica y la recuperación del analito. Se realizó análisis estadístico para el método voltamperométrico teniendo en cuenta linealidad, precisión,

exactitud, robustez, estabilidad mediante estadística descriptiva inferencial, ANOVA, prueba t-student y validación. Se observó que el método es lineal en rangos entre 1 y 20 mmol

mL<sup>-1</sup>, ya que es la concentración usual de lactato generada en cualquier actividad física aeróbica, por otro el lactato al ser un marcador bioquímico cuyo rol biológico es de gran importancia a nivel, fisiológico, metabólico y fisiopatológico. Por lo tanto se presentó una estrategia de intervención didáctica para la enseñanza de conceptos asociados a los procesos bioquímicos del metabolismo del lactato, desde la importancia de dicha conceptualización para la profesionalización docente en licenciados en educación física, mediante el diseño de una estrategia de intervención didáctica, abordada desde el estudio del Ciclo del ácido láctico y sus correlación con el metabolismo del ejercicio, está diseñada desde el modelo del cambio conceptual y la experimentación, presentando una revisión de la literatura de los conceptos mencionados y de las estrategias experimentales las cuales se apoyan en los trabajos prácticos de laboratorio, orientando un aprendizaje significativo.

**Palabras clave:** Bioquímica, didáctica, enseñanza, metabolismo, fisiología, deporte.

## **Introducción**

El ejercicio o los deportes están estrechamente relacionados con la bioquímica. La actividad deportiva empieza con el desempeño de las células a través de reacciones bioquímicas y termina en un aumento del desempeño celular, lo que lleva a un aumento de la capacidad física de la persona que lo realiza (Viru & Viru, 2001). Además de ello, se asocian otros conceptos científicos que juegan un papel importante en el deporte, por ejemplo, la cantidad de ácidos grasos, glucosa, amoníaco, creatina, e incluso, niveles de hormonas en la sangre.

Desafortunadamente, muchos estudiantes universitarios que se especializan en las disciplinas deportivas tienen dificultades para comprender conceptos bioquímicos y ciencias en general (Erman et al., 2020). Esta situación evidencia la falta de alfabetización en conceptos bioquímicos, principalmente en estudiantes que enfatizan en estas áreas del conocimiento.

Generalmente, las estrategias que se emplean para enseñar bioquímica son explicaciones acompañadas con ejemplos de aplicación deportiva, discusión y asignación de tareas, las cuales no siempre generan motivación e interés por aprender dichos temas (Erman et al., 2020). Ahora, en cuanto a los libros de texto que emplean los docentes como apoyo de sus clases, son materiales teóricos, que centran su atención principalmente en conocimientos microscópicos y no acercan a los estudiantes en un contexto más inmediato, por lo tanto, no generan un aprendizaje significativo. Sin embargo, en investigaciones como la de Erman et al. (2021), examinaron la capacidad de los estudiantes para identificar, definir y explicar aspectos bioquímicos de las proteínas, determinando que los estudiantes tienen un buen dominio en conocimientos macroscópicos, pero un dominio superficial en los conocimientos microscópicos.

En este sentido, se han hecho evidente las dificultades en los procesos de enseñanza-aprendizaje para entender, aplicar y encontrar la relación entre los niveles de representación propuestos para las ciencias naturales: macroscópico, submicroscópico y simbólico (Johnstone, 1982). Esto puede atribuirse a la falta de experiencia en el nivel macroscópico, carencia de experiencias prácticas, ideas erróneas preexistentes, incapacidad de visualizar las entidades del nivel submicroscópico, falta de comprensión de las convenciones usadas a nivel simbólico y principalmente, la incapacidad para interactuar de un nivel a otro (Ordenes et al., 2014). Por lo anterior, se evidencia la necesidad de proponer estrategias de aprendizaje que ayuden a los estudiantes a dominar estos niveles de representación en el área de la bioquímica.

El desarrollo de métodos voltamperométricos permite la identificación electroquímica de analitos a partir del metabolismo (Huang, et al, 2017), además partiendo de la idea de interdisciplinariedad en contexto es posible responder a las necesidades de aprendizaje de bioquímica. (Angulo et al., 2021). Con base en lo anterior, la enseñanza requiere que los estudiantes se apropien de los conceptos de una temática específica y para generar aprendizaje significativo es necesaria la contextualización del conocimiento nuevo complementado con el previo. Bioquímicamente el concepto de metabolismo está asociado a los biomarcadores, los cuales indican el estado fisiológico del organismo. El lactato es un biomarcador que permite establecer parámetros para evaluar el impacto que tiene la actividad física sobre los diferentes tejidos y sistemas del organismo, así los niveles de concentración del lactato, funcionan como indicador metabólico de esfuerzo, permitiendo conocer las zonas de intensidad para controlar la carga muscular así pues es preciso asociar la bioquímica a contextos cotidianos como la cuantificación de lactato, para enseñar temáticas usuales de bioquímica junto a metodologías de análisis químico como la voltamperometría, siendo el objetivo principal de esta propuesta, implementar una estrategia didáctica para la enseñanza de metodologías voltamperométricas de identificación de lactato en contextos deportivos para el aprendizaje de bioquímica. (Özmen, 2018)

