

**EVALUACIÓN DE CREATINA Y PROTEÍNAS EN SUPLEMENTOS DEPORTIVOS:
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA HACIA EL CAMBIO ACTITUDINAL EN
USUARIOS DE GIMNASIOS**

JHONATAN VALERO MARTÍNEZ

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

2025

**EVALUACIÓN DE CREATINA Y PROTEÍNAS EN SUPLEMENTOS DEPORTIVOS:
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA HACIA EL CAMBIO ACTITUDINAL EN
USUARIOS DE GIMNASIOS**

Jhonatan Valero Martínez

Código: 2020215047

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN
QUÍMICA**

Directora:

Liliana Rocío Guerrero Villalobos

Codirector:

Jaime Augusto Casas M.

Grupo Didáctica y sus Ciencias

Línea de Investigación interdisciplinariedad en contexto

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

2025

Agradecimientos

Primeramente, doy mis agradecimientos a mis dos profesores tutores de la tesis, el profesor Jaime Casas (Casitas o "Jimmy Houses"), quien con su gran y extendido conocimiento siempre nos brindó su apoyo, (porque no importaba la hora ni quien, él siempre estaba dispuesto a prestar su mano de ayuda), a sus elocuencias, su forma particular de dictar las clases me inspiró una pasión inusitada por los cálculos, el análisis de laboratorio y hasta por la estadística y un modelo a seguir para el docente que quiero ser en el mañana. A la doctora profesora Lilibiana Guerrero, por su disposición desde el primer momento, su carisma, paciencia y tacto al trato, así mismo sus aportes y su avanzado conocimiento para la construcción de este tipo de investigaciones, sin ellos el trabajo hubiese sido más arduo y tedioso.

De la misma manera, a familiares como mi madre que me brindaron su apoyo incommensurable en el momento que precisé de un apoyo económico para poder seguir estudiando, quien siempre confió en mí y sé qué se enorgullece de que su hijo haya escogido esta vocación tan bonita como la docencia.

Finalmente, a mi hermana, a mis compañeros de la universidad, a mi pareja Aleja que ha estado allí interpelándome para no desfallecer ni achantarme a pesar de las vicisitudes del destino y por supuesto a todos y cada uno de los profesores que me han compartido un poco de su conocimiento y sabiduría, a mis evaluadores y a la gloriosa Universidad Pedagógica Nacional.

Dedicatoria

*A la ciencia que me embelesó,
Al momento que salí de mi zona de confort,
Y de allí nació el deseo de ser un profesor.*

*Gracias al tiempo y su sabiduría
que fue forjando templanza y compromiso,
que ni la muerte ni un viento furioso
nos arrebató el triunfo o la alegría.*

*En hombres de gigantes estoy,
Gracias a los genios antiquísimos:
Sagan, Einstein y Faraday, por nombrar algunos,
De su inspiración soy lo que soy.*

*Porque aprender nunca dejó de ser mi promesa
Y hoy que culmino esta etapa, a diferencia,
que algún buen viento de primavera
me lleve a la eternidad que brinda la ciencia.*

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	9
2	ASPECTOS PRELIMINARES	10
2.1	JUSTIFICACIÓN	10
2.2	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2.3	OBJETIVOS	12
2.3.1	OBJETIVO GENERAL:	12
2.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	MARCO DE REFERENCIA.....	13
3.1	Antecedentes.....	13
3.2	MARCO DISCIPLINAR.....	16
3.2.1	Nutrición	16
3.2.2	Introducción a las biomoléculas proteicas	18
3.2.3	Rutas metabólicas específicas para proteínas.....	19
3.2.4	Suplementos deportivos dietarios y sus afectaciones en el balance salud/enfermedad.	21
3.2.5	¿Cómo se obtienen los suplementos proteicos?	23
3.2.6	Creatina: Historia, Biosíntesis y Aplicaciones	24
3.2.7	Métodos analíticos en la caracterización, separación y cuantificación de analitos de tipo proteico: aminoácidos, oligopéptidos y proteínas.	29
3.3	MARCO DIDÁCTICO.....	33
3.3.1	Alfabetización científica	33
3.3.2	Actitudes	35
3.3.3	Química en contexto	36
3.3.4	Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA)	37
4	METODOLOGÍA	38
4.1	Fase inicial.....	39
4.1.1	Dimensiones deductivas:.....	39
4.2	Fase de Desarrollo.....	40
4.2.1	Cuantificación del porcentaje de proteínas en suplementos deportivos “Whey protein” y creatina mono hidrato.....	41
4.2.2	Cuantificación del porcentaje de creatinas en suplementos deportivos por metodología HPLC.....	41
4.2.3	Pruebas cualitativas para determinar excipientes o adulteraciones en creatinas	41

4.3	Fase final:.....	42
4.3.1	Construcción del AVA.....	42
4.3.2	Objetivos	42
4.3.3	Contenido	43
4.3.4	Organización.....	43
4.3.5	Diseño de las actividades	43
4.3.6	Implementación del AVA	44
5	RESULTADOS.....	46
5.1	Fase inicial:.....	46
5.1.1	Resultados instrumento de entrada “Encuesta diagnóstica- conocimientos y actitudes frente al consumo de suplementos deportivos”	46
5.2	Resultados y análisis - fase de desarrollo	59
5.2.1	Determinación de proteínas por método Kjeldahl	59
5.2.2	Determinación de nitrógeno en creatinas por método Kjeldahl	63
5.2.3	Cuantificación del porcentaje real de creatina por método HPLC	65
5.2.4	Análisis de resultados en la cuantificación de creatina por método HPLC ..	69
5.2.5	Pruebas cualitativas a creatinas comerciales	72
5.3	Resultados y análisis fase final.....	77
6	CONCLUSIONES	91
7	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	93

Índice de tablas

Tabla 1 Factores de conversión para proteína	30
Tabla 2. Condiciones cromatográficas para equipo HPLC	32
Tabla 3. Índices en contrastación con frecuencias de asistencia	56
Tabla 4 Ej. porcentaje de proteínas para suplemento marca Proscience	59
Tabla 5 Resultados obtenidos para proteínas de suero	61
Tabla 6 Resultados obtenidos para creatinas en método Kjeldahl	64
Tabla 7 Datos curva de calibración.....	66
Tabla 8 Datos para LOD Y LOQ.....	67
Tabla 9 Resultados interpolados por marca	69
Tabla 10 Pruebas cualitativas y semicualitativas.....	73
Tabla 11 Resultados pruebas cualitativas 1.....	74
Tabla 12 Resultados pruebas cualitativas 2.....	75
Tabla 13 Análisis cualitativo para creatinas y niveles de riesgo	76
Tabla 14 Tratamiento estadístico resultados bloque 1	80
Tabla 15 Tabla dinámica sugerencias para el AVA	90

Índice de figuras

Figura 1	Metabolismo general de las proteínas	19
Figura 2.	Ciclo de la urea	21
Figura 3.	Extracción de proteínas lácteas	23
Figura 4.	Representación gráfica de una molécula de creatina	25
Figura 5..	Resultados para el análisis descriptivo 1	47
Figura 6.	Resultados para el análisis descriptivo 2.....	47
Figura 7.	Resultados para el análisis descriptivo 3.....	48
Figura 8	Resultados dimensión 1, prueba diagnóstica, g1.	49
Figura 9	Resultados dimensión 1, prueba diagnóstica, g2.	50
Figura 10	Resultados dimensión 1, prueba diagnóstica, g3.	52
Figura 11	Resultados p. diagnóstico, bloque 4. g1	53
Figura 12	Resultados p. diagnóstico, bloque 4. g2	54
Figura 13	Resultados p. diagnóstico, bloque 4. g3	54
Figura 14	Resultados p. diagnóstico, bloque 4. 41	54
Figura 15	Gráfico de dispersión combinado	57
Figura 16	Pureza de proteína en suplementos proteicos	61
Figura 17	Curva de calibración. Área vs concentración	66
Figura 18	Pureza marcas comerciales de creatina monohidrato.....	70
Figura 19	Resultados bloque 1, g1.....	79
Figura 20	Resultados bloque 1, g2.....	79
Figura 21	Resultados bloque 1, g3.....	79
Figura 22	Resultados bloque 1, g4.....	81
Figura 23	Resultados bloque 2, g1.....	82
Figura 24	Resultados bloque 2, g2.....	83
Figura 25	Resultados bloque 3, g1.....	84
Figura 26	Resultados bloque 4, g1.....	85
Figura 27	Resultados bloque 4, g2.....	86
Figura 28	Resultados bloque 4, g3.....	86
Figura 29	Resultados bloque 4, g4.....	87
Figura 30	Resultados bloque 5, g1.....	88
Figura 31	Resultados bloque 5, g2.....	88
Figura 32	Resultados bloque 5, g3.....	89

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado surgió a partir de algunas inquietudes relacionadas con conocimientos adquiridos empíricamente en el contexto deportivo y particularmente con la suplementación en este ámbito, que para el autor de la presente investigación fueron de gran relevancia en la medida en que habilitaron la posibilidad de proyectar el saber químico en contexto con el componente pedagógico que propicia y potencia la formación docente, en espacios no convencionales como lo son los escenarios de acondicionamiento deportivo o gimnasios. La investigación desarrollada se encuentra inscrita en la línea de investigación “Interdisciplinariedad en contexto” dirigida por los profesores Jaime Casas y Liliana Guerrero, que a su vez hace parte del grupo de investigación “Didáctica y sus ciencias” de la Universidad Pedagógica Nacional.

Según lo recién mencionado y con el objeto de articular la química de los suplementos proteicos y la percepción en los sujetos del mundo del acondicionamiento físico con la investigación en el marco de la didáctica de las ciencias, fue necesario plantear algunos interrogantes, como los que se muestran a continuación: ¿qué saben los usuarios de escenarios como gimnasios y afines, sobre los productos que consumen? ¿es verídica la información del suplemento de predilección en relación con la tabla nutricional que presenta el producto? ¿Qué conocimiento químico es relevante para tener la certeza del tipo de sustancia o sustancias que se están consumiendo, en el plano de los riesgos, beneficios y alcances de acción?

Estas y otras preguntas ilustraron la necesidad de un análisis en dos vías: una, de corte cuantitativo para el marco del trabajo experimental y otra, más general, para la formulación y evaluación de una propuesta, que consolide una estrategia de alfabetización científica en personas con distintos saberes, en la dirección de propiciar cambios actitudinales favorables en el contexto recién mencionado.

A partir de esta problemática y para cumplir con el propósito antes propuesto, se planteó, en primera instancia, la determinación cuantitativa de analitos específicos en diversas marcas y productos expendidos en el mercado de la nutrición en Bogotá, a través de

técnicas analíticas de laboratorio, así como la definición y articulación de elementos temáticos y procedimentales para la estructuración de un AVA, ambiente virtual de aprendizaje, desarrollado en el período 1-2025, que apuntó a la generación de cambios actitudinales favorables hacia el conocimiento pertinente que pudiese aportar a una adecuada elección de suplementos dietarios deportivos.

2 ASPECTOS PRELIMINARES

2.1 JUSTIFICACIÓN

¿Está adulterado el suplemento que consumimos? Es una pregunta que todo consumidor de suplementos deportivos alguna a vez se ha formulado, máxime si se cuenta con múltiples opciones, sabores, presentaciones y clases de un mismo suplemento que se pueden encontrar en las tiendas deportivas. La controversia originada en el cuestionamiento formulado, hace pertinente realizar un estudio propio del ámbito de la química analítica, para determinar el contenido proteico en insumos, con el propósito de esclarecer inquietudes, a partir de la contrastación y comparación entre distintas marcas, con base en su contenido real frente a lo declarado en la etiqueta.

Otra pregunta sobre la mesa podría ser: ¿Cómo aprendemos a suplementarnos? En tal sentido, es interesante indagar en las concepciones presentes en usuarios de gimnasios y deportistas amateur en la vía del consumo de suplementos para mejorar el rendimiento deportivo, la fuerza, o la estética muscular.

Con base en lo anterior, la evaluación de las percepciones se insinúa como un elemento de partida o “línea base” que permitiría fundamentar una propuesta de intervención en el entendido del imperativo de conocer de primera mano al consumidor primario y la información de la que dispone para su toma de decisiones. Con respecto a tal análisis diagnóstico, aparece un elemento de tensión que genera un fuerte sesgo en las actitudes hacia la selección de uno u otro producto, como lo pueden ser los “influencers” o modelos fitness que en muchos casos son financiados o publicitados por las mismas casas de suplementos.

En relación con la argumentación formulada líneas atrás, una de las justificaciones principales de la presente investigación atiende a llevar un conocimiento bioquímico veraz de los suplementos, a las poblaciones consumidoras de tales productos, de modo que cuenten con la suficiente información que les permita una adecuada y consciente toma de decisiones.

El componente actitudinal juega un rol determinante en la propuesta de alfabetización científica, en el entendido de la importancia de llevar el conocimiento de la química al usuario regular, en la medida que una articulación sinérgica entre las convicciones, ideas alternativas o creencias de un sujeto en consonancia con la cantidad y calidad de información disponible en diversos medios que incluyen las redes sociales, definen de manera contundente la toma de decisiones frente al uso y consumo de los suplementos deportivos dietarios. En esta misma línea de pensamiento, se justifica la construcción de una propuesta que tenga en cuenta una población específica: los usuarios regulares de gimnasios y un punto de mira específico: productos con alto contenido proteico y un derrotero o propósito mayor: brindar elementos de juicio a los consumidores en términos de generar una elección fundamentada y consciente sobre la composición y uso de tales insumos.

Otra justificación tiene que ver con el hecho de un vacío en el conocimiento en el ámbito de la química analítica de los suplementos deportivos dietarios y su bioquímica en el organismo, que amerita la revisión de procesos de separación, purificación y cuantificación de analitos de corte proteico y de creatina en este tipo de matrices para generar valores confiables que permitan avanzar en dos planos: el de la química analítica y el de la alfabetización científica, aplicables ambos en escenarios diversos, como los de formación docente o deportiva.

2.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En las instituciones educativas en general son las aulas y los laboratorios, los espacios adecuados para los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química, no obstante, lo anterior, algunos escenarios distanciados de tal mirada tradicional, se pueden constituir en espacios de formación, en la medida de integrar una serie de ambientes que ofrecen una

oportunidad de ejercer la docencia, entendiendo que tales ambientes constituyen el marco natural de las actividades de adeptos a un fin común.

En tal sentido, los escenarios de acondicionamiento físico y de gimnasios conforman un colectivo que puede entenderse como un grupo objetivo, sobre el que se hace conveniente formular, ensayar y evaluar un ejercicio de intervención didáctica que oriente un proceso de alfabetización científica en comunidades diferentes a las académicas, particularmente por ser lugares que se encuentran expuestos a cualquier tipo de información, generalmente sin bases científicas sólidas.

Con base en la argumentación precedente, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de la estructuración y desarrollo de una propuesta de alfabetización científica, hacia el uso informado de suplementos deportivos dietarios, sobre el conocimiento y cambios actitudinales favorables, relacionados con su consumo, dirigida a usuarios regulares de gimnasios?

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto de una propuesta de alfabetización científica, orientada al uso informado de suplementos dietarios deportivos, en el conocimiento y las actitudes de usuarios regulares de gimnasio, sustentada en la determinación del contenido de proteínas y creatina en diversas marcas y productos comerciales.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis perceptual diagnóstico en torno al conocimiento y consumo de suplementos deportivos dietarios en un grupo objetivo específico.
- Efectuar un análisis comparativo de diversas marcas de suplementos mediante la determinación del contenido proteico y en creatina a partir de un muestreo intencionado.

- Desarrollar un AVA orientado hacia la alfabetización científica que favorezca cambios actitudinales en el grupo objetivo.

3 MARCO DE REFERENCIA

El presente marco de referencia proporciona los fundamentos conceptuales y teóricos que orientan el desarrollo de un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) enfocado hacia la alfabetización científica. Esta sección se centra en abordar las bases epistemológicas y pedagógicas que sustentan dicha propuesta, dividiendo su contenido en antecedentes, marco disciplinar y marco didáctico, estableciendo un sustento académico que justifica la pertinencia y la necesidad de esta investigación

3.1 Antecedentes

Este apartado se concentra en presentar un consolidado de trabajos, en primera medida bajo un enfoque disciplinar sobre el estudio de suplementos de tipo proteico y en segunda medida, en función de presentar investigaciones respecto a la alfabetización científica y el cambio actitudinal, así como una revisión al enfoque de la “Química en contexto”, ampliamente abordada y estudiada, bien sea en espacios escolares o en escenarios deportivos.

- *Trabajos sobre química analítica enfocada a suplementos deportivos o analitos de tipo proteico*

Bracco (2018) realiza una determinación analítica en aminoácidos de cadena ramificada, BCCA por sus siglas en inglés, en tres suplementos deportivos expedidos en Argentina, utilizando como técnicas analíticas la determinación por UV/VIS y la cromatografía de capa fina, sintetizando previamente ninhidrina para efectos de la reacción reveladora. En este trabajo se encontró que la proporción de BCCA cumplía con las buenas prácticas de manufactura europea, arrojando resultados positivos entre el 95% y el 105% de lo declarado en la etiqueta, para estos tres suplementos, según lo obliga la normatividad existente.

Por otra parte, Rodríguez y Ramos (2014), en su trabajo: Análisis de la suplementación con proteínas en el deporte: uso y efectos de la creatina y el suero de leche. Presenta una revisión bibliográfica sobre las características, impacto, pros y contras en el consumo de estos dos suplementos en deportistas, dando cuenta de que existen múltiples estudios basados en el impacto de la creatina en el organismo, aseverando que este es un suplemento seguro y con efectos positivos evidentes después del poco tiempo de consumo, especialmente en deportes anaeróbicos. El autor también afirma que el suero de leche es un suplemento más nuevo y que, aunque presenta algunos estudios, no está 100% comprobada su efectividad como precursor en la formación de masa muscular.

En su tesis doctoral Sánchez (2012), titulada: Suplementación nutricional en la actividad físico-deportiva. Análisis de la calidad del suplemento proteico consumido, el autor realiza una investigación desde el origen de los suplementos de corte proteico, su impacto en el organismo, marketing, estudios científicos y en tal sentido, efectúa una evaluación bromatológica de distintas marcas de suplementos, encontrando que generalmente los hidrolizados y los péptidos del suero lácteo contienen una mayor proporción de lisina bloqueada, en comparación con los productos aislados y caseínas.

El investigador, además, afirma que muchos productos no cumplen con su contenido de carbohidratos reportados en las etiquetas, reforzando la necesidad de realizar este tipo de estudios a referencias suplementarias que pueden incumplir con las normas nacionales o internacionales y generar un impacto negativo en la salud de sus consumidores.

- *Trabajos sobre alfabetización científica en instituciones escolares o deportivas.*

En este marco pedagógico, un referente respecto a la temática de alfabetización científica, es Esquivel (2019), quien en su artículo: 'Propuesta educativa para la alfabetización científica sobre salud en bachillerato' plantea un planteamiento sobre la necesidad de alfabetizar sobre la triangulación nutrición-ejercicio físico-salud, mediada por las TIC especialmente dirigida a colegios de difícil acceso, en los que los docentes puedan

tener un apoyo para no solo enseñar, sino demostrar el cómo se aprende, y qué caminos ayudan a la creación de contenidos académicos y la correcta o más cercana asimilación de un tema.

Otro documento a referenciar es el de Rosales, Rodríguez y Romero (2020): “Conocimiento, demanda cognitiva y contextos en la evaluación de la alfabetización científica en PISA”, en el cual se documenta la importancia social que enmarca tener conocimientos de ciencia y sobre la ciencia, como competencias básicas en cualquier país, evaluadas por las pruebas PISA (Programme for International Student Assessment), en la medida en que existe una necesidad de reforzar o fortalecer una tipología de actividades respecto a la aplicación en ciencia, para lograr una serie de habilidades cognitivas de orden superior que estén al servicio de un mundo que está inmerso en un contexto de ciencia y la tecnología.

- *Trabajos sobre actitudes y cambios actitudinales relacionados con suplementos deportivos dietarios.*

Poco se ha estudiado sobre el cambio actitudinal referente a los suplementos deportivos e incluso en relación con las actitudes que se tienen respecto al consumo de estos, no obstante, Gutiérrez, Arciniegas e Hincapié (2024), revisan y caracterizan todo el contenido publicitario respecto a medicamentos y suplementos dietarios, en la red social Instagram, en los cuales se analizó un total de 28 productos, concluyendo que el 96% no cumplían con la normativa nacional o algún sello Invima, lo cual genera todo un canal de falsa o mala información, requiriendo así un cambio actitudinal sobre la compra influenciada de suplementos deportivos o dietarios en el mercado nacional.

- *Trabajos sobre química en contexto dirigidos hacia el impacto alimenticio.*

Hablar de química en contexto, es dirigir la palabra hacia la enseñanza moderna de la química, esto debido a su grado de dificultad implícita surgió la necesidad de llevar los contenidos conceptuales a la vida cotidiana de los estudiantes de esta disciplina con el fin

de facilitar su comprensión y aumentar el interés, Caamaño (2018), en la Ciudad de México realiza una completa revisión bibliográfica de los proyectos más conocidos desde la década de los años 80's hasta el año en que el autor terminó su investigación. En este documento se puede apreciar la inclusión de un apartado muy importante: la alimentación y sus afectaciones en la salud, desde los años 80, probablemente por los preocupantes índices de obesidad que se presentaba en varios lugares del mundo, esto denota como la química no está lejos de la alimentación y por lo tanto de la suplementación de las personas, es el área que comanda los avances y técnicas en control de calidad.

En otra instancia, si queremos referirnos más hacia la enseñanza de la química en un contexto deportivo, es importante arrojar una mirada hacia la investigación producida por Maya (2024) en España, en la cual se realizó un programa didáctico sobre el análisis de la química de la hidratación en el rendimiento deportivo, en pro de mejorar la comprensión de conceptos científicos y fomentar las habilidades críticas por parte de los estudiantes de un colegio particular, desde un enfoque pedagógico innovador y más participativo tanto para el estudiante como para los docentes, ofreciendo así un programa con conocimientos transferibles y de impacto positivo y real de la enseñanza de conceptos más técnicos y amplios presentes en la química.

3.2 MARCO DISCIPLINAR

Con el fin de proyectar un AVA (ambiente virtual de aprendizaje) para alcanzar una alfabetización científica en los sujetos de estudio, es pertinente estudiar las rutas metabólicas en el organismo relacionadas con biomoléculas de carácter proteico, así mismo describir las características más esenciales de las macromoléculas básicas de la nutrición (carbohidratos, lípidos y proteínas) y una mirada general a este concepto.

3.2.1 Aspectos bioquímicos: Nutrición

La nutrición es la serie de procesos biológicos mediante el cual el organismo asimila los alimentos y líquidos necesarios para su funcionamiento, desarrollo y mantenimiento de las funciones vitales. Para el ser humano que mantiene una dieta omnívora, implica la ingesta,

digestión, absorción y metabolismo de nutrientes esenciales como lo son las proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales. Una nutrición balanceada no solo influye en el rendimiento físico y mental, también en la prevención y cura de enfermedades no transmisibles como la obesidad, diabetes tipos 2 y enfermedades del sistema circulatorio (Mataix, 2015).

3.2.1.1 Carbohidratos

Los carbohidratos son aquellas moléculas que tienen el trabajo de proporcionar energía rápida directamente a las células en el cuerpo cuando este necesita, especialmente al cerebro y los músculos que entran en actividad deportiva. Estos se dividen generalmente en simples (monosacáridos y disacáridos) y complejos (polisacáridos), presentan estructuras con aldehídos o cetonas (aldosas y pentosas, respectivamente). A pesar de su importancia, el consumo excesivo de azúcares simples se ha asociado a un mayor riesgo de obesidad y enfermedades metabólicas como la diabetes tipo II (OMS, 2020).

3.2.1.2 Lípidos

Los lípidos son compuestos orgánicos insolubles en agua, de aspecto brillante y viscoso de ahí su relación con la palabra grasa. Estos cumplen funciones vitales como fuente importante en la reserva energética de los organismos, aislante térmico y hace parte estructural de todas las membranas celulares. Estos se suelen clasificar en grasas, aceites, fosfolípidos, esteroides y ceras (Lehninger, Nelson & Cox, 2008). En nutrición, los lípidos proporcionan los ácidos grasos esenciales para el cuerpo y ayudan a la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E Y K). Sin embargo, un exceso de estos, puede contribuir a la acumulación de tejido adiposo y al desarrollo de distintas enfermedades crónicas como la arteriosclerosis (de Román, et al., 2017).

3.2.2 Introducción a las biomoléculas proteicas

Las proteínas hacen parte de las macromoléculas esenciales para todos los organismos vivos y desempeñan un papel clave en distintas rutas y procesos biológicos, incluyendo el sostenimiento de la estructura celular, catalizadores en reacciones metabólicas y regulación en la expresión génica. Las proteínas están conformadas por cadenas lineales de aminoácidos que se pliegan en formas estructurales tridimensionales concretas, las cuales determinan su función. En el aspecto metabólico, las proteínas participan tanto como sustratos como productos, en interacción con otras biomoléculas para mantener la homeostasis celular. (Sánchez, 2012).

3.2.2.1 Anabolismo y catabolismo de las proteínas

El papel de las proteínas en el metabolismo puede dividirse en dos grandes procesos: anabolismo y catabolismo. El anabolismo implica síntesis de nuevas proteínas a partir de aminoácidos mediante procesos como transcripción y traducción, en cambio que el catabolismo es la degradación de proteínas en sus componentes básicos para ser reutilizados o eliminados por el organismo. Estas dos fases son imprescindibles para el ciclo de vida celular y están reguladas por complejas redes enzimáticas (Ramírez y Buntinx, 2014).

3.2.2.2 Anabolismo: síntesis de proteínas

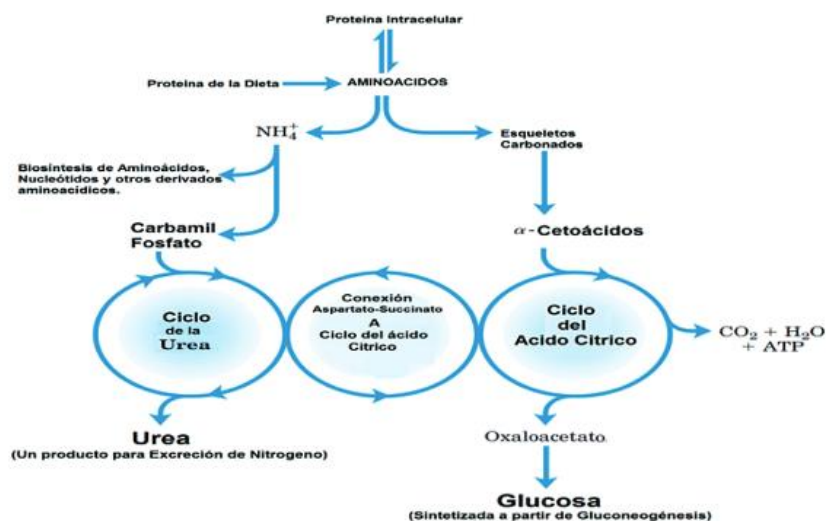
Este proceso de síntesis generalmente se da en los músculos y en el hígado, lo cual es fundamental para la etapa de crecimiento, reparación y mantenimiento general de los tejidos del cuerpo. El proceso anabólico comienza con la transcripción del ADN, seguido de la traducción del ARNm en los ribosomas para formar una cadena de aminoácidos, que se despliega en una estructura proteica funcional. Esta síntesis proteica es impulsada por hormonas anabólicas como la *insulina*, que facilita la absorción de aminoácidos en las células, y la hormona de crecimiento (GH), que estimula la síntesis de proteínas en tejidos específicos. La disponibilidad de nutrientes y aminoácidos esenciales en la dieta es clave para este proceso anabólico. (Sadavarte y Stevens, 2023).

3.2.2.3 Catabolismo: degradación de proteínas

El catabolismo sucede mediante el proceso por el cual las proteínas se descomponen en aminoácidos para ser reutilizados o degradados. Este proceso es crucial en situaciones donde el cuerpo necesita generar energía, o cuando hay un exceso de proteínas. Los aminoácidos obtenidos del proceso catabólico pueden utilizarse en el ciclo de Krebs para la producción de ATP o transformarse en glucosa a través de la ruta gluconeogénesis. Las etapas implicadas son la transaminación y desaminación, donde el grupo amino de los aminoácidos es removido y convertido en amoníaco, que luego es excretado en forma de urea (Sánchez, 2012). Este proceso ocurre principalmente en el hígado y es crucial para mantener el equilibrio de nitrógeno en el organismo. Dicho ciclo es fundamental para la eliminación segura del amoníaco del organismo, un subproducto tóxico del catabolismo de proteínas como se puede apreciar en la figura 1, las rutas generales de las proteínas son tres: el ciclo de la Urea, la conexión aspartato-succinato y el ciclo del Ácido Cítrico, resultando en su habitual residuo de reacción: la urea.