### **Metodología**

La propuesta fue desarrollada con estudiantes de la licenciatura en Educación Física que cursaban la asignatura de bioquímica en tres fases, la primera consistió en realizar un test de ideas previas para identificar los conocimientos teórico-prácticos del metabolismo del lactato, la segunda fase consistió en la creación de un plan práctico de trabajo basado en voltamperometría para cuantificación de lactato en sangre, en primera medida se trabajó el desarrollo del sistema voltamperométrico en un equipo de voltamperometría, 910 PSTAT mini Methohn., mediante el empleo de celdas electroquímicas a partir de soluciones patrón de

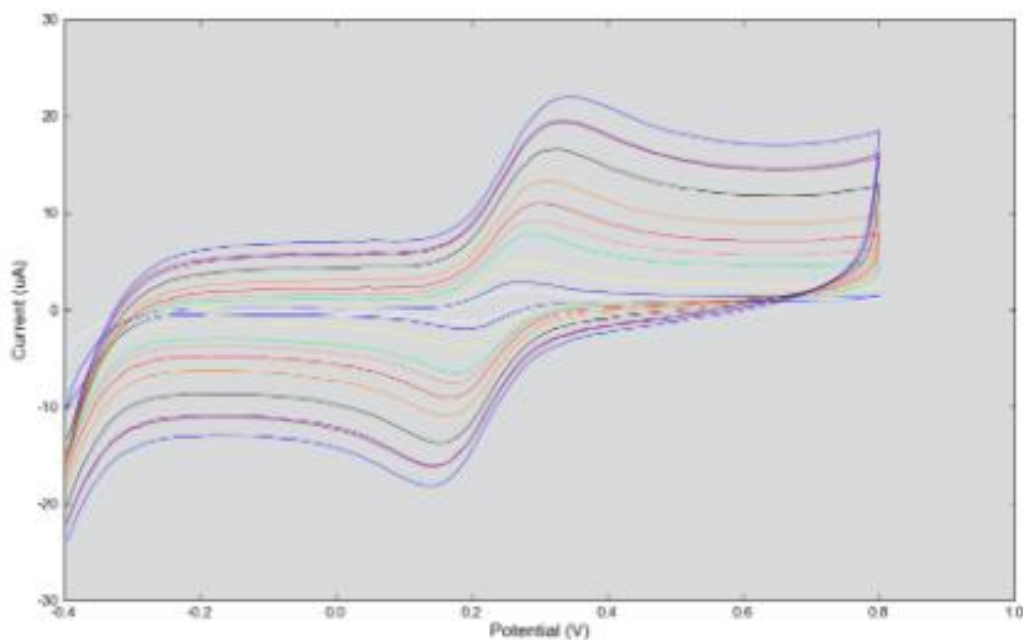
ácido láctico y ferrocianuro de potasio, posteriormente a la implementación del componente experimental se realizó la evaluación de la estrategia mediante una prueba de salida en donde los participantes respondieron un instrumento en el cual se indago sobre los métodos empleados, y sobre algunos conceptos asociados con los niveles de concentración el ácido láctico, zonas de intensidad y la dosificación de la carga de los atletas con los conceptos estructurantes de bioquímica; finalmente la tercera fase consistió en analizar los resultados para determinar el cambio conceptual, en términos de la toma de decisiones en casos clínicos, y la fundamentación teórica en tópicos bioquímicos asociados con el ejercicio y la actividad física

### **Resultados y discusión**

El principal objetivo de esta investigación era que los estudiantes de licenciatura en educación física, de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos del espacio Bioquímica, tuvieran una aproximación frente a los conceptos asociados al ciclo del ácido láctico y su relación con procesos bioquímicos propios del metabolismo relacionados con la actividad física. Para este propósito fue necesaria una ardua preparación, teórica y experimental en referencia a las metodologías voltamperométricas y técnicas analíticas electroquímicas. Esto se consiguió con sesiones sobre el tema y prácticas de laboratorio para que los estudiantes clarificaran conceptos y destrezas para realizar la preparación de muestras con la técnica implementada la cual consistió en medir en el sistema voltamperométrico (910 PSTAT mini Methohn.) entre el electrodo de trabajo y el electrodo de referencia la corriente de las soluciones estándar de ácido láctico y ferrocianuro de potasio como agente oxidante para la reducción del ácido a lactato, (Grafica 1), posterior a ello se realizó la exploración directa inicial (de  $t_0$  a  $t_1$ ) y se aplicó un potencial de reducción creciente; para cuantificar por tanto los LOQ y LOD, con base en dichos límites se procedió a la cuantificación de lactato en sangre con el grupo participante empleando tirillas de acutran

suponiendo que haya analitos reducibles en el sistema con el fin de cuantificar únicamente la concentración de lactato presentes en el sistema, finalmente para lograr una transposición didáctica, desde un entorno científico a un entorno de aprendizaje y observar el cambio conceptual se realizó una prueba de salida la cual consistió en buscar la correlación entre los datos experimentales con los datos teóricos, hallar la concentración de lactato a partir de la curva de calibración y relacionar los conceptos bioquímicos con la actividad física.

Grafica 1. Voltamperograma corriente de las soluciones estándar de ácido láctico y ferrocianuro de potasio.

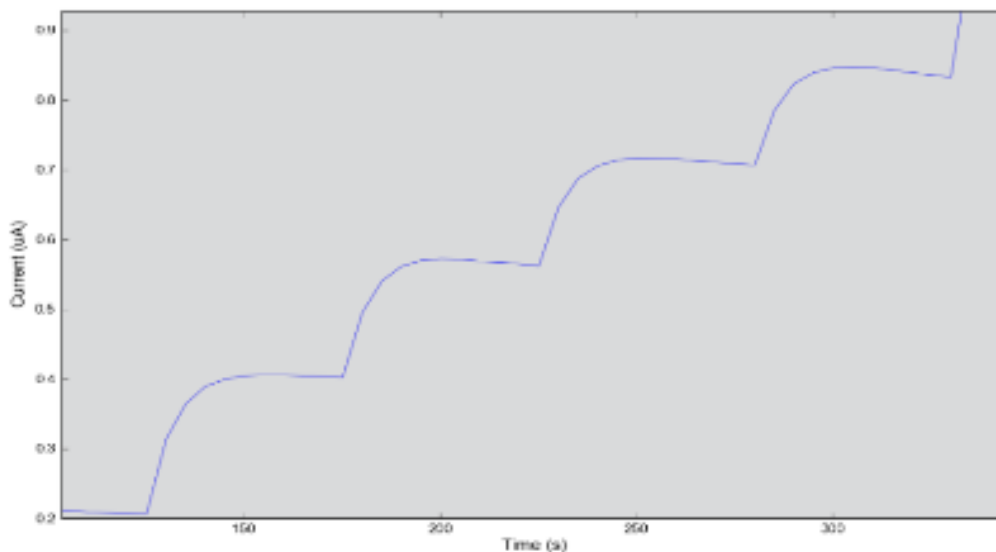


En la gráfica se puede observar el potencial frente a tiempo, corriente frente a tiempo y corriente frente al potencial para un par redox Acido láctico (AOLac) y el ion lactato (OLac-) reversible de un electrón de la base conjugada del sistema que se difunde libremente en disolución de ferrocianuro de potasio ( $C_6FeK_4N_6$ ). La densidad de corriente está normalizada por  $0,446 FC \sqrt{DF \nu / RT}$ . La corriente reductora se cuenta como negativa, en las especies adsorbidas dan

respuestas voltamperométricas simples, es decir que representando la intensidad del pico (de oxidación y de reducción) en función de la concentración de ácido láctico que se obtiene en la disolución de acuerdo con la ecuación, se obtienen las curvas teóricas de calibrado:

$$[Lactato] = \text{Moles lactato} / \text{Volumen total} = [Lactato]_{\text{Añadido}} \cdot V_{\text{Añadido}} / (V_0 + V_{\text{Añadido}})$$

Grafica 2. Voltamperograma corriente de las soluciones estándar de ácido láctico y ferrocianuro de potasio.

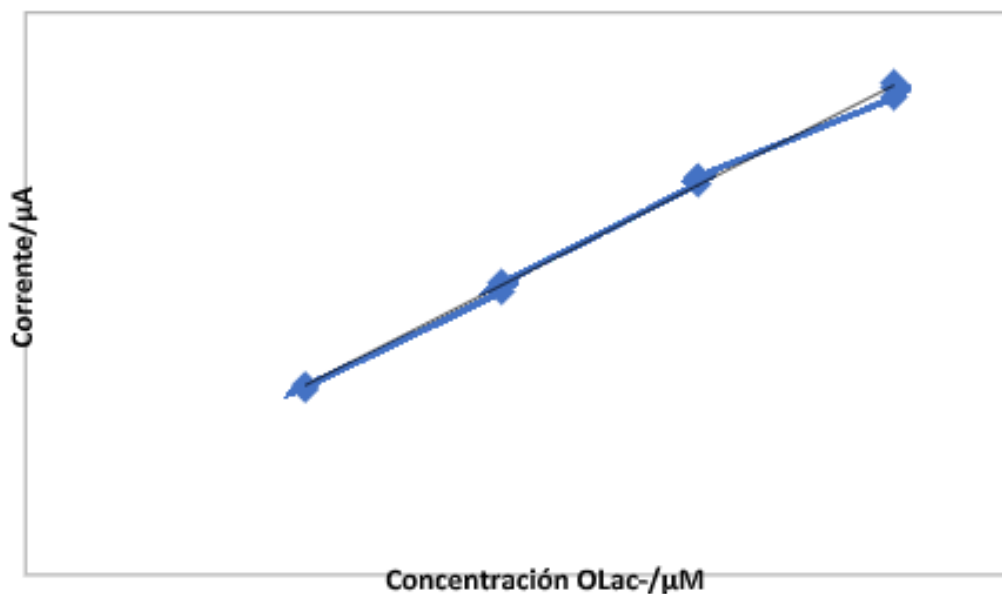


En la Grafica 2. Se pueden observar los tramos de la corriente (líneas azules) en los que la intensidad del pico es proporcional a la concentración del lactato, siguiendo así para los puntos máximos y mínimos para cada tramo es posible realizar una regresión lineal y a partir de la ecuación de una recta:  $y = m \cdot x + b$ . es posible construir los intervalos de cuantificación de la concentración de lactato con el valor corregido del proceso redox del ácido láctico; esto se da para cada intervalo de la concentración de lactato en función del tiempo a partir de la corriente, que se conoce como el rango de linealidad. Después de cada tramo, la



intensidad deja de ser proporcional a la concentración de lactato y tiende a estabilizarse por lo que la corriente aumenta en con el tiempo hasta aproximadamente después de 5 minutos cuando la reducción cinéticamente termina.