3.2.3 Rutas metabólicas específicas para proteínas

Figura 1 Metabolismo general de las proteínas



Nota: (Esquema tomado de Lehninger principles of biochemistry; Capítulo 18, Aminoacid Oxidation and the production of Urea por Nelson y Cox, 2008. Pag. 674)

Cuando ingerimos alimentos o suplementos con proteínas, el primer paso para su degradación hacia sus aminoácidos se da en el tracto gastro intestinal (Nelson y Cox, 2008), de allí se inicia una serie de pasos en cadena que empieza por la segregación de la hormona gastrina hasta la absorción de aminoácidos en la capa de las células epiteliales (mucosa intestinal) de las vellosidades del intestino delgado. Posteriormente a esta absorción de aminoácidos, existen varias rutas metabólicas en el organismo por los cuales se pueden aprovechar o desechar estas moléculas ingeridas. A continuación, se realiza una breve descripción de algunas de estas:

3.2.3.1 Ciclo de la Urea y ciclo del ácido cítrico

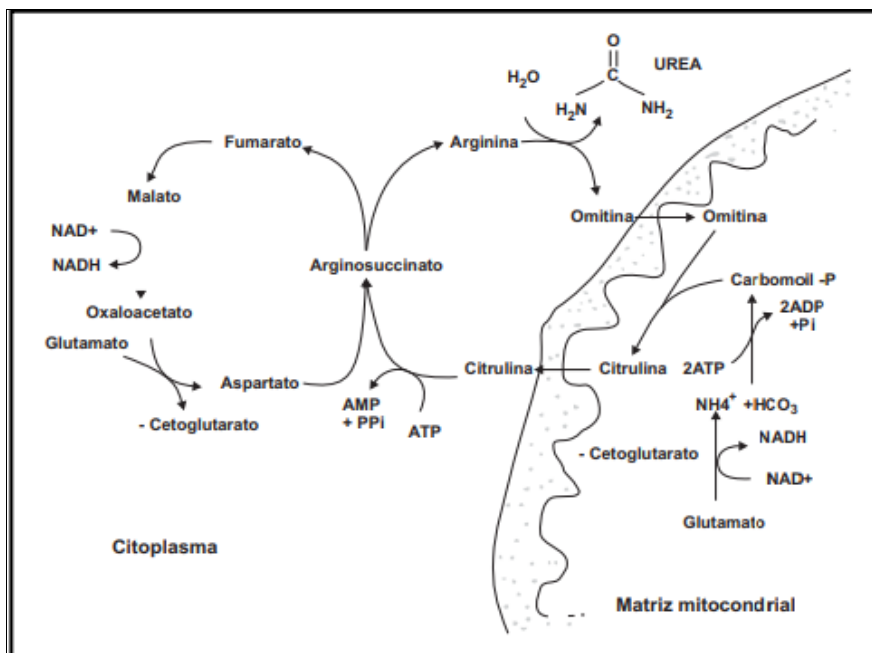
Dentro de los procesos catabólicos de las proteínas, el hígado es un eje fundamental para el metabolismo del nitrógeno, en este órgano se presenta una de las rutas metabólicas más importantes: el ciclo de la urea (Correa y Cuellar, 2016). Este se encuentra en un sitio anatómicamente estratégico pues todo nutriente soluble en agua absorbido desde el tracto gastrointestinal será transportado hacia él. El hígado remueve y detoxifica el amonio absorbido, convirtiéndolo generalmente en urea (ver figura 2) la cual puede ser secretada por orina.

El primer paso en el ciclo de la urea se presenta en el interior de la mitocondria, el amoniaco, generado principalmente a partir del glutamato, se combina con bicarbonato para formar carbamoil fosfato (CbP) mediada por dos ATP, este a su vez se une con la bornitina para formar citrulina, la cual es transportada hacia fuera de la mitocondria, para que en el citoplasma se den los siguientes etapas, finalizando con la reacción de la enzima arginasa cortando la arginina, obteniéndose como producto de reacción urea - ornitina, en el que esta última se transporta nuevamente hasta la mitocondria y se inicia otra vuelta del ciclo de la urea.

Por otra parte, el esqueleto carbonado restante proveniente de los aminoácidos, se cataboliza en distintos productos, entre ellos, glucosa (ruta de la gluconeogénesis), cuerpos cetónicos (acetoacetyl-CoA, acetyl-CoA), piruvato, fumarato, glutamato, en el llamado ciclo del ácido cítrico, moléculas que el cuerpo puede aprovechar según los requerimientos del

organismo y dependiendo de que la dieta sea rica en proteínas o por inanición y por lo tanto degradación de proteínas estructurales. (Nelson y Cox, 2008).

Figura 2. Ciclo de la urea



Nota: Ciclo de la Urea. Tomado de " Aspectos clave del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes" por Correa y Cuellar. 2016).

3.2.4 Suplementos deportivos dietarios y sus afectaciones en el balance salud/enfermedad.

El uso de suplementos deportivos dietarios ha venido creciendo en las últimas décadas, especialmente por deportistas y usuarios de gimnasios que buscan rendimiento físico, aumentar masa muscular o reducción de grasa corporal. Algunos de los productos más usadas son las proteínas generalmente provenientes del suero de leche (Whey protein), creatinas, aminoácidos de cadena ramificada, quemadores de grasa, entre otros que permitan un mejor desempeño, recuperación o ganancia en el deporte. No obstante, su consumo no siempre está respaldado o avalado por un estudio nutricional, lo que puede desembocar en desordenes de salud, incluso enfermedades.

3.2.4.1 Suplementos y efectos positivos

Según algunos autores, la creatina es el suplemento con más estudios científicos por sus efectos positivos en el rendimiento deportivo, la creatina no solo presenta un rol hipertrófico y energético en el organismo, también se encuentran diversos estudios sobre el uso suplementario de creatina como beneficiario en personas con problemas del metabolismo, como el síndrome que se presenta en la deficiencia de creatina causado por alteraciones de orden genético en GAMT y AGAT. Así mismo, para la función cognitiva, la suplementación con creatina ha mostrado resultados favorables en sujetos estresados o adultos mayores, además, de efectos adicionales ante trastornos como la depresión unipolar y bipolar, esto cuando se combina con medicamentos antidepresivos. (Narrea y Ramos, 2022).

En variados estudios, se encuentran distintos resultados sobre el impacto generado de este suplemento en el organismo, la mayoría concuerda que el consumo de este suplemento acompañado de una dieta balanceada favorece la ganancia de masa muscular y es allí donde se encuentra el mayor interés de las personas que practican algún deporte o buscan cuerpos musculados y estéticos, generalmente usuarios de gimnasios. Así mismo, gran parte de la evidencia científica coincide que la ingesta necesaria y máxima de proteína total en una dieta se encuentra entre 1.2g – 1.7g de proteína por kg de peso corporal para personas que busquen aumentar la masa muscular, aumentar estos valores resulta ser contra productivo para el organismo, y una ingesta inferior no alcanzaría los márgenes necesarios para la creación de nuevas fibras musculares.

3.2.4.2 Riesgos por uso excesivo

En la revisión bibliográfica que realizaron Morocho, Martínez y Reascos (2023), se evidencia que un exceso de proteínas en las dietas puede inducir una sobrecarga en los riñones y aumentar el riesgo de daño renal, principalmente para personas con propensión genética o enfermedad renal presente, unos de los más importantes problemas en la ingesta de dietas proteicas.

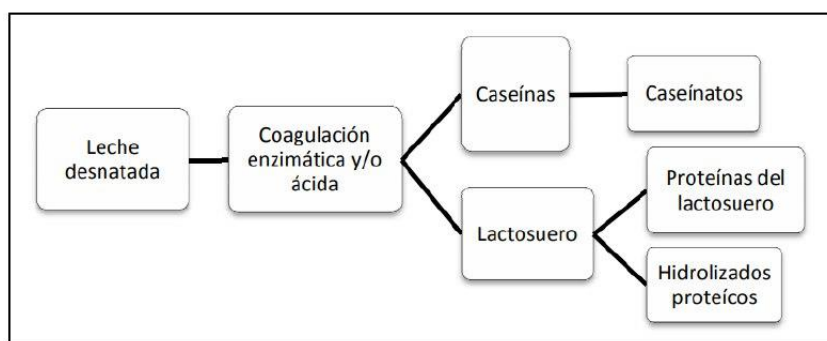
Esto ocurre porque los riñones son los encargados de filtrar todos los productos desechos que provienen de la sangre. A medida que pase el tiempo, esto puede ocasionar daño renal inclusive insuficiencia renal, además de ocasionar hiperfiltración glomerular, proteinuria, diuresis, kaliuresis y un aumento en factores de riesgo en la producción de urlitiasis. (Morocho, F., Martínez, R. & Reascos, M., 2023).

Otros factores de riesgo que pueden presentarse por el exceso de proteínas, son el riesgo a la osteoporosis, por la liberación de calcio del organismo frente a la presencia excesiva de ácidos nitrogenados, eso conlleva que los huesos se vean debilitados con el pasar del tiempo, pues el citrato y el carbonato cálcico del hueso son movilizados para neutralizar dichos ácidos, por ende, el aumento de ingesta proteica puede producir una disminución en la densidad ósea, promoviendo una resorción ósea (Oria, E. 2003).

3.2.5 ¿Cómo se obtienen los suplementos proteicos?

Los suplementos de orden proteico suelen ser derivados de la leche (sueros de leche (wp), caseínas o caseínatos), sin embargo, también se encuentran presentaciones derivados de la soja, el huevo, maíz, entre otros (Sánchez, 2012). En la figura 3 se muestra un esquema que da cuenta de la extracción de subproductos de la leche.

Figura 3. Extracción de proteínas lácteas



Nota: (diagrama práctico sobre la obtención de derivados lácteos del residuo de lactosuero proveniente de la fabricación del queso. Tomado de Sánchez, 2012)

En la leche el 80% de las proteínas presentes la constituye la *caseína*, esta se obtiene de la leche desnatada, dependiendo del tipo de coagulación se pueden extraer caseínas enzimáticas, caseína ácida y sus productos neutralizados: los caseinatos, empero, para por la popularidad de la proteína del lactosuero o wp, se especificará la extracción de estos.

3.2.5.1 Extracción del suero de leche o wp

El suero de leche son las proteínas que quedan en la disolución después de haber precipitado las caseínas. Este residuo proteico generalmente lo componen proteínas globulares que se desnaturalizan por calor, por lo tanto, es el método utilizado para su extracción o aislamiento. Algunas proteínas comprenden la α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, albúmina sérica bovina, β 2 microglobulina y distintas enzimas (Peso Echarri et al., 2012).

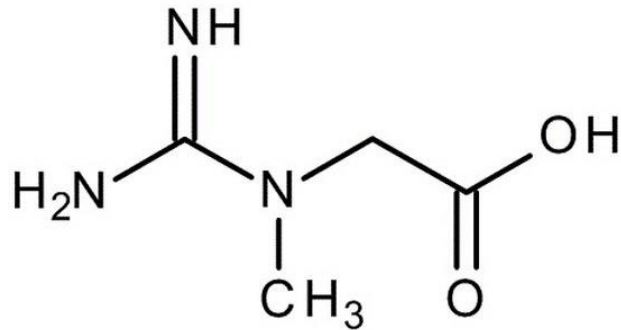
Este lactosuero representa el otro 20% de proteínas presentes en la leche y son bastante importantes para la escena nutricional debido a su alto contenido en aminoácidos azufrados y lisina (esencial para el crecimiento muscular) y en la industria, pues son utilizadas en la fabricación de distintos alimentos infantiles, dietéticos y suplementos proteicos. Estas proteínas se pueden concentrar a través de tres procesos: **Termo coagulación:** descenso de pH y aumento en la temperatura. **Microfiltración, ultrafiltración y osmosis inversa:** técnicas de separación por presión en membranas semipermeables de poros finos. Y **la cromatografía de intercambio iónico:** técnica que utiliza esferas de sílice porosas con grupos que intercambian por los cuales se pueden obtener porciones enriquecidas de cualquier proteína de lacto suero (Linden y Lorient, 1994)

3.2.6 Creatina: Historia, Biosíntesis y Aplicaciones

La creatina es un ácido orgánico nitrogenado que desempeña un papel crucial en el metabolismo energético celular, especialmente en tejidos con alta demanda energética como lo son los músculos esqueléticos y el cerebro. Y es que en estos tejidos fue descubierta en 1832 por el químico francés Michel Eugéne Chevreul, quien aisló este componente en el

tejido muscular y lo denominó “Creatina”, derivado del griego *kreas*, que significa carne (Soroka, 2016).

Figura 4. Representación gráfica de una molécula de creatina



Nota; Tomada de Merck <https://www.merckmillipore.com/CO/es/product/Creatine-monohydrate>

La biosíntesis de la creatina ocurre principalmente en el hígado, los riñones y el páncreas, a partir de los aminoácidos arginina, glicina y metionina. Este proceso produce aproximadamente un gramo de creatina por día, que luego se transporta a través del torrente sanguíneo hacia los músculos, donde se almacena en forma de fosfocreatina. La fosfocreatina actúa como una reserva de grupos fosfato de alta energía, facilitando la regeneración rápida de adenosín trifosfato (ATP) durante actividades de alta intensidad y corta duración. La mayor parte de la creatina en el cuerpo humano se puede encontrar en dos formas, la primera forma fosforilada llegando a un aproximado del 60%, o de forma libre con un aproximado de un 40%, y se almacena principalmente en el músculo (95%) el 5% restante se ha evidenciado su presencia en el cerebro, hígado, riñones y testículos, variando su porcentaje entre individuos. Su absorción está mediada por diversos mecanismos como la fosforilación y glucosilación que controlan los niveles intra y extracelulares de la creatina (Cooper, et al, 2012).

3.2.6.1 Efectos positivos de la ingesta de creatina

El uso de la creatina como suplemento dietético se popularizó en la década de 1990, especialmente entre atletas de disciplinas que requieren esfuerzos anaeróbicos repetidos, debido a sus propiedades ergogénicas (Azizi, 2011). Su eficacia en la mejora del rendimiento físico ha sido ampliamente estudiada, y su uso está permitido por el Comité Olímpico Internacional.

Además, investigaciones recientes han explorado su potencial en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas y en la prevención de la sarcopenia en adultos mayores. Por ejemplo, un estudio recién publicado en mayo de 2025 realizado por investigadores de la Universidad de Kansas, administraron 20g/día de creatina monohidrato durante 8 semanas a un grupo de pacientes con diagnosticados con alzhéimer leve o moderado, evaluaron la adherencia de la creatina en la sangre y el cerebro, de la mano con pruebas cognitivas. Como resultados obtuvieron un aumento de creatina cerebral, mejoras cognitivas en pruebas de memoria de trabajo, capacidad lectora y atención ejecutiva. (Smith et al., 2025).

Por otra parte, Candow et al., (2021), realizó un estudio en el cual demostró que la suplementación con creatina en conjunto con un entrenamiento de resistencia, potencia las ganancias en masa muscular magra y fuerza en adultos mayores independiente de la estrategia de dosificación, retardando o impidiendo la sarcopenia en sujetos de la tercera edad directamente.

3.2.6.2 Efectos negativos de la ingesta de creatina

Pocos efectos secundarios se conocen por el uso de la creatina, claro, más allá de los que se puedan ocasionar por efectos individuales como lo son, las náuseas, diarrea o dolor de cabeza, para los cuales existe la recomendación más mencionada por médicos: “suspenda su consumo en caso de presentar alguno de esos síntomas”. Un efecto negativo que se ha popularizado es el del impacto o afectación renal por el consumo de este suplemento, sin embargo, en diversos estudios, como el de Vega y Huidobro 2019, en el cual concluye que “El uso de suplementos de creatina en sujetos sanos por tiempos prolongados es seguro para la salud y no hay evidencias de que produzca daño renal crónico.” (Vega y Huidobro, 2019).

Concluyendo, no existen efectos negativos estudiados o comprobados que sean causados por la ingesta de suplementos de creatina, es más importante evaluar si los suplementos que compramos si son eso que afirman su etiqueta y no estén adulterados o contaminados.

3.2.6.3 Normativa de suplementos deportivos en Colombia

En Colombia, los suplementos deportivos como la creatina y las proteínas en polvo están regulados bajo la categoría de suplementos dietarios dentro del marco legal sanitario, la normativa vigente principal es el Decreto 3249 de 2006, algo particular pues es de hace casi 20 años, esta norma reglamenta la fabricación, comercialización, envase, etiquetado, registro sanitario, control de calidad, vigilancia y demás aspectos pertinentes. Posteriormente a esta fecha se han emitido modificaciones como la resolución 3096 de 2007 y el decreto 3863 de 2008, estableciendo un reglamento técnico para el etiquetado nutricional y exigencias en las “Buenas Prácticas de Manufactura” (BPM) respectivamente, estas normas se soportan en la ley 9 de 1979 (código sanitario).

3.2.6.4 Definición legal de suplemento dietario

La normativa colombiana define un suplemento dietario de la siguiente manera: es un producto cuyo propósito es adicionar la dieta normal, siendo fuente concentrada de nutrientes u otras sustancias con efecto nutricional o fisiológico. En su composición puede contener vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos, otros nutrientes, plantas o extractos de plantas (Ministerio de salud). Es de suma importancia destacar que, por definición legal, un suplemento dietario no se considera un medicamento o alimento convencional, por lo tanto, no puede presentarse como tal.

3.2.6.5 Registro sanitario: obligatoriedad y organismo competente

Todo suplemento dietario debe contar con un registro sanitario vigente otorgado por el INVIMA antes de ser comercializado en Colombia, ya sea importado o fabricado en el

país (Ministerio de la protección social, 2006). No se permite vender suplementos sin este registro, la ausencia de éste convierte el producto en ilegal o “fraudulento” según la legislación,

Es por esto que el INVIMA frecuentemente emite alertas sanitarias advirtiendo al público sobre suplementos vendidos sin registro, resaltando que al carecer de registro esos productos no se han verificado su seguridad ni calidad conforme con las normas del país y podrían representar riesgos para la salud (Infobae, 2024). Por esto, la entidad insta a los consumidores a verificar siempre que el suplemento tenga número de registro INVIMA en su etiqueta antes de comprarlo. Este registro identifica comúnmente con un código alfanumérico precedido de las siglas “RS” o una nomenclatura específica “SD” para suplementos dietarios. (Ministerio de la protección social, decreto 3249, 2006).

3.2.6.6 Requisitos de etiquetado y leyendas obligatorias

Para este apartado se prestó especial atención pues es de alta importancia entender que exige la normativa colombiana para el etiquetado de un suplemento deportivo, de cara hacia la alfabetización científica, con uno de sus objetivos que más adelante se abordará como lo es: la comprensión a la hora de leer una etiqueta o tabla nutricional de manera correcta.

El INVIMA como autoridad encargada de evaluar la comercialización del producto, y otorgar el registro sanitario, así como realizar una inspección, vigilancia y control sanitario, requiere como trámite y requisitos para obtener dicho sello de calidad los siguientes requisitos: Documentación legal del solicitante, BPM, documentación técnica del producto, proyecto de etiqueta, vida útil y estudios de estabilidad y unos requisitos adicionales si son productos importados.

En la resolución 3096 de 2007 se estableció el reglamento técnico de etiquetado nutricional con exigencias principales para productos como creatinas, proteínas y demás suplementos deportivos cómo: Nombre del producto o marca (sin mencionar que es un alimento), declaración obligatoria de no ser medicamento, “manténgase fuera del alcance de

los niños”, advertencia sobre sustancias prohibidas en el deporte (declarar si contiene sustancias prohibidas (doping)), debe indicarse si es de industria nacional, si contiene alérgenos reconocidos o causantes de hipersensibilidad (por ejemplo, derivados de trigo, avena, gluten, crustáceos, etc.), si contiene colorante tartrazina y finalmente si contiene el edulcorante Aspartame (con una leyenda que diga “El consumo de este producto no es conveniente en personas con fenilcetonuria”, advirtiendo a quienes padecen de este trastorno metabólico). (Ministerio de la protección social, 2007).

Aparte de dichas leyendas de advertencia, un suplemento debe contener: información nutricional y de ingredientes, (contener un listado completo de ingredientes del producto en orden decreciente de proporción, en tabla o texto), indicando por porción los nutrientes aportados (por ejemplo: proteínas, carbohidratos, grasas, etc.), y su porcentaje representativo en el valor diario de referencia, esto es de suma importancia, pues permite al consumidor conocer el contenido nutricional real como calorías por porción, gramos de proteína, entre otros. También se debe incluir identificación del fabricante e importador, lote y fecha de vencimiento, condiciones de almacenamiento, modo de uso y dosis recomendada, declaraciones de propiedades (desde que aplique, como ejemplo: “contribuye al mantenimiento muscular” por su contenido en proteína), así como todo su texto debe estar traducido al español, finalmente, el número de registro sanitario INVIMA.

Es importante mencionar que en la presente investigación se logró identificar 7 alertas sanitarias publicadas por el INVIMA sobre la comercialización de creatinas y proteínas de ciertas marcas expandidas en el país (Ver anexo A).

3.2.7 Métodos analíticos en la caracterización, separación y cuantificación de analitos de tipo proteico: aminoácidos, oligopéptidos y proteínas.

En el presente aparatado se describen los métodos analíticos que se emplearon en la presente investigación, para la determinación y cuantificación de componentes de interés en las muestras objeto de estudio, seleccionados por su validez científica y aceptación en el ámbito analítico, lo que garantiza resultados confiables y comparables con estándares internacionales, fortaleciendo la rigurosidad metodológica de la investigación.

3.2.7.1 Método Kjeldahl

La metodología Kjeldahl de AOAC (Association of Official Analytical Chemists): “934.14”. Es el método oficial más utilizado para determinar contenido proteico en alimentos. Este tiene un procedimiento relativamente complejo en el cual en primera fase se emplea una digestión ácida (ácido sulfúrico y catalizadores) a una temperatura promedio de 420°C entre 3 a 6 horas. Como productos, se genera sulfato de amonio, este a su vez en presencia de hidróxido de sodio (NaOH) produce amoníaco, y este se destila y titula con un ácido, generalmente clorhídrico 0.1N en una titulación directa para determinar el contenido de nitrógeno en la muestra, que puede convertirse en cálculo de proteínas con la ayuda de factores de conversión. (tabla 1).

Tabla 1 Factores de conversión para proteína

Materia prima	Factor de conversión
Cebada	5,88
Harina de coco	5,30
Avena	5,50
Arroz	5,95
Centeno	5,83
Girasol (semilla, harina)	5,30
Semillas de soja	5,71
Harina (Harina integral, harina o bulgur)	5,83
Trigo (Salvado)	5,26
Derivados lácteos	6,25
Resto de productos norma ISO	6,25

Nota: Factores de conversión de nitrógeno a proteínas (ejemplificación de la normatividad, tomado de ISO 16634-1; 2008)

3.2.7.2 Método Dumas

El método Dumas, AOAC 990.03, es una técnica analítica que busca determinar contenido proteico en alimentos sin la necesidad de utilizar reactivos de alto riesgo como los ácidos y bases que se usan en el método Kjeldahl, adicional, al ser un método automatizado disminuye notablemente el riesgo a la inhalación de gases y un ahorro de tiempo considerable, pues el tiempo aproximado de cada análisis es de tan solo 7 minutos, comparado con las hasta 10 horas de la metodología Kjeldahl, es un ahorro importante de energía, materiales y tiempo. (Lanza, Churion y Gómez, 2016).

El principio de este método, se fundamenta en la destrucción de la materia orgánica por medio de la combustión en presencia de oxígeno controlado a muy altas temperaturas. En su primera etapa la combustión de la muestra es incinerada alrededor de los 900°C como se mencionó antes, en presencia de oxígeno. En su segunda etapa se presenta una reducción, dónde el óxido nítrico producido de la combustión se reduce a nitrógeno molecular. Posteriormente pasa por una etapa para su purificación, donde se encuentran unos absorbentes adecuados, estos remueven los compuestos interferentes, tales como óxidos de azufre o de carbono, entre otros de la mezcla gaseosa. Seguidamente, el vapor de agua resultante se condensa y retiene por un agente desecante. Finalmente, para detectar el nitrógeno se utiliza un detector de conductividad térmica el cual mide el nitrógeno total proveniente del flujo de gas transportado. (Ángeles, 2020).

3.2.7.3 Método HPLC

La cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC, por sus siglas en inglés: *High Performance Liquid Chromatography*) es una técnica analítica pródigamente utilizada en la química analítica para la separación, identificación y cuantificación de compuestos en mezclas complejas. Su principio se basa en la interacción diferencial de los componentes de una muestra entre una fase móvil (líquido) y una fase estacionaria (generalmente sólido), lo que permite su separación en función de sus propiedades fisicoquímicas (Dong, 2019). El método HPLC ha demostrado gran precisión, sensibilidad y reproducibilidad, siendo utilizado extensamente en la industria farmacéutica, alimentaria y de suplementos

nutricionales. En el caso específico del análisis de suplementos deportivos, como los productos la creatina, el HPLC permite determinar la cantidad real de ingrediente activo, verificar la presencia de impurezas o adulterantes y confirmar la conformidad con lo declarado en el etiquetado (Nemati, 2022).

En esta investigación, el HPLC se considera una herramienta fundamental para verificar de manera objetiva y cuantitativa el contenido real de creatina en diferentes suplementos comerciales, contribuyendo así a la alfabetización científica de los consumidores usuarios regulares de gimnasios mediante datos precisos obtenidos por métodos confiables y reproducibles. Las condiciones cromatográficas fueron optimizadas para una separación eficiente de la creatina monohidrato de acuerdo con protocolos validados previamente (Nemati, 2022). La identificación y cuantificación se realizaron comparando los tiempos de retención y áreas integradas con estándares conocidos en las condiciones más apropiadas para el equipo utilizado, como se detalla en la tabla 2:

Tabla 2. Condiciones cromatográficas para equipo HPLC

	<i>Según Literatura Universidad iraní</i>	<i>Empleadas en laboratorio UPN</i>
Analito	Creatina	Creatina
Metodología	FASE REVERSA	FASE REVERSA
Fase estacionaria	C18 (C18 5mm, 250x4,6 mm)	C18 (PREMIER C18 3mm, 100x4,4 mm)
Fase móvil	AGUA (ajustada a pH 3, con H ₃ PO ₄ 0,6 % V/V)	AGUA (ajustada a pH 3, con H ₃ PO ₄ 0,6 % V/V)
Loop	20 µL	20 µL
Temperatura	ambiente	ambiente
t retención esperado	4,2 min	1.30min
Long. de onda detector	210 nm	210 nm
flujo	1 mL/min	1 mL/min
criterio cuantificación	área bajo la curva	área bajo la curva

Fuente: elaboración propia

3.3 MARCO DIDÁCTICO

A continuación, se resumen los elementos fundamentales del marco teórico y de antecedentes didáctico, que orientan la investigación en su conjunto, organizados desde los más generales hasta los más específicos, que estructuran el marco metodológico de la investigación realizada.

3.3.1 Alfabetización científica

Hablar de alfabetización científica llanamente es referirse hacia las capacidades de una persona para comprender conceptos y procedimientos científicos fundamentales, es decir que toda persona del siglo XXI debería poseer, otorgándole una toma de decisiones informadas para su vida diaria, particularmente en contextos que involucren el uso de la ciencia y la tecnología. Este concepto, es abordado ampliamente en la literatura pedagógica y de divulgación científica, se ha vuelto imprescindible en sociedades modernas donde la tecnología y el saber científico están entrelazados en las actividades y decisiones diarias, como lo puede ser la dieta alimenticia. Según Acevedo-Díaz (2004), este término se refiere a “poseer un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten interpretar y aplicar la ciencia en la solución de problemas”. Tomando este sentido, una persona que esté alfabetizada científicamente no solo es capaz de entender los conceptos científicos básicos, sino que también está apto para evaluar críticamente la información científica que recibe, algo crucial en contextos como el consumo de suplementos nutricionales de orden proteico.