Grafica 3. Curva de calibración de  $I_o$  y la concentración de lactato (OLac-)

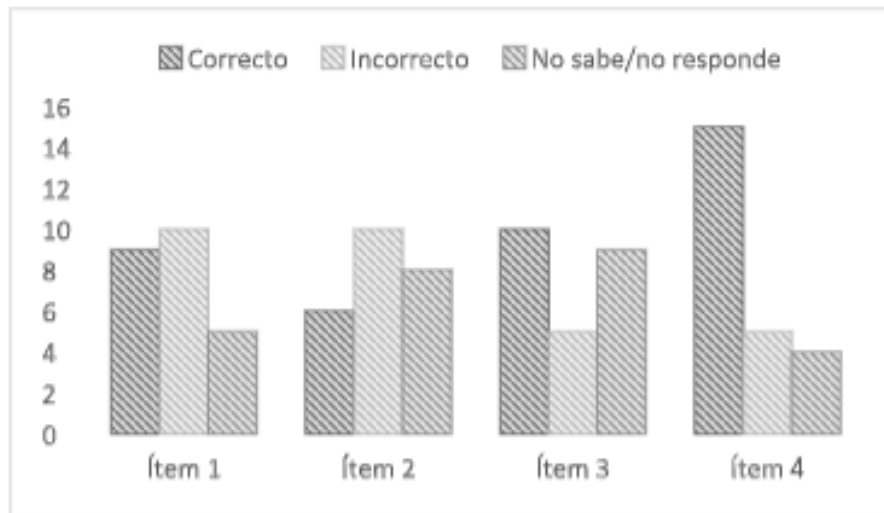


Posterior a corrección se obtiene la curva de calibración como se observa en la Grafica 3. sobre el rango fisiológico de valores de lactato ( $1-15 \text{ mM}\cdot\text{l}^{-1}$  para los ensayos voltamperométricos y  $1-30 \text{ mM}\cdot\text{l}^{-1}$  para la cuantificación del lactato en sangre) con altas correlaciones ( $0.986 < r < 0.999$ ).

Con los resultados anteriormente expuestos, se procedió a realizar la prueba de entrada la cual consistió en cuatro ítems para indagar cuales eran las nociones que tenían los estudiantes frente a tópicos propios de la bioquímica y de sus implicaciones en la actividad física, resaltando que los cuatro ítems tenían sub ítems que se interrelacionaban entre si para un total de 9 preguntas las cuales abordaban conceptos como Glucógeno, glucosa, ácidos carboxílicos de bajo peso

molecular, membrana celular, ATP, ADP, procesos anaeróbicos, con el objetivo de auscultar cuales eran esos imaginarios frente a la relación de los conceptos anteriormente mencionados para dar el significado frente la actividad física y los procesos de cuantificación de lactato como biomarcador del esfuerzo.

Gráfica 4. Resultados generales sobre prueba de entrada



En la gráfica 4 se exponen los resultados obtenidos en la prueba de entrada, dichos resultados se obtuvieron aplicando la prueba para un grupo objetivo de 16 estudiantes del programa de licenciatura en química de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos, en donde se buscaba identificar el nivel de comprensión de los procesos fundamentales para la producción de energía en el cuerpo humano, y se evidencia que Ítem 1, que indagaba las principales funciones del lactato y su relación con el entrenamiento deportivo, nueve estudiantes mencionaron con certeza ya que el indicador de Lactato pueden revelar información significativa sobre el estado físico del participante de cualquier actividad física aeróbica conjuntamente con el estatus o el estado clínico de un paciente con complicaciones metabólicas. Por otro lado diez estudiantes presentaron ideas alternativas al no tener claridad acerca de la importancia de la

determinación y cuantificación de lactato pues no tenían conceptualmente la comprensión sobre las funciones de los biomarcadores y sus implicaciones a nivel metabólico como herramienta de diagnóstico y de toma de decisiones.

En el Ítem 2, seis estudiantes señalaron las diferencias entre las metodologías de cuantificación de lactato a partir del tipo de fluido empleado para tal fin, diferenciando los métodos para orina, sangre y saliva partiendo de las propiedades fisicoquímicas que caracterizan y definen cada matriz y su relación entre la precisión y la exactitud, los métodos indirectos y los indirectos y las unidades de medida; Cinco personas no contestaron la pregunta, mientras que diez estudiantes de la población muestreada no fueron concluyentes en explicar ni definir las características, ni las particularidades de un fluido biológico, una matriz compleja o un método de análisis con concepciones erróneas, acercándose más, a conjeturas frente al análisis de otro tipo de variables como masa, concentración y densidad, en los casos clínicos que dieran una respuesta apropiada frente a lo indagado, en el Ítem 3, para diez estudiantes el proceso de adsorción es el que se lleva a cabo al escribir sobre el papel y supieron interpretar la figura. Cinco estudiantes complementaron sus respuestas diciendo que la tinta penetraba los poros del papel por lo que no evidencian un cambio conceptual, debido a la escasa diferenciación entre procesos a nivel microscópico y a nivel macroscópico. En el Ítem 4 quince estudiantes indicaron correctamente el orden en que debían ubicar las sustancias de acuerdo a la instrucción dada, por lo que se puede afirmar que los conceptos de polaridad, fuerzas intermoleculares y elutropía están claros para la mayoría de la población muestreada. Cinco estudiantes erraron en el orden en el cual situar las sustancias. Finalmente en el ítem 4 diez estudiantes afirmaron que las principales funciones orgánicas y por ende las interacciones entre el lactato y las demás sustancias orgánicas están relacionadas por la estructura química, y su identificación se da mediante la estereoisometría de posición de cada enlace y de cada átomo constituyente de

cada estructura, cuatro estudiantes afirmaron que era necesaria la quiralidad y el impedimento estérico para cuantificar e identificar, lo cual es correcto pero no es una conclusión válida para dar por correcta la pregunta.