El auge de las ciencias de la salud y la proliferación de productos como lo son los suplementos de orden proteico, han evidenciado el menester de una mayor alfabetización científica para el ámbito del cuidado y deporte personal. Gil Pérez y Vilches (2005) sustentan que la alfabetización científica es clave para enfrentar los desafíos contemporáneos, como la toma de decisiones informadas sobre nutrición y suplementación para la actividad deportiva. En este contexto, los usuarios de gimnasios precisan comprender las bases científicas que sustentan las recomendaciones nutricionales y los productos que consumen, especialmente aquellos que impactan directamente en el organismo como las proteínas provenientes del suero de leche o las creatinas.

Además, diversos autores subrayan la importancia de la alfabetización científica como herramienta contra la desinformación, particularmente con temas relacionados a la salud. Esta falta de comprensión científica conlleva a la adopción de creencias erróneas sobre la eficacia y efectos de productos como los suplementos proteicos, basándose en mitos o publicidad engañosa y mal intencionada por personas sin formación previa en vez de basarse en evidencias científicas.

En el ámbito de la educación, McFarlene (2013) destaca que la alfabetización científica va más allá de la enseñanza de conceptos, incluyendo la capacidad crítica de los individuos para evaluar la validez de estudios y datos presentados. Para usuarios de gimnasios, esto puede ser traducido como la habilidad que se tiene para identificar si los suplementos proteicos que se consumen realmente cumplen con el etiquetado presentado en su tabla nutricional existen o no, y si hay estudios científicos que avalen o sostengan su eficacia.

3.3.1.1 Criterios de alfabetización científica para el consumo de suplementos

Para el contexto de la investigación, como se mencionó en párrafos anteriores, se entiende por alfabetización científica la capacidad de comprender, evaluar y aplicar conocimientos científicos en la vida cotidiana, y para el caso que compete a este trabajo de grado, especialmente lo concerniente con la nutrición y el consumo de suplementos dietarios proteicos. En tal sentido, un usuario de gimnasio o un estudiante de un curso de bioquímica, puede considerarse alfabetizado científicamente cuando cumple con ciertos criterios que integren lo conceptual, lo procedimental y lo actitudinal, que se detallan a continuación:

- Debe poseer un conocimiento básico sobre biomoléculas, tales como proteínas, carbohidratos y lípidos, además de entender qué es la creatina y cuál es su función en el organismo, así como de sus efectos beneficios y efectos indeseables.
- Debe tener conocimiento de la manera como se obtienen los resultados en un laboratorio de química, que aseguran confiabilidad y exactitud, en la determinación del contenido de proteína y creatina en suplementos deportivos.

- Así mismo, debe ser capaz de diferenciar entre información basada en evidencia científica y aquella derivada de la publicidad o recomendaciones personales, con o sin fundamento técnico.
- En tal sentido, un sujeto alfabetizado ha de poseer la capacidad de crítica para evaluar fuentes de información, interpretar tablas nutricionales y contrastar los contenidos declarados con certificaciones oficiales garantes de calidad, como el INVIMA.

Por otra parte, una persona que esté alfabetizada científicamente en este contexto debería poder efectuar una toma de decisión con respecto a su suplementación, considerando su estado de salud y sus requerimientos nutricionales, de acuerdo con el tipo de entrenamiento que lleve y la evidencia científica disponible. Además, debiera manifestar actitudes favorables hacia el conocimiento científico, considerándolo como una herramienta útil para su bienestar, en el entendido de su capacidad para modificar sus prácticas o hábitos, si la información lo justifica.

El enfoque integral recién presentado se articula con las propuestas de Acevedo-Díaz (2004), quienes definen la alfabetización científica como el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten interpretar y aplicar la ciencia en la solución de problemas en contextos reales; de la misma manera, con lo planteado por Gil-Pérez y Vilches (2005), los cuales destacan su papel en la toma de decisiones responsables frente a problemáticas sociales y personales, finalmente con lo planteado por McFarlane (2013), quien resalta el menester de formar sujetos capaces de evaluar críticamente la validez de los estudios y datos científicos que circulan en distintos contextos.

3.3.2 Actitudes

Uno de los aspectos fundamentales para evaluar el conocimiento, uso y determinación en el consumo de suplementos proteicos en la población destinada, son las actitudes, para tal fin, se emplea el modelo tridimensional trabajado por McGuire en 1969, en el cual toda actitud contiene tres componentes: cognitivo, afectivo y conductual.

Categorías del constructo actitud: Cognitivo, afectivo y conductual.

- El componente cognitivo es referido a la manera como se perciben los objetos actitudinales, es decir, en qué medida, el sujeto en cuestión tiene un acervo de creencias, conocimientos y opiniones sobre el objeto de actitud. (Fraile y Otero, 2015).
- El apartado afectivo, se puede describir como las sensaciones o sentimientos de aprobación o rechazo hacia el objeto actitudinal.
- Por otra parte, el componente conductual o también llamado conativo hace alusión a la disposición o intención sobre el objeto de actitud.

Para el mencionado autor y otros investigadores de la década de los 70 (Rosenberg, 1960; Zajonc, 1968) existe una fuerte correlación entre estos tres componentes y también en términos de generar un cambio en varios de ellos, demostrando una relación entre lo que se cree, lo que se valora y lo que se decide. Otros investigadores afirman que los sujetos en general son indiferentes a la consistencia entre sus ‘creencias’ y saberes, por lo que no diferencian entre estos dos elementos centrales (Ubillos, Mayordomo y Páez, 2004).

Estas tres categorías que abordan las actitudes en los consumidores de dichos productos fueron evaluadas mediante el empleo de un *test t* de datos apareados, de tal manera que se puedan apreciar fluctuaciones en alguno de sus tres componentes.

3.3.3 Química en contexto

El enfoque de “química en contexto” propone enseñar los principios químicos relacionándolos con situaciones cotidianas y problemáticas sociales reales. En este marco, el término contexto se entiende como un escenario o situación concreta, **relevante** y significativa para el estudiante, permitiendo vincular el contenido conceptual con experiencias de su vida cotidiana, como en la nutrición, el análisis de alimentos o los suplementos dietarios.

Según Eilks y Hofstein (2015), este enfoque permite conectar el contenido químico con problemas reales y fomentar su alfabetización científica que permite a los ciudadanos tomar decisiones informadas sobre temas como la alimentación, el cuidado de la salud o el medioambiente.

Por otro lado, Martínez y García (2017) señalan que la química en contexto permite que los estudiantes comprendan mejor los conceptos químicos cuando estos se relacionan con situaciones reales y significativas de su entorno. Este enfoque permite que se vincule una conexión entre el contenido conceptual y su utilidad en contextos reales para cada cual, como lo es la alimentación y suplementación.

Aplicando este enfoque al campo de la nutrición, la química en contexto facilita el aprendizaje y el análisis de los componentes presentes en los alimentos que ingerimos, permitiendo no solo a los estudiantes, sino a cualquier persona del común comprender su composición química, sus efectos en el organismo y reconocer sustancias como los carbohidratos, los lípidos o compuestos como la creatina. Esto resulta clave en investigaciones como la presente, en la cual se busca comprobar que los valores de creatina declarados por distintos fabricantes coincidan con el contenido real en el producto, integrando así aspectos éticos, técnicos y científicos que pueda ser un aporte no solo para un estudiante del área, a cualquier sujeto.

Este enfoque también fomenta el desarrollo del pensamiento crítico y la toma de decisiones responsables, lo que contribuye a formar consumidores informados y conscientes de los procesos químicos involucrados en su alimentación diaria.

3.3.4 Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA)

Los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) son entornos digitales diseñados para facilitar procesos educativos o formativos mediante la integración de tecnologías de la información como navegadores o páginas web (ver anexo I). Estos espacios permiten la interacción entre docentes y estudiantes, la gestión de contenidos y el seguimiento del progreso académico, entre otros. Según García-Peñalvo y Seoane-Pardo (2015), los AVA

ofrecen una estructura que soporta la enseñanza, el aprendizaje y la retroalimentación en un mismo ecosistema, promoviendo la autonomía del estudiante y la flexibilidad en la adquisición de conocimientos.

En el contexto de la educación en espacios no convencionales, los AVA han demostrado ser herramientas eficaces para la implementación de estrategias pedagógicas centradas en un contenido específico, fomentando la participación de diversos agentes de una comunidad, sin que sea un impedimento la infraestructura, el costo, el desplazamiento o el tiempo propios de un espacio formal como una universidad o un colegio.

La relevancia de los AVA ha ganado terreno en una era digital emergente sin retroceso que se presencia en nuestros tiempos, especialmente en y posterior a la pandemia del COVID en el año 2020, este ecosistema interactivo puede ser de gran provecho para la aplicación del presente proyecto, pues facilita su acceso a personas que no son estudiantes regulares.

4 METODOLOGÍA

El proyecto se orientó desde un enfoque metodológico mixto, en la medida de combinar aproximaciones cuantitativas, relacionadas con la determinación de analitos de corte proteico, específicamente en creatina y cualitativas en lo que tiene que ver con la investigación sobre los cambios actitudinales en el grupo objetivo, una vez efectuado el ejercicio de intervención, orientados desde un proceso de triangulación de fuentes de recolección de información: el marco teórico y de antecedentes, los datos empíricos del grupo participante y la percepción del investigador.

Con base en lo recién descrito y para dar cuenta del problema de investigación planteado en ella, se definieron tres fases metodológicas, las cuales se articulan de manera correspondiente con los objetivos específicos previamente definidos.

4.1 Fase inicial

Se orientó a indagar respecto a las percepciones y conocimientos previos en un grupo objetivo de usuarios regulares en gimnasios de una muestra intencionada (encuesta diagnóstica 15 y prueba de salida 18), a partir de una serie de categorías deductivas, así como el diseño, pilotaje, ajuste y validación de contenido y de confiabilidad interna de los instrumentos de recolección de información, así como la selección de productos y técnicas pertinentes para el estudio de los suplementos.

Es importante dar una muy concisa justificación al tamaño pequeño de la muestra, en dos sentidos: el primero radica en el hecho de que es una muestra de oportunidad, en el entendido que el tesista funge como asistente o usuario en uno de dos establecimientos, mientras que en el otro le fue otorgado un permiso para implementar el AVA, el segundo atiende a que en el primer semestre de 2025 los participantes se ofrecieron voluntariamente a colaborar con el estudio, sin ningún tipo de presión o beneficio, lo que supone un sacrificio en el tamaño de la muestra, que se compensa con fiabilidad y autenticidad en la información suministrada y en últimas, en los resultados obtenidos para el colectivo analizado.

4.1.1 Dimensiones deductivas:

- Conocimiento previo sobre suplementos proteicos: que pretendió indagar sobre el conocimiento de diversos tipos de proteínas y creatinas, dosis recomendadas, efectos positivos y negativos, fabricación de los productos, etc.
- Percepción sobre la eficacia de los suplementos: Expectativas y creencias sobre los resultados que se obtendrían al consumir productos comercializados como granulados purificados de proteínas o de creatina.
- Fuentes de información: Que dio cuenta de las fuentes de información en suplementos deportivos, en entrenadores, redes sociales, influencers, estudios científicos, entre otros.
- Actitudes hacia la ciencia y la nutrición: que pretendió indagar cómo se valora la información científica (si es que se consulta) o profesional relacionada con los suplementos proteicos.

4.1.1.1 Documentación previa acerca de las temáticas de trabajo

Primeramente, se realizó una documentación acerca de las técnicas necesarias y ejes principales del trabajo como: preparación, tratamiento, origen, características y diferencias entre los suplementos proteicos; así como, estrategias de alfabetización científica en consumidores (AVA); estado del arte, fundamentos e importancia de las actitudes en relación con la disposición de la toma basada en hechos y conjeturas en ciencia, sobre el consumo de estos productos alimenticios.

4.1.1.2 Selección de las muestras

Se decide trabajar con diferentes muestras de proteína de sueros y creatinas expandidas en tiendas de suplementos deportivos con mayor acotación o representación en el mercado, excluyendo del análisis del laboratorio suplementos como BCAA'S (aminoácidos de cadena ramificados), así como suplementos con proteínas de origen vegetal, esto por la baja demanda actual de los compradores, por ende, un bajo consumo de estos.

4.1.1.3 Selección de las técnicas analíticas

Una vez realizada la etapa documental, se realizó una selección de las metodologías analíticas más pertinentes que se utilizaron en la investigación, teniendo en cuenta las capacidades técnicas y limitaciones del laboratorio, adicionalmente de la adquisición de productos de referencia por su alto costo económico.

4.2 Fase de Desarrollo

Que implicó la determinación cuantitativa de creatina y proteína (WH) en dos metodologías ampliamente difundidas en la literatura: Método Kjeldahl y cromatografía líquida de alta resolución, HPLC, en una serie de productos, expandidos como de venta libre o como creatina purificada, así como la aplicación de los instrumentos de recolección de información y estructuración del AVA, desde la formulación de los elementos estructurantes.

4.2.1 Cuantificación del porcentaje de proteínas en suplementos deportivos “Whey protein” y creatina mono hidrato.

La determinación de proteínas en alimentos se realiza a partir de su contenido en nitrógeno proveniente de los aminoácidos presentes en las extensas estructuras proteicas, en el caso de alimentos se utilizó la técnica más ampliamente usada: método Kjeldahl, aplicada por su relativa fácil aplicación en laboratorios, esta técnica se aplicó en proteínas de suero (WH) y para creatinas, aunque no es un camino analítico tradicional para este último, se implementó como un elemento de interés dentro de la investigación para cuantificar dicho analito. Para la presente investigación se siguió el procedimiento para la determinación de analito (ver anexo B).

4.2.2 Cuantificación del porcentaje de creatinas en suplementos deportivos por metodología HPLC

La cuantificación de creatina monohidrato en suplementos deportivos expendidos a nivel local, se llevó a cabo a través de la técnica analítica más discriminante frente a la metodología Kjeldahl para la separación de mezclas generalmente líquidas HPLC y para tal propósito, se implementó un protocolo de laboratorio, acompañado de condiciones cromatográficas específicas para el equipo de la UPN (Tabla 2), en conjunto con el procedimiento para preparación e inyección de muestras y curva de calibración, (ver anexo C).

4.2.3 Pruebas cualitativas para determinar excipientes o adulteraciones en creatinas

Posteriormente a la realización de pruebas cuantitativas a creatinas comerciales, se optó por realizar pruebas cualitativas o semicualitativas para parámetros como pH, detección de almidón, azúcares, alcaloides, entre otros, en contraste con muestras patrones para lograr la identificación de excipientes o sustancias no declaradas en etiquetas de los productos de estudio. (Tabla 12).

4.3 Fase final:

Diseño y evaluación del AVA en términos de los aportes al fortalecimiento del proceso de alfabetización científica, así como en la generación de cambios actitudinales en los usuarios de gimnasios seleccionados. (discusión de resultados “por triangulación: marco teórico y de antecedentes, resultados empíricos y percepción del investigador” y formulación de conclusiones).

4.3.1 Construcción del AVA

El ambiente virtual de aprendizaje se diseñó como una estrategia de aprendizaje autónomo para usuarios de gimnasios y estudiantes de libre acceso, así como estrategia de intervención en el aula, por su facilidad de ser aplicado por un docente en curso típico de bioquímica, por lo que fue necesario establecer los objetivos de su construcción e implementación, al igual que lo concerniente a contenido y organización.

4.3.2 Objetivos

- Proponer un espacio virtual en el cual se encuentra una serie de actividades adecuadas respecto a la alfabetización científica relacionada con el consumo responsable de suplementos deportivos, de libre acceso para los usuarios regulares de gimnasios.
- Aportar contenido verídico de calidad, con respaldo científico sobre temas nutricionales, deportivos y químicos elementales.
- Suministrar una guía para los docentes que pretendan abordar un curso de alimentos dentro de sus áreas afines, con un enfoque focalizado en los suplementos deportivos (no se alcanzó a aplicar, debido a que los permisos otorgados por los gimnasios fueron emitidos muy al final de todo el estudio, lo que impidió su implementación con docentes de la universidad, que era la idea original).

4.3.3 Contenido

- Prueba de entrada: Esta prueba consta de preguntas de selección múltiple y preguntas semiabiertas.
- Videos y lecturas: Recursos que fomenten el interés, el aprendizaje y la alfabetización en los aspectos seleccionados.
- Unidades disciplinares: Una serie de contenidos disciplinares reunidos en unidades con un determinado sentido y secuenciación para el correcto aprendizaje de los internautas del AVA.
- Pruebas de salida: consta de preguntas abiertas, interpretación de casos y preguntas cerradas.

4.3.4 Organización

El AVA se organiza de tal manera que sugiere al estudiante una trayectoria lineal, sin embargo, puede ser consultado de manera libre, así como un apartado contiene una guía del docente, como se describe a continuación:

- ✓ Introducción
- ✓ Menú
- ✓ Objetivos
- ✓ Contenidos
- ✓ Realiza tu dieta
- ✓ Datos relevantes
- ✓ Evalúa tus conocimientos
- ✓ Guía del docente
- ✓ Bibliografía

4.3.5 Diseño de las actividades

Las actividades se diseñaron teniendo en cuenta los espacios (gimnasios) escogidos para aplicarlo, y su oportunidad de libre acceso para cualquier sujeto que frecuente estos

espacios. Adicional a lo anterior, se diseñaron los contenidos y actividades, en relación con los siguientes propósitos:

- ✓ Identificar conocimientos sobre nutrición y suplementación
- ✓ Introducir a las personas en composición nutricional de los alimentos
- ✓ Contextualizar los suplementos con su conformación y con la información de su síntesis química
- ✓ Rutas metabólicas
- ✓ Análisis y decisión sobre el consumo de suplementos
- ✓ Evaluar la efectividad del AVA como estrategia de alfabetización científica en espacios no convencionales.

4.3.6 Implementación del AVA

La estrategia de intervención de alfabetización científica a través de un AVA en gimnasios (espacios no convencionales), se implementó con una muestra intencionada de dos gimnasios de la ciudad de Bogotá, ubicados en el sur, con diversos rangos de edad, género y profesión u oficio.

Algunas de las actividades se desarrollaron en forma grupal y otras de forma individual o en parejas.

El tiempo que se destinó en trabajo con los participantes, teniendo en cuenta los espacios prolongados de encuentros permitidos por los gimnasios o los usuarios, fue aproximadamente de 4 meses, que se explican con algún detalle a continuación.

- Primer mes

Redacción y envío de cartas de presentación a los dos gimnasios elegidos con el eje y pretensiones del proyecto en pro de aplicar el instrumento de percepción de actitudes y

conocimiento en la población asistente, adicionalmente, invitación a usuarios que quisieran participar de forma individual.

- Segundo mes

Aplicación del instrumento de entrada (encuesta diagnóstica-conocimientos y actitudes frente al consumo de suplementos deportivos), en distintos momentos según espacio y tiempo de cada participante.

- Tercer mes

Charla tipo conferencia aceptada por uno de los dos gimnasios con asistencia libre de los usuarios, para la cual participaron 10 personas, la secuencia de actividades fue la siguiente:

- ✓ ¿Cómo se compone un alimento?
- ✓ ¿Para qué existen los suplementos?
- ✓ Presentación AVA
- ✓ Para qué y cómo usar un suplemento
- ✓ Guía de actividades.

- Cuarto mes

Seguimiento con los usuarios que de manera autónoma interactuaban con el AVA y presentación para el grupo restante de personas provenientes del gimnasio, para quienes no fue posible conseguir la apertura de un espacio para la realización de la charla, pero permitió llevar a cabo la investigación con una muestra de 8 personas seleccionada de manera intencional.

Finalmente, en los dos grupos de ambos gimnasios se realizó el envío del instrumento de salida, con el objeto de determinar la funcionalidad y efectividad del AVA, acompañado de instrucciones y participantes.

5 RESULTADOS

5.1 Fase inicial:

Definición de la muestra: Para el estudio, se seleccionó una muestra de usuarios regulares en dos gimnasios de barrio ubicados en la ciudad de Bogotá.

- **Criterios de inclusión:** Usuarios de gimnasios regulares, por ejemplo, aquellos que entrenan al menos 1 vez por semana y consumen suplementos proteicos o tienen intenciones de hacerlo, en edades comprendidas entre los 18 y los 50 años.
- **Criterios de exclusión:** Personas que no consumen suplementos y no pretenden acceder a estos o que entrenan solo de manera esporádica o sujetos con enfermedades crónicas que afecten el metabolismo de proteínas.
- **Tamaño de la muestra:** 15 personas para la prueba diagnóstica y 18 personas para la prueba de salida.
- **Estrategia de muestreo:** Para la investigación se optó por un muestreo *no probabilístico por conveniencia*, dado que se busca acceder a usuarios de gimnasios específicos y regulares. Este tipo de muestreo contó con características positivas para el estudio, como lo fueron, la accesibilidad de los participantes y la no aleatoriedad de un método probabilístico común en el cual no todos los individuos de la población tienen la misma probabilidad de ser seleccionados (Martínez J, 2020).

5.1.1 Resultados instrumento de entrada “Encuesta diagnóstica- conocimientos y actitudes frente al consumo de suplementos deportivos”

A partir del instrumento diseñado (ver anexo D) para captar información de interés sobre las dimensiones antes mencionadas, aplicado por medio de la plataforma Microsoft Forms, se realizó un análisis estadístico, empezando por una depuración de datos (eliminar

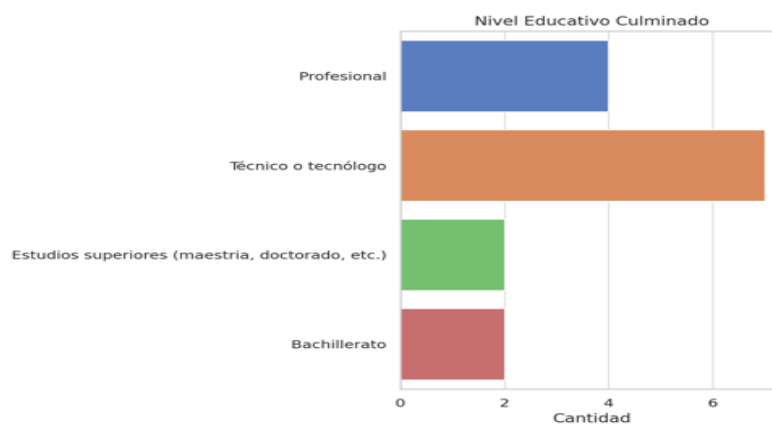
filas, documentar la base de datos, etc.), codificación de respuestas abiertas, transformación de variables de texto a formatos numéricos o categóricos adecuados para el análisis (ej, “Sí” a 1, “No” a 0), manejo de respuestas múltiples. Para su análisis se dividió en 4 etapas:

1. Análisis descriptivo general de la muestra
2. Análisis por cada dimensión deductiva
3. Correlaciones y segmentaciones clave
4. Recomendaciones e implicaciones para la alfabetización

1) *Análisis descriptivo de la muestra*

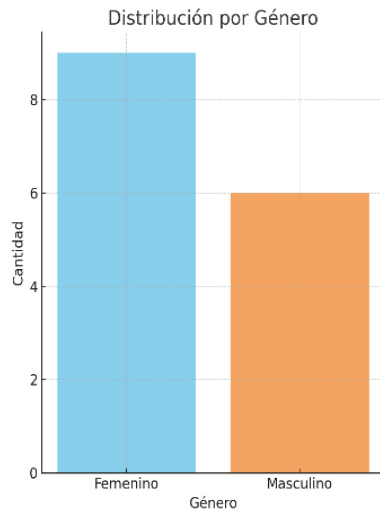
Con el fin de caracterizar la población participante en la investigación, se realizó un análisis descriptivo general de variables sociodemográficas más relevantes: genero, nivel educativo y frecuencia de asistencia al gimnasio. Estos elementos permiten contextualizar el perfil de las personas encuestadas y permiten establecer puntos de partida para interpretar posteriormente sus conocimientos, percepciones y/o actitudes frente al consumo de suplementos deportivos. A continuación, se presentan las gráficas correspondientes.

Figura 5. Resultados para el análisis descriptivo 1



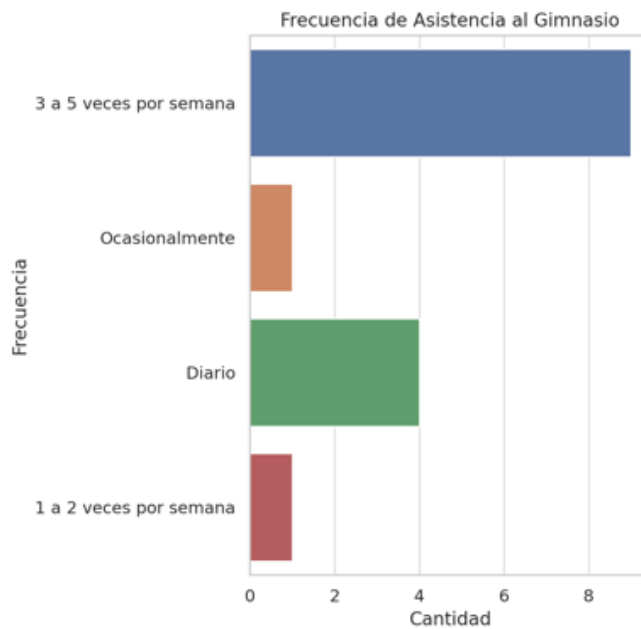
Fuente: elaboración propia

Figura 6. Resultados para el análisis descriptivo 2



Fuente: elaboración propia

Figura 7. Resultados para el análisis descriptivo 3



Fuente: elaboración propia

En cuanto a la caracterización de los participantes, como se puede observar la muestra está compuesta mayoritariamente por personas de género femenino, lo cual puede responder a una mayor disposición de este grupo para participar en actividades académicas. En relación con el nivel educativo, predomina la formación técnica o tecnológica, lo cual permite inferir

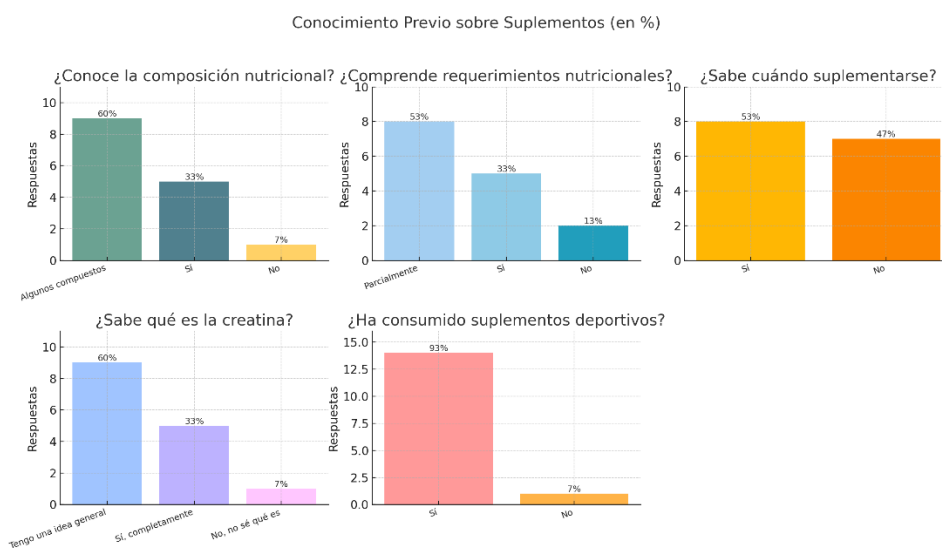
un perfil con cierta base académica para abordar procesos de alfabetización científica sin llegar a personas con estudios avanzados. Respecto a la frecuencia de asistencia, se destaca que la mayoría entrena entre tres y cinco veces por semana lo que respalda la elección del grupo objetivo: usuarios regulares de espacios de acondicionamiento físico. Teniendo este panorama preliminar se permite establecer que los sujetos participantes, no solo están expuestos con frecuencia al entorno de suplementos deportivos, sino que adicionalmente tienen un perfil formativo que permite facilitar la comprensión e incorporación de contenidos científicos aplicados a su día a día.

2) *Análisis de cada dimensión deductiva*

Dimensión 1:

- Conocimiento previo sobre suplementos proteicos. En esta dimensión se enfocó en explorar el nivel de conocimiento que poseen los usuarios de gimnasios sobre la composición nutricional de los alimentos, el funcionamiento de suplementos como la creatina y qué criterios aplican al momento de considerar su uso.

Figura 8 Resultados dimensión 1, prueba diagnóstica. 1.