Tabla 1. Resultados identificación de lactato por voltamperometría

Tiempo (min)	FC pul min <sup>-1</sup>	LT mmol mL <sup>-1</sup>
Reposo	117	6,9
0	91	15,3
3	144	7,8
6	130	8,2
9	81	3,1
Rec 5 min	70	10,6

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la identificación del lactato, con tres variables tiempo de actividad frecuencia cardiaca y concentración de lactato, donde se pudo evidenciar el incremento directo de la concentración de lactato (LT) en función de la intensidad del ejercicio a partir del aumento de la frecuencia cardiaca. Dentro de los 3 minutos desde el final de cada intervalo de tiempo se obtuvo simultáneamente en dos capilares muestras de sangre del participante con una punción en el dedo índice. Una muestra de sangre entera de 25 µL se colocó en un sensor de acutran adaptado al sistema EKF Lactate Scout 4 automatizado para medición deportiva para análisis inmediato. Una segunda muestra de sangre de 50 µL, se colocó en un tubo eppendorf que contiene 100 µL de Ferrocianuro de potasio (KFeCN) y el cual fue posteriormente mezclado y centrifugado, y se llevó a análisis voltamperométrico con el equipo 910 PSTAT mini Methohn. Estos análisis se realizaron por triplicado en una prueba rápida tipo test esfuerzo incremental aeróbico, con la idea de la acumulación de lactato

dentro de los umbrales fisiológicos propios del metabolismo de este tipo de actividad física, tal como se evidencia en la Grafica 5.

Con base en lo anterior, la medición de lactato en sangre a partir de sus concentraciones se puede observar que en el estudio realizado por voltamperometría y por el método directo Tabla 2 Grafica 6, indican que ambas pruebas resultan ser un método válido y fiable para determinar la concentración de lactato en sangre. En la determinación de la validez de las concentraciones se estableció cuidadosamente la linealidad en una amplia gama de valores fisiológicos empleando estándares de lactato apropiados, conjuntamente con los valores corregidos tanto en la voltamperometría como en el muestreo realizado.

Con los dos métodos de referencia es posible acotar que las diferencias entre ambos ensayos estadísticamente son insignificantes como se muestra en la grafica 2 en comparación con las gráficas 5 y 6, posteriormente, fueron comparados los resultados de los procedimientos encontrando altas correlaciones entre los dos métodos en los cuales se puede presentar un soporte para la toma de decisiones en un procedimiento experimental aceptable para determinar las concentraciones de lactato en sangre, debido a que estadísticamente valores tan altos de correlación han sido informado anteriormente en la literatura, (Cunha-Silva & Arcos-Martinez, 2018), (Bessonneau et al 2019), (Burgos et al., 2017); conjuntamente se evidencian los valores del coeficiente  $r$  de Pearson puede enmascarar diferencias de potencial en el lactato absoluto valores obtenidos de las diferentes metodologías. Por este motivo se emplearon las tirillas de acutran como sensores específicos, lo cual reveló que no había un patrón obvio de disparidad entre los métodos directos e indirectos para la determinación de concentración de lactato en sangre.

Grafica 5. Resultados identificación de lactato por voltamperometría

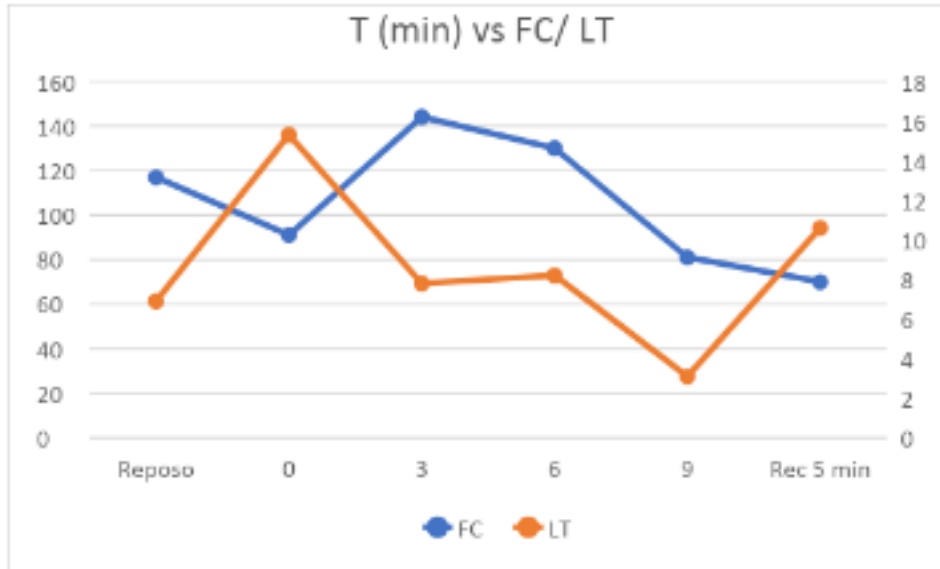
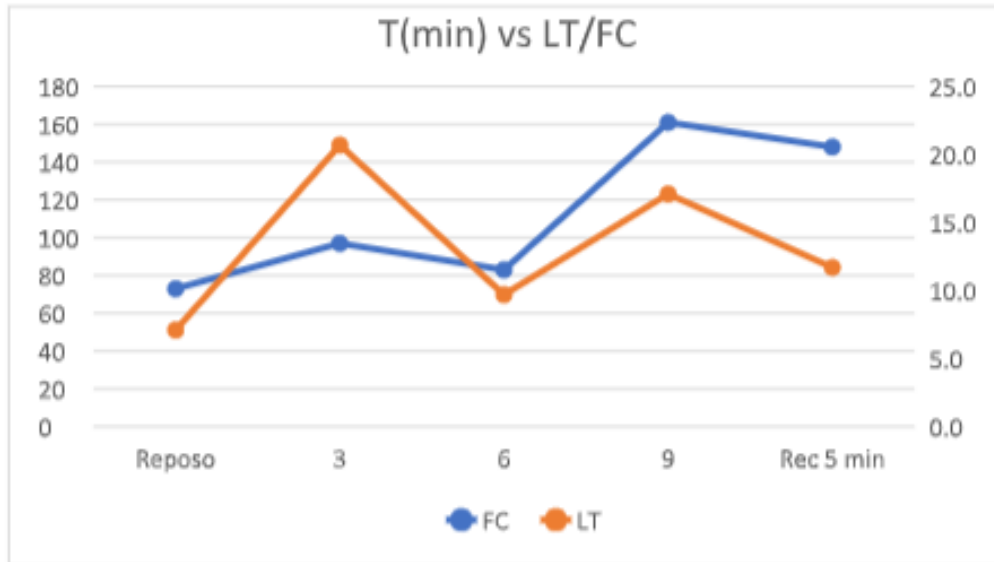


Tabla 2. Resultados identificación de lactato por método directo

Tiempo (min)	FC	LT
Reposo	73	7,1
3	97	20,7
6	83	9,7
9	161	17,1
Rec 5 min	148	11,7

Gráfica 6. Resultados identificación de lactato por método directo



Por otro lado desde una perspectiva didáctica, los estudiantes participantes realizaban el trabajo práctico experimental el cual consistió en realizar el muestreo y la respectiva adición en el equipo de medición, los estudiantes tenían los objetivos de la práctica, junto con el material, el método y una solución a la práctica de laboratorio ya que se les facilitó todo el procedimiento pero al final se les dejaron unas preguntas que debían responder según sus conocimientos o su motivación por encontrar una solución. Así, los ítems que fueron tenidos en cuenta para llevar a cabo la práctica fueron:

Parámetros de optimización. En este ítem se evaluaba la optimización de los parámetros de preparación de cuantificación. Como se puede observar en la rúbrica, los cinco grupos participantes cumplieron con su presentación en el informe.

Concentración de lactato en relación al metabolismo: Este ítem evaluaba la presentación en el informe la relación que permitiera evidenciar que los estudiantes comprendieron la relación entre la cuantificación del analito frente al

metabolismo (relación entre la concentración de lactato con el metabolismo visto desde la frecuencia cardiaca). En la rúbrica se observa que los cinco grupos que participaron en el laboratorio cumplieron con este requisito para la presentación en el informe.

Procesos de determinación. Se evaluaba la presentación de los procesos de determinación tanto voltamperométricos, como directos en diagrama de bloque. Esto con el fin de que los estudiantes evidenciaran que habían comprendido el funcionamiento y el proceso que sigue la voltamperometría y sus campos de aplicación. De los siete grupos que participaron en el laboratorio, seis cumplieron el requisito y sólo uno no lo presentó.

Cuestionario. Se evaluaba el desarrollo de un cuestionario que constaba de 4 preguntas sobre conceptos como polaridad, corriente, amperaje, voltamperometría cíclica, voltamperometría de caída y las diferencias entre voltamperometría y amperometría. De los cinco grupos que participaron en el laboratorio dos cumplieron teniéndolo totalmente bien o una respuesta mal, y tres grupos fallaron en más de dos de las cuatro preguntas. Las preguntas en las que los estudiantes presentaron más problemas fueron en la 3 (ya que se evidenció que no tenían claro el corriente de polaridad y su importancia en la intensidad) y en la 4 (en donde no se tuvo claro el concepto de biomarcador o marcador biológico).