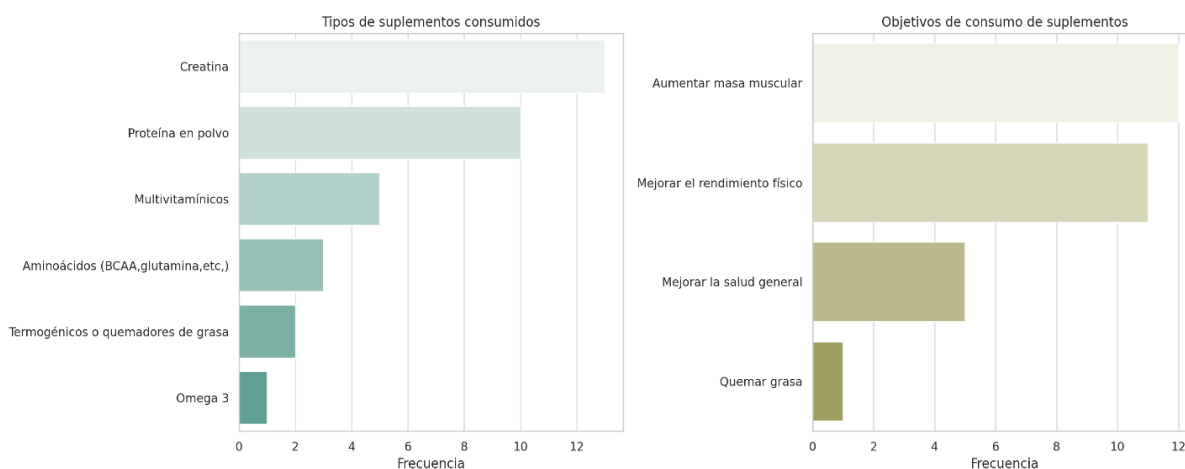


Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos evidencian que alrededor del 60% de los participantes tienen una idea general sobre la composición nutricional básica de los alimentos y el funcionamiento de la creatina, lo que mostró que muchos desconocen, tanto la composición química del suplemento como su metabolismo al interior del cuerpo humano. De la misma manera, aunque el 53% indican comprender requerimientos calóricos y saber cuándo es adecuado suplementarse, las afirmaciones categóricas denotan un bajo dominio del tema. También se observa un alto uso de consumo de suplementos (93% de los encuestados), lo que resalta una disociación entre el uso práctico de estos y la comprensión científica de su función. Esta brecha o disonancia entre consumo y conocimiento justifica, en buena medida, la necesidad de intervenir educativamente mediante propuestas de alfabetización científica, que fortalezcan la toma de decisiones informadas sobre el uso de suplementos deportivos, que sugieren autores como Sánchez, (2012), Rodríguez y Ramos, (2014).

- Tipos de suplementos consumidos y objetivos de su consumo. Con el fin de indagar cuáles son los suplementos más consumidos por los usuarios y cuál es el nivel de correlación de conocimiento respecto a lo que se consume y su efecto en el organismo, se presentan los siguientes resultados.

Figura 9 Resultados dimensión 1, prueba diagnóstica. 2.



Fuente: elaboración propia

Al cuestionar sobre los tipos de suplementos consumidos, se evidencia una clara preferencia por la creatina y la proteína en polvo (WH), (figura 9), lo que coincide con los

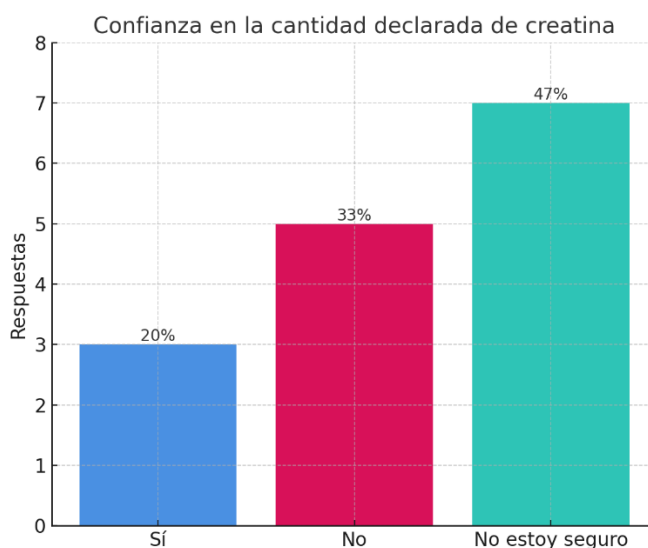
productos más populares y de mayor disponibilidad en el mercado deportivo. En cuanto a los objetivos del consumo, destaca la intención de aumentar masa muscular como el propósito predominante, seguido por la mejora del rendimiento físico. Estos hallazgos confirman que si bien los usuarios tienen una motivación concreta relacionada con la estética y el desempeño, ésta no viene acompañada de una comprensión profunda sobre la composición y funcionamiento bioquímico de estos productos, por ejemplo, en el entendido de que uno de los usos más frecuentes de la creatina es para la mejoría o aumento de la fuerza general y la recuperación muscular (Pacheco Valdivia et al., 2023) (0 respuestas), o presumir que un suplemento mejorara la salud en general, lo que reafirma la pertinencia de una intervención educativa orientada hacia el cambio actitudinal en la toma de decisiones fundamentada.

Dimensión 2:

- Percepción sobre la eficacia de los suplementos. Esta dimensión se centró en explorar las creencias y expectativas de los usuarios respecto a la eficacia de los suplementos, en particular sobre su composición real y la confianza que se tiene en los productos disponibles en el mercado. También se relaciona con los fines específicos para cada quien, que motivan su consumo, permitiendo entender cómo se construyen sus respectivas percepciones de efectividad en contextos no científicos.

Los resultados muestran que el 80% de los usuarios no confía plenamente en que sus suplementos contienen exactamente lo que declaran en la etiqueta (figura 10), lo cual refleja una percepción de incertidumbre o desconocimiento frente a la calidad del producto. A pesar de ello, el consumo persiste, especialmente con el objetivo de aumentar masa muscular, denotando que las expectativas sobre los beneficios percibidos superan las dudas sobre su contenido real o posibles adulteraciones.

Figura 10. Resultados dimensión 2, prueba diagnóstica.

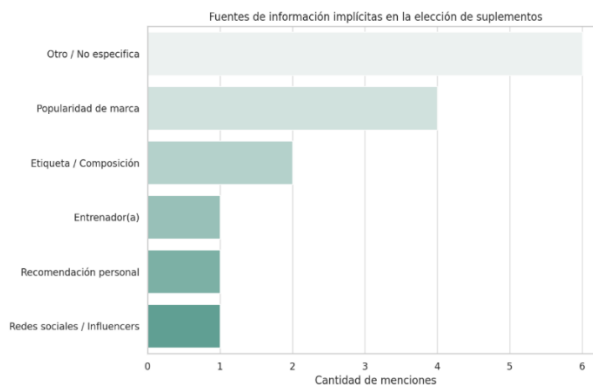


Fuente: elaboración propia

Dimensión 3:

Fuentes de información. Para esta dimensión se optó por dejar una pregunta de respuesta abierta, es decir de manera indirecta, indagar respecto a las fuentes de información que influyen la decisión la hora de comprar y consumir determinado suplemento por parte los usuarios, por lo tanto, se analizaron las respuestas abiertas, con el fin de reconocer patrones sobre cómo y por qué los participantes seleccionan una determinada marca o producto.

Figura 11 Resultados dimensión 1, prueba diagnóstica 3.



Fuente: elaboración propia

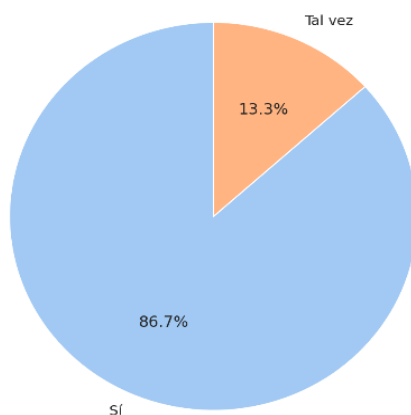
El análisis de las respuestas permite revelar que la popularidad de la marca el precio y las recomendaciones personales son las fuentes de información más mencionadas por los participantes al momento de decidir sobre su suplementación. Llama la atención que ninguno de los encuestados hace referencia a la evidencia científica o al análisis de etiquetas como criterio de elección, sin mencionar que algunos de ellos pudieron optar por la publicidad comercial frente la información técnica o profesional, reforzando la tesis de la utilidad de alfabetizar científicamente a esta población en particular.

Dimensión 4:

Actitudes hacia la ciencia y la nutrición. Esta dimensión tuvo como propósito indagar cómo valoran los usuarios la información científica en relación con el consumo de suplementos dietarios, buscando conocer si es importante para ellos consultar composición de los productos, procesos de verificación química o si perciben la química como una herramienta útil para la toma de decisiones informada.

Figura 12 Resultados p. diagnóstico, bloque 4. 1.

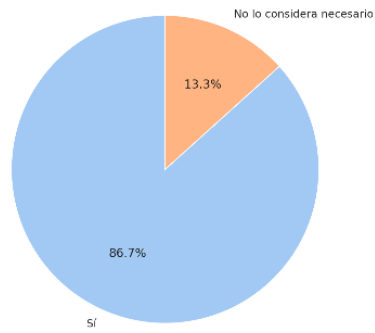
Le gustaría conocer más sobre cómo se analiza la creatina y/o proteínas en laboratorio?



Fuente: elaboración propia

Figura 13 Resultados p. diagnóstico, bloque 4.2.

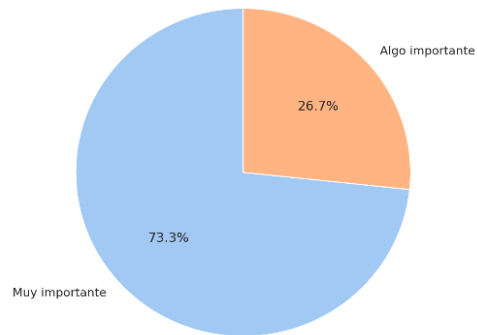
¿Cree que los conocimientos de química pueden ayudarle a tomar mejores decisiones sobre su alimentación y el uso de suplementos?



Fuente: elaboración propia

Figura 14 Resultados p. diagnóstico, bloque 4.3.

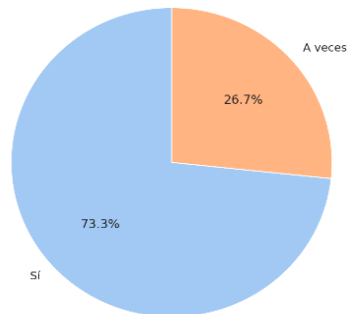
¿Qué tan importante le parece saber cómo se verifica químicamente la composición de un suplemento?



Fuente: elaboración propia

Figura 15 Resultados p. diagnóstico, bloque 4.4.

¿Considera importante revisar la composición nutricional en las etiquetas de los suplementos y alimentos?



Fuente: elaboración propia

Las respuestas muestran una actitud mayoritariamente favorable hacia la ciencia, especialmente en lo que respecta a la utilidad de los conocimientos de química en la toma de decisiones sobre nutrición (Ver figura 12 a 14). El 73.3% de los participantes también consideran importante revisar las etiquetas de los productos y muestran interés por conocer los métodos de verificación de suplementos.

3) *Correlaciones y segmentaciones clave.*

En esta etapa se realizó un análisis cruzado entre las dimensiones trabajadas, con el fin de identificar posibles relaciones entre el nivel de conocimiento previo, las actitudes hacia la ciencia y la frecuencia de asistencia al gimnasio. Para ello, se construyeron índices cuantitativos que permiten observar patrones de comportamiento y establecer perfiles con base en la combinación de estas variables (ver tabla 3).

Para el cálculo de los índices de conocimiento y actitudes, cada respuesta de la encuesta fue ponderada numéricamente según criterios previamente establecidos. En el caso del índice de conocimiento, se agruparon preguntas orientadas a evaluar nociones sobre la composición nutricional, requerimientos, momento adecuado para suplementarse y conocimiento sobre la creatina (véase figura 9). A cada respuesta evidenciara dominio del tema (por ejemplo, “Sí”, “Si completamente”) se le asignó un valor de 1 punto; de manera contraria las respuestas negativas como “No” se les daba un valor de 0 puntos, la suma de estos puntajes por participante constituyó el valor de cada índice.

Por ejemplo, el participante 6, respondió: “Sí” a la pregunta ¿Conoce la composición nutricional de los suplementos deportivos? (1 puntos), “Sí” a ¿sabe cuándo suplementarse? (1 punto), “No” a ¿comprende los requerimientos nutricionales según su actividad física? (0 puntos), “Sí, completamente” a ¿Sabe qué es la creatina? (1 punto) La suma total (1+1+0+1) resultó en un **índice de conocimiento 3**.

Para el caso de índice de actitudes, se consideraron las preguntas que indagaban sobre la importancia asignada a la composición nutricional, el interés por la verificación química

de suplementos y la utilidad de los conocimientos en química en la toma de decisiones (ver figuras 13 y 14). Las respuestas que denotaban una actitud altamente favorable (por ejemplo, “Muy importante” o “sí”), se otorgaba 1 punto, las que indicaban una actitud intermedia (“algo importante” o “Tal vez”) 0,5 puntos y las respuestas desfavorables con 0 puntos. En el mismo participante las respuestas fueron “Muy importante” para la primera pregunta (1 punto), “Algo importante” para la segunda y tercera pregunta (0,5 puntos para cada una), para un total de 2 puntos en el **índice de actitud hacia la ciencia (1+0,5+0,5)**.

Este procedimiento permitió resumir, en una sola medida por dimensión el desempeño o la disposición de cada participante, facilitando el análisis estadístico posterior.

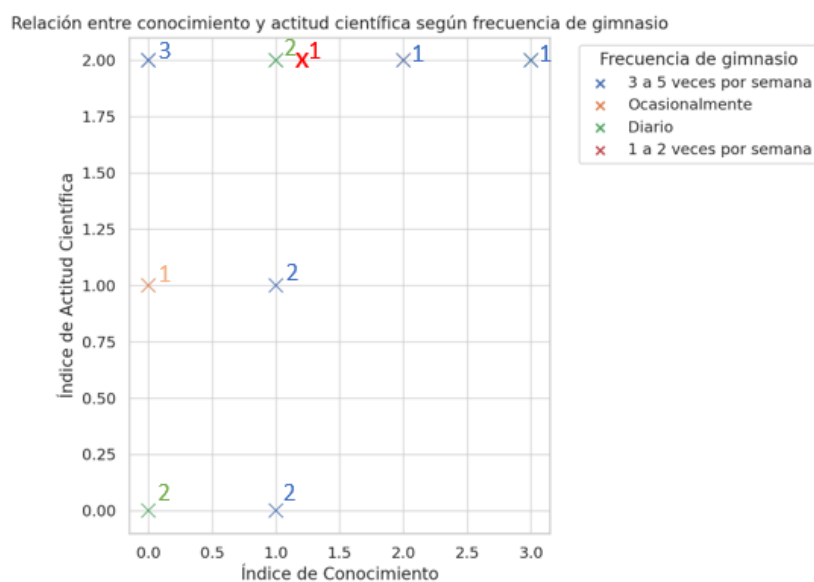
Tabla 3. Índices en contrastación con frecuencias de asistencia

<i>Participante</i>	<i>Índice de Conocimiento</i>	<i>Índice de Actitud Ciencia</i>	<i>Frecuencia Gimnasio</i>
1	1	2	3 a 5 veces por semana
2	1	0	3 a 5 veces por semana
3	0	1	Ocasionalmente
4	0	0	Diario
5	0	2	3 a 5 veces por semana
6	3	2	3 a 5 veces por semana
7	0	2	3 a 5 veces por semana
8	0	2	3 a 5 veces por semana
9	2	2	1 a 2 veces por semana
10	2	2	Diario
11	0	0	Diario
12	2	2	3 a 5 veces por semana
13	2	2	Diario
14	3	2	3 a 5 veces por semana
15	1	1	3 a 5 veces por semana

Fuente: elaboración propia

A partir de esta tabla, se generó un gráfico de dispersión y comparación entre grupos, para identificar patrones o correlaciones. El gráfico de dispersión muestra una tendencia general en la que los participantes con mayor actitud científica tienden también a presentar un conocimiento más sólido sobre los suplementos deportivos. Así mismo, se observa que quienes asisten al gimnasio con mayor frecuencia tienden a agruparse en los niveles altos de ambos índices, esto sugiere que el compromiso con la actividad física podría estar relacionado con una mayor disposición a informarse y valorar la evidencia científica, punto de radical importancia si se piensa en la fuente de información para un novato que recién ingresa al mundo deportivo; no obstante lo anterior, se evidencia que aún persisten algunos casos con baja actitud o bajo conocimiento en usuarios frecuentes.

Figura 16 Gráfico de dispersión combinado



Fuente: elaboración propia

En síntesis, la figura precedente muestra que, para los usuarios de asistencia diaria, domina el bajo conocimiento, así como una actitud favorable en el 50 % en términos de la importancia de los conocimientos científicos y en este mismo aspecto una actitud muy desfavorable en el 50 % restante. En el grupo de los asistentes de 3 a 5 veces por semana es evidente en el 67 % de los participantes presenta una favorable actitud frente a la relevancia

de los conocimientos científicos respecto al consumo de suplementos deportivos, mientras que en relación con el nivel de conocimiento solo el 33 % de los encuestados da cuenta de un índice de conocimiento elevado, por lo que domina ampliamente el bajo conocimiento, incluyendo casos extremos.

Por su parte, en el clúster que agrupa los participantes con escasa asistencia al gimnasio, sea ocasionalmente o 1 a 2 veces a la semana, en general muestran un bajo índice de conocimiento y una actitud moderadamente favorable hacia la ciencia.

Grosso modo, se puede afirmar que prima en una muy elevada proporción de participantes hacia bajo y muy bajo conocimiento, mientras que, en términos de actitudes hacia la importancia de un conocimiento sólido frente a los aspectos científicos relacionados con el consumo de suplementos deportivos, la tendencia apunta a muy elevada concepción sobre las percepciones sustentadas en este terreno o dominio.

4) *Recomendaciones e implicaciones para la alfabetización*

A partir de los hallazgos obtenidos, se identifica una serie de oportunidades para promover procesos de alfabetización científica en usuarios de gimnasios, específicamente orientados al consumo de suplementos deportivos. Se identifican algunos vacíos conceptuales relacionados con la estructura química (creatinas y proteínas), el funcionamiento del suplemento y las necesidades del organismo, y se percibe una apreciable influencia de fuentes no especializadas, así como un uso frecuente de estos productos, sin criterios técnicos, que sugieren la necesidad de generar materiales didácticos accesibles, contextualizados y sobre todo respaldados por evidencia científica. Por lo anterior, es importante el de diseño de un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) que ofrezca contenidos visuales, interactivos y segmentado por niveles de conocimiento, empezando por las nociones más básicas hasta elementos avanzados como el análisis crítico de etiquetas, comprensión de compuestos y evaluación crítica de la información, se constituye en un elemento

Por otra parte, se hace conveniente proponer que los gimnasios se constituyan espacios educativos ocasionales, aprovechando la alta frecuencia de usuarios, mediante recursos como códigos QR, pósteres, o charlas presenciales complementarias. Lo anterior en la búsqueda, no solo de cerrar brechas entre la práctica y el conocimiento, sino también en la vía de fortalecer las actitudes positivas hacia la ciencia y fomentar una cultura de autocuidado, basada en información confiable y verídica.

5.2 Resultados y análisis - fase de desarrollo

5.2.1 Determinación de proteínas por método Kjeldahl

En cuanto a la fase de análisis cuantitativo de laboratorio, en primera medida se realizó una serie de pruebas por el método Kjeldahl para la cuantificación de proteína en suplementos deportivos, frente a lo declarado en la etiqueta, para proteína de suero, proteínas agregadas o aislados de proteína. A continuación, se presentan los resultados a partir de las ecuaciones (1) y (2) para su cuantificación (tomadas de ITW Regents, 2019, p. 11), así como algunos datos estadísticos que permitieron validar el método analítico elegido para tal fin.

$$\%Nitrógeno = \frac{(V1, mL \text{ de ácido valorante} - V2, mL \text{ blanco}) * N \text{ ácido} * 1,4007}{W \text{ gramos muestra}} \quad (1)$$

$$\%Proteína = \% N * 6,25 \quad (2)$$

Tabla 4 Ej. porcentaje de proteínas para suplemento marca Proscience

Digestiones Kjeldahl Proscience (78,78%)

Ensayos	masa (g)	Conc HCl (N)	Consumo en mL	Factor	%N real	%Proteína real
1	0.184	0,097	15.8	6.25	11.62	72.61
2	0.182	0,097	15.8	6.25	11.75	73.41
3	0.187	0,097	16.75	6.25	12.12	75.74
					Promedio	73.92

Fuente: elaboración propia

Ejemplo - Cálculo de desviación estándar

Se usó la fórmula de desviación estándar muestral (ecuación 2) (se ilustra solo una muestra de cálculo):

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{2.648} = 1.63$$

Ejemplo Cálculo de % Error relativo

Valor declarado: 78.8 %

Valor encontrado: 73.9 %

$$\%Error = \frac{|73.9 - 78.8|}{78.8} * 100 = 6.2\% \quad (4)$$

Error relativo = 6.2%

Coefficiente de variación porcentual (CV%)

$$\frac{s}{Promedio} * 100 \quad (5)$$

$$\frac{1.627}{73.9} * 100 = 2.2\%$$

Cálculo de desviación estándar

$$s = 2,585$$

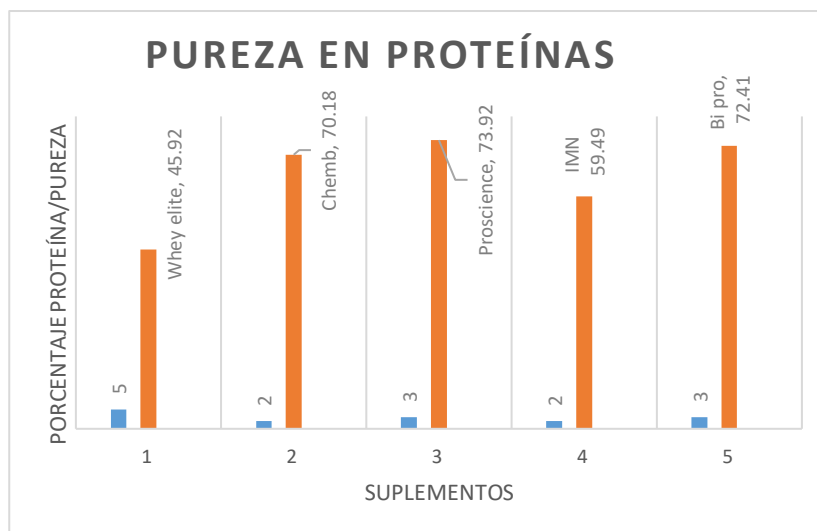
En cuanto a los resultados obtenidos, a modo de resumen, se evaluaron cinco marcas comerciales de suplementos proteicos tipo Whey (suero de leche) mediante el método Kjeldahl (ejemplo de cálculos para una referencia, tabla 4), con el fin de cuantificar su contenido real de proteína total expresado como porcentaje de nitrógeno y convertido a proteína mediante el factor estándar 6,25 expresado en la ecuación (1). (Ver tabla 5 y figura 17)

Tabla 5 Resultados obtenidos para proteínas de suero

Marca del producto	%N obtenido	%Proteína total	Desviación estándar	Error relativo	Coefficiente de variación
Whey elite	7.35	45.92	3.62	44.87	7.88
Chemblab	11.23	70.18	2.59	12.28	3.69
Proscience	11.83	73.92	1.62	6.19	2.19
IMN	9.52	59.49	3.9	25.64	6.56
Bi pro	11.59	72.41	1.5	9.49	2.07

Fuente: elaboración propia

Figura 17 Pureza de proteína en suplementos proteicos



Fuente: elaboración propia

- Contenido de proteína: Los valores obtenidos para proteína total se encuentran entre el 45,92% (Whey elite) y el 73,92% (Proscience) (figura 17), siendo respectivamente la marca con menor y mayor concentración proteica, pero los resultados pueden referirse más bien al hecho de que el cálculo para el porcentaje de proteína asume que todo el nitrógeno corresponde a un tipo particular de proteína, que determina el factor 6,25, pero esto no corresponde con la realidad, máxime a sabiendas que la metódica determina todo tipo de nitrógeno, lo que afectaría significativamente el porcentaje calculado, frente al real.
- Las marcas Chemblab, Proscience y Bi Pro presentaron contenidos de proteína superiores al 70%, lo cual es coherente con las afirmaciones de alta pureza que suelen representar productos de tipo WP o “isolated Whey”.
- Así mismo, Whey Elite arrojó el porcentaje más bajo (45,92%), lo que podría indicar un menor contenido proteico en contraste con lo reportado en su etiqueta o una presencia significativa de excipientes tampoco declarados.
- Precisión de las mediciones: Para evaluar este parámetro se utilizaron la desviación estándar (DS), el erro relativo (ER) y el coeficiente de variación porcentual (CV):
- Las marcas con mayor precisión en las mediciones fueron Bi Pro (2.07%) Proscience (2.19%), lo que refleja la homogeneidad entre replicados.
- Whey Elite y IMN presentaron los mayores CV (7.88% y 6.56% respectivamente, tabla 2), indicando variabilidad considerable entre réplicas analíticas, lo que podría deberse a heterogeneidad en las muestras o, por otro lado, errores sistemáticos durante la digestión o destilación.
- Además de lo anterior, el error relativo fue particularmente alto en las marcas Whey elite (44.87%) e IMN (25.64%), lo que puede indicar discrepancias importantes respecto a un valor teórico esperado que se reporta en su etiqueta nutricional o una potencial adulteración o inclusión de ingredientes no declarados que interfieren con los resultados obtenidos en el método.

El análisis denota las diferencias sustanciales entre marcas, lo cual vislumbra una variabilidad en la calidad del contenido proteico de los suplementos disponibles en el

mercado. Estas notables diferencias pueden tener implicaciones directas para el consumidor, por ejemplo, en términos de: incumplimiento de lo declarado por la etiqueta, efectividad del suplemento para fines deportivos o clínicos, posibles malas prácticas de economía de ingredientes, al acudir a marcas de menor costo, sin tener en cuenta la pureza real.

Es por esto que el ejercicio de análisis científico mediante el método Kjeldahl contribuye a fomentar una actitud crítica y fundamentada por parte de los consumidores. En consecuencia, a lo anterior, comprender una metodología para la determinación de proteínas puede ser una herramienta valiosa para fortalecer la alfabetización científica, específicamente en usuarios de gimnasios que toman decisiones de consumo basadas en aspectos nutricionales o comerciales. En tal sentido, promover este tipo de conocimiento empírico puede contribuir a una mejora en la toma de decisiones informadas, y por lo tanto, exigir una mayor transparencia y control de calidad en sus productos a las empresas que los comercializan o distribuyen.

5.2.2 Determinación de nitrógeno en creatinas por método Kjeldahl

Generalmente se entiende que el método de Kjeldahl está diseñado a estimar proteínas en alimentos, asumiendo un factor de conversión basado en el contenido promedio de nitrógeno en las proteínas usando distintos factores promediados según el alimento. (Tabla 1). Sin embargo, la creatina no es propiamente una proteína, aunque si es un compuesto nitrogenado, de características un tanto similares a los alfa aminoácidos; por lo tanto, el método puede ser aplicado para esta molécula, aunque en principio no sería técnicamente hablar de “proteína” en este contexto, teniendo en cuenta esto se expresan los resultados como % de nitrógeno y % de creatina (pureza). De igual manera con las proteínas de suero, se realizaron cálculos numéricos con las ecuaciones (1), (3), (4) y (5), obteniendo los siguientes resultados para 3 marcas comerciales:

Tabla 6 Resultados obtenidos para creatinas en método Kjeldahl

<i>Marca del producto</i>	<i>%N obtenido</i>	<i>%Pureza</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Error relativo</i>	<i>Coefficiente de variación</i>
<i>McKena</i>	22.27	77.33	10.6	22.67	13.71
<i>ChambLab</i>	20.93	72.67	17.65	27.33	24.29
<i>Platinum</i>	26.63	92.46	10.3	7.53	11.14

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en tres marcas comerciales de creatina monohidratos (McKena, Chemblab y Platinum) mediante el método Kjeldahl, se puede observar una amplia variabilidad tanto en la pureza calculada como en la precisión de los datos.

- La creatina McKena presentó un porcentaje de nitrógeno de 22.27%, lo que se traduce en una pureza aproximada de 77.33%. Sin embargo, la desviación estándar fue de 10.6, acompañada de un CV de 13.71%, lo cual puede indicar una variabilidad considerable entre réplicas y una precisión limitada.
- La marca Chemblab, mostró un porcentaje de nitrógeno inferior del 20.93% (pureza de 72.67%) y con valores más altos de desviación estándar (17.65) y CV del 24.29%. Estos datos sugieren una alta incertidumbre en la determinación del contenido, lo cual compromete la confiabilidad de los resultados y puede deberse a una baja homogeneidad de la muestra o posibles errores sistemáticos en la digestión o titulación en el método.
- Platinum, por su parte, mostró el mayor contenido de nitrógeno (26.63%) y la mayor pureza estimada (92.46%). Inicialmente se habían registrado una desviación estándar de 3.37 y un CV de 3.64%, lo que indicaría una alta precisión. Empero, con los valores corregidos (DE= 10.3 y CV = 11.14%), se observa que, aunque mantiene la mejor relación entre concentración y pureza entre las tres referencias, que también presenta una dispersión significativa.

En conjunto, los resultados reflejan que el método Kjeldahl puede ofrecer una estimación del contenido de nitrógeno total y una aproximación a la pureza de creatinas, pero su fiabilidad es limitada debido a la variabilidad observada. Dichas limitaciones se hacen evidentes en los altos valores de error relativo y coeficientes de variación, incluso en productos con aparente buena calidad como la creatina Platinum.

Este análisis sustenta la decisión del cambio metodológico de emplear técnicas instrumentales más específicas como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), que permiten discriminar con mayor precisión compuestos específicos como la creatina, frente a otras fuentes de nitrógeno que pueden estar presentes en los suplementos. Pese a estas limitaciones, el uso del método Kjeldahl fue valioso como etapa exploratoria inicial que permitió evidenciar cómo distintas metodologías pueden influir en la percepción de la calidad de un producto.

Además de lo anterior, el ejercicio de cuantificación de creatina por métodos instrumentales contribuye positivamente a la formación científica y crítica de los consumidores de suplementos, al demostrar la importancia de aplicar criterios técnicos y no solo comerciales o teóricos para ‘evaluar’ la composición real de lo que consumen.

5.2.3 Cuantificación del porcentaje real de creatina por método HPLC

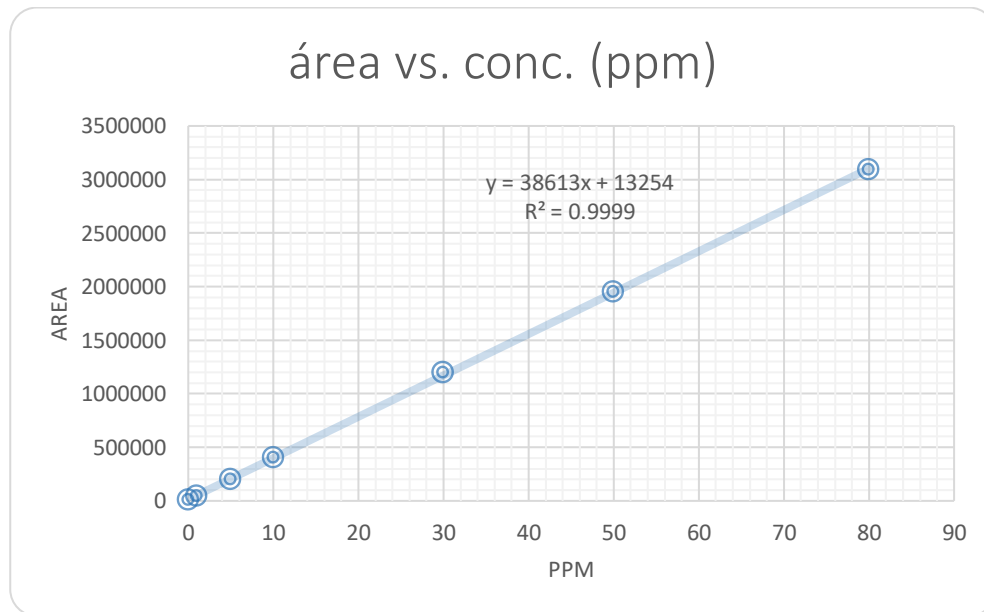
Con el fin de complementar los resultados obtenidos por el método Kjeldahl y superar algunas de sus limitaciones encontradas en especificidad, se aplicó el método HPLC para la cuantificación directa de creatina en diversas marcas comerciales. Esta técnica permitió una determinación más adecuada del compuesto de interés, al discriminarlo de otras sustancias nitrogenadas presentes en la matriz. Se construyó una curva de calibración a partir de soluciones estándar entre 1 ppm a 80 ppm, y posteriormente se interpolaron los datos relacionados con inyecciones idénticas a cada marca, en términos de área bajo la curva, que permitió realizar un cálculo aproximado de su pureza, para efectuar posteriormente el contraste con lo declarado en la etiqueta. (Tabla 17 y figura 18).

Tabla 7 Datos curva de calibración.

ppm	Área 1	Área 2	Área 3	Prom. Área	Área/peso	w	Promedio a/w
0	5432	5006	4928	5122	0	0	1627920.6
1	45146	48183	47052	46794	1871746.7	0.025	
5	197286	198867	197000	197718	1581741.3	0.125	
10	409925	401310	400284	403840	1615358.7	0.25	
30	1207376	1206466	1170483	1194775	1593033.3	0.75	
50	1952987	1962772	1938707	1951489	1561190.9	1.25	
80	3091452	3075713	3099550	3088905	1544452.5	2	

Fuente: elaboración propia

Figura 18 Curva de calibración. Área vs concentración



Fuente: elaboración propia

5.2.3.1 Límite de detección (LOD) y límite de cuantificación (LOQ)

Para validar la sensibilidad del método cromatográfico, se determinaron dos parámetros: el límite de detección y el límite de cuantificación (tabla 8), siguiendo las recomendaciones de la ICH Q2(R1) y empleando la desviación estándar (σ) de diez réplicas del blanco. Se aplicaron las ecuaciones (06) y (07), en las que “m” representa la pendiente de la curva de calibración en la figura (17).

Tabla 8 Datos para LOD Y LOQ

	Áreas blancos	Promedio	Desv. Est.
p1	5432	5527.3	333.12
p2	5006		
p3	4928		
p4	5738		
p5	5461		
p6	5755		
p7	5931		
p8	5693		
p9	5787		
p10	5542		

Fuente: elaboración propia

$$LOD = \frac{3 \sigma}{m} \quad (06)$$

$$LOD = \frac{(3 * 333.12)}{38613}$$

$$LOD = 0.026ppm$$

$$LOQ = \frac{10 \sigma}{m} \quad (07)$$

$$LOQ = \frac{(10 * 333.12)}{38613}$$

$$LOQ = 0.086 \text{ ppm}$$

Los resultados obtenidos fueron un LOD de 0.026 ppm y un LOQ de 0.086 ppm, lo cual confirma la capacidad del método HPLC para detectar y cuantificar concentraciones bajas de creatina con adecuados valores de precisión y confiabilidad, parámetros fundamentales para asegurar que los valores reportados para las muestras analizadas están dentro del rango cuantificable del método.

5.2.3.2 Resultados interpolados de creatinas por marca

Una vez validado el método cromatográfico mediante la construcción de la curva de calibración y la estimación de los parámetros de sensibilidad (LOQ Y LOD), se procedió a la cuantificación de creatina monohidrato en diferentes marcas comerciales disponibles en el mercado. Para ello, se midió el área cromatográfica correspondiente a cada muestra, y se interpoló su concentración a partir de la ecuación de la recta. En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos, expresados como concentración real de creatina monohidrato (ppm) y el porcentaje de pureza respecto al valor teórico esperado. Estos datos permiten comparar el contenido declarado en etiqueta por los fabricantes con el valor cuantificado en laboratorio para así evaluar la fidelidad del etiquetado nutricional para cada producto.

Tabla 9 Resultados interpolados por marca

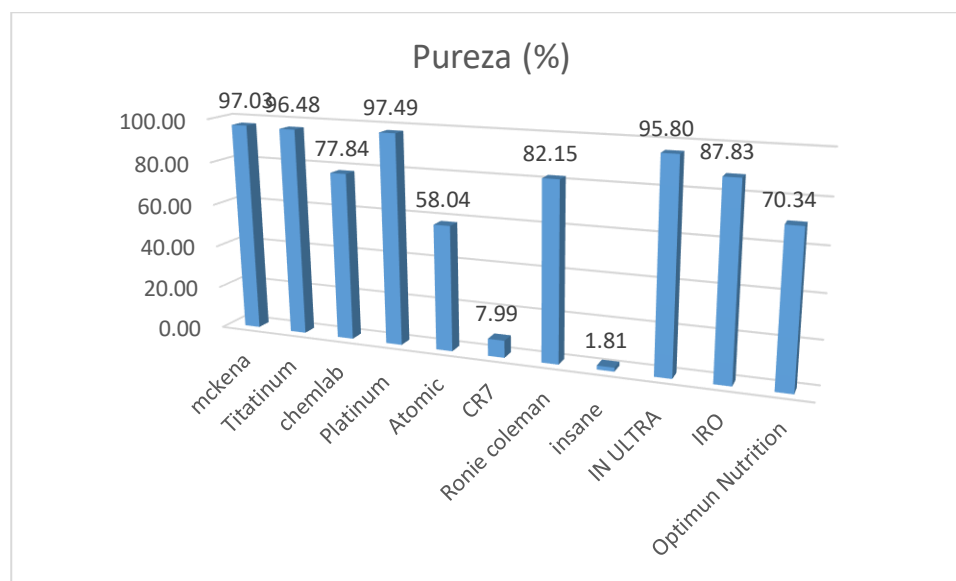
MARCA	PROMEDIO ÁREA	CONC. (ppm)	PUREZA (%)EXP	PUREZA TEÓRICA(%)
MCKENA	1579611.3	40.57	97.03	99.5
TITATINUM	1570598.7	40.33	96.48	100
CHEMLAB	1267246.7	32.48	77.84	100
PLATINUM	1586993.5	40.76	97.49	100
ATOMIC	944881.7	24.13	58.04	80
CR7	130128.0	3.03	7.99	100
RONNIE COLEMAN. RC	1337259.3	34.29	82.15	100
INSANE	29525.3	0.42	1.81	95
IN ULTRA	1559497.7	40.04	95.80	99.5
IRO	1429756.7	36.68	87.83	99.5
OPTIMUN NUTRITION	1145010.333	29.31	70.34	100

Fuente: elaboración propia

5.2.4 Análisis de resultados en la cuantificación de creatina por método HPLC

Los resultados de la cuantificación por el método HPLC de once marcas comerciales de creatina revelan diferencias significativas en cuanto a la concentración real del compuesto y su grado de pureza. Aunque algunas marcas cumplen satisfactoriamente con el contenido teórico esperado, otras presentan deficiencias notables y alarmantes que pueden comprometer la confianza del consumidor. (Figura 18).

Figura 19 Pureza marcas comerciales de creatina monohidrato



Fuente: elaboración propia

Las marcas Platinum (97.49%), McKena (97.03%), Titanium (96.48%) e In Ultra (95.80%), mostraron las mayores puridades, cercanas al 100%, lo cual parece apuntar a que contienen creatina monohidrato en concentraciones muy similares a las declaradas por el fabricante, lo que refleja un alto nivel de calidad, probablemente asociado a buenas prácticas de manufactura y control en el proceso de fabricación.

En un rango intermedio de pureza se ubican marcas como IRO (87.83%), Ronnie Coleman (82.15%), y Chemlab (77.48%), cuyos contenidos, aunque aceptables, presentan desviaciones frente a los reportes teóricos en los productos o en sus fichas técnicas, que podrían ser atribuibles a la presencia de excipientes no declarados, degradación del compuesto o una formulación deliberadamente ajustada (adulteración) para, por ejemplo, minimizar costos.

Por otro lado, marcas como Optimum Nutrition (70.34%) y especialmente las referencias Atomic (58.04%), CR7 (7.99%), e Insane (1.81%), muestran valores considerablemente bajos, que alertan sobre una posible adulteración, subdosificación o mala calidad del producto. En el caso de Insane, indica una concentración casi inexistente de

creatina real, lo que podría representar un caso de fraude al consumidor, y un potencial riesgo a la salud si se ingiere este producto.

En este punto del análisis, conviene argumentar en términos de la normativa nacional referente a el registro sanitario INVIMA en suplementos alimenticios, que en este caso haría referencia a las marcas Insane, CR7, In ultra y Ronnie Coleman, que no cuentan con este registro, además de presentar alerta sanitaria por posible producto fraudulento.

En referencia a lo recién mencionado, conviene mencionar que, para 2 de los productos mencionados, los resultados son favorables en términos de contenido porcentual: In ultra (95,80 %) y Ronnie Coleman (82,15 %), mientras que para los dos restantes, el contenido es muy bajo: Insane (1,81 %) y CR7 (7,99 %), lo que hace pensar que, aunado a pruebas cualitativas adicionales, como la de presencia de alcaloides (In ultra: negativo e Insane, CR7 y Ronnie Coleman: positivo, ver tabla 12) la composición porcentual elevada y la no presencia de sustancias extrañas o no declaradas abiertamente, determina en buena medida la calidad de un producto, que también apuntaría a dar consistencia a la alerta sanitaria sobre productos empleados por un consumidor.

En suma, de las marcas sin sello INVIMA, en referencia a elevado contenido porcentual y no presencia de sustancias extrañas, solo la referencia In ultra saldría bien librada, aunque no cuenta con el registro de calidad mencionado, además de presentar una alerta sanitaria. Por su parte, en relación con la marca Optimum nutrition, que posee sello INVIMA, ésta presentó prueba positiva para alcaloides, aunque es bastante probable que la muestra empleada sea una imitación fraudulenta del producto, que entró al mercado de manera irregular, pero que fue motivada por su elevado costo.

Surge, con base en lo recién discutido, otro elemento de análisis, en la medida de que es posible que un producto o marca sea fraudulento, teniendo o no, sello INVIMA, y que la muestra analizada genere resultados favorables o adversos, que no se sostienen en ningún caso, en virtud de la no coincidencia entre la nominación del producto y su verdadera identidad.

Por otra parte, es importante resaltar que todas las determinaciones se encuentran por encima del límite cuantificación (LOQ) del método, lo que garantiza la validez de los resultados obtenidos. Adicionalmente, el uso de una curva de calibración lineal con un muy elevado coeficiente de regresión (R^2), junto con la estimación del LOD, permiten afirmar que el método HPLC aplicado fue sensible y adecuado para evaluar la pureza de creatina en dichas matrices comerciales.

En términos generales, en comparación con el método de Kjeldahl, la metodología HPLC demostró ser más específica y selectiva, ya que permite cuantificar directamente la creatina monohidrato sin interferencia de otras fuentes de nitrógeno como lo pueden ser los aminoácidos, péptidos o impurezas presentes en los suplementos. Por su parte, la metodología Kjeldahl puede sobreestimar el contenido de creatina debido a su carácter no específico, mientras que la cromatografía se basa en la separación y la detección convirtiéndose de esta manera en una herramienta más adecuada para evaluar el cumplimiento del etiquetado nutricional. Lo anterior es evidente en la medida de la diferencia de resultados obtenidos entre uno y otro método analítico, que constituye un argumento más de importancia de los saberes científicos aplicados a un contexto real.

Estos hallazgos ponen en evidencia lo discutido anteriormente: la necesidad de un mayor control regulatorio sobre los suplementos deportivos, y, por otro lado, la importancia de promover una alfabetización científica en los consumidores, inciden de manera importante en la adquisición de cambios actitudinales para que puedan tomar decisiones informadas basadas en datos objetivos y verídicos.

5.2.5 Pruebas cualitativas a creatinas comerciales

Teniendo en cuenta los anteriores resultados, surgió la duda sobre qué otras sustancias (diferentes de creatina monohidrato) podían contener estos suplementos que no estuviesen declaradas en su etiqueta nutricional, es por esto que se decidió realizar pruebas cualitativas que demostraran o sugirieran una posible adulteración en los productos, y en tal sentido, los

ensayos a realizar fueron elegidos según la posibilidad de contaminantes que frecuentemente pueden estar presentes en dichos suplementos, pruebas expresadas en la siguiente tabla.

Tabla 10 Pruebas cualitativas y semicualitativas

<i>Prueba</i>	<i>Objetivo</i>
<i>Lugol</i>	Determinar presencia de almidón por viraje a color azul intenso
<i>Benedict</i>	Detección de azúcares reductores y no reductores
<i>Liebermann-Burchard</i>	Presencia de esteroides por formación de anillos
<i>Prueba de cloruros</i>	Formación de sales
<i>Biuret</i>	Detección de proteínas (viraje azul)
<i>Ninhidrina</i>	Presencia de aminoácidos libres (viraje)
<i>Dragendoff</i>	Presencia de alcaloides
<i>Mayer</i>	Detección de alcaloides
<i>Alcalinidad (Rojo de metilo)</i>	Rojo: ácida, Naranja: neutra, amarillo: alcalina

Fuente: elaboración propia

Tabla 11 Resultados pruebas cualitativas 1

Marca	Prueba de alcalinidad	Prueba de cloruros	Prueba de Libermann	Prueba de Biuret	Prueba de Dragendorff	Observaciones generales
<i>Mckena</i>	Rojo	X	X	X	X	pH ácido, ligeras trazas en prueba de cloruros
<i>Titanium</i>	Naranja	✓	X	X	X	pH neutro o ligeramente ácido, precipitado amarillo en prueba de cloruros
<i>Chemlab</i>	Naranja claro	✓	X	X	X	ph neutro, precipitado amarillo en prueba de cloruros
<i>Platinum</i>	Naranja intenso	X	X	X	X	ph neutro ligeramante ácido, negativo en todas las pruebas
<i>Atomic</i>	naranja	✓	X	X	✓	ph neutro, precipitado levemente color amarillo, positivo para
<i>CR7</i>	Rojo/rosado	X	X	X	✓	pH ácido, presencia de sales y alcaloides
<i>Ronnie Coleman</i>	Naranja	✓	X	X	✓	pH neutro, preicpitado marrón-amarillo, positivo para alcaloides
<i>Insane</i>	Rosado-naranja	X	X	X	✓	pH ligeramente ácido, precipitado marrón fuerte positivo para alcaloides, viscosidad anómala en prueba de cloruros
<i>In Ultra</i>	amarillo	✓	X	X	X	pH alcalino, poco precipitado en prueba de cloruros
<i>Iro</i>	amarillo	✓	X	X	X	pH alcalino, poco precipitado en prueba de cloruros
<i>Optimun Nutrition</i>	amarillo	✓	X	X	✓	pH alcalino, precipitado en cloruros y alcaloides, positovo en ambas pruebas

Fuente: elaboración propia

Tabla 12 Resultados pruebas cualitativas 2

Marca	Prueba de Lugol	Prueba de Benedict	Prueba de Ninhidrina	Prueba de Mayer	Observaciones generales
<i>Mckena</i>	X	X	X	X	Resultados negativos a este bloque de pruebas
<i>Titanium</i>	X	X	X	X	Resultados negativos a este bloque de pruebas.
<i>Chemlab</i>	X	X	X	X	Resultados negativos a este bloque de pruebas.
<i>Platinum</i>	X	X	X	X	Resultados negativos a este bloque de prueba
<i>Atomic</i>	✓	✓	X	X	Azul oscuro intenso en contacto con Lugol, presencia de almidón. Precipitado color marrón posterior a los 2 minutos (azucars no reductores).
<i>CR7</i>	X	✓	X	X	Precipitado color marrón antes de los 2 minutos. Positivo para azucars reductores.
<i>Ronnie Coleman</i>	X	X	X	X	Resultados negativos a este bloque de pruebas.
<i>Insane</i>	✓	✓	X	✓	Positivo para prueba de Lugol, azul intenso. Positivo para azucars reductores, y positivo para prueba de Mayer, presencia de alcaloides.
<i>In Ultra</i>	X	X	X	X	Resultados negativos a este bloque de pruebas.
<i>Iro</i>	X	X	X	X	Resultados negativos a este bloque de pruebas.
<i>Optimum Nutrition</i>	X	X	X	X	Resultados negativos a este bloque de pruebas.

Fuente: elaboración propia

5.2.5.1 Análisis de resultados pruebas cualitativas

Para analizar los resultados cualitativos, se establecieron cinco criterios principales: (1) si la reactividad era compatible con creatina monohidrato pura, (2) si se detectaban excipientes no declarados en sus etiquetas; (3) si había indicios de adulteración con compuestos bioactivos, (4) la acidez o basicidad de la muestra (pH esperado), y (5) la coherencia con el patrón de creatina monohidrato control. Con base en estos criterios, se asignó un nivel de riesgo (bajo, medio o alto) a cada muestra, este enfoque permitió interpretar los hallazgos de forma objetiva y fundamentada. (Tabla 13).

Tabla 13 Análisis cualitativo para creatinas y niveles de riesgo

Marca	Reactividad esperada	Excipientes	Adulteración	pH	Coincide con control	Riesgo
McKena	✓	✗	✗	✗	✓	Bajo
Titanium	✓	✓	✗	✓	✓	Moderado
ChemLab	✓	✓	✗	✓	✓	Bajo
Platinum	✓	✗	✗	✓	✓	Bajo
Atomic	✗	✓	✓	✓	✗	Alto
CR7	✗	✓	✓	✗	✗	Alto
Ronnie Colemman	✗	✓	✓	✓	✗	Moderado
Insane	✗	✓	✓	✗	✗	Alto
In Ultra	✓	✓	✗	✗	✓	Moderado
IRO	✓	✓	✗	✗	✓	Moderado
Optimum Nutrition	✗	✓	✓	✗	✗	Moderado

Fuente: elaboración propia

Entre las muestras analizadas, las marcas Atomic, CR7 e Insane, presentaron resultados positivos en pruebas que no son compatibles con creatina pura, lo cual genera grandes sospechas sobre su composición. En primer lugar, estas tres referencias dieron positivo a la prueba de Lugol, indicando la posible presencia de polisacáridos como el almidón, lo que resulta inusual en una formulación que debería estar compuesta netamente por creatina monohidrato como lo indican sus etiquetas, no obstante, la referencia Atomic, si

discrimina en su tabla de contenido que contienen azúcares añadidos, lo cual se va a ver confirmado con el ensayo de Benedict. Sin embargo, que las otras dos referencias presenten de igual manera un resultado positivo en dicha prueba para determinación de azúcares reductores, podría significar añadidos excipientes o rellenos no declarados, afectando claramente la pureza del producto.

Más preocupante aún es el hecho de que las tres marcas también resultaron positivas en la prueba de Dragendorff, indicando la posible presencia de alcaloides u otros compuestos nitrogenados, que no deberían formar parte de un suplemento de creatina vendido con la etiqueta de alta pureza. Este inusual resultado sugiere que estos productos podrían estar adulterados con ingredientes bioactivos no especificados que podrían ser sintéticos o ajenos a la fórmula original. Adicional a lo anterior, algunas de las marcas evaluadas presentaron valores de pH más alcalinos o ácidos de lo esperado para soluciones de creatina monohidrato pura, lo que podría deberse a tampones, estabilizantes o contaminantes añadidos.

Asimismo, la presencia de cloruros en algunas muestras podría indicar la inclusión de sales minerales adicionales, por lo cual también debería estar especificado en el etiquetado, en el entendido de que se trata de suplementos de uso humano, que debieran, según la legislación vigente, estar debidamente registrados ante el INVIMA. En conjunto, estos resultados ponen en duda la calidad y transparencia de la formulación de algunas marcas comerciales como: Atomic, CR7 E insane y el uso de excipientes no declarados en otras referencias, esto podría explicar el porqué de los resultados arrojados en el estudio cuantitativo de pureza en productos, lo que en alguna medida haría recomendable ampliar un análisis instrumental para confirmar o descartar la presencia de compuestos no deseados o posibles adulteraciones.

5.3 Resultados y análisis fase final

Con el fin de evaluar los aprendizajes adquiridos, los cambios actitudinales e identificar algunas de las transformaciones conceptuales de los usuarios de gimnasios, frente al consumo de suplementos deportivos, se implementó el AVA, que se efectuó a partir de un instrumento

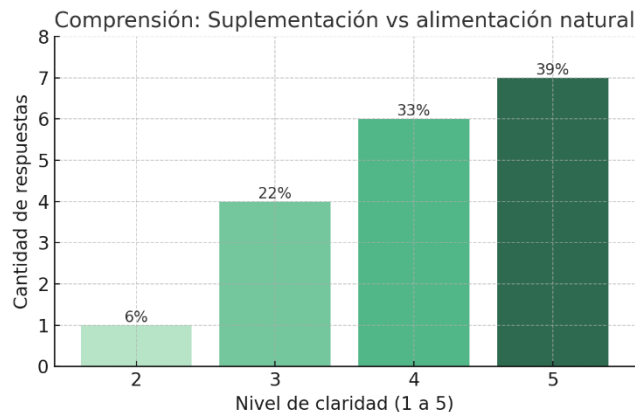
de salida. Esta fase final permitió recoger datos cuantitativos y cualitativos, que posibilitaron contrastar los resultados en el diagnóstico inicial, de igual manera valorar el impacto y uso del AVA desde un enfoque de alfabetización científica y nutricional.

Para tal propósito, la información fue organizada en cinco bloques analíticos que corresponden a las dimensiones trabajadas en la fase inicial: (1) Conocimiento adquirido sobre suplementos deportivos, (2) Percepción sobre eficacia y confiabilidad de los productos, (3) Cambios en las fuentes de información consultadas, (4) Actitudes hacia la ciencia y la nutrición, y finalmente, (5) Evaluación del AVA como recurso formativo. Para cada dimensión se asignaron preguntas específicas de la encuesta de salida y se dispusieron cifras, gráficos y tablas que pudieran dar visibilidad a las tendencias generales y también fragmentos de respuestas abiertas que posibilitan el análisis y permiten tener en cuenta matices de origen cualitativo, que por sí solo no alcanzan a capturar, de igual manera, la percepción del investigador integrada en conjunto con una triangulación entre el marco teórico y los resultados empíricos.

1) Conocimiento adquirido sobre suplementos deportivos: Uno de los objetivos centrales del AVA fue propiciar un espacio en el que se promoviera una comprensión más clara, crítica y fundamentada sobre el consumo de suplementos deportivos, especialmente en gimnasios, en los que se escucha a menudo carece de rigor e incluso puede estar asociado o vinculado a mitos o creencias, como la de que al tomar el suplemento inmediatamente después de la sesión de entrenamiento se desaprovecha el tiempo de la ventana metabólica, aspecto que falta a la verdad, pues autores como Ferrer-Sama (2021) afirman que el tiempo de tal intervalo es de al menos 3 horas. En tal sentido, en la prueba diagnóstica aplicada al inicio, se puede evidenciar que varios participantes manifestaron no tener claridad sobre aspectos básicos, como la diferencia entre proteína y creatina, el momento adecuado para suplementarse o cómo interpretar tablas nutricionales. Es por esto, que era clave determinar si tras la intervención pedagógica, estas ideas o percepciones se reorganizaron, se enriquecieron o al menos, se cuestionaron.

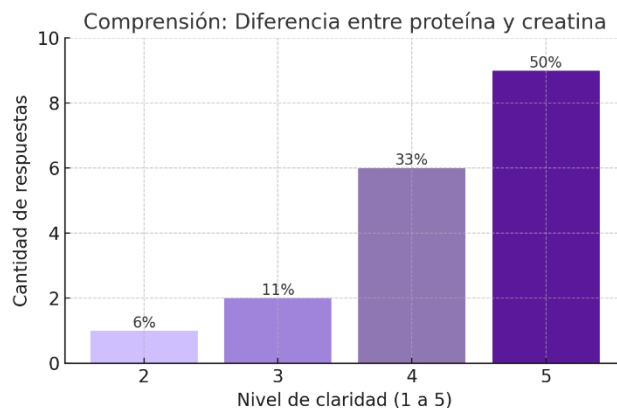
Las preguntas de este bloque responden a esa necesidad de una evaluación más profunda: ¿comprenden lo que consumen?, ¿saben en dónde y qué información buscar? ¿pueden distinguir entre un producto útil y uno innecesario?, que fueron valoradas a través de escalas de valoración tipo Likert, para explorar los posibles cambios. (Figuras 19 a 21).