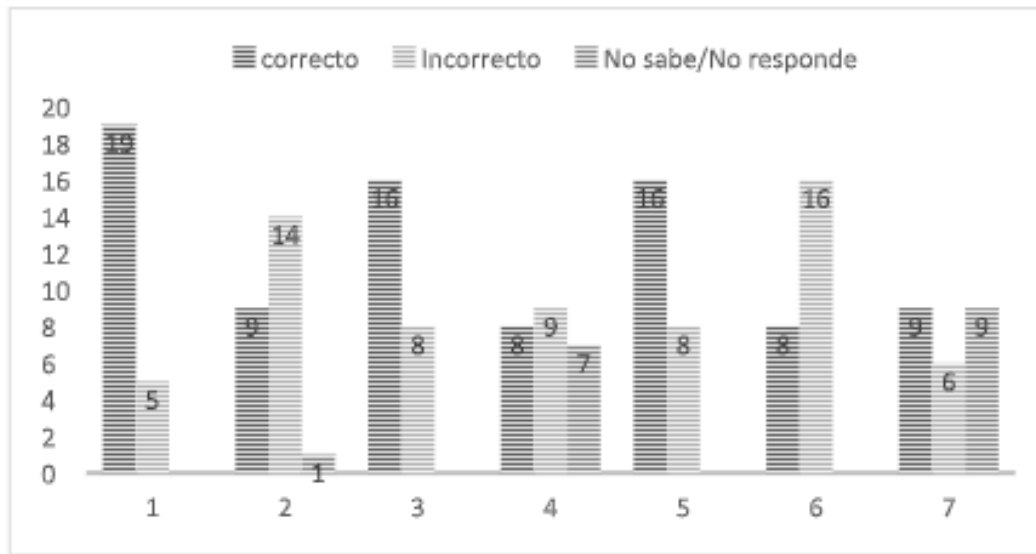


Tabla 3. Rúbrica de evaluación para el informe de laboratorio “determinación de lactato por voltamperometría en muestras de sangre”

ÍTEM	¿QUÉ EVALÚA?	CRITERIOS DE EVALUACIÓN		PUNTUACIÓN		
		CORRECTO	INCORRECTO	FRECUENCIA		
				CORRECTO	INCORRECTO	NO REALIZADO
Diseño experimental	Manejo de variables	Realiza de forma adecuada los cálculos necesarios para la determinación de lactato.	Realiza de forma incorrecta los cálculos necesarios para la determinación de lactato..	2/7	5/7	0/7
	Relación entre las variables y el procedimiento experimental	Relaciona de forma correcta los valores obtenidos mediante cálculos matemáticos con el procedimiento a seguir para dar solución al problema	Relaciona de forma incorrecta o no relaciona los valores obtenidos mediante cálculos matemáticos con el procedimiento a seguir para dar solución al problema	2/7	5/7	0/7
Manejo de datos	Determinación de la concentración	Determina adecuadamente la concentración del analito en la muestra	Determina de forma incorrecta o no determina la concentración del analito en la muestra	3/7	4/7	0/7
	Presentación de datos	Presenta los datos cuantitativos clasificados y ordenados según los criterios de validación	No presenta los datos cuantitativos clasificados y ordenados según el criterio de validación	5/7	2/7	0/7
	Parámetros de precisión	Efectúa de forma adecuada los cálculos para la determinación del porcentaje de coeficiente de varianza	Efectúa de forma incorrecta o no realiza los cálculos para la determinación del porcentaje de coeficiente de varianza	2/7	5/7	0/7
	Parámetros de exactitud	Efectúa de forma correcta los cálculos para la determinación del porcentaje de exactitud	Efectúa de forma incorrecta o no realiza los cálculos para la determinación del porcentaje de exactitud	2/7	2/7	3/7

<b>Análisis de resultados</b>	Análisis e interpretación de los resultados obtenidos	Realiza un adecuado análisis e interpretación de los resultados obtenidos.	Realiza de forma incorrecta o no realiza análisis e interpretación de los resultados obtenidos.	2/7	5/7	0/7
-------------------------------	---	--	---	-----	-----	-----

Grafica 7. Resultados generales sobre la prueba de salida



Finalmente en la prueba de salida como se muestra en el Grafico 7, se evidencia un incremento de los ítems correctamente respondidos por los estudiantes lo cual evidencia una apropiación de los conceptos estructurantes asociados con las temáticas de metabolismo, metodologías de identificación y obtención de lactato. Teniendo en cuenta el trabajo experimental y el trabajo disciplinar, los estudiantes del grupo objetivo contaban con las herramientas suficientes para realizar la prueba de salida. Se evidenció el aumento de las habilidades de los estudiantes para responder a las situaciones problemáticas con los conocimientos adquiridos de voltamperometria. La primera situación problema indagaba en los estudiantes respecto a la identificación de procesos voltamperimetricos específicos para algun procedimiento en especial, diecinueve estudiantes respondieron de forma correcta, puesto que no había claridad en diferenciar

corriente molecular de intensidad molecular que es un término que no es muy empleado y esta confusión de conceptos derivó en las respuestas erradas de los estudiantes. Para el Ítem 2, nueve estudiantes respondieron de forma correcta sabiendo identificar el tipo de sensor coltamperométrico que se debe utilizar para un sistema donde los materiales adsorbentes diferían mucho en su polaridad. Catorce estudiantes ignoraron la serie elutrópica y se inclinaron a responder bajo puntos de vista de soluciones orgánicas sin especificar la polaridad o el tipo de elución precisa para el sistema de extracción expuesto en la pregunta. En ítem 3 se preguntó por las ventajas de emplear solventes acidulados dieciséis estudiantes acertaron en su respuesta y ocho respondieron de forma incorrecta evidenciando que no hay claridad en los conceptos concernientes a la elución y a la percolación. En el ítem 4 ocho estudiantes respondieron de forma correcta, nueve de forma incorrecta y siete no respondieron. En este punto se evidenció que solo quienes tenían claridad sobre el sistema presentado pudieron sugerir de forma coherente como variar la intensidad de la corriente en el sistema amperométrico si fuese el caso de una determinación electroquímica cuantificar analitos con diferente polaridad. Finalmente en el Ítem 5 se indagó si el estudiante evidenciaba la diferencia entre adsorción y absorción. Dieciséis personas estuvieron en lo correcto por lo que se vio un cambio conceptual.

## **Conclusiones**

Esta intervención demostró como contribuye la interdisciplinariedad en contexto, aportando significativamente para la comprensión de conceptos asociados al metabolismo del lactato, como practica pretexto para la enseñanza de bioquímica en ambientes universitario, con aplicaciones en metodologías de análisis químico desde una perspectiva de métodos voltamperométricos.

En este trabajo, se desarrolló un método voltamperométrico para la determinación y cuantificación de lactato en muestras de sangre. Tanto como el

método directo como el método voltamperométrico propuesto mostraron correlación siendo técnicas económicas, rápidas y fáciles de operar siendo valores de identificación dentro del intervalo de 7,1 – 20,00 mmolL<sup>-1</sup>, lo que esta acorde con los umbrales de lactato usuales para la actividad física, Además, cuando se compara con las primeras etapas de las mediciones las diferencias en el lactato no resultaron significativamente dispares en mayores concentraciones de lactato. La decisión en cuanto a la selección de un protocolo para medir la concentración de lactato en sangre es basado en una combinación de factores tales como confiabilidad, validez, costo, conveniencia y facilidad.

A través de los trabajos prácticos de laboratorio se promovió que los estudiantes adquirieran habilidades para métodos voltamperométricos como estrategias pretexto para el aprendizaje de conceptos propios de la bioquímica. Teniendo en cuenta las ideas previas de los estudiantes y en comparación a la prueba de salida en el grupo objetivo, se puede concluir que hay un cambio conceptual bastante amplio en lo que se refiere a la diferenciación entre absorción y adsorción. Realizando la comparación entre las ideas previas y la evaluación final del procedimiento en el cual se desarrolló este trabajo, se evidenció que el estudiante se familiarizó y amplió su conocimiento disciplinar al apropiarse de conceptos bioquímicos desde la perspectiva de los estudios de caso, y la aplicación de los mismos en estrategias propias de su actividad profesional como rutas metabólicas, biomarcadores, ciclos macromoleculares, permitiendo un aumento significativo en el lenguaje químico, así como en la comprensión del funcionamiento del organismo en situaciones de actividad física, lo cual amplía el panorama del profesional del área de la educación física y el deporte

Con la estrategia de intervención, se evidenció una aproximación clara por parte de los estudiantes en lo que tiene que ver con relacionar las rutas metabólicas y algunos ciclos bioquímicos con un contexto particular de su actividad profesional, lo que permite inferir que hay un potencial didáctico para aprovechar

herramientas abstractas para llevar a cabo comparaciones entre lo cotidiano y las temáticas teóricas. Se obtuvieron resultados favorables en la práctica en donde se requerían procesos cognitivos de alto orden lo cual permite acotar que, es necesario continuar con este tipo de estrategias que favorecen el empleo de herramientas para redimensionar el papel del profesor en el sentido de hacer más énfasis en la contextualización y la interdisciplinariedad en contexto, en la medida que acompañe y guíe permanentemente el proceso experimental.

## Referencias

Angulo, D., Casas, J., Cipagauta, E., Aparicio, D. (2021). Intervención didáctica para la extracción y cuantificación de esteroides en orina. *Praxis & Saber*, 12(31), e11215. <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11215>

Erman, E., Martini, Rosdiana, L., & Wakhidah, N. (2021). Deep Learning Ability of Students from Superior and Non-Superior Classes at Microscopic Level of Protein. *Journal of Physics: Conference Series*, 1747(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1747/1/012009>

Erman, Erman, Liliyasi, L., Ramdani, M., & Wakhidah, N. (2020). Addressing Macroscopic Issues: Helping Student Form Associations Between Biochemistry and Sports and Aiding Their Scientific Literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(5), 831–853. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09990-3>

Huang, Y., Zheng, Z., Huang, L., Yao, H., Wua, X. S., Li, S., & Lin, D. (2017). Optimization of dispersive liquid-phase microextraction based on solidified floating organic drop combined with high-performance liquid chromatography for the analysis of glucocorticoid residues in food. *J Pharm Biomed Anal*, 363-372. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.02.026>.

Özmen, H., Naseriazar, A. (2018). Effect of simulations enhanced with conceptual change texts on university students' understanding of chemical equilibrium *Journal of the Serbian Chemical Society*, 83 (1), 121-137. <https://doi.org/10.2298/JSC1612220650>

Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas , submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46–55.

Viru, A., & Viru, M. (2001). *Biochemical Monitoring of Sport Training (Primera Ed). Human Kinetics Publishers.*

[https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=XkzOwGpbDLQC&oi=fnd&pg=PR8&ots=G6n2w1wRph&sig=Wdozdg8E0Hxnghgm0IgTaL2JpY8&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=XkzOwGpbDLQC&oi=fnd&pg=PR8&ots=G6n2w1wRph&sig=Wdozdg8E0Hxnghgm0IgTaL2JpY8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)