Figura 20 Resultados dimensión 1, conocimientos adquiridos, bloque 1,1.



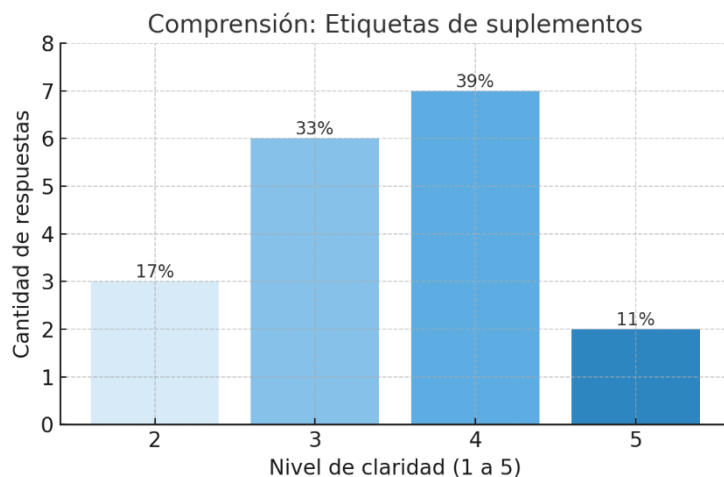
Fuente: elaboración propia

Figura 21 Resultados dimensión 1, conocimientos adquiridos, bloque 1,2.



Fuente: elaboración propia

Figura 22 Resultados dimensión 1, conocimientos adquiridos, bloque 1,3.



Fuente: elaboración propia

Tabla 14 Tratamiento estadístico resultados bloque 1

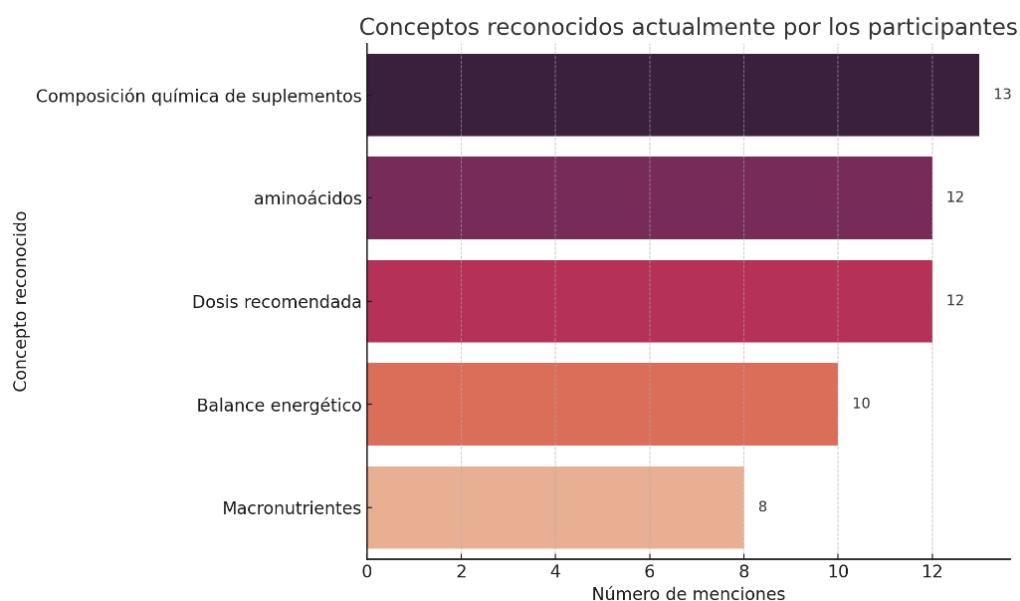
Ítem	Media	Moda	Desviación estándar
Comprensión etiquetas	3,4	4	0,92
Diferencia proteína vs creatina	3,6	5	1,20
Suplementos vs alimentación	3,6	5	1,25

Fuente: elaboración propia

Al revisar los resultados de este primer bloque de preguntas, se evidencia que hubo una mejora significativa en la forma como los participantes entienden los temas clave del AVA. Las respuestas muestran una mayor claridad sobre diferencias, claridad al leer etiquetas y distinguir entre una proteína y una creatina (figura 21 y 22). Las medias de estos tres aspectos estuvieron entre 3,4 a 3,6, que no apunta a un dominio total, pero si un

avance si se compara con la evaluación inicial. Esto también se evidencia cuando en dos de las tres preguntas la moda fue de 5, es decir, que aproximadamente el 50 % de las personas dijeron entenderlo todo con bastante claridad, lo que induce a pensar que el contenido del AVA sí logró afectar positivamente buena parte del grupo de trabajo. No obstante, lo anterior, se encuentran algunas diferencias entre unos y otros, que muestran que se mantienen las dudas iniciales, lo que se ilustra con el valor relativamente bajo de la desviación estándar.

Figura 23 Resultados dimensión 1, conocimientos adquiridos, bloque 1, 4.



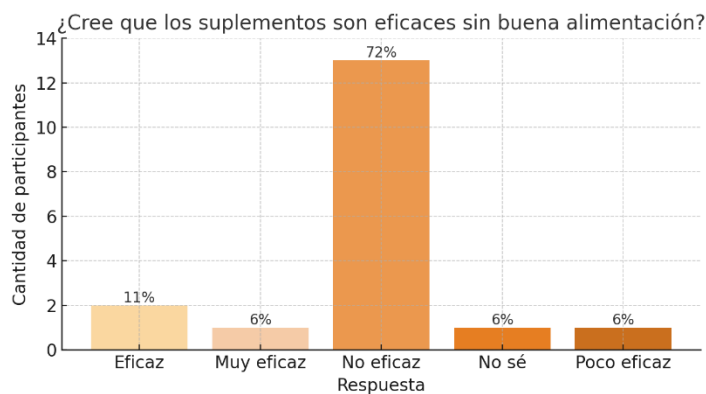
Fuente: elaboración propia

Por otra parte, en la figura 23 resalta los resultados a otro tipo de pregunta de selección múltiple que, aunque sencilla en su forma, ofrece una ventana un poco más clara al nivel de alfabetización en el ámbito técnico alcanzado por los participantes. El aumentar el empleo de múltiples conceptos, ayuda a entender no solo qué tanto conocen, sino que también la amplitud y la diversidad de tal conocimiento, lo que evidencia que la mayoría de los usuarios reconocen con mayor facilidad términos como proteína, carbohidratos, creatina y requerimientos calóricos.

Además del análisis previo, es importante observar la presencia menos recurrente de conceptos como “verificación química” o “composición nutricional detallada”, lo que puede indicar que, si bien hubo avances, todavía existen áreas menos consolidadas. Parece entreverse la falta de experticia, pero un avance en claridad frente al saber qué consumir, por qué, y en qué condiciones, es decir una especie de mirada crítica, lo que constituye uno de los puntos más importantes del AVA.

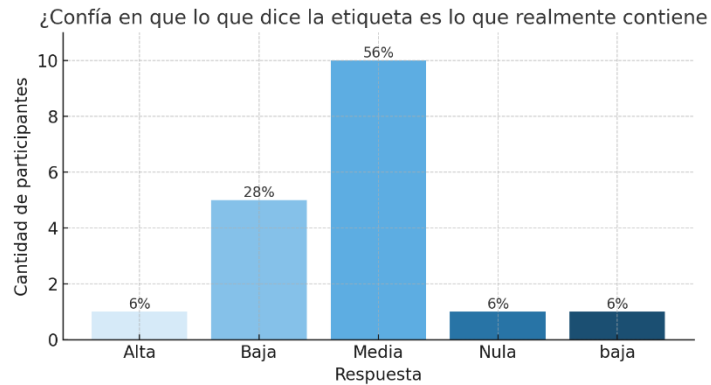
2) Percepciones sobre la eficacia y confiabilidad de los productos: Más allá del conocimiento técnico, este bloque busca entender qué tanto cambiaron las creencias de los participantes sobre los suplementos. Antes del AVA, muchos confiaban en lo que declaran las etiquetas o pensaban que la suplementación funcionaba por si sola, bastaba con ingerirlos, incluso sin una buena alimentación. En esta sesión se explora si tras el proceso formativo, esas ideas se volvieron más críticas y fundamentadas. (Figuras 24 y 25).

Figura 24 Resultados bloque 2: Percepción sobre eficacia y confiabilidad de los productos, 1.



Fuente: elaboración propia

Figura 25 Resultados bloque 2: Percepción sobre eficacia y confiabilidad de los productos, 2.



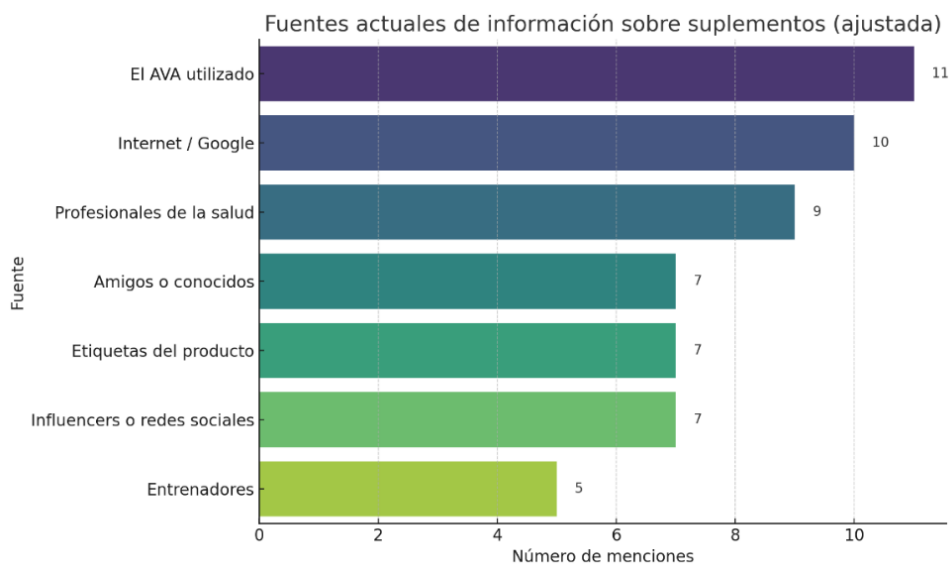
Fuente: elaboración propia

Este bloque arroja información interesante sobre, cómo se reconfiguraron algunas creencias previas frente al consumo de suplementos deportivos. En la primera pregunta, la mayoría de los participantes **no considera que los suplementos sean eficaces sin una alimentación adecuada**. Esto demuestra un giro importante respecto a la visión inicial en el diagnóstico, en la que los participantes mostraron respuestas que atienden a suponer que los suplementos actuaban por sí solos (por ej.: “consumo proteína para aumentar masa muscular”, respuesta a pregunta abierta), como si fueran atajos hacia el objetivo físico. Tras el AVA, parece haberse interiorizado la idea de que la base nutricional es insustituible, y que los suplementos solo pueden ser efectivos si se integran a una alimentación equilibrada.

Por otro lado, en cuanto a la confianza en las etiquetas o tablas nutricionales, las respuestas fueron más variadas, un grupo significativo respondió con reservas o eligió opciones intermedias como “no del todo”; por lo que puede inferirse que el AVA no sembró una total desconfianza, pero sí promovió una actitud más reflexiva frente a lo que declaran los productos. Estos resultados, demuestran que, en vez de tomar la información comercial y popular como verdad absoluta, los usuarios parecen haber ganado un criterio más equilibrado y selectivo. Esto es especialmente importante si consideramos el bombardeo de mensajes publicitarios y falsa información a la que están expuestos los asistentes de gimnasios y de redes sociales.

3) Fuentes de información: Una de las apuestas más importantes del AVA fue invitar a los participantes a cuestionar de dónde obtienen información que guía sus decisiones. En el diagnóstico inicial, predominaban las fuentes informales: redes sociales, amigos, entrenadores, incluso publicidad sin respaldo. En tal sentido, este bloque pretendía identificar si tras el proceso educativo, hubo un desplazamiento hacia canales más confiables. (Figura 26).

Figura 26 Resultados bloque 3, Cambios en las fuentes de información consultadas.



Fuente: elaboración propia

Otro de los indicadores más reveladores del impacto del AVA se encuentra en este bloque de resultados; así, mientras que al inicio de la investigación predominaban fuentes informales y poco rigurosas (como redes sociales, amigos o entrenadores), los resultados posteriores muestran un cambio de hábitos informativos de los participantes.

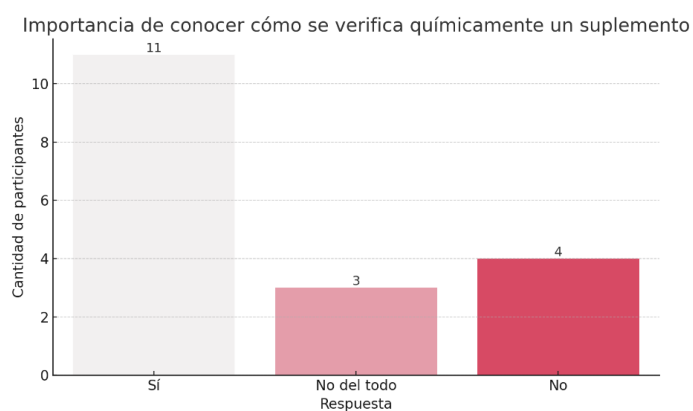
La fuente más mencionada fue “El AVA utilizado”, con 11 apariciones, lo que puede sugerir que los contenidos del entorno virtual de aprendizaje no solo fueron comprendidos, sino que ahora se reconoce como una guía confiable. Le siguen muy de cerca Internet/Google

y profesionales de la salud, lo que indica que los usuarios están articulando lo aprendido con el acceso a información digital y el respaldo profesional.

También destacan las etiquetas de los productos, amigos o conocidos, e incluso “influencers” o redes sociales, cada uno con 7 menciones. No obstante, es importante considerar que esta pregunta fue de **selección múltiple**, por lo que los participantes no eligieron una única fuente, sino que declararon una mirada más amplia y variada de consulta. Es decir, si bien algunos canales siguen apareciendo, ya no son los únicos ni necesariamente los más importantes. Esto demuestra que los usuarios han aprendido a no depender exclusivamente de una sola fuente, y que ahora contrastan, comparan y seleccionan con mayor criterio. En este sentido, se puede decir que el AVA no solo ofreció conocimientos, sino que ayudó a cambiar la forma en la que se accede a la información de una manera menos pasiva, más crítica y mejor fundamentada.

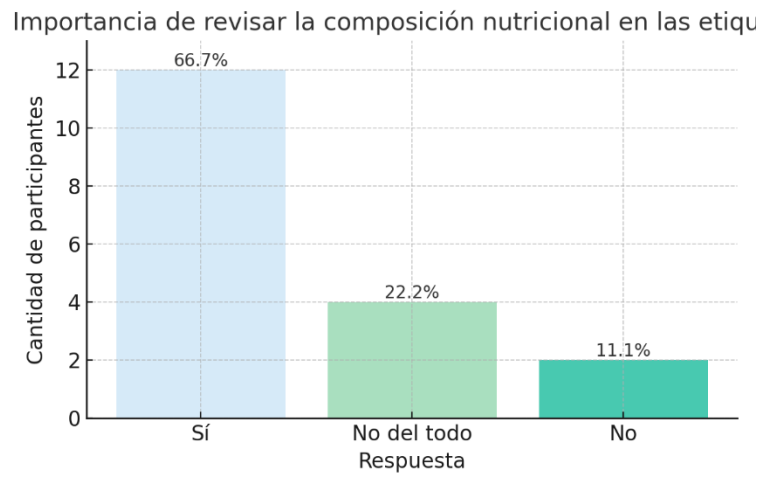
4) Actitudes hacia la ciencia y nutrición: Más allá de conocer qué es la creatina o cuándo suplementarse, un usuario alfabetizado también debiera valorar el proceso detrás del producto. En este bloque se buscaba identificar si los participantes tras recorrer el AVA, desarrollaron una mayor sensibilidad hacia la verificación científica: leer etiquetas o tablas nutricionales, entender su composición y finalmente reconocer el papel de la química en la toma de decisiones alimentarias. En otras palabras, aquí no se mide cuánto saben, sino cuánto valoran el saber. (Figuras 27,28,29 y 30).

Figura 27 Resultados bloque 4, Actitudes hacia la ciencia y la nutrición, 1.



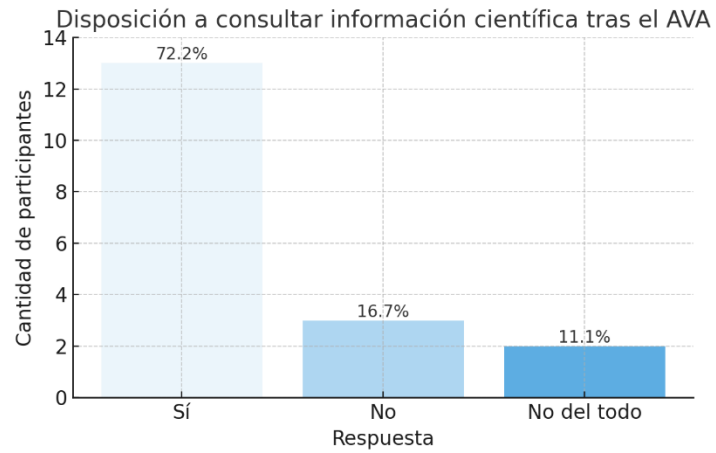
Fuente: elaboración propia

Figura 28 Resultados bloque 4, Actitudes hacia la ciencia y la nutrición, 2.



Fuente: elaboración propia

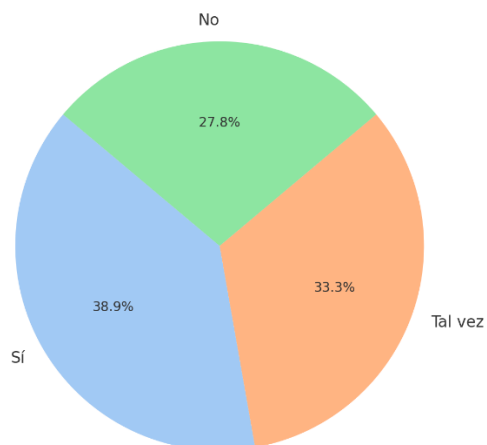
Figura 29 Resultados bloque 4, Actitudes hacia la ciencia y la nutrición, 3.



Fuente: elaboración propia

Figura 30 Resultados bloque 4, Actitudes hacia la ciencia y la nutrición, 4.

Deseo de seguir aprendiendo sobre suplementación deportiva



Fuente: elaboración propia

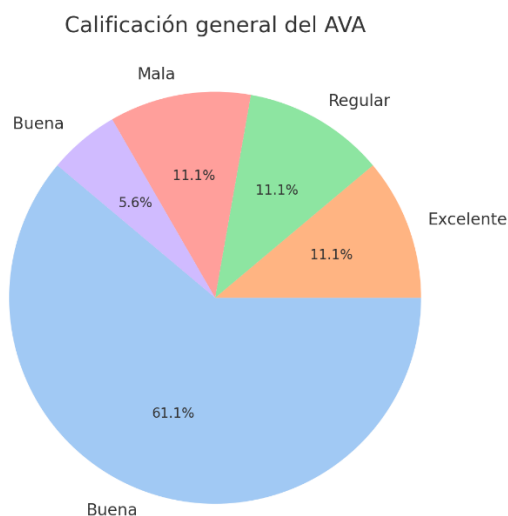
Comparando los resultados de la prueba diagnóstica frente a los resultados después del uso del AVA, se evidencia una evolución en la actitud hacia la ciencia, así como a la verificación técnica de los suplementos. En la prueba de entrada, si bien muchos participantes ya mostraban cierta inclinación positiva, los datos de la prueba de salida revelan una consolidación de esa postura, con una mayor elección de respuestas afirmativas y conscientes.

Dos datos que refuerzan estos hallazgos son las respuestas a la pregunta sobre la disposición a consultar fuentes científicas en el futuro y el deseo de seguir aprendiendo sobre suplementación deportiva (figuras 29 y 30). El 72.2% expresó que sí estaría dispuesto a hacerlo, y un 39% afirmó y un 33.3% no descarta que le gustaría seguir aprendiendo sobre suplementación, lo que sugiere un cambio significativo en el comportamiento hacia la información adquirida, por parte de los participantes.

Así puestos los datos recogidos, se puede indicar que las intenciones del AVA no partieron desde cero, sino que fortaleció una disposición que ya existía de manera incipiente. Lo relevante en este caso es entender que ahora los participantes no solo “creen” que es importante revisar o verificar, sino que reconocen cómo y por qué hacerlo.

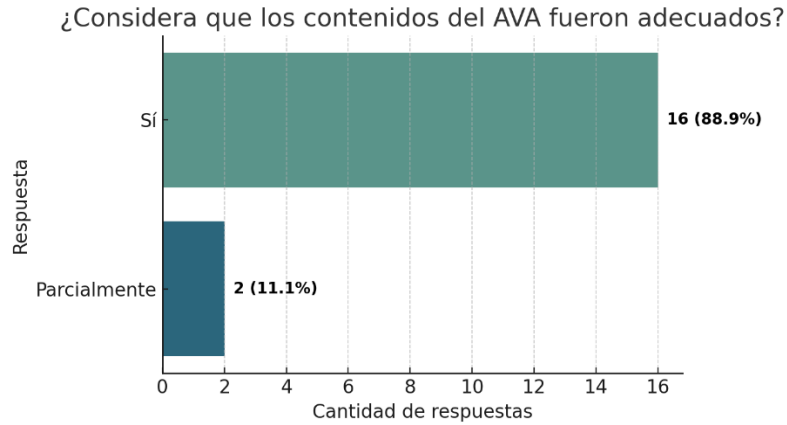
5) Evaluación del AVA: La implementación de un ambiente virtual de aprendizaje no se limitó solo a transmitir contenidos, su verdadero valor se mide en la forma en que conecta con los usuarios, transforma o por lo menos da una nueva perspectiva a su forma de pensar y les permite tomar decisiones con mayor autonomía. Este bloque final explora cómo los participantes percibieron la utilidad, claridad, aplicabilidad y confiabilidad del AVA, a partir de su experiencia individual sobre dicho recurso didáctico digital. Más allá del conocimiento adquirido, se busca entender si el proceso de aprendizaje fue significativo y útil para su vida cotidiana en especial, bajo ese contexto del mundo fitness o deportivo.

Figura 31 Resultados bloque 5, Evaluación del AVA como recurso formativo, 1



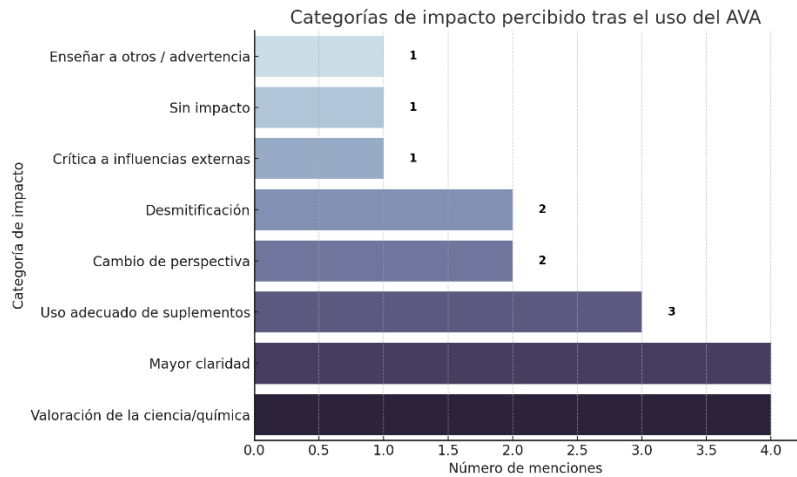
Fuente: elaboración propia

Figura 32 Resultados bloque 5, Evaluación del AVA como recurso formativo, 2



Fuente: elaboración propia

Figura 33 Resultados bloque 5, Evaluación del AVA como recurso formativo, 3



Fuente: elaboración propia

El análisis de la evaluación del Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA), reveló una recepción mayormente positiva entre los participantes, en virtud a que, en su calificación general, más del 70 % de los usuarios lo valoraron como “bueno” o “excelente” (Figura 31), que insinúa que la propuesta educativa logró conectar con el público destino. Por su parte, respecto a la adecuación de los contenidos (figura 32), también se evidenció una alta aprobación. La mayoría de los encuestados consideró que los temas, recursos y materiales del AVA fueron apropiados y comprensibles, lo que refuerza su validez como estrategia de alfabetización en suplementación deportiva.

En relación con el impacto percibido tras el uso del AVA (figura 33), al tratarse de una pregunta abierta, se aplicó un análisis temático que permitió organizar las respuestas en categorías. Se identificaron con mayor frecuencia comentarios vinculados a la “mayor claridad sobre el uso de suplementos”, “revalorización del conocimiento científico” y “desmitificación de ideas comunes”. Así mismo, se logró evidenciar cambios en la perspectiva frente a publicidad, mayor voluntad de transmitir esos conocimientos a otros, e incluso un interés por actuar con mayor autonomía crítica al momento de tomar decisiones. Dichos hallazgos refuerzan uno de los propósitos del AVA: formar usuarios más informados, conscientes y responsables.

En cuanto a la última pregunta de tipo respuesta abierta, en la que se pretendía indagar sobre sugerencias para el recurso digital, se optó por tratar los datos en una tabla dinámica, codificada con temas comunes, como se puede evidenciar a continuación.

Tabla 15 Tabla dinámica sugerencias para el AVA

Categoría principal	Frecuencia	Ejemplo de respuesta
Más contenido visual / multimedia	4	“Más videos”, “Más contenido visual y comparaciones entre productos”
Mejor accesibilidad desde dispositivos móviles o redes	3	“Facilitar el acceso desde el celular o redes sociales”, “Que se visualice mejor en el celular”
Casos prácticos y ejemplos reales	3	“Agregar casos prácticos que reflejen situaciones comunes”, “Tener experiencias reales”
Guías paso a paso / etiquetas	2	“Poner una guía para lectura de etiquetas nutricionales paso a paso”
Interactividad con comunidad o chat	2	“Adicionar un chatbot”, “Chat interactivo entre la comunidad”
Soporte o guía de navegación	1	“Incluir una guía del uso de la página”
Sin sugerencias	3	“Ninguna”, “Nada, me gustó”, “Todo me gustó”

Fuente: elaboración propia

Para el caso de la tabla 15, esta estrategia permitió, no solo recoger observaciones espontáneas, por el contrario, también valorar el nivel de apropiación crítica-experiencia. A

partir de las respuestas, se evidenció un interés por enriquecer el recurso con más contenido visual, mejorar la accesibilidad desde dispositivos móviles, principalmente por vistas previas, tamaños de fuente, etc., que no se pueden ajustar adecuadamente al pasar de un ordenador de mesa a un dispositivo celular. Así mismo, se sugirió incorporación de casos reales e incluso la creación de espacios de interacción como chats de la comunidad, foros y hasta “chatbots” potenciados por inteligencia artificial. En definitiva, el conjunto de respuestas deja entrever una actitud colaborativa, en las que la crítica no se da desde la insatisfacción, sino desde el deseo de un mejor recurso, que fue valorado positivamente, como se ilustra en la figura 30.

6 CONCLUSIONES

La propuesta de alfabetización científica, orientada hacia el uso consciente de suplementos deportivos dietarios, en términos generales, mostró una muy favorable aceptación en términos actitudinales hacia la pertinencia de integrar el dominio científico con las percepciones cotidianas, en dirección a la necesidad de decisiones informadas y documentadas, en los usuarios de gimnasios y centros de entrenamiento, dando respuesta a la pregunta de investigación.

Se aplicaron las metodologías Kjeldahl y HPLC, para la cuantificación de proteínas en una gama de productos comerciales, además de una serie de análisis cualitativos y semicuantitativos. Los resultados apuntan a afirmar que la metodología HPLC fue más adecuada que la de Kjeldahl, en la medida de emplear el tiempo de retención como medida excluyente, aunque no concluyente, para la determinación de creatina monohidrato en algunos suplementos deportivos, con presentación en polvo, a diferencia de la metódica volumétrica que solo determina nitrógeno total, que no discrimina compuestos nitrogenados o creatina pura, dentro del producto analizado, lo que constituye una clara desventaja cualitativa.

En términos generales, la volumetría por Kjeldahl mostró valores más bajos en proteína o en creatina monohidrato que sus similares para la metodología instrumental, lo que puede deberse al empleo del factor para convertir nitrógeno en proteína, que puede ser una fuente

significativo de error, a la hora de evaluar la exactitud de las dos modalidades de cuantificación del principio activo en los productos ensayados.

En el desarrollo de la investigación experimental surge una serie de complicaciones en función de la contundencia de los resultados en los que se pretendía asociar la calidad de una marca con el contenido porcentual del principio activo, que en buena medida amplían la discusión relacionada con la alfabetización científica y su importancia, para el caso del consumo de suplementos deportivos a base de creatina, que incluyen la veracidad de identidad entre una marca y una muestra analizada, lo que a su vez invita a ampliar la mirada crítica y analítica al contexto real y su complejidad, para situaciones o condiciones reales en Colombia.

La conclusión precedente apunta a la necesidad de hacer una revisión más profunda a la normatividad existente en nuestro país y continuar en función de propender por ejercicios de alfabetización científica, en la mejora de la formación y capacitación en nuevas alternativas de intervención didáctica en contextos no académicos, como los relacionados con usuarios esporádicos o permanentes de gimnasios, empleados como grupo objetivo en la presente investigación.

El análisis perceptual sobre conocimiento y consumo de suplementos deportivos, a base de proteínas de suero lácteo y/o a base de creatina monohidrato evidenció una muy favorable migración en el sentido de pasar de decisiones sustentadas en creencias y profusión de marcas, con propaganda alusiva al costo y a la composición de los productos hacia decisiones, soportadas en criterios más argumentados y científicos, que promueven el uso informado y responsable del usuario, frente al empleo y beneficios, como elemento central en procesos de alfabetización científica.

El diseño e implementación del AVA, junto con sus respectivos instrumentos de evaluación, fueron importantes, en términos de la generación de cambios actitudinales positivos en el grupo participante de usuarios regulares y no regulares de algunos gimnasios en Bogotá. En tal sentido, los componentes relacionados con contenidos científicos, creencias previas y posteriores a la implementación, así como fuentes de información mayormente

empleadas, permitieron un análisis más completo de la utilidad, pertinencia y potencialidad de un recurso didáctico, que se oriente a un público objetivo de espacios no destinados a la formación académica, sino a consumidores o beneficiarios de la salud física o el acondicionamiento deportivo.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acevedo-Díaz, J. A. (2004). Cultura científica y ciencia escolar: algunas reflexiones. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), 93-106. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i2.02

Angeles Millones, J. J. (2020). Validación del Método AOAC 990.03 (Dumas) armonizado a Kjeldahl en el análisis de proteína en harina de pescado. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Perú.

Azizi M. (2011). The effect of a short-term creatine supplementation on some of the anaerobic performance and sprint swimming records of female competitive swimmers. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 1626-1629.

Bracco, M, F. (2018) Determinación del contenido de BCAA en suplementos dietarios (Tesis de pregrado). Universidad de Belgrano Argentina <https://repositorio.ub.edu.ar/bitstream/handle/123456789/8820/tesina%201384%20bracco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, 29(1), 21–54. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686>.

Candow, D. G., Forbes, S. C., Chilibeck, P. D., Cornish, S. M., Antonio, J., Kreider, R. B., & DeGuisse, E. (2021). Creatine supplementation for older adults: A narrative review of potential benefits beyond muscle and strength. *Nutrients*, 13(6), 1912. <https://doi.org/10.3390/nu13061912>

Correa Cardona, H & Cuellar, G, Andrés. (2016). Aspectos clave del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, ISSN 0120-0690, Vol. 17, N°. 1, 2004, pags. 29-38. 17.10.17533/udea.rccp.323921.

Cooper R., Naclerio F., Allgrove J., Jiménez A. (2012). Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *Journal of the International Society of Sports and Nutrition*, 9 (1), 19-33.

de Luis Román, D. A., Bellido Guerrero, D., García Luna, P. P., & Oliveira Fuster, G. (2017). *Dietoterapia, nutrición clínica y metabolismo* (3.^a ed.). Ediciones Díaz de Santos.

. Esquivel, M. T. (2019) Propuesta educativa para la alfabetización científica sobre salud en bachillerato. *Revista Didácticas específicas*, 20, 7-24.

<https://doi.org/10.15366/didacticas2019.20.001>.

Eilks, I., & Hofstein, A. (Eds.). (2015). *Relevant Chemistry Education: From Theory to Practice*. Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5>

Felici, F., & Iuppariello, L. (2020). *Plasma levels of amino acids related to the urea cycle and their association with type 2 diabetes*. *Frontiers in Endocrinology*, 11(5). Recuperado de Frontiers.

Fraile, A., y Otero, J. (2015). Actitudes hacia la ciencia y alfabetización científica: una revisión de modelos y propuestas educativas. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 12 (2), 247-264.

García-Peñalvo, F. J., & Seoane-Pardo, A. M. (2015). Una revisión actualizada del concepto de eLearning. *Décimo Aniversario. Education in the Knowledge Society*, 16(1), 119–144. <https://doi.org/10.14201/eks2015161119144>

Gil, Pérez & Martínez, T. (1987). Los programas guía de actividades: una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 6-12.

Gil Pérez, D., & Vilches, A. (2005). *La alfabetización científica y la educación para la sostenibilidad*. Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, 45, 9-19.

González, G., & González, M. (2014). *La alfabetización científica y tecnológica como motor de desarrollo sostenible*. *Revista de Ciencias Sociales*, 20(2), 27-41

Gutiérrez-Moreno, S. A., Arciniegas, A., Hincapié-García, J. A. ., Granados-Vega, E. J. ., Rivera-Cadavid, M. ., & Amariles, P. . (2024). Identificación de influenciadores y caracterización de la publicidad de medicamentos y suplementos dietarios en Instagram. *Salud UIS*, 56. <https://doi.org/10.18273/saluduis.56.e:24005>

Infobae. (2024, 31 de octubre). Invima advierte potenciales peligros para la salud por suplemento deportivo no autorizado. <https://www.infobae.com/colombia/2024/10/31/invima-advier-potenciales-peligros-para-la-salud-por-suplemento-deportivo-no-autorizado/>

Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). (2024). Alerta Sanitaria No. 093-2024: Comercialización de suplementos de creatina sin registro sanitario en Colombia. <https://www.invima.gov.co/web/guest/alertas-sanitarias>.

ITW Reagents. (2019). Determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl (A173_ES). ITW Reagents. https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf

LANZA, JOSÉ GREGORIO, CHURIÓN, PEDRO CÉSAR, & GÓMEZ, NÉSTOR. (2016). Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado (N cube) para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos. *Saber*, 28(2), 245-249. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000200007&lng=es&tlng=es.

Linden, G., & Lorient, D. (1994). *Biochimie agro-industrielle* (p. 368). Masson. [https://doi.org/10.1016/0307-4412\(95\)90666-5](https://doi.org/10.1016/0307-4412(95)90666-5)

Martínez Díaz, A., García Rodríguez, M. S., & Suárez Menéndez, J. J. (2017). Análisis de las actividades de Química en los libros de texto de Física y Química de 1.º de Bachillerato desde una perspectiva de “Química en contexto”. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 35(2), 109–125. <https://doi.org/10.14201/et2017352109125>

Martínez, J. (2020). *Diseño de investigación: Fundamentos y Aplicaciones*. [Ejemplo de métodos de muestreo](#)

Mataix Verdú, J. (2015). *Nutrición y alimentación humana: Nutrientes y alimentos*. Ergon.(Universidad del Azuay).

Maya Chávez, D. (2024). Análisis químico de la hidratación en el rendimiento deportivo (Trabajo Fin de Grado, Universidad Rey Juan Carlos, curso académico 2023-2024, defendido el 21 de mayo de 2024)

McFarlane, K., & Woolfson, L. M. (2013). Teacher attitudes and behavior toward the inclusion of children with social, emotional and behavioral difficulties in mainstream

schools: An application of the theory of planned behavior. *Teaching and Teacher Education*, 29, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.08.006>

McGuire, W. J. (1969). The nature of attitudes and attitude change. In G. Lindzey & E. Aronson (Eds.), *The Handbook of Social Psychology* (2nd ed., Vol. 3, pp. 136-314). Reading, MA: Addison-Wesley.

Ministerio de la Protección Social. (2006). Decreto 3249 de 2006: Por el cual se reglamenta la fabricación, comercialización y control de suplementos dietarios en Colombia. Diario Oficial No. 46.448.

Ministerio de la Protección Social. (2007). Resolución 3096 de 2007: Por la cual se establece el reglamento técnico de etiquetado nutricional y condiciones para suplementos dietarios. Diario Oficial No. 46.803.

Ministerio de la Protección Social. (2008). Decreto 3863 de 2008: Por el cual se modifica el artículo 7° del Decreto 3249 de 2006 sobre Buenas Prácticas de Manufactura. Diario Oficial No. 47.200.

Ministerio de Salud y Protección Social. (1979). Ley 9 de 1979: Código Sanitario Nacional. Artículos 576 y 577. <https://www.invima.gov.co/normatividad/ley-9-de-1979>

Moreno-Báez, E. (2013). *El papel de la alfabetización científica en el bienestar personal: una mirada desde la educación física*. *Revista Iberoamericana de Educación*, 63, 31-50.

Morocho Quinchuela, F., Martínez Martínez, R., & Reascos Chalacán, M. (2023). Efectos en la salud del consumo de dietas hiperproteicas en deportistas de fuerza. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 27, e6214. <https://revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/6214>

Narrea Vargas, Jairo & Ramos Espinoza, Manuel. (2022). Suplementación con creatina y cerebro: una revisión narrativa que merece ser valorada. *Revista de Investigación de la Universidad Privada Norbert Wiener*.

Nelson, D.L. & Cox, M. M. (2008). *Principios de bioquímica de Lehninger* (5° ed., pp. 650-694). Ediciones Omega.

Nemati, M. (2022). Control of the quality of creatine sports supplements using a validated LC method with UV detection. *Talanta Open*, 6, 100157.

Organización Mundial de la Salud. (2020, 29 de abril). Dieta saludable. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

Oria, E. (2003). Factores preventivos y nutricionales de la osteoporosis. *Anales del Sistema Sanitario Navarra*, 26(Supl. 3), 81-90. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000600007&lng=es&tlng=es

Pacheco Valdivia, A. A., Morales Muñoz, J. C., Arévalo Segura, K. M., González Vera, L. P., Rodríguez Reyes, M. J., Silva Ortega, D. A., López Cárdenas, R. T., Castillo Herrera, S. F., Peña Morales, M. E., & Rojas Fuentes, J. C. (2023). Efectos de la suplementación con creatina monohidrato en la masa muscular, fuerza muscular y potencia en adultos jóvenes entrenados: revisión sistemática [Trabajo de titulación, Universidad Católica del Maule]. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9807668.pdf>

Peso Echarri, P, González Bermúdez, C. A, Vasallo Morillas, M.I, Santaella Pascual, M, Ros Berruezo, G, Frontela Saseto, C, & Martínez Graciá, C. (2012). α -Lactoalbúmina como ingrediente de fórmulas infantiles. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 62(1), 6-14. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222012000100002&lng=es&tlng=es

Ramírez A. Buntinx S. Metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Dpto. de nutrición de animales y bioquímica. URL disponible en: http://amaltea.fmvz.unam.mx/textos/alimenta/MET_CHO_LIP_PRO2.pdf.

Rodríguez Ramos, Y. (2014). Análisis de la suplementación con proteínas en el deporte: uso y efectos de la creatina y el suero de leche (Tesis de grado). Universidad de León.

Rosales Sánchez, E. M., Rodríguez Ortega, P. G., & Romero Ariza, M. (2020). Knowledge, cognitive demand and contexts in the assessment of scientific literacy in PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), Artículo 2302. [10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2302](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2302)

Sadavarte, R., & Stevens, D. (2023). *Protein and ammonia metabolism in the liver*. Teach Me Physiology.

Sánchez, A. J. (2012). Suplementación nutricional en la actividad físico-deportiva. (Tesis de doctoral, Universidad de Granada). Repositorio Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/26382>

Smith, A. N., Choi, I.-Y., Lee, P., Sullivan, D. R., Burns, J. M., Swerdlow, R. H., Kelly, E., & Taylor, M. K. (2025). *Creatine monohydrate pilot in Alzheimer's: Feasibility, brain creatine, and cognition*. *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions*, 11(2), Article e70101. <https://doi.org/10.1002/trc2.70101>

Ubillos L. S., Páez R. D., & Mayordomo L. S. (2004). Actitudes: Definición y Medición. Componentes de la actitud. Modelo de la acción razonada y acción planificada. *Psicología social, cultura y educación*. (pp. 301-326). Pearson Educación.

Vega, J., & Huidobro, J. P. (2019). Efectos en la función renal de la suplementación de creatina con fines deportivos. *Revista Médica de Chile*, 147(5), 628–633. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872019000500628>

Soroka J. (2016). An introduction to creatine. *Revista The Science Creative Quarterly* <https://www.scq.ubc.ca/an-introduction-to-creatine/>

Yudkoff M. Diseases of Amino Acid Metabolism. In: Siegel GJ, Agranoff BW, Albers RW, et al., editors. *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects*. 6th edition. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1999. Figure 44-6, [The urea cycle and related...]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK20436/figure/A3102/>

ANEXOS

Anexo A

Marcas de creatina y proteínas con alerta sanitaria INVIMA

Nombre del suplemento	Marca	Tipo	Motivo de alerta (según INVIMA)
Creatine / Creatinina	SNP	Creatina	Venta ilegal, sin registro sanitario;
CR7INE Monohidrato de Creatina	(sin marca registrada)	Creatina	Sin registro sanitario, composición
Creatine Monohydrate	Farmafit	Creatina	Sin registro sanitario, riesgos por
Creatina Pura / Creatina	Vitalia / Dragon Pharma	Creatina	Sin registro sanitario según alerta
Creatinine, Wey Protein	One / Easy Supps	Proteína	Productos fraudulentos, sin registro
Creatine, BCAA, Best Protein y	M_I_M Labbs	Mixtos	Comercialización sin registro
Creatine Raw e Iron Nutrition	Iron Nutrition / RAW	Creatina	Venta ilegal como suplemento
Dymatize MuscleTech (Creatina	Dymatize	Creatina	Fraude comercial, sin autorización
Ronnie Coleman RC creatine	RC signature seires	Creatina	Sin registro sanitario , composición desconocida

Ejemplo de alerta

ALERTA SANITARIA

Dirección de Medicamentos y Productos Biológicos

Alerta No. 122-2024
Bogotá, 16 mayo 2024

CREATININA MONOHIDRATA PAU 360 RAW.

Nombre del producto: CREATININA MONOHIDRATA PAU 360 RAW.

Fuente de la alerta: Denuncia

No. Identificación interno: MA2404-69



Descripción del caso

DM-PF1-Descripción Problema El Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - Invima, advierte a la ciudadanía sobre la comercialización ilegal por diversas páginas web del producto "CREATININA MONOHIDRATA PAU 360 RAW", promocionado presuntamente como un suplemento dietario con beneficios en crecimiento muscular, aumento de fuerza, aumento de energía y aumento de potencia, el cual, no cuenta con registro sanitario emitido por el Invima. Por lo anterior, su comercialización en el territorio nacional es ilegal (ver imagen).

Es pertinente indicar que el producto "CREATININA MONOHIDRATA PAU 360 RAW" no corresponde a ningún producto autorizado por la Dirección de Medicamentos y Productos Biológicos del Invima; toda vez que no cumple con la normatividad vigente; Decreto 3249 de 2006

"por el cual se reglamenta la fabricación, comercialización, envase, rotulado o etiquetado, régimen de registro sanitario, de control de calidad, de vigilancia sanitaria y control sanitario de los suplementos dietarios".

Las etiquetas del producto "CREATININA MONOHIDRATA PAU 360 RAW", se encuentran en idioma inglés, el cual no está autorizado para productos que se comercialicen en el país. Adicionalmente, al ser un producto que NO se encuentra avalado por el INVIMA se desconoce la presencia de sustancias no declaradas que pueden poner en riesgo la salud de los consumidores.

Las sustancias en los suplementos dietarios fraudulentos que se promocionan para el aumento de masa muscular pueden generar eventos adversos como: sarpullido, urticaria, hinchazón de garganta/labios/lengua o sibilancias, presión arterial baja, desmayos, dolor en el pecho, dificultad para respirar, palpitaciones o latidos cardíacos irregulares, náuseas, vómitos, diarrea o dolor abdominal intensos y persistentes dificultad para orinar, disminución de la micción u orina oscura, fatiga o pérdida de apetito, estado de ánimo marcado (irritabilidad, ansiedad), cambios cognitivos o de comportamiento, pensamientos suicidas, accidente cerebrovascular (dificultad para hablar, debilidad unilateral de la cara, brazo, pierna o visión borrosa/pérdida).

El Invima ha emitido alertas y comunicados sobre los riesgos que tienen estos tipos de productos, indicando el peligro que representa para la salud de los consumidores, e igualmente hacen alusión a propiedades no autorizadas que dan lugar a expectativas falsas sobre la verdadera naturaleza, origen, composición o calidad de los productos. Estas alertas emitidas se pueden consultar en el siguiente enlace: <https://app.invima.gov.co/alertas/medicamentos-productos-biologicos>

Igualmente, se hace un llamado a la ciudadanía para que siempre verifique el número de registro sanitario del producto antes de utilizarlo, confirmando su autenticidad a través del siguiente link <https://www.invima.gov.co/atencion-al-ciudadano/consulta-avanzada-registros-sanitarios>, seleccionando en grupo el tipo de producto (medicamento, suplemento dietario, etc.) y realizando la búsqueda por nombre de producto, registro sanitario o principio activo.

Medidas para la comunidad en general

1. Absténgase de adquirir el producto "CREATININA MONOHIDRATA PAU 360 RAW", con las características previamente descritas.
2. No compre medicamentos o suplementos dietarios sin registro sanitario vigente, ya que estos productos pueden contener ingredientes que ponen en riesgo su salud. Tenga en cuenta que muchos de estos productos fraudulentos se comercializan en sitios de internet, redes sociales y cadenas de WhatsApp.
3. Si está consumiendo este producto:
 - a) Suspenda de inmediato su uso, debido a los riesgos que puede representar para su salud.
 - b) Informe de manera inmediata al Invima o entes de salud territorial los datos que conozca sobre los lugares donde se distribuya o comercialice estos productos.
 - c) Si ha presentado algún evento adverso, asociado a su consumo, repórtelo de manera

inmediata a través del siguiente enlace <https://primaryreporting.who-umc.org/CO> o a través del correo electrónico invimafv@invima.gov.co

4. Informe de manera inmediata al Invima o entes de salud territorial si por cualquier motivo usted tiene conocimiento de lugares donde se distribuya o comercialice estos productos.

Medidas para secretarías de salud departamentales, distritales y municipales

1. Realice las actividades de inspección, vigilancia y control en los establecimientos de su competencia, donde potencialmente se pueda comercializar este producto.
2. Tome las medidas a que haya lugar y gestione su destrucción.
3. Informe al Invima en caso de hallar este producto en algún establecimiento o canal web.
4. Replique o difunda esta alerta con las Entidades Administradoras de Planes de Beneficio – EAPB, Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud – IPS y demás actores del sector salud de su competencia.

Medidas para Instituciones Prestadoras de Servicio de Salud - IPS y profesionales de la salud

1. En el evento de encontrar pacientes que consuman el producto "CREATININA MONOHIDRATA PAU 360 RAW", se debe indicar la suspensión del consumo de este e informar sobre los posibles riesgos para la salud que se pudieran presentar.
2. Notifique al Invima sobre la adquisición de los productos mencionados con los datos suministrados por los pacientes sobre la dirección y medio de adquisición de los productos fraudulentos.

A los establecimientos titulares, distribuidores y comercializadores

Absténgase de distribuir y comercializar este producto previamente mencionado, pues su comercialización puede implicar ser sujeto de la aplicación de medidas sanitarias de seguridad.

Medidas para la Red Nacional de Farmacovigilancia

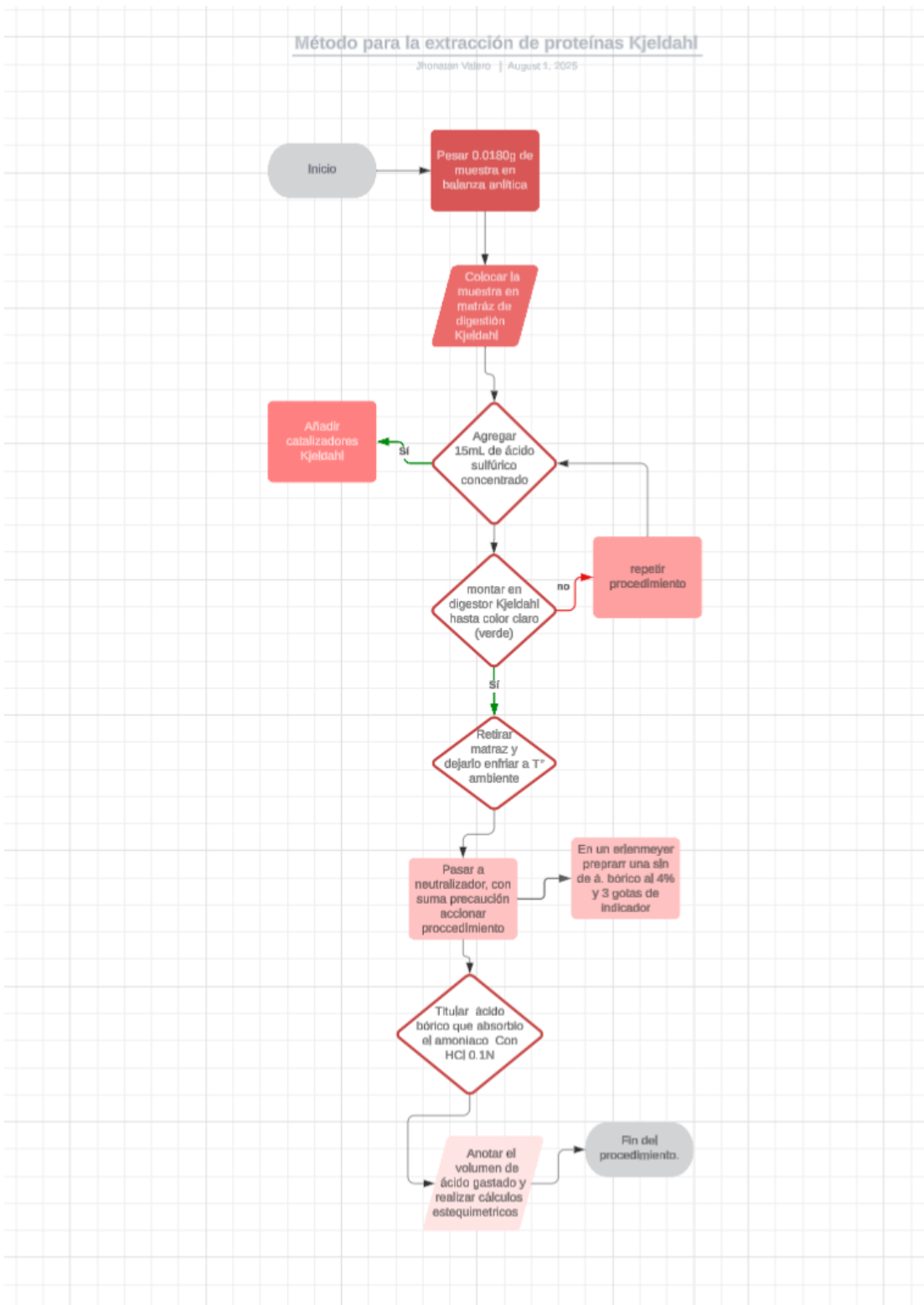
El Invima solicita que, desde los programas institucionales de Farmacovigilancia se realice la búsqueda activa para la detección de reacciones adversas que involucren los productos previamente mencionados y notifique al Invima.

Si desea obtener mayor información comuníquese con el Invima a:

invimafv@invima.gov.co

Anexo B

Diagrama de procedimiento para la cuantificación de proteínas por método Kjeldahl.



Anexo C

Tabla de condiciones y elaboración de patrones para HPLC

BITÁCORA			
solicitud de materiales y reactivos			
FASE MÓVIL	V = 1 L	1 L de agua HPLC y ajustar con H ₃ PO ₄ 0,6 % V/V fabricado en agua HPLC	
ESTÁNDAR	creatina monohidrato del 98 % de pureza		
PATRONES			
	25 mL, salvo el stock		
Stock (P7), elaborado con estándar	100 ppm	25 mg PLATINUM --- agua HPLC --- 250 mL y filtrar de 80 mL a 100 mL con cartucho	a vial
P1	1 ppm	250 µL stock --- agua HPLC --- 25 mL	a vial
P2	5 ppm	1250 µL stock --- agua HPLC --- 25 mL	a vial
P3	10 ppm	2500 µL stock --- agua HPLC --- 25 mL	a vial
P4	30 ppm	7500 µL stock --- agua HPLC --- 25 mL	a vial
P5	50 ppm	12500 µL stock --- agua HPLC --- 25 mL	a vial
P6	80 ppm	20000 µL stock --- agua HPLC --- 25 mL	a vial
PROBLEMAS			
	V = 25 mL		
McKenna			
predilución		10 mg --- agua HPLC --- 100 mL y filtrar 2 mL con cartucho	a vial
		10000 µL --- agua HPLC --- 25 mL	
Chemicol			
predilución		10 mg --- agua HPLC --- 100 mL y filtrar 2 mL con cartucho	a vial
		10000 µL --- agua HPLC --- 25 mL	
Julián			
predilución		10 mg --- agua HPLC --- 100 mL y filtrar 2 mL con cartucho	a vial
		10000 µL --- agua HPLC --- 25 mL	

Anexo D

Rubrica prueba diagnóstica

Bogotá, 23 de abril de 2025.

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Mi nombre es Jhonatan Valero Martínez y actualmente soy estudiante de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional. En primer lugar, quiero expresarle un respetuoso saludo.

De otro lado, y teniendo en cuenta su trayectoria y experiencia en el campo

investigativo, me gustaría solicitar su apoyo en la validación de un instrumento diagnóstico con el que pretendo recoger información valiosa sobre las actitudes respecto al consumo de suplementos deportivos.

El título de la Investigación es *“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO PROTEICO EN SUPLEMENTOS DEPORTIVOS: ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA HACIA EL CAMBIO ACTITUDINAL EN USUARIOS DE GIMNASIOS”*.

El instrumento de validación que se presenta a continuación contiene:

- Carta de presentación.
- Presentación del instrumento
- Encuesta completa.
- Categorías de análisis.
- Rúbrica de validación del instrumento

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,

Jhonatan Valero Martínez

Candidato a Licenciado en Química Universidad Pedagógica Nacional

Presentación del instrumento

El objeto de investigación del instrumento propuesto, será de suma importancia en la investigación presente sobre la cuantificación, uso y consumo de suplementos proteicos, especialmente en usuarios de gimnasios, particularmente este instrumento de entrada está pensado para recoger información sobre actitudes y grado de alfabetización por parte de los participantes, a continuación, se presentan objetivos del proyecto de investigación.

Objetivo general de la investigación:

Estructurar una propuesta de alfabetización científica que potencie cambios actitudinales favorables, hacia el uso consciente de suplementos dietarios deportivos, a partir de la determinación del contenido proteico en diversas marcas y productos comerciales.

Objetivos específicos de la investigación:

Realizar un análisis perceptual diagnóstico en torno al conocimiento y consumo de suplementos deportivos dietarios en un grupo objetivo específico.

Determinar el contenido proteico, específicamente en creatina, en diversas marcas de suplementos, a partir de un muestreo intencionado de referencias con y sin sello Invima y efectuar un análisis comparativo, en tal sentido.

Desarrollar un AVA orientado hacia la alfabetización científica, para promover cambios actitudinales favorables en el grupo objetivo.

Encuesta completa

Encuesta diagnóstica sobre conocimientos y actitudes frente al consumo de suplementos deportivos.

Este cuestionario tiene como objetivo conocer su percepción en relación con el consumo de suplementos deportivos de corte proteico, desde su experiencia deportiva y dietaria, que podrán ser de gran utilidad para el desarrollo de la investigación. En síntesis, esta fuente primaria de información será empleada con fines exclusivamente investigativos y exploratorios; al diligenciarlo está usted dando su consentimiento para su empleo y efectuando un aporte significativo a un ejercicio diagnóstico, relacionado con el análisis de suplementos proteicos para una alfabetización científica y cambio actitudinal en usuarios regulares de gimnasios.

Agradezco su colaboración y sinceridad en las respuestas.

Autorización de datos personales

1. La Universidad Pedagógica Nacional, como responsable del Tratamiento de Datos Personales, informa que los datos de carácter personal recolectados mediante este formulario, se encuentran bajo medidas que garantizan la seguridad, confidencialidad e integridad y su tratamiento se realiza de acuerdo al cumplimiento normativo de la Ley 1581 de 2012 y del Manual de Política interna y procedimientos para el Tratamiento de Datos de la Universidad Pedagógica Nacional. Puede ejercer sus derechos como titular a conocer, actualizar, rectificar y revocar las autorizaciones dadas a las finalidades aplicables a través de los canales dispuestos y disponibles en www.pedagogica.edu.co o e-mail: quejasyreclamos@pedagogica.edu.co Teniendo en cuenta lo anterior, autorizo de manera voluntaria, previa, explícita, informada e inequívoca a la UPN para tratar mis datos personales de acuerdo con el Manual de política interna y procedimientos para el tratamiento y protección de datos personales de la Universidad y para los fines relacionados con su Misión. Léído lo anterior, manifiesto que la información para el

Tratamiento de mis datos personales la he suministrado de forma voluntaria y es veraz, completa, exacta, actualizada, comprobable y comprensible.

Acepto

No acepto

Complete los siguientes datos:

Nombre: _____ Género: _____

Nivel educativo culminado:

Primaria: _____. Bachillerato: _____. Técnico o tecnólogo: _____. Profesional: _____.

Estudios superiores (maestrías, doctorados u otros): _____.

Por favor, lea atentamente e indique marcando con una **X** en el espacio vacío del cuadrado la opción más adecuada para usted, a menos que se le indique que puede ser de opción múltiple.

1. ¿Con qué frecuencia asiste al gimnasio?

- Diario
- 3 a 5 veces por semana
- 1 a 2 veces por semana
- Ocasionalmente
- No asisto actualmente

2. ¿Conoce la composición nutricional básica de los alimentos?

- Sí
- No
- Algunos componentes
- No estoy seguro

3. Marque si conoce alguno de los siguientes conceptos (opción múltiple):

- Lípidos
- Carbohidratos
- Proteínas
- Micronutrientes

4. ¿Ha consumido o consume actualmente suplementos deportivos?

- Sí
- No
- No estoy seguro

5. Si su respuesta anterior fue “sí”, ¿qué tipo(s) de suplementos consume o ha consumido? (opción múltiple)

- Proteína en polvo
- Creatina

- Aminoácidos (BCAA, glutamina, etc.)
 - Termogénicos o quemadores de grasa
 - Multivitamínicos
 - Otro: _____
- 6.** ¿Con qué objetivo consume o ha consumido suplementos?
- Aumentar masa muscular
 - Mejorar el rendimiento físico
 - Mejorar la salud general
 - Otro: _____
- 7.** ¿Sabe qué es la creatina y cómo actúa en el cuerpo?
- Sí, completamente
 - Tengo una idea general
 - No, no sé qué es
- 8.** ¿Considera importante revisar la composición nutricional en las etiquetas de los suplementos?
- Sí
 - A veces
 - No
- 9.** Confía plenamente en que la cantidad de creatina declarada en un suplemento coincide con lo que realmente contiene?
- Sí
 - No
 - No estoy seguro
- 10.** ¿Qué tan importante le parece saber cómo se verifica químicamente la composición de un suplemento?
- Muy importante
 - Algo importante
 - Poco importante
 - Nada importante
- 11.** ¿Cree que los conocimientos de química pueden ayudarle a tomar mejores decisiones sobre su alimentación y el uso de suplementos?
- Sí
 - No
 - No lo sé
 - No lo considera necesario
- 12.** ¿Le gustaría conocer más sobre cómo se analiza la creatina y/o proteínas en laboratorio?
- Sí
 - No
 - Tal vez
- 13.** ¿Alguna vez ha sentido efectos adversos por el consumo de suplementos?
- Sí (¿cuáles?): _____

- No
- No aplica

También puede ser consultada en su formato digital:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=nGREgiPT_k6Tg1M4a_CM6C8PKPvLuNIMudb-Xn-RqapUQk4yQ1hQQTRGOUFWUTVSTIRCWDRHMzJSWi4u

• **Definición de las categorías.**

Categoría	Descripción	Ítems asociados
Perfil del participante	Información sociodemográfica y educativa básica del encuestado.	Nombre, Genero, Nivel educativo
Frecuencia y experiencia deportiva	Indaga la regularidad de la actividad física en gimnasio.	Pregunta 1
Conocimientos nutricionales generales	Evalúa el conocimiento básico sobre nutrientes y etiquetas nutricionales.	Preguntas 2, 3, 8
Uso de suplementos deportivos	Recolecta información sobre el consumo pasado o actual de suplementos y sus tipos.	Preguntas 4, 5, 6
Conocimientos específicos sobre creatina	Mide el nivel de familiaridad con la creatina y su funcionamiento.	Pregunta 7
Confianza y percepción sobre los suplementos	Analiza el nivel de confianza en la información proporcionada por los productos.	Pregunta 9
Valoración del análisis químico	Evalúa el interés por conocer y validar científicamente los componentes de los suplementos.	Preguntas 10, 11, 12
Experiencias negativas o efectos adversos	Recoge información sobre efectos secundarios derivados del uso de suplementos.	Pregunta 13

- **Rúbrica de validación del instrumento diagnóstico**

Apreciado evaluador: de acuerdo con los siguientes indicadores, por favor evalúe cada uno de los ítems propuestos según corresponda. Agradezco su colaboración prestada para la consecución de los objetivos propuestos.

Encuesta: Conocimientos y actitudes frente al consumo de suplementos deportivos.

Categoría	Criterio a Evaluar	Escala de Valoración	Observaciones del Evaluador
Pertinencia	El contenido de las preguntas es relevante con respecto a los objetivos de la investigación.	1 = No pertinente 2 = Poco pertinente 3 = Medianamente pertinente 4 = Pertinente 5 = Muy pertinente	4 pertinente las preguntas son importantes en relación con los objetivos de la investigación, sin embargo, sugiero que la pregunta número 7 amplíe su concepto relacionado con los objetivos generales
Claridad	Las preguntas están redactadas de manera clara, comprensible y sin ambigüedades.	1 = Muy confusa 2 = Confusa 3 = Aceptable 4 = Clara 5 = Muy clara	Muy claro el lenguaje es perceptible y conciso de fácil comprensión teniendo en cuenta la población
Coherencia interna	Las preguntas guardan coherencia lógica entre sí y con el objetivo del cuestionario.	1 = Muy baja 2 = Baja 3 = Moderada 4 = Alta 5 = Muy alta	3 moderada Existe una sincronía general entre las preguntas, aunque le podría sugerir que haya una transición entre la sesión sobre conocimientos nutricionales y el consumo de suplementos para

			que haya una relación más fluida
--	--	--	----------------------------------

Cobertura de contenidos	El instrumento abarca los temas centrales que se pretenden explorar: hábitos, conocimiento y actitudes.	1 = Muy incompleta 2 = Incompleta 3 = Aceptable 4 = Completa 5 = Muy completa	4 completa cumplen de manera amplia con las características relacionadas con la población usuaria de los gimnasios Sin embargo le sugeriría colocar una pregunta sobre cómo influye la publicidad al momento de escoger un suplemento
Adecuación del lenguaje	El lenguaje utilizado es adecuado para el nivel educativo de la población objetivo (usuarios de gimnasios).	1 = Inadecuado 2 = Poco adecuado 3 = Aceptable 4 = Adecuado 5 = Muy adecuado	5 muy adecuado El lenguaje es pertinente y accesible al público sugerido
Viabilidad de aplicación	El tiempo y formato del instrumento son apropiados para su aplicación.	1 = Nada viable 2 = Poco viable 3 = Viable con ajustes 4 = Bastante viable 5 = Totalmente viable	4 bastante viable las preguntas son suficientes y no requieren un tiempo tan extenso, sin embargo, se podría reducir algunas preguntas que permitieran facilitar el análisis de los datos
Capacidad para generar reflexión	El cuestionario promueve una autoevaluación y reflexión en el encuestado sobre su comportamiento alimentario.	1 = Nada 2 = Poco 3 = Medianamente 4 = Bastante 5 = Mucho	3 medianamente podría ampliar algunas preguntas abiertas que permitan una mayor reflexión


FIRMA PAR EVALUADOR

Anexo E

Prueba definitiva de salida

Encuesta de Evaluación Final del AVA

Objetivo: Evaluar el impacto del Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) en el fortalecimiento de la alfabetización científica sobre el consumo de suplementos deportivos en usuarios de gimnasios.

SECCIÓN 1: Conocimiento previo y adquirido

- 1. ¿Sabe usted qué es la creatina y cómo actúa en el cuerpo humano?
 Sí No No del todo
- 2. ¿Conoce la composición nutricional básica de los alimentos?
 Sí No No del todo
- 3. ¿Sabe identificar cuándo es necesario consumir suplementos deportivos?
 Sí No No del todo
- 4. Seleccione los conceptos que reconoce actualmente:
 Macronutrientes Aminoácidos Dosis recomendada
 Balance energético Composición química de suplementos Ninguno
- 5. Después de usar el AVA, ¿cómo calificaría su comprensión sobre los siguientes temas? (1 = Nada claro, 5 = Muy claro):
 - Etiquetas de suplementos
 - Diferencia entre proteína y creatina
 - Suplementación vs alimentación natural

SECCIÓN 2: Percepción sobre eficacia de los suplementos

- 6. ¿Considera ahora que los suplementos garantizan resultados rápidos por sí solos?
 Sí No No del todo
- 7. ¿Qué tan eficaz considera el uso de suplementos si no va acompañado de una alimentación adecuada?
 Muy eficaz Poco eficaz No eficaz No sé
- 8. ¿Cuál es su nivel de confianza en que la información de la etiqueta refleja el contenido real del producto?
 Alta Media Baja Nula

SECCIÓN 3: Fuentes de información

- 9. ¿De dónde obtiene actualmente información sobre suplementos deportivos? (marque todas las que apliquen):
 Entrenadores Internet / Google Influencers o redes sociales
 Profesionales de la salud El AVA utilizado Amigos o conocidos

Etiquetas del producto

- 10. ¿Luego de usar el AVA, considera más confiable la información científica que la que circula en redes sociales?
 Sí No No del todo

SECCIÓN 4: Actitudes hacia la ciencia y la nutrición

- 11. ¿Considera importante verificar químicamente la composición de un suplemento antes de consumirlo?
 Sí No No del todo

- 12. ¿Está más dispuesto ahora a consultar fuentes científicas antes de consumir un suplemento?
 Sí No No del todo
 - 13. ¿Le gustaría seguir aprendiendo sobre nutrición deportiva desde una perspectiva científica?
 Sí No Tal vez
 - 14. Complete la frase:
 "Después de utilizar el AVA, considero que tomar decisiones sobre el uso de suplementos deportivos debe basarse en..."
- SECCIÓN 5: Evaluación del AVA
- 15. ¿Cómo calificaría su experiencia con el AVA en general?
 Excelente Buena Regular Mala
 - 16. ¿Cuál fue el recurso que más le ayudó a comprender los temas?
 Videos Infografías Actividades interactivas Lecturas
- Autoevaluaciones
- 17. ¿Considera que los contenidos fueron adecuados para su nivel de conocimiento previo?
 Sí No Parcialmente
 - 18. ¿Qué aspecto del AVA mejoraría o cambiaría? (Respuesta abierta)
 - 19. ¿Cómo describiría el impacto general que tuvo el AVA en su forma de pensar o actuar respecto al consumo de suplementos? (Respuesta abierta)

Anexo F Resultados prueba diagnóstica

La Universidad Ped	Nombre	Genero	Nivel educativo cul	Con qué frecuencia	Conoce la composición nutricional	Reconoce alguno de los siguientes conceptos? (opción)	Comprende los requerimientos calóricos y nutricional	A partir de la pregunta	Ha consumido o cre	Si su respuesta anti	Con qué objetivo	¿Sabe qué es la creatina?	Considera importan	Confía plenamente	¿Qué tan importan	¿Cree que los cono	Le gustaría conocer	¿Alguna vez ha sen	Explique con sus pr	
No acepto																				
Acepto	Nancy	Femenino	Profesional	3 a 5 veces por semana	Algunos compuestos	Carbohidratos, Proteínas, Micronutrientes, Lípidos;	Parcialmente	Si	Si	Proteína en polvo	Aumentar masa musculosa	Tengo una idea general	Si	No	Muy importante	Si	Si	No	Que sea proteína limpia	
Acepto	Camilo Parra	Masculino	Técnico o tecnólogo	3 a 5 veces por semana	Algunos compuestos	Proteínas, Carbohidratos, Lípidos;	Parcialmente	Si	Si	Creatina	Aumentar masa musculosa	Tengo una idea general	A veces	No estoy seguro	Algo importante	No lo considera necesario	Si	Si	Por el costo y popularidad	
Acepto	Ana maria alvarez	Femenino	Técnico o tecnólogo	Ocasionalmente	Algunos compuestos	Carbohidratos;	Parcialmente	No	No	Creatina;	Mejorar el rendimiento	Tengo una idea general	A veces	No estoy seguro	Algo importante	Si	Tal vez	Si	No lo sé gracias	
Acepto	Medelaine	Femenino	Técnico o tecnólogo	Diario	Algunos compuestos	Lípidos, Carbohidratos, Proteínas, Micronutrientes;	Parcialmente	Si	Si	Proteína en polvo, Creatina;	Aumentar masa musculosa	Tengo una idea general	Si	No estoy seguro	Muy importante	Si	Si	Si	Para complementar mi dieta	
Acepto	Mónica Figueroa	Femenino	Técnico o tecnólogo	3 a 5 veces por semana	Algunos compuestos	Proteínas;	Parcialmente	No	Si	Creatina;	Aumentar masa musculosa	Tengo una idea general	Si	No	Muy importante	Si	Si	Si	Pesadez	
Acepto	Lina	Femenino	Estudios superiores (nº3)	3 a 5 veces por semana	Si	Lípidos, Carbohidratos, Proteínas, Micronutrientes;	Si	Si	Si	Proteína en polvo, Creatina;	Aumentar masa musculosa	Si, completamente	Si	No estoy seguro	Muy importante	Si	Si	Si	Para mejorar mi rendimiento	
Acepto	Maira Alejandra Garza	Femenino	Bachillerato	3 a 5 veces por semana	Algunos compuestos	Carbohidratos, Proteínas;	Parcialmente	No	Si	Creatina, Proteína en polvo;	Mejorar el rendimiento	Tengo una idea general	Si	No	Algo importante	Si	Si	Si	Bueno, respecto a la calidad	
Acepto	Fabian	Hombre	Técnico o tecnólogo	3 a 5 veces por semana	No	Carbohidratos, Proteínas, Micronutrientes;	No	No	Si	Proteína en polvo, Creatina;	Aumentar masa musculosa	No, no sé qué es	Si	No estoy seguro	Muy importante	Si	Si	No	Para aumentar masa muscular	
Acepto	Nicol González	Femenino	Técnico o tecnólogo	1 a 2 veces por semana	Algunos compuestos	Carbohidratos, Proteínas, Micronutrientes, Lípidos;	Si	Si	Si	Proteína en polvo, Creatina;	Aumentar masa musculosa	Tengo una idea general	Si	No	Muy importante	Si	Si	Si	Decidí suplementarme	
Acepto	Walter	Masculino	Estudios superiores (nº Diario)	Algunos compuestos	Carbohidratos, Proteínas, Micronutrientes;	Parcialmente	Si	Si	Si	Proteína en polvo, Creatina;	Aumentar masa musculosa	Si, completamente	Si	Si	Muy importante	Si	Si	No	Para tener un aumento de masa	
Acepto	Andrea Perez	Femenino	Bachillerato	Diario	Algunos compuestos	Carbohidratos;	No	No	Si	Creatina, Termogénico;	Mejorar el rendimiento	Tengo una idea general	A veces	No estoy seguro	Algo importante	No lo considera necesario	Tal vez	Si	Porque tengo mucha grasa	
Acepto	Jairo andres ramos uae	Masculino	Técnico o tecnólogo	3 a 5 veces por semana	Si	Proteínas, Carbohidratos, Lípidos, Micronutrientes;	Si	No	Si	Proteína en polvo, Creatina;	Aumentar masa musculosa	Si, completamente	Si	Si	Muy importante	Si	Si	Si	Imparcial	
Acepto	Fabián Vargas	Masculino	Profesional	Diario	Si	Proteínas, Carbohidratos, Lípidos, Micronutrientes;	Si	Si	Si	Creatina, Proteína en polvo;	Aumentar masa musculosa	Si, completamente	Si	No	Muy importante	Si	Si	Si	Básicamente recomendar	
No acepto																				
Acepto	Ivan Felipe Villanueva	Masculino	Profesional	3 a 5 veces por semana	Si	Lípidos, Carbohidratos, Proteínas, Micronutrientes;	Si	Si	Si	Proteína en polvo, Creatina;	Aumentar masa musculosa	Si, completamente	Si	Si	Muy importante	Si	Si	No	Para alcanzar objetivos	
Acepto	July Andrea Valero	Femenino	Profesional	3 a 5 veces por semana	Si	Carbohidratos, Proteínas, Micronutrientes;	Parcialmente	No	Si	Creatina, Omega 3;	Aumentar masa musculosa	Tengo una idea general	A veces	No estoy seguro	Muy importante	Si	Si	Si	Decidí suplementarme	

Anexo G Resultados prueba de salida

Nivel edu	Sabe qué es la creatina	Conoce compos	Identifica cuándo suple	Selección los conceptos que reconoce actualmente	Comprensión: etiq	Comprensión: pr	Comprensión: suple	Cree que su	Eficacia sin el	Confianza en etiq	Fuentes actuales	Preferir el	Importancia ve	Disposic	Deser	Frases final	Califica	Recurso más útil	Contenido	Mejoras sugeridas	Impacto general del AVA	
Universitaria	Si	Si	Si	Macronutrientes, Balance energético, Composición química	4	4	5	4	No	No eficaz	Media	Profesionales de la salud, Internet / Google	Si	Si	Si	Si	Después de utilizar el	Buena	Videos	Si	Más contenido visual y comparativo	Puede desmontar mitos que ante
Técnico/tec	Si	Si	Si	aminoácidos, Macronutrientes, Balance energético	4	4	5	5	No	No eficaz	Media	Etiquetas del producto, Influencers o redes sociales, El	Si	Si	Si	Si	Después de utilizar el	Buena	Infografías	Si	Facilitar el acceso desde el celular	Tengo una idea general de co
Técnico/tec	Si	Si	Si	Macronutrientes, Balance energético, Composición química	2	4	4	3	No del todo	No eficaz	Baja	Profesionales de la salud, El AVA utilizado	No del todo	No del todo	Si	Si	Después de utilizar el	Excelente	Autoevaluaciones	Si	Más contenido visual y comparativo	Deber informarme sobre lo que
Universitaria	Si	Si	No del todo	Dosis recomendada, Balance energético, aminoácidos	2	5	5	3	No del todo	No eficaz	Baja	Influencers o redes sociales, El AVA utilizado, Entrenador	No	Si	Si	No	Después de utilizar el	Regular	Actividades interactivas	Si	Facilitar el acceso desde el celular	Tengo Más claridad sobre que bi
Universitaria	No del todo	Si	No del todo	Macronutrientes, aminoácidos, Dosis recomendada, Balan	2	5	5	5	Si	Eficaz	Nula	Amigos o conocidos, Profesionales de la salud	No	No	No	Si	Después de utilizar el	Excelente	Infografías	Si	Incluir una guía del uso de la página	Se cuándo es pertinente usar si
Técnico/tec	Si	No del todo	Si	Composición química de suplementos, Dosis recomendada	5	5	5	5	No	No eficaz	Media	El AVA utilizado, Internet / Google	Si	Si	Si	Si	Después de utilizar el	Buena	Lecturas	Si	Añadir un chat bot	Ahora reconozco la importancia
Técnico/tec	No del todo	Si	Si	Composición química de suplementos, Balance energético	3	3	3	3	No	No eficaz	Media	El AVA utilizado, Influencers o redes sociales, Etiquetas del pro	No del todo	No	Si	Tal vez	Después de utilizar el	Buena	Infografía	Si	Poner una guía para lectura de et	Una nueva perspectiva sobre el
Bachillerato	Si	No del todo	No del todo	Composición química de suplementos, Macronutrientes, L	3	3	3	3	No del todo	No sé	Baja	Internet / Google, Influencers o redes sociales, Amigos	Si	No	No	Tal vez	Después de utilizar el	Buena	Actividades interactivas	Parcialmente	Agregar casos prácticos que re	Comprendo cuándo es pertin
Posgrado	Si	Si	Si	Composición química de suplementos, aminoácidos, Macr	4	5	4	4	No	No eficaz	Media	Internet / Google, Etiquetas del producto	Si	Si	Si	Si	Después de utilizar el	Buena	Infografías	Si	Poder agregar comentarios en el	Puedo explicar mejor los riesgos
Universitaria	Si	Si	Si	Dosis recomendada, Composición química de suplemento	4	5	5	5	No	No eficaz	Media	El AVA utilizado, Amigos o conocidos, Etiquetas del pro	Si	Si	Si	Si	Después de utilizar el	Buena	Autoevaluaciones	Si	Agregar casos prácticos que re	Ahora entiendo que no todos lo
Técnico/tec	No	No	Si	Composición química de suplementos, aminoácidos, Dosis	3	5	4	4	No del todo	Eficaz	Baja	Entrenadores, Profesionales de la salud, Etiquetas del pro	No	No del todo	No del todo	Tal vez	Después de utilizar el	Mala	Infografías	Si	Inclus chat interactivo entre la c	Me gastaba la plata en suplimen
Bachillerato	Si	No	Si	Balance energético, Composición química de suplemento	4	5	5	5	No	No eficaz	Media	Internet / Google, Profesionales de la salud	Si	Si	Si	Tal vez	Después de utilizar el	Buena	Lecturas	Si	Que se visualice mejor en el cel	Tengo Más claridad sobre que bu
Bachillerato	Si	Si	Si	Dosis recomendada, aminoácidos	5	4	5	5	No	No eficaz	Baja	Internet / Google, Amigos o conocidos, Profesionales de la	Si	Si	Si	No	Después de utilizar el	Buena	Videos	Si	Ninguna	Aprendí de suplementos y quim
Posgrado	Si	Si	Si	aminoácidos, Balance energético	4	4	5	4	No	No eficaz	Media	Influencers o redes sociales, El AVA utilizado, Profesio	Si	Si	No	Después de utilizar el	Buena	Autoevaluaciones	Si	Ninguna, todo me gustó	Me dio una nueva perspectiva s	
Universitaria	Si	Si	Si	Dosis recomendada, Composición química de suplemento	3	4	4	4	No del todo	Poco eficaz	Alta	Internet / Google, Amigos o conocidos, El AVA utilizado	No	Si	No	No	Después de utilizar el	Buena	Lecturas	Parcialmente	Tener experiencias reales	Me gustó aprender del tema
Bachillerato	No	No del todo	Si	Composición química de suplementos, Macronutrientes, a	2	4	4	4	No	No eficaz	Baja	El AVA utilizado, Amigos o conocidos, Etiquetas del pro	Si	No del todo	No del todo	No	Después de utilizar el	Regular	Videos	Si	Ninguna	Ninguno
Bachillerato	No del todo	Si	Si	Dosis recomendada, Composición química de suplemento	3	4	4	4	No	Muy eficaz	Media	Etiquetas del producto, Entrenadores, Amigos o conocid	No del todo	No	Si	Tal vez	Después de utilizar el	Mala	Lecturas	Si	Agregar más videos	reconozco la importancia de las
Bachillerato	Si	Si	Si	aminoácidos, Dosis recomendada, Composición química d	4	2	2	2	No	No eficaz	Media	El AVA utilizado, Profesionales de la salud	Si	Si	Si	Tal vez	Después de utilizar el	Buena	Videos	Si	Nada, me gustó	Me ayudó a no hacerle caso a inf

Anexo H

Carta de presentación para gimnasios

Bogotá, 30 marzo de 2025

Señores:
Kavod Gym/24 seven
Atención: Dirección Administrativa Asunto:

Solicitud para socialización y aplicación de recurso educativo virtual (AVA)

Respetados(as) señores(as):

Reciban un cordial saludo. Mi nombre es Jhonatan Valero Martínez, estudiante del programa de Licenciatura en química en la Universidad Pedagógica Nacional, actualmente desarrollando un trabajo de grado titulado “EVALUACIÓN DE CREATINA Y PROTEÍNAS EN SUPLEMENTOS DEPORTIVOS: ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA HACIA EL CAMBIO ACTITUDINAL EN USUARIOS DE GIMNASIOS”.

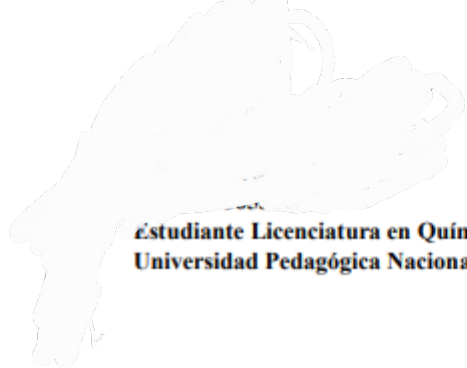
Como parte fundamental de esta propuesta, he diseñado un **Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA)** que busca fortalecer el criterio crítico y el conocimiento responsable en torno al uso de suplementos proteicos y deportivos, a través de contenidos educativos, videos, quizzes y recursos descargables.

Con el presente escrito, solicito amablemente la autorización para **desarrollar una breve charla introductoria y permitir que un grupo voluntario de usuarios del gimnasio Kavod/ 24 seven acceda al AVA**, con el fin de observar su aplicación práctica y recoger retroalimentación que contribuya al proceso investigativo y formativo.

El proceso no representa ningún riesgo ni costo para la institución, ni afecta la dinámica habitual de entrenamiento, y se llevará a cabo con consentimiento informado y bajo criterios éticos.

Agradezco de antemano su valiosa atención e interés en apoyar esta iniciativa académica. Quedo atento(a) a cualquier requerimiento adicional o espacio para concertar una reunión.

Cordialmente,



**Estudiante Licenciatura en Química
Universidad Pedagógica Nacional**

Anexo I

Link del AVA (ambiente virtual de aprendizaje)

<https://view.genially.com/67eca922542f2f0dcbde80a2/presentation-los-suplementos-y-la-quimica>

Anexo J

Bibliografía usada para el AVA

Ministerio de Salud de Colombia. (2022). Guía para el uso responsable de suplementos alimenticios. <https://www.minsalud.gov.co/salud/suplementos>

Castro, H., & Martínez, A. (2019). Alfabetización científica y toma de decisiones en salud. *Revista Educación y Pedagogía*, 31(80), 55–70.

Kreider, R. B., et al. (2010). ISSN Exercise & Sport Nutrition Review: Research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 7.

Montoya-Rosas, G. A. et al. (2024). El debate de los suplementos. *Con Evidencia*, 3(53).

Rendón, D. (2021). Ambientes virtuales de aprendizaje: Un enfoque desde la educación crítica. *Revista Colombiana de Educación*, (81), 142–160.

<https://doi.org/10.17227/rce.num81-11443>

Pardo, M., & Gómez, F. (2020). Percepciones sobre el consumo de suplementos deportivos en jóvenes universitarios. *Revista Ciencias de la Salud*, 18(2), 121–136.

<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.8883>

Universidad Nacional de Colombia. (2023). Lineamientos para el diseño de recursos educativos digitales. <https://recursoseducativos.unal.edu.co/>

Ratamess, N. A., et al. (2013). Thermogenic supplements and metabolic outcomes. *Strength & Conditioning Journal*, 35(2), 62–71.

Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M.

(2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501–528.

<https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>

Salas-Salvadó, J. (2021). *Nutrición y dietética clínica* (6.ª ed.). Elsevier.

Slater, G., & Phillips, S. M. (2011). Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S67–S77.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.574722>

Valero, J. (2025). Evaluación de creatina y proteínas en suplementos deportivos: alfabetización científica hacia el cambio actitudinal en usuarios de gimnasios (Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional).