



CENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN SALUD





Ciencia Tecnología e Innovación en Salud

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA

**Grupo de Investigación Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud
CITEISA**

Jorge Eduardo Londoño Ulloa
Director General SENA

Claudia Patricia Foreno Londoño
**Coordinadora Grupo de Gestión
Estratégica de la Formación**

John Albeiro Giraldo Londoño
**Director Regional Antioquia (e)
SENA Regional Antioquia**

Nora Luz Salazar Marulanda
**Subdirectora
Centro de Servicios de Salud**

Luis Guillermo Arboleda Noreña
**Coordinador de Formación Profesional
Centro de Servicios de Salud**

Diana Catalina Arcila Echavarría
**Dinamizadora SENNOVA
Centro de Servicios de Salud**

Maritza Elena Turizo Arzuza
**Líder Grupo de Investigación CITEISA
Centro de Servicios de Salud**

Revista Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud, 2022
SENA Regional Antioquia.
76 páginas; 21.59 cm x 27.94 cm

ISSN 2590-5708
2023

Comité Editorial

Diana Catalina Arcila Echavarría

Ingeniera Química

Magíster en Ingeniería con Énfasis en Química

Doctorado en Biotecnología

Dinamizadora SENNOVA Centro de Servicios de Salud

Sebastián Londoño Marín

Administrador de Empresas

Contratista SENNOVA - SENA

Sofía Rojas Quintero

Diseño y Diagramación

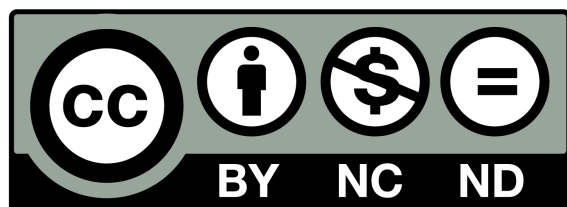
Centro de Servicios de Salud

Carlos Mario Suárez Garzón

Corrección de Estilo

Comunicaciones

Centro de Servicios de Salud



Comité Científico

Johnny Oldaney Larrea Galeano

**Regente de Farmacia, Trabajador Social.
Especialización en Gestión de Proyectos.
Especialización en Ambientes Virtuales de
Aprendizaje.**

Edwin Jair Osorio Bedoya

**Químico Farmacéutico.
Magister en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias.**

Jaime Orlando Rodríguez Peña

**Fisioterapeuta.
Especialista Ejercicio Físico para la Salud.
Magíster en Fisioterapia de la Actividad Física y el
Deporte.**

Deissy Johana Pérez Botero

**Profesional en Salud Ocupacional.
Licenciada en Educación Básica con Énfasis en
Ciencias Naturales y Educación Ambiental.**

Adriana María Bustamante Cataño

**Psicóloga, Trabajadora Social.
Especialista en Psicología Organizacional.**

Heber Esteban Bermúdez González
Estadístico.

Juan José Gaviria

**Médico.
Magister en epidemiología .
Magister en Telesalud.**

Bairon Henao Orozco

Fisioterapeuta.

Mariana Rodríguez Berrío

**Médica general.
Estudiante de Posgrado en Gerencia de la Salud
Pública.**

Carlos Alberto Gómez Mercad

**Health Administrator.
MPH.
PhD Epidemiology-Biostatistics.
Post PhD en gestión del riesgo de ECNT.
Data Scientist.**

POLÍTICA EDITORIAL

Temática y Alcance

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

- El trabajo no ha sido publicado previamente, ni se ha presentado a otra revista (o se ha proporcionado una explicación en "Comentarios al editor").
- El archivo enviado está en formato, Microsoft Word.
- Se han añadido direcciones web para las referencias donde ha sido posible.
- El texto tiene interlineado doble; el tamaño y tipo de fuente es Times New Roman 12 puntos; se usa cursiva en vez de subrayado (exceptuando las direcciones URL); y todas las ilustraciones, figuras y tablas están dentro del texto en el sitio que les corresponde y no al final de todo.
- El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo indicados en las Instrucciones a los/las autores/as, que se pueden encontrar en Acerca de la revista.

DIRECTRICES PARA AUTORES/AS

La revista CITEISA se propone estimular la difusión de temas de actualidad nacional e internacional en las áreas de plásticos, materiales, metalmecánica, recubrimientos duros, gestión industrial, gestión medioambiental, gestión tecnológica, gestión de calidad, gestión del conocimiento y gestión de la innovación y afines, que recojan el resultado de investigaciones, la reflexión científica, y la producción intelectual de los investigadores. Los juicios emitidos por los autores de los artículos son de su entera responsabilidad; por lo tanto, no comprometen las políticas del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA ni las del comité editorial. La periodicidad de la revista es anual, la cual puede variar en caso de publicar una edición especial.

Los autores deben enviar sus artículos a la coordinación de la revista. Recibido el texto, éste se somete a una preselección por parte del comité editorial en la que se determina su pertinencia temática para la revista. Seguido, se somete a una revisión en busca de similitud en iThenticate.

Una vez calificado como pertinente para la publicación y que no contiene un % alto de similitud, inicia el proceso de evaluación académica, en el que se conserva el anonimato de los evaluadores y los autores. Este proceso determina la idoneidad académica del texto y la posibilidad de publicación, o la necesidad de solicitar modificaciones a los autores para nuevamente someter el trabajo a una nueva evaluación.

La revista CITEISA sigue las pautas de Minciencias para la indexación de publicaciones seriadas, dando preferencia a los artículos de:

La revista CITEISA sigue las pautas de Minciencias para la indexación de publicaciones seriadas, dando preferencia a los artículos de:

INVESTIGACIÓN: relata la manera de delimitar la pregunta de la investigación, el camino para someterla a prueba (análisis estadístico del experimento, protocolos disciplinarios) y la confrontación de los datos



generados con la literatura actual.

REFLEXIÓN: documentos que presentan resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales y de revisión.

REVISIÓN: es el resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica superior a 50 referencias.

PROCESO DE EDICIÓN DE LOS ARTÍCULOS

La revista es de acceso abierto y publica anualmente artículos en español e inglés sin costo alguno, durante todo el año se están recibiendo artículos. Si los artículos son avalados por el comité editor, se envían a por lo menos dos pares anónimos calificados y externos al comité editor. Este proceso continúa con la verificación de las evaluaciones de los árbitros y las respuestas por parte del autor, solicitando de igual forma las modificaciones de estilo que considere pertinentes antes de autorizar su publicación. El artículo aprobado por el comité se remite a los autores para la aprobación de la versión final. El autor recibe un ejemplar de la publicación. Las publicaciones para autores afiliados al Centro de Servicios de Salud no superarán el 30% por número.

LINEAMIENTOS PARA PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

- Los artículos remitidos deben ser originales, escritos en español o inglés, no publicados con anterioridad o simultáneamente en otra revista o en línea.
- Es indispensable que los autores indiquen si su artículo es producto o desarrollo de una investigación en curso o se debe incluir en una nota a pie de página el nombre del proyecto, las fechas en que inició y terminó, la entidad que lo financió y lo ejecutó.
- Los artículos pueden contener máximo 20 páginas numeradas, las cuales incluyen fotografías, gráficos o tablas, en papel tamaño carta. Deben presentarse a espacio sencillo (1,15) y en fuente Times New Roman, Tamaño de letra 12 puntos y (dichas solicitudes se plantean en aras de facilitar la revisión por parte de los evaluadores, pues una vez se apruebe el artículo pasa por un proceso de diagramación el cual puede variar el aspecto final del manuscrito)
- El autor debe anexar la siguiente información: correo electrónico personal, número telefónico, número de celular y dirección de correspondencia, a fin de facilitar el contacto y el seguimiento a la publicación.
- El documento se debe entregar en un archivo de Word.
- Se deben Anexar las imágenes en la más alta calidad posible.

INSTRUCCIONES ESPECIALES PARA LA DIGITACIÓN:

Párrafos: se justifican sin dejar espacio entre los consecutivos y sin partir las palabras; no dejar más de un espacio entre palabras después de coma, punto y coma, dos puntos, paréntesis y punto seguido. No incluir saltos de página o finales de sección; los guiones tipográficos deben ser largos y tocar la palabra adjunta: (-) pero el que se usa entre palabras y números es el del teclado, y sin dejar espacio ejemplo: Petro-químico, 2000-2007.

Ecuaciones: se presentan en el procesador incluido en Word, en la fuente Times New Román 9 puntos; para los símbolos de las constantes, variables y funciones se utilizan letras latinas básicas o griegas incluidas en las ecuaciones y deben ir en cursiva; los símbolos matemáticos y los números no van en cursiva, identificando los símbolos inmediatamente después de la ecuación. Los términos de las ecuaciones y las fórmulas químicas en el texto deben ir en cursiva. Los números que identifican las ecuaciones deben ir entre paréntesis y en letra cursiva, al lado derecho de las mismas. Las fracciones en las fórmulas deben escribirse con barra horizontal. Al enunciarlas dentro del texto se pueden escribir con la barra oblicua. Las ecuaciones deben numerarse secuencialmente y estar referenciadas dentro del texto.

Figuras: el término Figura se utiliza para los diagramas, las fotos y los gráficos, las notas relacionadas con la Figura se incluyen en la parte inferior de la misma y la información contenida debe ser muy completa e incluir indicadores que permitan dar información al artículo. Las figuras no requieren de recuadros y se deben nombrar, numerar y referenciar en el artículo, en estricto orden. El título se escribe tipo oración, se digita como un párrafo normal fuera de la figura, utilizando la fuente Times New Roman 12 puntos.

Tablas: los encabezamientos de cada columna deben ser breves con las unidades de medida entre paréntesis. Las notas relacionadas con la tabla deben ser muy completas, deben orientar al lector y se incluyen en la parte superior de la misma. Las tablas no deben estar como imagen y se deben nombrar, numerar y referenciar en el artículo, en estricto orden. El título se escribe tipo oración, se digita como un párrafo normal fuera de la figura, utilizando la fuente Times New Roman 12 puntos.

Las **figuras y tablas** deben tener numeración consecutiva independiente, deben estar referenciadas dentro del texto y antes de ser presentadas. Las abreviaturas y los símbolos usados en las tablas y las figuras deben ser explicados en la parte inferior de las mismas. Los gráficos, figuras y fotografías deben ser utilizados en colores con una resolución mayor a 250 píxeles.

Las palabras **figura y tabla** deben ir en negrilla y con punto, Seguidos del enunciado de cada una; En la parte inferior debe ser citada la respectiva fuente, en fuente Times New Roman 9 puntos, como lo muestra los siguientes ejemplos:

Figura 1. Logo SENNOVA.



Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje.

Tabla 1. Lineamientos artículos.

Fuente: Elaboración propia.

Nomenclatura: los números decimales se deben señalar con coma (,) y los millares y millones con un punto (.) Se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SIU).

Fórmulas químicas y expresiones matemáticas: los subíndices y superíndices en las fórmulas se deben indicar claramente.

Notas de pie de página: en caso de ser necesarias deben contener solamente aclaraciones o complementos del trabajo que, sin afectar la continuidad del texto, aporten información adicional que el autor considere necesario incluir.



Abreviaturas: la primera vez que aparezcan dentro del texto deben ir entre paréntesis después de su expresión completa y en lo subsiguiente se escribe sólo la sigla o abreviatura respectiva.

Archivo: los originales recibidos se conservan como parte del archivo de la revista.

Derechos de autor: a la versión final del artículo, revisada por los autores después del proceso de evaluación, se le debe anexar una carta en la cual exprese que todos los autores del artículo están de acuerdo con la publicación y divulgación electrónica del mismo, y se responsabilizan por su contenido. De no ser así, se asume de hecho la aprobación por parte de los autores de estas condiciones. La AUTORÍA DE LOS ARTÍCULOS recae sobre quienes han participado suficientemente en el desarrollo del manuscrito o han realizado una revisión crítica, de importante contenido y aporte intelectual, y asumen la responsabilidad e integridad de lo publicado. Los derechos de autor de la publicación son protegidos con base en la normatividad vigente en Colombia.

Evaluación por pares: el autor podrá sugerir dos (2) o tres (3) posibles pares externos o internos al SENA, quienes al aceptar el rol de evaluadores o árbitros ingresan a hacer parte del Comité Científico. Estas personas deberán contar con elevado perfil académico – científico, teniendo en cuenta su formación profesional (preferiblemente con título de Maestría o Doctorado) y su reconocida trayectoria investigativa; Para realizar dicha sugerencia el autor deberá remitir un correo electrónico a la dirección: **revistaciteisa@sena.edu.co** donde indique el nombre de su artículo, nombre, dirección de correo electrónico e institución a la que pertenecen sus referidos.

PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

La presentación de los artículos debe contener los siguientes elementos:

- **TÍTULO:** el título del artículo debe contener las palabras necesarias para describir con precisión el tema principal tratado sin que sea demasiado largo (Máximo 14 palabras, Times New Roman 16 puntos).
- **TITLE:** traducción del título al idioma inglés.
- **AUTORES:** deben estar completos los nombres y apellidos de todos los autores, así como la afiliación institucional de cada uno, grado académico de menor al más actual, ciudad, país y correo electrónico de contacto. El orden de la autoría estará dado por los aportes intelectuales al desarrollo del escrito. El autor de contacto debe estar resaltado por un asterisco (*). Las comunicaciones se harán a través de este.
- **RESUMEN:** el tipo de resumen es estructurado, donde se incluyen: introducción, objetivo, metodología, resultados y conclusiones. El resumen debe redactarse con los apartados mencionados y debe contener máximo 250 palabras
- **ABSTRACT:** traducción del resumen al idioma inglés.
- **PALABRAS CLAVE:** máximo 5 y deben ser diferentes de las palabras usadas en el título, deben estar ordenadas de forma alfabética.
- **KEYWORDS:** traducción de las palabras clave al idioma inglés.
- **INTRODUCCIÓN:** formula los antecedentes del artículo, alcance (planteamiento de la hipótesis), el objetivo y la importancia, e impacto del trabajo.



- **RESULTADOS:** presenta los resultados que soportan las conclusiones y el alcance del artículo. Se debe soportar la información estadística (número de observaciones y desviaciones estándar entre otros), si aplica. Análisis de resultados enfocados hacia la comprobación de hipótesis y su confrontación con el estado de la técnica.
- **DISCUSIÓN:** se resumen, interpretan y extrapolan los resultados, se analizan sus implicaciones y limitaciones, y se confrontan con las hipótesis planteadas.
- **CONCLUSIONES:** se describen las implicaciones de los resultados y su relación con el objetivo.
- **AGRADECIMIENTOS:** se incluyen las instituciones o personas que han colaborado en el desarrollo del artículo o el trabajo objeto de análisis en el (Sólo si es requerido para el desarrollo del artículo).
- **REFERENCIAS:** cada una de las referencias bibliográficas (artículos, libros, normas, patentes, etc) que se especifiquen a lo largo del documento, deben aparecer en esta sección según la Norma VANCOUVER. No referenciar informes técnicos internos o de resultados no publicados. El artículo debe contener como mínimo 10 referencias bibliográficas y deben ser de los últimos 5 años de vigencia.

PRESENTACIÓN DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

La lista de referencias debe seguir las reglas de estilo de la VANCOUVER para trabajos científicos; se coloca al final del trabajo, bajo el nombre de capítulo “Referencias”, sin numeración. El estilo Vancouver establece que las referencias deberían estar numeradas consecutivamente siguiendo el orden en que se mencionan por primera vez en el texto, utilizando números arábigos entre paréntesis (#). Si en una misma cita se incluyen varias referencias se incluirán varios números separados por comas cuando son solamente dos o si no son consecutivos. Si son más de dos referencias consecutivas se podrán conectar mediante un guion (1-2) (4-6).

En la lista de referencias deben enumerarse consecutivamente según el orden en que se mencionen por primera vez en el texto, en las tablas y en las leyendas de las figuras. Se recomienda que se utilicen números arábigos en superíndice y sin paréntesis.

EJEMPLOS DE REFERENCIA MÁS UTILIZADOS

Libro o monografía

Autor(es). Título. Edición. Lugar de publicación: Editor; Fecha de publicación.

Jenkins PF. Making sense of the chest x-ray: a hands-on guide. New York: Oxford University Press; 2005.

Actas y ponencias de congresos

Editor(es). Título de la obra. Número y título del congreso; fecha del congreso; lugar del congreso. Lugar de publicación: editor; fecha.

Harnden P, Joffe JK, Jones WG, editors. Germ cell tumours V. Proceedings of the 5th Germ Cell Tumour Conference; 2001 Sep 13-15; Leeds, UK. New York: Springer; 2002.



Tesis doctorales y trabajos de fin de estudios

Autor(es). Título de la tesis o trabajo [dissertation o master's thesis]. Lugar de publicación: editor; Fecha.

Borkowski MM. Infant sleep and feeding: a telephone survey of Hispanic Americans [dissertation]. Mount Pleasant (MI): Central Michigan University; 2002.

Artículo de revista

Autor(es). Título del artículo. Título de la revista. Fecha;volumen(número):localización.

Morales A, Ivorra I, Gallego R. Membrane properties of glossopharyngeal sensory neurons in the petrosal ganglion of the cat. Brain Res. 1987;401(2):340-6.

AVISO DE DERECHOS DE AUTOR/A

Los autores que publican en esta revista aceptan los siguientes términos:

- Conservar los derechos de autor.
- Otorgar y garantizar a la revista, el derecho de ser la primera publicación del trabajo.
- Permitir a la revista, compartir el trabajo con un reconocimiento de la autoría del trabajo.
- Conceder a la revista la difusión del artículo en medio impreso y electrónico, bajo licenciamiento. por Sistema de Publicación de Código Abierto [Open Acces, bajo la licencia Creative Commons].

DECLARACIÓN DE PRIVACIDAD

Los contenidos, textos, imágenes, archivos publicados en la Revista CITEISA son responsabilidad exclusiva de los autores de los artículos y no reflejan ni comprometen de ninguna manera al Comité Editorial, ni al equipo responsable de la publicación, en cabeza Grupo de Investigación del Centro de Servicios de Salud, SENA Regional Antioquia).

La Investigación en Salud: Un Llamado a la Innovación y la Colaboración

A medida que avanzamos hacia la segunda mitad del siglo XXI, enfrentamos desafíos complejos y multifacéticos que requieren no solo avances científicos, sino también un enfoque renovado hacia la colaboración y la innovación. Aunque estas demandas se evidencian en todas las áreas del conocimiento, tras la pandemia de COVID-19, la investigación en salud enfrenta grandes retos y se encara con la necesidad imperiosa de una investigación dinámica, adaptativa y, sobre todo, globalmente integrada.

Uno de los aspectos más destacados de la investigación en salud contemporánea es la creciente necesidad de convergencia de disciplinas. Las fronteras tradicionales entre la biomedicina, la ingeniería, la informática y las ciencias sociales están desdibujándose. Esta intersección de conocimientos ha dado lugar a avances significativos, como la medicina personalizada basada en genómica y la implementación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Sin embargo, para que estos avances se traduzcan en beneficios concretos para la población, necesitamos fomentar una cultura de colaboración interdisciplinaria que permita integrar diferentes perspectivas y habilidades.

Además de la colaboración interdisciplinaria, es imperativo adoptar enfoques más inclusivos y equitativos en la investigación en salud. Las disparidades en el acceso a la atención médica, la interacción de determinantes de la salud en poblaciones en riesgo, la visibilización de nuevas patologías o de aquellas que en otra época no eran prevalentes, los resultados de salud desiguales entre diferentes grupos socioeconómicos y étnicos siguen siendo un problema persistente. La investigación debe esforzarse por abordar estas desigualdades, no solo en términos de desarrollo de tratamientos y tecnologías, sino también en la participación equitativa en los estudios desde diferentes enfoques.

En el afrontamiento de estas problemáticas, es necesario destacar la importancia de la comunicación efectiva entre científicos, profesionales de la salud y la comunidad. La difusión de la investigación y los avances científicos debe ser accesible y comprensible, para que el conocimiento llegue a quienes más lo necesitan.

En este sentido, la revista Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud en su octava edición, ha recogido cinco artículos que muestran la diversidad de enfoques desde los que se han abordado problemáticas que inciden en la salud de las poblaciones: “Frecuencia y Factores Relacionados con Ansiedad y Depresión en Estudiantes de Programas Técnicos y Tecnológicos”, “Variables trazadoras que afectan la aptitud ocupacional para trabajo en alturas”, “Producción de proteínas recombinantes farmacéuticas en sistemas vegetales: Una mirada al Factor de crecimiento epidérmico humano (hEGF)”, “Perfil físico y antropométrico de deportistas amateur en el laboratorio de fisiología del SENA: estudio cross-seccional” e “Innovación en salud mental a través de la aplicación de instrumentos de detección temprana mediados digitalmente: el caso SRQ y ASSIST en la Plataforma de Salud Digital CSS- SENA”



La investigación en salud está en una encrucijada que exige una respuesta dinámica e integrada. A medida que nos enfrentamos a desafíos globales sin precedentes, es fundamental adoptar enfoques innovadores y promover la colaboración transdisciplinaria.

Luz Llined Mendoza Victoria
Tecnóloga en Atención Prehospitalaria
Profesional en Salud Ocupacional
Maestrante en Educación
Instructora
SENA Centro de Servicios de Salud

Contenido

Frecuencia y factores relacionados con ansiedad y depresión en estudiantes de programas técnicos y Tecnológicos.....	13
Producción de proteínas recombinantes farmacéuticas en sistemas vegetales: Una mirada al Factor de crecimiento epidérmico humano (hEGF).....	23
Perfil físico y antropométrico de deportistas amateur en el laboratorio de fisiología del SENA: estudio croos-sectional.....	45
Variables trazadoras que afectan la aptitud ocupacional para trabajo en alturas.	56
Aplicación de instrumentos para la detección temprana de trastornos afectivos como una estrategia innovadora en salud mental: el caso SRQ y ASSIST en la Plataforma de Salud Digital CSS- SENA.....	67

Frecuencia y factores relacionados con ansiedad y depresión en estudiantes de programas técnicos y tecnológicos.

Frequency and factors related to anxiety and depression in students of technical and technological programs.

Recibido: 18/10/2023 - Aceptado: 06/06/2024 - Publicado 05/08/2024

Autores

Jeniffer Vélez Navarro*

Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo. Maestría en Epidemiología.
Grupo de investigaciones en ciencias & tecnologías agroindustriales del CAB.
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro Agropecuario de Buga, Colombia.
Buga - Colombia.
jvelez@sena.edu.co

Jenny Marcela Araujo Acosta

Enfermera de Cuidados Intensivos. Maestría en Epidemiología.
Cali - Colombia.
jennymarcela0130@hotmail.com

Emilce Arévalo García

Secretaría de Salud Pública de Santiago de Cali, Colombia. Hospital Raúl Orejuela Bueno E.S.E.
Palmira - Colombia.
emilce.arevalo@cali.gov.co

Martha Inés Torres Arango

Fonoaudióloga. Maestría en Epidemiología. Grupo Interdisciplinario de Investigación en Epidemiología y Salud Pública GIESP, Universidad Libre, Seccional.
Cali - Colombia.
martha.torres@unilibre.edu.co

Robinson Pacheco López

Bacteriólogo y Laboratorista Clínico. Maestría en Epidemiología. Maestría en Ciencias Biomédicas con mención en Epidemiología Hospitalaria y Control de Infecciones Qualification. Universidad Icesi, Facultad de Ciencias de la Salud.
Cali- Colombia.
robinson.pachecol@unilibre.edu.co

***Autor de correspondencia**

RESUMEN

Introducción: En el ámbito mundial, los trastornos de ansiedad y depresión son los más comunes en la población de jóvenes y adultos, con alta prevalencia entre los estudiantes de educación superior.

Objetivo: Estimar la frecuencia y factores relacionados con sintomatología de ansiedad y depresión en estudiantes de programas técnicos y tecnológicos del Centro de Electricidad y Automatización Industrial del SENA en 2019.

Método: Estudio observacional descriptivo retrospectivo. Se evaluaron variables sociodemográficas, académicas y familiares. Además, se utilizó la Escala de Depresión, Ansiedad y Estrés DASS 21, los datos se analizaron con Stata16TM.

Resultados: La prevalencia de sintomatología de ansiedad fue 23% y sintomatología fue de depresión 12,1%. Las variables que explican de manera independiente la ansiedad fueron: Edad OR: 1,04 (IC 95 %: 1,00 – 1,07), género femenino OR: 1.67 (IC 95 %: 1,08 – 2,58), jugar videojuegos OR: 1,54 (IC 95 %: 1,03 – 2,32); como factores protectores, la tenencia de hijos OR: 0,31 (IC 95%: 0,16 – 0,60), y trabajar como fuente de sustento económico OR: 0,43 (IC 95 %: 0,24 – 0,74). Para depresión: género femenino OR: 2,20 (IC 95%: 1,29 – 3,75), orientación sexual (pansexual, demisexual, asexual) OR:4,43 (IC 95 %: 1,89 – 10,4), y como factor protector trabajar como fuente de sustento económico OR: 0,24 (IC 95 %: 0,11 – 0,52).

Discusión y Conclusión: Los trastornos de ansiedad y depresión son prevalentes en estudiantes; por lo cual, es necesario generar estrategias de identificación temprana e intervención psicosocial, fomentar espacios para desarrollar habilidades y talentos específicos como deportes, artes, yoga, entre otras, con enfoque diferencial impactando positivamente en su salud mental.

Palabras clave: Ansiedad, depresión, estudiantes, factores relacionados, prevalencia

ABSTRACT

Introduction: Globally, anxiety and depression disorders are the most common among young and adult populations, with a high prevalence among higher education students.

Objective: To estimate the frequency and factors related to anxiety and depression symptoms in students of technical and technological programs at the Center for Electricity and Industrial Automation of SENA in 2019.

Method: Retrospective descriptive observational study. Sociodemographic, academic, and family variables were evaluated. Additionally, the Depression, Anxiety, and Stress Scale DASS 21 was used, and the data were analyzed with Stata16TM.

Results: The prevalence of anxiety symptoms was 23% and depression symptoms was 12.1%. The variables that independently explain anxiety were: Age OR: 1.04 (95% CI: 1.00 – 1.07), female gender OR: 1.67 (95% CI: 1.08 – 2.58), playing video games OR: 1.54 (95% CI: 1.03 – 2.32); as protective factors, having children OR: 0.31 (95% CI: 0.16 – 0.60), and working as a source of economic support OR: 0.43 (95% CI: 0.24 – 0.74). For depression: female gender OR: 2.20 (95% CI: 1.29 – 3.75), sexual orientation (pansexual, demisexual, asexual) OR: 4.43 (95% CI: 1.89 – 10.4), and as a protective factor, working as a source of economic support OR: 0.24 (95% CI: 0.11 – 0.52).

Discussion and Conclusion: Anxiety and depression disorders are prevalent among students; therefore, it is necessary to develop strategies for early identification and psychosocial intervention, promote spaces to develop specific skills and talents such as sports, arts, yoga, among others, with a differential approach positively impacting their mental health.

Keywords: Anxiety, depression, students, related factors, prevalence.



INTRODUCCIÓN

La depresión es un trastorno mental que afecta física y emocionalmente a las personas; según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-5) los síntomas para depresión Incluyen un estado de ánimo deprimido, disminución del interés, cambios en el peso, entre otros (1). La ansiedad se caracteriza por temor y preocupación irracional persistente acompañados de síntomas físicos como dolor de cabeza, estómago, náuseas, entre otros (1). Estos trastornos tienen un impacto negativo en las actividades diarias, tanto a nivel laboral como familiar, y en algunos casos suicidio (2).

Según el último Informe mundial sobre salud mental, 300 millones de personas sufren de depresión y 360 millones de ansiedad (3). La encuesta de Salud Mental de Colombia de 2015 reportó que 52,9 % y 80,2 % de las personas entre 18 y 44 años presentaron síntomas de depresión o ansiedad, respectivamente (4). Por lo anterior, el nuevo Plan Decenal de Salud Pública 2022-2031 (5), establece la promoción y protección de la salud mental para los colombianos.

Estos trastornos son prevalentes entre los estudiantes de educación superior. Un estudio en México reveló que la prevalencia de depresión en estudiantes de medicina durante el internado fue del 5.7%, mientras que en estudiantes de primer año fue del 3.5%. Los factores asociados incluyeron ser mujer, estar en unión libre y tener bajos ingresos económicos. Otro estudio en México mostró que el 23% de los estudiantes de medicina presentaban síntomas depresivos, siendo más prevalente en mujeres (28.4%) que en hombres (12.3%) (6).

En Colombia, se estimó que el 31.7% de los estudiantes de medicina padecen depresión, el 59.9% ansiedad y el 37.3% estrés (7). Estos problemas de salud pueden generar ideación suicida, alteración del desarrollo personal y social, dificultades académicas, deserción, entre otros. Estas patologías se presentan en diferentes instituciones de educación y de formación para el trabajo, como es el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

El SENA, ofrece formación complementaria, técnica, tecnológica y especializaciones tecnológicas de forma gratuita a personas de bajos recursos. La deserción escolar a nivel nacional en los años 2018 y 2019 alcanzó tasas del 13,46 % y 12,11 %, respectivamente, siendo un 13 % de estas deserciones atribuibles a problemas de salud mental (8).

Existe poca información relacionada con la salud mental de los estudiantes de programas técnicos y tecnológicos, ya que los estudios se han realizado principalmente en población universitaria. El objetivo de esta investigación fue estimar la frecuencia y los factores relacionados con sintomatología de ansiedad y depresión en estudiantes del SENA de Cali en 2019.

MÉTODO

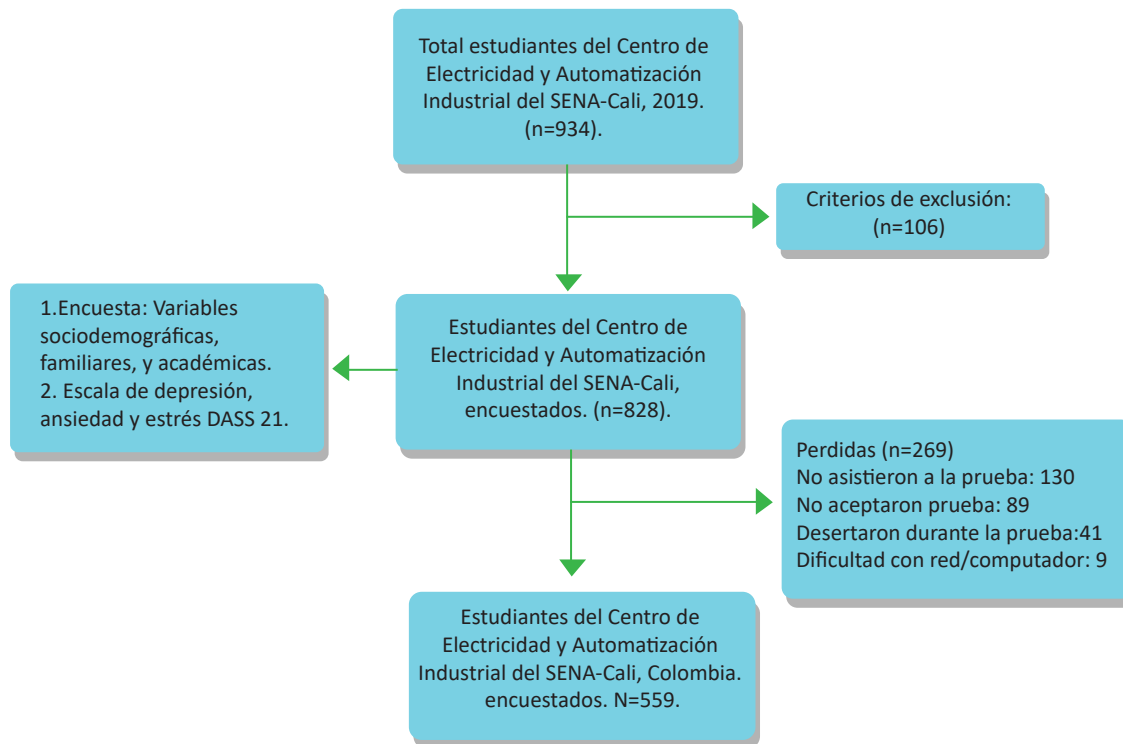
Diseño del estudio

Estudio observacional descriptivo retrospectivo, con 559 estudiantes de programas técnicos y tecnológicos vinculados al SENA mediante la primera convocatoria de formación, realizada en el primer trimestre del año 2019.

Participantes

Se incluyeron estudiantes activos en 2019, entre 18 y 61 años, de 23 programas del Centro de Electricidad y Automatización Industrial del SENA. Los participantes aceptaron y completaron el consentimiento informado. Se excluyeron estudiantes en proceso de aplazamiento o retiro voluntario, deserción al inicio del estudio, participantes en pruebas piloto de los instrumentos y en situación de discapacidad visual, auditiva o del lenguaje, dado que la discapacidad puede ser una variable confusora al momento del análisis de los datos (Figura 1).

Figura 1. Diagrama para la selección de estudiantes del Centro de Electricidad y Automatización Industrial del SENA-Cali, 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento

La base de datos cumplió con estándares de calidad, sin datos faltantes ni incongruencias tras revisar aleatoriamente el 10% de los registros. Se realizaron dos pruebas piloto del cuestionario electrónico autodiligenciable (Google forms), con acompañamiento de la encuestadora. La primera prueba incluyó a 21 estudiantes de los programas de Diseño e Integración de Multimedia y Automatización Industrial. La segunda prueba contó 42 personas de los programas de Electricidad Industrial y Gestión de Redes de Datos.

Instrumentos

La base de datos analizada consta de la Escala de Depresión, Ansiedad y Estrés DASS 21 (9), y las variables a analizar corresponden a: sociodemográficas, académicas y familiares. El DASS 21 cuenta con tres dimensiones, cada una con siete preguntas de escala tipo Likert. Donde 0= no me ha

ocurrido, 1= me ha ocurrido un poco o durante parte del tiempo, 2= me ha ocurrido bastante o durante una buena parte del tiempo, y 3= me ha ocurrido mucho o la mayor parte del tiempo (10). De acuerdo con la adaptación de la escala DASS-21 para Colombia, se tomaron los puntos de corte para depresión mayor o igual a cinco, donde a mayor puntuación general, mayor grado de sintomatología, con una sensibilidad de 88,46 y especificidad de 87,77; para ansiedad el punto de corte fue mayor o igual a cuatro, con una especificidad de 83,38 y una sensibilidad de 87,50 (9). Para la realización de este estudio, se tomaron como referencia los mismos valores. DASS-21 puede ser aplicado por personal no especializado en psiquiatría, por lo cual, fue utilizado en esta investigación ya que no se pretendió realizar un diagnóstico, sino un tamizaje.

Análisis estadístico

La base de datos fue revisada y depurada con el fin de



controlar el sesgo de información; los datos obtenidos se exportaron a Stata 16TM (11). Para el análisis univariado, las variables numéricas se resumieron con medidas de tendencia central y sus respectivas medidas de dispersión, la distribución de los datos se evaluó con la prueba estadística Shapiro-Wilk, teniendo en cuenta que esta prueba puede ser utilizada para muestras mayores de 50 sujetos (12), asumiendo como hipótesis nula que los datos provenían de una población con distribución normal. Se definió como significativo el valor $p \leq 0,05$. Las variables con distribución normal fueron resumidas con promedio y desviación estándar, y las variables con distribución no normal, con mediana y rangos intercuartílicos; las variables cualitativas con porcentajes o proporciones, y presentadas en tabla de frecuencias.

Para el análisis bivariado se determinó la prevalencia de sintomatología de ansiedad y depresión, se estimaron proporciones tomando como numerador el número de individuos que resultaron positivos para DASS21, y como denominador el número total de sujetos de estudio.

Para estimar la relación de los determinantes sociodemográficos, familiares y académicas con sintomatología de ansiedad y depresión, se midió la asociación con Odds Ratio (OR) y sus respectivos intervalos de confianza del 95 %, y para evaluar la significancia estadística se aplicaron pruebas como Chi cuadrado.

Se realizó regresión logística con las variables que en el análisis bivariado obtuvieron una $p \leq 0,20$. Se utilizó la estrategia Forward y con la prueba estadística razón de verosimilitudes, se compararon los modelos asumiendo como significativo el que tuvo menor número de variables.

Consideraciones éticas

Esta investigación se acoge a las pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos propuestas por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en

colaboración con el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) (13), el Acuerdo de Helsinki (14), Ley 1581 de 2012 (15) y Decreto Nacional 1377 del 2013 (16), referentes la protección de datos personales y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud (17). Esta investigación se clasifica como de riesgo mínimo. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética y Bioética de la Investigación de la Universidad Libre seccional Cali– (Acta 0052019- febrero 7/2019).

RESULTADOS

Las características sociodemográficas, familiares y académicas (Tabla 1): una mediana de edad de 22,6 años (RI* 19,8 – 28,5), el género masculino fue el más representativo con 398 estudiantes (71,2 %), la mayoría se identificaron como heterosexuales (90 %), pertenecientes a etnia blanco(a)/mestizo(a) (64,4 %), sin pareja (47,6 %), sin hijos (72,09 %), su principal fuente de sustento económico proviene de los padres (50,8 %), residen en Cali (85,9 %), vivienda arrendada (53,3 %), estrato socioeconómico medio-alto (estrato 3- 4- 5 y 6) (47,9 %).

Referente al entorno familiar la mediana de número de personas con quien vive un estudiante fue de cuatro (RI*3-5), el número de personas ocupadas en el hogar tuvo una mediana de dos (RI*1-2), la mayoría de la población (69,9 %) manifestó compartir vivienda con padre/madre/hermano(a)/hijo(a), 294 (52,6 %) refirieron tener ingresos mensuales y 293 (52,4 %) indicaron que su núcleo familiar depende económicamente de ellos.

Para las características académicas 393 (70,3 %) realizan actividades simultáneas al proceso de formación, 524 (93,7 %) no son beneficiarios de los programas de apoyo, el tiempo semanal dedicado a trabajar y conseguir ingresos correspondió a una mediana de seis horas (RI*0-30), el tiempo libre semanal reportó una mediana de cuatro horas (RI*2-9), el tiempo semanal dedicado a actividades



deportivas presentó una mediana de tres horas (RI*2-8), y las actividades que se realizan con más frecuencia en el tiempo libre es jugar video juegos 226 (40,4%).

Tabla 1. Características sociodemográficas, familiares y académicas de los aprendices del Centro de Electricidad y Automatización del SENA Cali 2019.

Características sociodemográficas, familiares y académicas	Descripción	Medida de resumen	
		n: 559	%
Edad	Mediana	22,6 RI* 19,8-28,5	
Sexo	Masculino	398	71,2
	Femenino	161	28,8
Orientación Sexual	Hetero Sexual	503	90
	Bisexual-Lesbiana, Gay u Homosexual	25	4,5
	Pansexual, Demisexual, Asexual	31	5,5
Etnia	Blanco(a)/Mestizo(a)	360	64,4
	Indígena	28	5
	Negro(a), Mulato(a), Afrocolombiano(a) o Afrodescendiente	140	25
	Otro diferente a los anteriores	31	5,5
Estado Civil	Casado(a)	47	8,4
	Sin pareja	266	47,6
	Soltero(a) con una relación sentimental	169	30,2
	Unión libre	77	13,8
Tenencia de hijos	No	409	72,09
	Si	150	27,91
Principal fuente de sustento económico	Padre y Madre	284	50,8
	Otros familiares	91	16,3
	Su propio trabajo	184	32,9
Ciudad de Residencia	Cali	480	85,9
	Fuera de Cali	79	14,1
Estrato	Fuera de Cali	80	14,3
	Bajo (estrato 1 y 2)	211	37,7
	No Bajo (estratos 3-4-5-6)	268	47,9
Tenencia de la vivienda que ocupa	Propia (suya o de sus padres)	261	46,7
	Arrendada	298	53,3
Número de personas con quien vive	Mediana	4	RI* 3-5
Número de personas ocupadas en el hogar	Mediana	2	RI*1-2
Personas con quien vive	Esposa/solo	117	20,9
	Otros familiares	51	9,1
	Padre/Madre/Hermano/Hijo	391	69,9
Actividad simultanea al proceso de formación académica	No	393	70,3
	Si	166	29,7
Ingresos mensuales del aprendiz	No	265	47,4
	Si	294	52,6
Es beneficiario de los programas de apoyo económico	No	524	93,7
	Si	35	6,3
Hay personas que dependen económicamente del aprendiz	No	293	52,42
	Si	266	47,58
Tiempo dedicado a trabajar y conseguir ingresos	Mediana	6	RI*0-30
Tiempo libre	Mediana	4	RI*2-9
Tiempo dedicado al Deporte	Mediana	3	RI*2-8
Actividades realizadas en el tiempo libre	Deporte	216	38,6
	Jugar video juegos	226	40,4
	Música/pintura/teatro	117	20,9

Nota. *RI = Rango Intercuartílico

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de DASS 21 revelaron una prevalencia de síntomas de ansiedad de 23 % y de depresión de 12,1 %; de los cuales el 87,8 % presentaron un grado normal para depresión, el 10,1 % leve y el 1,96 % moderado. Para el caso de ansiedad el 76,2 % presentaron nivel normal, el 10,3 % leve, el 11% moderado, 2,14 % grave y el 1% extremadamente grave.

Los factores de riesgo para presentar sintomatología de ansiedad fueron ser mujer (OR 1,63), ser bisexual u homosexual (OR 2,35), tener una orientación sexual diferente a heterosexual, bisexual u homosexual, tales como asexual, pansexual entre otros. (OR 2,23), no tener pareja (OR 2,45), vivir con padre, madre, hermano o hijo (OR 1,99) y con otros familiares (OR

2,94), realizar una actividad simultanea al proceso de formación (OR 1,79), realizar actividades en el tiempo libre como jugar videojuego (OR 1,91) y escuchar música, pintar o hacer teatro (OR 1,82). Por otro lado, tener hijos disminuye la probabilidad ansiedad en 63 % y el tiempo dedicado a conseguir ingresos y trabajar disminuye la probabilidad en un 61 %, frente a los que dependen económicamente de sus padres (Tabla 2). Es importante aclarar que, durante el análisis, se excluyeron los 80 individuos que residían fuera de la Ciudad de Cali ya que vivían en la zona rural y no contaban con estrato socioeconómico definido; sin embargo, esta variable no fue significativa en el análisis.

Tabla 2. Factores relacionados con la presencia de sintomatología de ansiedad en los estudiantes del Centro de Electricidad y Automatización del SENA Cali 2019.

Características	Descripción	Total n=559	Sintomatología de Ansiedad		OR	IC 95%		Valor p
			No n =426	Si n=133		Inferior	Superior	
Edad	Mediana	"22,6 IR* 19,8-28,5"	"22,8 IR* 19,8-29,1"	"21,8 IR* 19,8-27,4"	0,99	0,97	1,01	0,32
Sexo	Masculino	398	314	84	1,00			0,02
	Femenino	161	112	49	1,64	1,06	2,52	
Orientación Sexual	Hetero Sexual	503	392	111	1,00			0,02
	Bisexual u Homosexual	25	15	10	2,35	1,03	5,39	
	Pansexual, Demisexual, Asexual	31	19	12	2,23	1,05	4,74	
Etnia	Blanco(a)/Mestizo(a)	360	279	81	1,00			0,09
	Indígena	28	20	8	1,38	0,59	3,24	
	Negro(a), Mulato(a), Afrocolombiano(a) o Afrodescendiente	140	99	41	1,43	0,92	2,22	
	Otro diferente a los anteriores	31	28	3	0,37	0,11	1,25	
Estado Civil	Casado(a)	47	40	7	1,00			0,00
	Sin pareja	266	186	80	2,46	1,06	5,72	
	Soltero(a) con una relación sentimental	169	130	39	1,71	0,71	4,13	
	Unión libre	77	70	7	0,57	0,19	1,75	
Tenencia de hijos	No	403	290	113	1,00			0,00
	Si	156	136	20	0,38	0,21	0,64	
Principal fuente de sustento económico	Padre y Madre	284	201	83	1,00			0,00
	Otros familiares	91	67	24	0,87	0,51	1,48	
	Su propio trabajo	184	158	26	0,40	0,24	0,65	
Ciudad de Residencia	Cali	480	367	113	1,00			0,73
Estrato	No Bajo (estratos 3-4-5-6)	268	203	65	1,00			0,52
	Bajo (estrato 1 y 2)	211	165	46	1,14	0,73	1,81	
Tenencia de la vivienda que ocupa	Propia (suya o de sus padres)	261	204	57	1,00			0,31
	Arrendada	298	222	76	1,23	0,81	1,85	
Número de personas con quien vive	Mediana	4 IR*3-5	4 IR*3-5	4 IR*3-5	1,05	0,95	1,17	0,35
Número de personas ocupadas en el hogar	Mediana	2 IR*1-2	2 IR*1-2	1 IR*1-2	0,92	0,76	1,11	0,33
Personas con quien vive	Esposa/solo	117	100	17	1,00			0,01
	Otros familiares	51	34	17	2,94	1,35	6,40	
	Padre/Madre/Hermano/Hijo	391	292	99	1,99	1,14	3,50	
Actividad simultanea al proceso de formación académica	No	166	138	28	1,00			0,01
	Si	393	288	105	1,80	1,11	2,97	
Ingresos mensuales del aprendiz	No	265	194	71	1,00			0,11
	Si	294	232	62	0,73	0,48	1,10	
Es beneficiario de los programas de apoyo económicos del SENA	No	524	399	125	1,00			0,89
	Si	35	27	8	0,95	0,36	2,21	
Hay personas que dependen económicamente del estudiante	No	293	215	78	1,00			0,10
	Si	266	211	55	0,72	0,47	1,08	
Tiempo dedicado a trabajar y conseguir ingresos	Mediana	6 IR*0-30	8 IR*0-35	5 IR*0-18	0,99	0,97	1,00	0,16
Tiempo libre	Mediana	4 IR*2-9	4 IR*2-9	4 IR*2-10	1,01	0,97	1,05	0,74
Tiempo dedicado al deporte	Mediana	3 IR*2-8	4 IR*2-8	3 IR*1-7	0,99	0,94	1,03	0,20
Actividades realizadas en el tiempo libre	Deporte	216	179	37	1,00			0,01
	Jugar video juegos	226	162	64	1,91	1,21	3,02	
	Música/pintura/ teatro	117	85	32	1,82	1,06	3,12	

Nota. *RI = Rango Intercuartilico

Fuente: Elaboración propia.

Los factores de riesgo relacionados con sintomatología de depresión fueron ser mujer (OR 2,49), tener una orientación sexual diferente a heterosexual, bisexual u homosexual (OR 3,87), realizar una actividad simultánea al proceso de formación (OR 3,08); mientras que, trabajar como principal fuente de

sustento económico disminuye la probabilidad de depresión en 76 % frente a los que dependen económicamente de sus padres, y el tiempo dedicado a conseguir ingresos y trabajar disminuye la probabilidad de sufrir esta patología en un 4 % (Tabla 3).

Tabla 3. Factores relacionados con la presencia de sintomatología de depresión en los estudiantes del Centro de Electricidad y Automatización del SENA Cali 2019.

Características	Descripción	Total n=559	Sintomatología de Depresión		OR	IC 95%		Valor p
			No n =491	Si n=68		Inferior	Superior	
Edad	Mediana	"22,6 IR* 19,8-28,5"	"22,7 IR* 19,8-28,5"	"22,15 IR* 19,95-28,55"	0,99	0,95	1,02	0,60
Sexo	Masculino	398	362	36	1,00			0,00
	Femenino	161	129	32	2,49	1,43	4,31	
Orientación Sexual	Hetero Sexual	503	448	55	1,00			0,01
	Bisexual u Homosexual	25	22	3	1,11	0,32	3,83	
	Pansexual, Demisexual, Asexual	31	21	10	3,88	1,74	8,66	
Etnia	Blanco(a)/Mestizo(a)	360	313	47	1,00			0,50
	Indígena	28	25	3	0,80	0,23	2,75	
	Negro(a), Mulato(a), Afrocolombiano(a) o Afrodescendiente	140	123	17	0,92	0,51	1,66	
	Otro diferente a los anteriores	31	30	1	0,22	0,03	1,67	
Estado Civil	Casado(a)	47	43	4	1,00			0,30
	Sin pareja	266	230	36	1,68	0,57	4,97	
	Soltero(a) con una relación sentimental	169	146	23	1,69	0,56	5,16	
	Unión libre	77	72	5	0,75	0,19	2,93	
Tenencia de hijos	No	403	347	56	1,00			0,04
	Si	156	144	12	0,52	0,24	1,01	
Principal fuente de sustento económico	Padre y Madre	284	239	45	1,00			0,00
	Otros familiares	91	76	15	1,05	0,55	1,99	
	Su propio trabajo	184	176	8	0,24	0,11	0,52	
Ciudad de Residencia	Cali	480	423	57	1,00			0,61
	Fuera de Cali	79	68	11	1,20	0,54	2,46	
Estrato	No Bajo (estratos 3-4-5-6)	268	230	38	1,00			0,05
Tenencia de la vivienda que ocupa	Bajo (estrato 1 y 2)	211	193	18	1,77	0,94	3,40	
	Propia (suya o de sus padres)	261	228	33	1,00			0,75
	Arrendada	298	263	35	0,92	0,54	1,58	
Número de personas con quien vive	Mediana	4 IR*3-5	4 IR*3-5	4 IR*3-5	1,09	0,95	1,25	0,21
Número de personas ocupadas en el hogar	Mediana	2 IR*1-2	2 IR*1-2	1 IR*1-2	0,82	0,63	1,07	0,09
Personas con quien vive	Esposa/solo	117	106	11	1,00			0,58
	Otros familiares	51	44	7	1,53	0,56	4,21	
	Padre/Madre/Hermano/Hijo	391	341	50	1,41	0,71	2,81	
Actividad simultanea al proceso de formación académica	No	166	157	9	1,00			0,00
	Si	393	334	59	3,08	1,47	7,24	
Ingresos mensuales del aprendiz	No	265	228	37	1,00			0,22
	Si	294	263	31	0,73	0,42	1,25	
Es beneficiario de los programas de apoyo económicos del SENA	No	524	461	63	1,00			0,60
	Si	35	30	5	1,22	0,36	3,34	
Hay personas que dependen económicamente del estudiante	No	293	253	40	1,00			0,26
	Si	266	238	28	0,74	0,43	1,28	
Tiempo dedicado a trabajar y conseguir ingresos	Mediana	6 IR*0-30	IR*0-35	0R*0-9,5	0,96	0,94	0,99	0,00
Tiempo libre	Mediana	4 IR*2-9	4 IR*2-9	5 IR*2-10	1,02	0,97	1,07	0,62
Tiempo dedicado al deporte	Mediana	3 IR*2-8	3 IR*2-8	3 IR*1,5-7	0,97	0,92	1,03	0,3
Actividades realizadas en el tiempo libre	Deporte	216	193	23	1,00			0,67
	Jugar video juegos	226	197	29	1,24	0,69	2,21	
	Música/pintura/ teatro	117	101	16	1,33	0,67	2,63	

Nota. *RI = Rango Intercuartílico

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Evaluación de los factores relacionados con la presencia de sintomatología de ansiedad en estudiantes del Centro de Electricidad y Automatización del SENA Cali, 2019. Análisis multivariado.

Características	Descripción	Total n=559	Ansiedad		OR	IC 95%		Valor p	ORa*	IC 95%		Valor p
			No n=426	Si n=133		Inferior	Superior			Inferior	Superior	
Edad	Mediana	22,6 IR*19,8-28,5	22,8 IR*19,8-29,1	21,8 IR*19,8-27,4	0,99	0,97	1,01	0,32	1,04	1,01	1,07	0,01
Sexo	Femenino	161	112	49	1,64	1,06	2,52	0,02	1,68	1,09	2,58	0,02
Actividades realizadas en el tiempo libre	Jugar video juegos	226	162	64	1,91	1,21	3,02	0,01	1,55	1,03	2,32	0,04
Principal fuente de sustento económico	Su propio trabajo	184	158	26	0,40	0,24	0,65	0,00	0,43	0,25	0,75	0,00
Tenencia de hijos	Si	156	136	20	0,38	0,21	0,64	0,00	0,32	0,17	0,60	0,00

Nota. *IR: Rango Intercuartílico. *ORa: OR ajustado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Evaluación de los factores relacionados con la presencia de depresión en estudiantes del Centro de Electricidad y Automatización del SENA Cali, 2019. Análisis multivariado.

Características	Descripción	Total n=559	Depresión		OR	IC 95%		Valor p	ORa*	IC 95%		Valor p
			No=491	Si n=68		Inferior	Superior			Inferior	Superior	
Sexo	Femenino	161	129	32	2,49	1,43	4,31	0,00	2,20	1,29	3,75	0,00
Principal fuente de sustento económico	Su propio trabajo	184	176	8	0,24	0,11	0,52	0,00	0,24	0,11	0,52	0,00
Orientación Sexual.	Pansexual, Demisexual, Asexual	31	21	10	3,88	1,74	8,66	0,01	4,44	1,89	10,41	0,00

Nota. *IR: Rango Intercuartílico. *ORa: OR ajustado.

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los resultados de DASS 21, revelaron una prevalencia de síntomas de ansiedad de 23 % y de depresión de 12,1 %. Estas cifras son similares al estudio realizado en una universidad de Cartagena con 251 estudiantes de odontología, con prevalencia de síntomas ansiosos de 37,4 % y para depresión 56,6 % (18). Otro estudio sobre ansiedad y depresión en estudiantes universitarios colombianos establece que la prevalencia de ansiedad varía entre 34 % y 76,2 % (19). La revisión de la literatura, indica que estos trastornos son más comunes en adultos jóvenes, por ser una etapa crucial de la vida donde adquieren nuevas responsabilidades, generando mayor presión social. Ser estudiante se considera un factor de riesgo en comparación con la población general, debido a la carga académica, restricciones económicas, responsabilidades familiares, barreras en el acceso a herramientas tecnológicas, entre otras.

Respecto a las variables que describen de manera independiente los síntomas de ansiedad y depresión, ser mujer aumenta la probabilidad de síntomas de ansiedad en 67% y depresión en 120 %. Como factor protector, trabajar como fuente de sustento disminuye la probabilidad de sintomatología de ansiedad en 61% y depresión en 76 %, comparados con los que dependen económicamente de sus padres (Tabla 4 y 5). Estos resultados se respaldan con un estudio realizado en España, donde la prevalencia de ansiedad de las mujeres es de 57.7% y depresión 60,5%, frente a los hombres de 36,3 % para ansiedad y depresión 51,4 % (20). Una investigación en Cali, Colombia, encontró prevalencia de ansiedad para mujeres de 62,5 % y de 55,9 % en hombres, (7). En nuestra cultura, se espera que los hombres sean fuertes y valientes. Esto puede llevar al estigma social referente a la masculinidad que dificulta que los hombres reconozcan el padecimiento de trastornos mentales y busquen ayuda profesional para su tratamiento. Estos resultados son coincidentes con el estudio realizado en Medellín sobre por qué las mujeres se deprimen más que los hombres,

presentando como posibles causas los cambios hormonales, presiones socioculturales, experiencias negativas en la infancia, abuso sexual, inequidades laborales y económicas, entre otras (21). Respecto al trastorno de ansiedad, el estudio titulado diferencias entre hombres y mujeres en los trastornos de ansiedad, destacan que los cambios hormonales en las mujeres en edad reproductiva generan mayor vulnerabilidad a desarrollarla en comparación de los hombres. Otro aspecto importante es la diferencia en la anatomía cerebral y la neuroquímica entre ambos sexos, pudiendo inducir al desarrollo de trastornos mentales en las mujeres (22). Por lo anterior, se puede decir que, las mujeres son más vulnerables a sufrir este tipo de trastornos mentales por las presiones sociales y culturales que genera una desventaja entre ambos sexos.

Contar con una fuente de sustento por sus propios medios, representa un factor protector para ansiedad y depresión, siendo coherente con un estudio sobre depresión y los factores asociados en alumnos de primer año de la facultad de medicina, donde los estudiantes con recursos económicos bajos presentaban mayores niveles de depresión (23), los ingresos económicos y el desempleo juegan un papel importante en el desarrollo de sintomatología de ansiedad y depresión.

Por cada año de vida, aumenta la probabilidad en un cuatro por ciento de sufrir ansiedad (Tabla 4), esto puede deberse a las diferentes situaciones familiares, sociales, laborales y económicas a lo largo de la vida. Este resultado no es comparable con el estudio sobre la relación entre la edad y ansiedad ya que se encontró que los adultos mayores tienden a experimentar menos ansiedad y tristeza en comparación con los grupos de mediana edad y jóvenes, debido a sus experiencias, habilidades de resiliencia y regulación emocional a lo largo de la vida (24).

Por otro lado, los estudiantes que en su tiempo libre se dedican a jugar videojuego tienen un 54 % de probabilidad de presentar este trastorno. Un estudio del uso problemático de videojuegos, con 380 sujetos platean que 53,4 % tuvieron ansiedad, presentándose

mayores niveles en mujeres que en varones (25). Un estudio de adicción a los juegos en línea con 123 estudiantes en la Universidad del Reino Unido, indicaron que la ansiedad presenta asociaciones significativas con la adicción a los juegos en línea (26). Estos hallazgos respaldan la idea de que el uso de videojuegos puede desencadenar sensaciones y sentimientos negativos que conducen a la adicción y posibles síntomas de ansiedad.

Tener hijos es un factor protector para ansiedad que disminuye la probabilidad en 69 % comparado con no tenerlos, este resultado es coherente con un estudio sobre las alteraciones emocionales y bienestar psicológico, donde los sujetos que no tenían hijos presentaban mayor ansiedad (27).

La orientación sexual pansexual, demisexual o asexual aumenta la probabilidad en 343 % de depresión (Tabla 5); se relaciona con el estudio de características de depresión en la población LGTBI, donde el 64,6 % reportaron algún grado de depresión, 19,4 % moderada y severa y 10,8 % muy severa (28). Las causas pueden ser estigmas sociales, falta de oportunidades y rechazo familiar, siendo más susceptibles.

De acuerdo con los resultados de este estudio, se evidencia que la sintomatología de ansiedad y depresión es prevalente en estudiantes, de aquí la importancia de fomentar espacios de prevención de problemas de salud mental como el desarrollo de habilidades y talentos específicos en deportes, artes, yoga, entre otras; brindar herramientas para desarrollar habilidades sociales de autorregulación, afrontamiento de situaciones estresantes, manejo de emociones, toma de decisiones, mejoramiento de autoestima, con enfoque diferencial, impactando positivamente en su salud mental. Adicionalmente, implementar estrategias de identificación temprana e intervención psicosocial, articulación con las Instituciones Promotoras de Salud (IPS), atención en primeros auxilios psicológicos e intervención en crisis, implementar actividades de atención diferencial en la población LGTBIQ+(30) e incorporar las redes sociales

como medios de divulgación para buenas prácticas de salud mental.

Una de las limitaciones en este estudio, fue el poco uso del DASS-21 en investigaciones para la comparación de resultados; además, la pérdida de 269 sujetos genera una limitación en el análisis de los resultados, puesto que pudieron haber aportado información relevante respecto a la situación de salud mental de los estudiantes del SENA. Como fortaleza se destaca el tipo y tamaño de la población, ya que se tuvo en cuenta el total de estudiantes matriculados en el primer trimestre del año 2019, excluyendo los aprendices que no desearon participar, los que no se presentaron, los que desertaron y finalmente los que presentaron dificultad con la red o computador.

Se hace necesario continuar con investigaciones prospectivas e intervenciones de prevención de problemas de salud mental en estudiantes de programas técnicos y tecnológicos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al SENA, en especial a la subdirectora Angela Maria Ibarra y a la coordinadora académica Alba Lucia Valencia. Igualmente, a los docentes de la Maestría en Epidemiología de la Universidad Libre de Cali, Sandra Milena Villada Álzate, Jenny Carolina Lopez Pacheco, y Alejandro Castillo Martínez.

REFERENCIAS

1. Asociación Americana de Psiquiatría. Guía de Consulta de los Criterios Diagnósticos del Manual de Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales 5TM [Internet]. Arlington; 2013. Available from: www.appi.org
2. National Institute of Mental Health [NIH]. ¿Qué es la depresión? 2021 [cited 2022 Jul 28]. National

Institute of Mental Health [NIH]. Available from: <https://www.nimh.nih.gov/health/publications/espanol/depression-sp>

3. Organización Mundial de la Salud [OMS]. Informe mundial sobre salud mental :transformar la salud mental para todos. 2022.
4. Ministerio de Salud y Protección Social. Encuesta nacional de salud mental 2015. 2015.
5. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 1035 de 2022. 2022 [cited 2023 Feb 5]. Plan Decenal Salud Pública 2022-2031. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/Paginas/PDSP-2022-2031.aspx>
6. Fouilloux Morales C, Barragán Pérez V, Ortiz León S, Jaimes Medrano A, Urrutia Aguilar ME, Guevara-Guzmán R. Síntomas depresivos y rendimiento escolar en estudiantes de Medicina. Salud Mental. 2013 Jan 1;36(1):59–65.
7. Carbonell D, Cedeño Arevalo SV, Morales M, Badiel Ocampo M, Cepeda I. Síntomas depresivos, ansiedad, estrés y factores asociados en estudiantes de medicina. Interdisciplinary Journal of Epidemiology and Public Health. 2019 Dec 15;2(2):1–7.
8. Dirección de Formación Profesional Grupo de Bienestar al Aprendiz y Atención al Egresado, Dirección de Promoción y Relaciones Corporativas, Coordinación Nacional de Servicio al Ciudadano, Dirección General Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. Resultados de encuesta aplicada a aprendices que no continuaron su formación técnica o laboral del SENA entre el 2017 y el 2019 [Internet]. 2020 [cited 2022 Jul 28]. Available from: https://sena.edu.co/es-co/ciudadano/Documents/encuesta_aplicada_aprendices_causas_desercion_2017-2019.pdf
9. de Almería España Ruiz U, Martín G, Belén M, Falcón S, González O. The Hierarchical Factor Structure of the Spanish Version of Depression Anxiety and Stress Scale-21. International Journal of Psychology and Psychological Therapy [Internet]. 2017 [cited 2023 Feb 5];17(1):97–105. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56049624007>

10. Gutiérrez-Quintanilla JR, Lobos-Rivera ME, Tejada-Rodríguez JC. Adaptación psicométrica de las escalas de depresión, ansiedad y estrés en una muestra de adolescentes salvadoreños. *Entorno*. 2020 Jun 1;(69):12–22.
11. StataCorp LLC. StataCorp LLC. 2016 [cited 2023 Feb 5]. Stata | StataCorp LLC. Available from: <https://www.stata.com/company/#>
12. Mohd Razali N, Bee Wah Y. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. Vol. 2, *Journal of Statistical Modeling and Analytics*. 2011. 13–14 p.
13. Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS). Pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos Elaboradas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS). 2017 [cited 2023 Feb 5]; Available from: www.paho.org/permissions
14. Asociación Médica Mundial. Asociación Médica Mundial. 2017 [cited 2023 Feb 5]. Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos – WMA – The World Medical Association. Available from: <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
15. Congreso de Colombia. LEY 1581 DE 2012 [Internet]. 2012 [cited 2023 Jun 14]. Available from: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1684507>
16. Presidente de la República de Colombia Juan Manuel Santos. 2013. [cited 2023 Jun 14]. Decreto 1377 de 2013- Gestor Normativo- Función Pública. Available from: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53646>
17. Ministerio de Salud. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 1993 [cited 2023 Feb 5]. p. 1–19 RESOLUCION NUMERO 8430 DE 1993 . Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
18. Arrieta Vergara KM, Díaz Cárdenas S, González Martínez F. Síntomas de depresión y ansiedad en jóvenes universitarios: prevalencia y factores relacionados. *Revista Clínica de Medicina Familia*. 2014;7(1):14–22.
19. Arévalo García E, Castillo-Jimenez DA, Cepeda I, López Pacheco J, Pacheco Robinson. Ansiedad y depresión en estudiantes universitarios: relación con rendimiento académico. *Interdisciplinary Journal of Epidemiology and Public Health* [Internet]. [cited 2022 Aug 12]; Available from: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/iJEPH/article/view/5342/6972>
20. Balanza S, Morales MI, Guerrero MJ. Prevalencia de Ansiedad y Depresión en una Población de Estudiantes Universitarios: Factores Académicos y Sociofamiliares Asociados. *Clin Salud* [Internet]. 2009 [cited 2022 Mar 22];20(2):177–87. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-52742009000200006
21. Gaviria SL. ¿Por qué las mujeres se deprimen más que los hombres? *Rev Colomb Psiquiatr* [Internet]. 2009 [cited 2022 Aug 1];38(2). Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502009000200008
22. Arenas MC, Puigcerver A. Diferencias entre hombres y mujeres en los trastornos de ansiedad: una aproximación psicobiológica. *Escr Psicol* [Internet]. 2009 [cited 2022 Aug 1];3(1):20–9. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1989-38092009000300003
23. Nava FR, Tafoya SA, Heinze G. Estudio comparativo sobre depresión y los factores asociados en alumnos del primer año de la facultad de medicina y del internado. *Salud Mental*. 2013;36(5):375–9.
24. Losada-Baltar A, Márquez-González M, Jiménez-Gonzalo L, Pedroso-Chaparro M del S, Gallego-Alberto L, Fernandes-Pires J. Diferencias en función de la edad y la autopercepción del envejecimiento en ansiedad, tristeza, soledad y sintomatología comórbida ansioso-depresiva



- durante el confinamiento por la COVID-19. Rev Esp Geriatr Gerontol. 2020 Sep 1;55(5):272–8.
25. González MT, Espada JP, Tejeiro Ricardo. El uso problemático de videojuegos está relacionado con problemas emocionales en adolescentes. Adicciones [Internet]. 2017 [cited 2022 Aug 1];29(3):180–5. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=289151752005>
26. Mehroof M, Griffiths MD. Online gaming addiction: the role of sensation seeking, self-control, neuroticism, aggression, state anxiety, and trait anxiety. Cyberpsychol Behav Soc Netw [Internet]. 2010 Jun 1 [cited 2022 Aug 1];13(3):313–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20557251/>
27. Arnal BC. Estudio de las alteraciones emocionales y del bienestar psicológico de la pareja en diferentes etapas de la transición a la maternidad y la paternidad [Tesis doctoral]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA; 2017.
28. Defas SVF, Ormaza LDB, Rodas MJE, Mosquera VLE. Características de depresión en la población LGBTI de la ciudad de Cuenca. 2017 | Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca. Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca [Internet]. 2018 [cited 2022 Aug 28];36(3):11–8. Available from: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/medicina/article/view/2501>
29. Ministerio de Salud y Protección Social. Normograma SNS- Resolución 3202 de 2016 MSPS [Internet]. 2016 [cited 2023 Jun 14]. Available from: http://normograma.supersalud.gov.co/normograma/docs/resolucion_minsaludps_3202_2016.htm
30. Unidad para Atención y Reparación Integral de Víctimas. Enfoque Diferencial LGBTI. 2013.



Producción de proteínas recombinantes farmacéuticas en sistemas vegetales: Una mirada al Factor de crecimiento epidérmico humano (hEGF).

Production of pharmaceutical recombinant proteins in plant systems: A glimpse into Human Epidermal Growth Factor (hEGF).

Recibido: 15/01/2024 - Aceptado: 21/06/2024 - Publicado: 11/09/2024

Autores

Carlos Julio Nova López*

Ingeniero Biológico, MsC. Instituto Colombiano de Medicina Tropical-Universidad CES.
Medellín- Colombia
cjnoval@unal.edu.co

Javier Mauricio Torres Bonilla

Biólogo, MsC, PhD. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.
Medellín- Colombia

Dary Luz Mendoza Mesa

Química Farmacéutica, MsC, PhD. Universidad del Atlántico.
Medellín- Colombia

Rafael Eduardo Arango Isaza

Médico, MsC, PhD. Universidad Nacional de Colombia.
Medellín- Colombia.

***Autor de correspondencia**

RESUMEN

Introducción: Las proteínas recombinantes son esenciales para el tratamiento de enfermedades complejas debido a su alta eficacia y seguridad. Su producción involucra manipulación genética y el uso de sistemas biológicos, incluyendo células bacterianas, de mamíferos e insectos. Sin embargo, los sistemas basados en plantas están emergiendo como una alternativa prometedora, con ventajas como menores costos y menor riesgo de contaminación.

Objetivo: Esta revisión tiene como objetivo examinar los aspectos clave de la producción de proteínas en plataformas de expresión vegetal, con un enfoque particular en los avances en la producción de Factor de Crecimiento Epidérmico Humano Recombinante (rhEGF).

Metodología: Se realizó una revisión de la literatura científica y técnica sobre plataformas de expresión vegetal. El análisis incluyó una evaluación de las ventajas, desafíos y aplicaciones de estos sistemas, con especial énfasis en los desarrollos recientes en la producción de rhEGF.

Resultados: La revisión revela que los sistemas vegetales han logrado avances significativos en la producción de rhEGF. Estos sistemas ofrecen beneficios como costos reducidos, mayor seguridad y capacidad para producir proteínas con modificaciones postraduccionales adecuadas, mostrando ser una alternativa viable a los métodos tradicionales.

Discusión y Conclusión: Las plataformas de expresión vegetal se presentan como una opción prometedora para la producción de proteínas recombinantes, superando a los métodos tradicionales en términos de eficiencia y seguridad. Los resultados positivos en la producción de rhEGF sugieren que esta tecnología podría ser adoptada ampliamente en la industria farmacéutica y cosmética en el futuro cercano.

Palabras Claves: Agricultura molecular, proteínas heterólogas, sistemas de expresión vegetal, biosimilares, células vegetales en suspensión.

ABSTRACT

Introduction: Recombinant proteins are crucial for the treatment of complex diseases due to their high efficacy and safety. Their production involves genetic manipulation and the use of biological systems, including bacterial, mammalian, and insect cells. However, plant-based systems are emerging as a promising alternative, offering advantages such as reduced costs and lower risk of contamination.

Objective: This review aims to examine the key aspects of protein production using plant expression platforms, with a particular focus on advancements in the production of Recombinant Human Epidermal Growth Factor (rhEGF). This approach enables a detailed assessment of the viability and potential of these systems for pharmaceutical and cosmetic applications.

Methodology: A comprehensive review of the scientific and technical literature on plant expression platforms was conducted. The analysis included an evaluation of the advantages, challenges, and applications of these systems, with particular emphasis on recent developments in the production of rhEGF.

Results: The review reveals that plant-based systems have made significant advancements in the production of rhEGF. These systems offer benefits such as reduced costs, enhanced safety, and the ability to produce proteins with appropriate post-translational modifications, demonstrating their viability as an alternative to traditional production methods.

Discussion and Conclusion: Plant expression platforms are emerging as a promising option for recombinant protein production, surpassing traditional methods in terms of efficiency and safety. The positive outcomes in rhEGF production suggest that this technology could be widely adopted in the pharmaceutical and cosmetic industries in the near future.

Keywords: Molecular farming, heterologous proteins, plant expression systems, biosimilars, plant suspension cells.



INTRODUCCIÓN

Desde sus primeros desarrollos en la década de los años 70's la tecnología del ADN recombinante ha impulsado el crecimiento de la industria biofarmacéutica. La posibilidad de sintetizar genes y de introducirlos mediante vectores de transformación en células u organismos transgénicos que se utilizan como biofábricas de proteínas facilitó el desarrollo de fármacos para el tratamiento de enfermedades complejas como el cáncer, la diabetes y la esclerosis múltiple. Tal ha sido el impacto de esta tecnología, que desde el desarrollo de la insulina recombinante (año 1984) hasta el año 2023, existían 350 proteínas heterologas aprobadas por la FDA para uso clínico (1). Estas proteínas se sintetizaron inicialmente utilizando cultivos de *Escherichia coli*, pero la necesidad de obtener proteínas cada vez más complejas (por ejemplo, proteínas glicosiladas, multiméricas o con varios puentes disulfuro) y con costos de producción más bajos motivó la búsqueda de nuevas plataformas de producción eucariotas. Hoy en día, gracias al avance de las técnicas de cultivo celular a gran escala, es posible producir proteínas terapéuticas en una amplia variedad de hospederos eucariotas, incluyendo levaduras, células de mamíferos, de insectos y plantas, entre otras (2).

Los sistemas vegetales de expresión de proteínas recombinantes han sido estudiados desde hace más de 30 años debido a que presentan algunas ventajas sobre las demás plataformas de producción, entre ellas, la capacidad de producir proteínas de varias subunidades y con algunas de las modificaciones postraduccionales necesarias para garantizar la actividad biológica cuando se usan como fármacos en humanos, la facilidad de escalado de los procesos de manufactura y menores costos de producción (3). El conocimiento adquirido durante este tiempo derivó en la aprobación en el año 2012 de la comercialización de la taliglucerasa alfa, la primera proteína terapéutica producida en una plataforma vegetal (4). A nivel experimental se ha

conseguido la expresión en múltiples especies vegetales de un gran número de proteínas terapéuticas que sin embargo no han logrado alcanzar las fases de comercialización (5), principalmente debido a las bajas concentraciones en las que se logran producir. En la actualidad, los esfuerzos se concentran en desarrollar estrategias para incrementar los rendimientos de producción de las proteínas (6–9), las mejoras en las técnicas de purificación (10,11), el desarrollo de líneas vegetales humanizadas capaces de sintetizar proteínas con las modificaciones postraduccionales necesarias para garantizar la funcionalidad terapéutica requerida (12,13), el escalado de los procesos de producción, así como la búsqueda de especies vegetales alternativas a las que tradicionalmente han sido estudiadas.

El factor de crecimiento epidérmico humano (hEGF) es una proteína fundamental en la regulación del crecimiento y la proliferación celular. Su aplicación en la medicina radica en su capacidad para estimular la regeneración celular, lo que lo convierte en un candidato ideal para la producción de terapias destinadas a la cicatrización de heridas y el tratamiento de ciertas enfermedades. La producción de hEGF recombinante en plataformas vegetales ha sido ampliamente estudiada debido a varias ventajas inherentes a este sistema. El estudio de la producción recombinante del EGF puede proporcionar información valiosa sobre cómo optimizar la expresión de proteínas recombinantes en los sistemas de expresión vegetal, incluyendo estrategias para mejorar el rendimiento y la estabilidad del producto final. Por ejemplo, se han desarrollado técnicas para la expresión en tejidos específicos y se han implementado métodos para la mejora de la solubilidad y la estabilidad. Estos avances no solo han permitido la producción eficiente de EGF, sino que también han establecido una base sólida para la producción de otras proteínas terapéuticas en sistemas vegetales, ofreciendo una perspectiva prometedora para el futuro de la biotecnología farmacéutica.

En el siguiente trabajo se presenta una revisión de la

tecnología de producción de proteínas recombinantes farmacéuticas en plataformas vegetales, haciendo énfasis en los desarrollos alcanzados con la producción del hEGF.

METODOLOGÍA

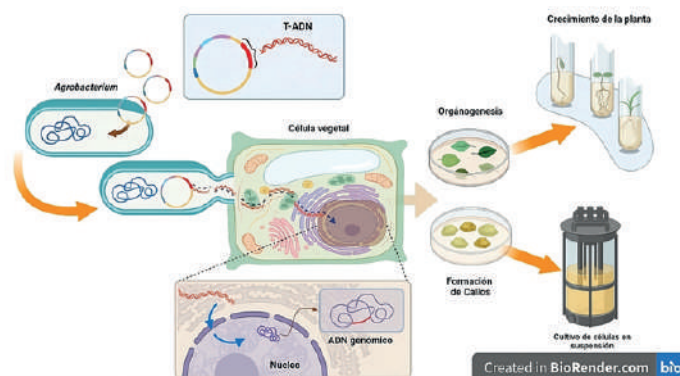
Se revisó literatura científica (artículos de investigación original, artículos de revisión, capítulos de libro y editoriales) obtenida de bases y repositorios académicos como Sciencedirect, PubMed, Elsevier, Wiley online library y SciELO. Para la selección de los artículos se emplearon las siguientes ecuaciones de búsqueda: Ecuación 1: ("recombinant proteins" OR "recombinant protein production") AND ("plant expression systems" OR "molecular farming" OR "plant-based production"); Ecuación 2: ("growth factors" OR "epidermal growth factor" OR "EGF") AND ("recombinant production" OR "plant expression systems") AND ("pharmaceuticals" OR "biopharmaceuticals"). Se seleccionaron de manera manual los trabajos que incluían información relevante para la subtemáticas abordadas en en la revisión.

SISTEMAS VEGETALES DE EXPRESIÓN DE PROTEÍNAS RECOMBINANTES

La producción de proteínas recombinantes en plataformas vegetales inicia con la inserción de la secuencia del gen que codifica para la proteína de interés dentro de la célula o la planta hospedera. Este proceso de transformación genética puede llevarse a cabo por métodos físicos, como balística, microinyección o electroporación, pero el método más común es la infección o la agroinfiltración con *Agrobacterium tumefaciens*; esta bacteria *Gram-negativa* tiene la capacidad natural de infectar las plantas y de transferir la región ADN-T de un plásmido (denominado Ti) que contiene una serie de genes *onc* y *op* que codifican para la síntesis de proteínas inductoras de la formación de tumores en las plantas y de productos que sirven de fuente de carbono y nitrógeno para la bacteria (14). Por técnicas de

ingeniería genética se han construido vectores basados en versiones desarmadas del plásmido Ti a los que se le eliminan los genes oncogénicos y en los que la región ADN-T es reemplazada por el gen de la proteína heteróloga que se desea expresar, usualmente bajo el control de secuencias promotoras que regulan su expresión (15). En la práctica se infectan tejidos vegetales con cepas de *Agrobacterium* que contienen estos vectores y, una vez dentro del núcleo de las células, la secuencia foránea puede o no integrarse al cromosoma, determinando de esta forma si la expresión de la proteína se realizará de manera estable o transitoria (16) (Figura 1).

Figura 1. Proceso de transformación de cultivos vegetales mediante infección mediada por *A. tumefaciens* para la producción de proteínas.



Fuente: Elaboración propia, usando el programa Biorender.

Luego de la obtención de las células transformadas existen diferentes estrategias para la producción de las proteínas recombinantes. Una alternativa consiste en el uso de plantas completas que se cultivan en invernaderos y que expresan las proteínas de manera estable o transitoria (17). En este caso, las proteínas pueden producirse a lo largo de todos los tejidos o en zonas específicas de las plantas, como las hojas, las semillas o los frutos (17–23). También es posible utilizar técnicas de cultivos de tejidos vegetales *in vitro* para establecer cultivos de células indiferenciadas en suspensión, en cuyo caso las proteínas pueden acumularse a nivel intracelular dentro de algún compartimiento de la célula (retículo endoplasmático por ejemplo) o excretarse al medio de cultivo (24–27).



Dentro de esta categoría también se incluyen los sistemas de producción basados en el cultivo de raíces peludas, o hairy roots (28–30), así como las plataformas de producción que emplean cultivos de algas y de musgos (31–33).

Independientemente del sistema de producción utilizado, las plataformas vegetales presentan costos de producción más bajos que las plataformas de expresión en células de animales; además, al no tener riesgo de contaminación con patógenos humanos, las proteínas

heterólogas de origen vegetal tienen un mayor grado de bioseguridad. A lo anterior se le suma la capacidad que tienen las células vegetales de realizar modificaciones postraduccionales, lo que permite la síntesis de proteínas complejas que no pueden ser producidas en las plataformas bacterianas. Estas características han supuesto el uso de los sistemas vegetales para la producción de proteínas terapéuticas que se encuentran en diferentes fases de desarrollo clínico (**Tabla 1**).

Tabla 1. Proteínas terapéuticas de origen vegetal en fases avanzadas de desarrollo.

Proteína	Clase	Sistema de expresión	Estado de desarrollo	Empresa o laboratorio	Referencia/Enlace
β-Glucocerebrosidasa (ELELYSO®)	Enzima	<i>Daucus carota</i> (Células)	Comercial	Protalix Biotherapeutics Inc. Pfizer (bajo licencia)	(34)
Colágeno (Vergenix®)	Otras	<i>Nicotiana tabacum</i>	Comercial	ColiPlant Inc.	(35)
Factor de crecimiento de Fibroblastos	Factor de Crecimiento	<i>Oriza sativa</i>	Comercial (Cosmético)	Genecell BioNTech	http://www.nbms.co.kr/?page_id=871
Antígeno de la superficie de la hepatitis B	Anticuerpo	<i>N. tabacum</i>	Comercial	Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba	(5)
Anticuerpos contra el ébola (ZMAPP®)	Anticuerpo	<i>N. tabacum</i>	Fase III*	Mapp Biopharmaceutical	(36)
Uricasa	Citocina	<i>Daucus carota</i> (Células)	Fase I	Protalix Biotherapeutics Inc.	https://protalix.com/pipeline/
Anticuerpo de cadena sencilla (scFv) para linfoma no Hodking	Anticuerpo	<i>N. tabacum</i>	Fase I	Large Scale Biology Corp	(37)
Influenza Hemaglutinina	Vacuna	<i>N. benthamiana</i>	Fase I	Fraunhofer (CMB)	(38)
Anticuerpos contra HSV/HIV	Anticuerpos	<i>N. Benthamiana</i>	Fase I	Bayer/ICON genetics	(39)
Insulina humana	Hormona	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Fase II	SemBioSys Genetics	(23)
Factor intrínseco humano	Otras	<i>A. thaliana</i>	Fase II	Universidad Aarhus Dinamarca	(40)
Ibio-101	Otras	<i>N.tabacum</i>	Preclínica	iBio	https://ibioinc.com/pipeline/ibio-101/
Ranbizumab	Anticuerpo	<i>N.Benthamiana</i>	Preclínica	Plant Form	http://www.plantformcorp.com/products.aspx

Nota: A pesar de estar en fase experimental, el cocktail de anticuerpos ZMAPP fue utilizado por la Organización mundial de la Salud (OMS) en tres pacientes durante la epidemia del ébola de 2014 en África. En la actualidad, la vacuna está descontinuada.

Fuente: Elaboración propia.

EXPRESIÓN ESTABLE

Los sistemas de expresión estables fueron los primeros en ser implementados y con ellos se establecieron los organismos modelo que, como el tabaco (*N. tabacum/N. benthamiana*), la zanahoria (*D. carota*) y el arroz (*O. sativa*), dominarían la tecnología de producción de proteínas heterólogas vegetales. En esta estrategia de producción el gen de interés se inserta dentro del ADN cromosomal o plasmídico de las células hospedadoras. Debido a que la secuencia está constitutivamente unida al material genómico del huésped, esta puede transmitirse a la plantas o células hijas a lo largo de las etapas de propagación (41). Esto permite que las líneas vegetales utilizadas puedan ser caracterizadas, estandarizando de esta forma los lotes de producción de las proteínas.

Cuando la transformación genética se realiza por medio *Agrobacterium* o por biobalística, la secuencia de interés se inserta de manera aleatoria en el ADN y el nivel de expresión de la proteína estará determinado por efectos de posición (42,43). Así mismo, el transgén puede estar presente en copias únicas o múltiples, lo que puede favorecer la expresión del gen o afectar los rendimientos de producción debido al silenciamiento por homología (44). Estos fenómenos hacen que el proceso de desarrollo, *screening* y caracterización de las líneas transgénicas estables sea largo, pero una vez superadas estas etapas es posible producir las proteínas heterólogas en concentraciones que, en el caso de expresión en sistemas de plantas, alcanzan los 100 µg por Kg de peso fresco (5).

Con el fin de aumentar los rendimientos de la expresión de las proteínas se ha explorado el uso de líneas transplastómicas, en las que el gen de interés se integra dentro del ADN de los cloroplastos. Con esta estrategia es posible insertar por recombinación homóloga el gen deseado en regiones definidas del ADN, eliminando así los efectos de posición. Adicionalmente, el alto número de cloroplastos por célula y el elevado nivel de ploidía asegura altos niveles de expresión y de acumulación de las proteínas heterólogas (45).

En plantas transgénicas estables es posible acumular las proteínas heterólogas en órganos específicos; para

conseguir esto se utilizan secuencias de señalización que envían las proteínas a órganos determinados o promotores de transcripción que son funcionales únicamente en tejidos particulares. Las semillas y los frutos son los órganos en los que usualmente se suelen acumular las proteínas heterólogas, debido a que ofrecen ventajas en términos de purificación, almacenamiento, escalado y transporte (46).

EXPRESIÓN TRANSITORIA

Actualmente la mayoría de las proteínas terapéuticas que se encuentran en evaluación clínica y preclínica se producen en sistemas vegetales de expresión transitoria (3). Con esta modalidad de expresión se reducen los tiempos de desarrollo de las líneas transgénicas y se alcanzan mayores concentraciones de proteínas en periodos de tiempo más cortos. A diferencia de la expresión estable, en este caso el gen que codifica para la proteína terapéutica no se integra al genoma nuclear o plasmídico, sino que se transcribe directamente en el citoplasma del hospedero.

En esta modalidad de expresión se aprovecha la capacidad que tienen algunos virus de infectar a las plantas y de secuestrar la maquinaria enzimática vegetal para la replicación de su material genético y la síntesis de las partículas virales. En el genoma de estos virus de ADN o ARN está codificada además la información que dirige la supresión de los mecanismos de defensa del huésped y la capacidad de expansión de la infección hacia las células no afectadas. Los vectores de expresión transitoria más recientes están basados en versiones reducidas de estos virus, en los cuales se conservan las secuencias esenciales para garantizar la síntesis de la proteína heteróloga y la propagación sistémica del virus en los tejidos de las plantas. Estas secuencias virales normalmente se introducen junto con la secuencia del gen de interés, los promotores y demás elementos regulatorios, en la región ADN-T de vectores de *Agrobacterium*; por lo que los eventos de la infección inicial están controlados en este caso por la bacteria y no por secuencias virales (3,16). Sin embargo, otros mecanismos de entrega incluyen el uso directo de vectores desnudos de ADN o de transcritos infecciosos previamente sintetizados (47). Luego de la



entrada a las células, la secuencia foránea es transcrita y traducida por las enzimas vegetales, lo que provoca la síntesis conjunta de la proteína terapéutica y de las demás proteínas encargadas de la multiplicación y transporte del virus a nuevas células, en donde el proceso se repite de manera cíclica. Algunos vectores contienen secuencias que codifican para enzimas ARN polimerasas dependiente de ARN que promueven la sobreproducción de ARNm y, por tanto, la síntesis de las proteínas terapéuticas de interés (3).

Las concentraciones de proteína obtenida por este método alcanzan el 80% de proteínas soluble total (PST) (3), con cantidades de proteína en el orden de los 4 g por Kg de peso (5), dependiendo de la naturaleza del vector. Entre estos, los más utilizados contienen secuencias de los Virus del Mosaico del Tabaco (TMV), el Virus del Mosaico del Frijol (CPMV) y el Virus X de la Papa (PVX). Los vectores MagnICON®, comercializados por la empresa ICON genetics, destacan por ser los más populares (48–50).

A diferencia de la expresión estable, la expresión transitoria es menos versátil en cuanto a las posibilidades de escalado industrial, ya que el sistema es aplicable únicamente a plantas completas cultivadas en campo o en condiciones de invernadero, y no a sistemas de cultivos de tejidos o de células en suspensión. Dado que la regulación farmacéutica está mejor definida en los sistemas de producción basados en fermentaciones líquidas, muchos de los esfuerzos de la tecnología de producción de proteínas vegetales en plantas están concentrados en adoptar Buenas Prácticas de Manufactura que permitan obtener la autorización para la comercialización de los productos por parte de los organismos regulatorios (50,51). Este punto ha sido identificado como uno de los cuellos de botella en el proceso de transferencia de las proteínas farmacéuticas al mercado.

EXPRESIÓN EN CULTIVOS DE TEJIDOS *IN VITRO*

El cultivo de tejidos vegetales *in vitro* comprende el crecimiento de células vegetales indiferenciadas o de tejidos particulares en ambientes controlados y

estériles. Cuando las células o los tejidos están transformados con secuencias foráneas que codifican para las proteínas de interés es posible establecer métodos de producción escalables que permiten purificar las proteínas siguiendo procedimientos equiparables a los utilizados por los sistemas de producción bacterianos y de mamíferos.

EXPRESIÓN EN CULTIVOS DE CÉLULAS VEGETALES EN SUSPENSIÓN

El cultivo de células vegetales en suspensión consiste en la propagación *in vitro* de células derivadas de cualquier tejido vegetal que se mantienen agitadas y en condiciones asépticas en un medio de cultivo líquido (52). El cultivo se compone de un conjunto de células aisladas y de agregados celulares compuestos por 2 a 100 células (53) y que pueden o no tener algún grado de diferenciación y/o especialización.

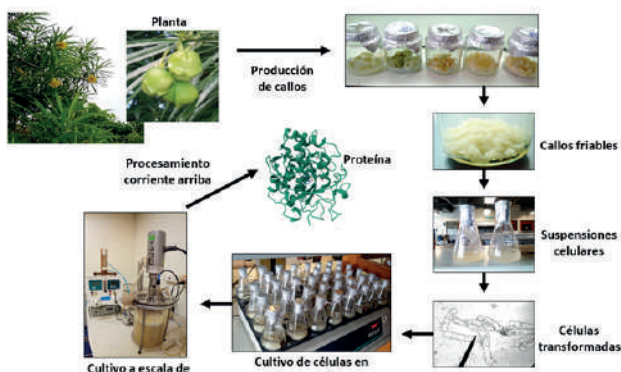
Para el establecimiento de las suspensiones se toman porciones de tejidos diferenciados de la planta, denominados explantes, que luego de un proceso de desinfección se transfieren a un medio de cultivo sólido para promover la proliferación masiva de células indiferenciadas (callos). Una vez se obtienen callos friables, es decir, callos compuestos por células que tienen la capacidad de separarse con relativa facilidad unas de otras después de una división celular, estos se transfieren a un medio de cultivo líquido en donde las células pueden crecer en suspensión y ser mantenidas y multiplicadas a lo largo del tiempo con la renovación oportuna del medio de cultivo.

Dependiendo de la concentración hormonal, y en especial de la relación de concentración de auxinas/citoquininas, un callo puede derivar en la regeneración de una nueva planta o en la proliferación de un tejido particular (raíces, hojas, etc), por lo que esta variable, al igual que el tipo, tamaño y edad del explante, es importante al momento de iniciar los cultivos.

Existen dos vías para obtener cultivos de células

vegetales transformadas. Una de ellas consiste en tomar los explantes de una planta previamente transformada y a partir de ellas inducir la callogénesis para el posterior establecimiento de las suspensiones. El otro enfoque implica obtener los callos a partir de explantes silvestres para luego transformarlos con cualquiera de los métodos de transformación genética disponibles (54) (**Figura 2**).

Figura 2. Esquema general del proceso de producción de proteínas recombinantes mediante el cultivo de células vegetales en suspensión.



Fuente: Elaboración propia.

Los cultivos de células en suspensión ofrecen la posibilidad de cultivar grandes volúmenes de células gracias al uso de biorreactores. Adicionalmente, las células transformadas mantienen las mismas ventajas que ofrecen las plataformas basadas en el cultivo de plantas completas, con el beneficio adicional de que la tecnología de fermentación es análoga a la de los sistemas bacterianos y de mamíferos; razón por la cual, los conocimientos adquiridos por años en estas plataformas son fácilmente adaptables a las células vegetales. Actualmente, dos proteínas recombinantes de origen vegetal cuentan con aprobación vigente de organismos internacionales para uso terapéutico comercial en humanos: la Glucocerebrosidasa, una enzima utilizada para el tratamiento de la enfermedad de Gaucher y que es producida en cultivos de células en suspensión de zanahoria, empleando biorreactores desechables con capacidad de 400 L; y la proteína spike del virus SARS-CoV-2, sintetizada como una Partícula Similar a Virus (VLPs) en plantas de *Nicotiana benthamiana*, y que fue autorizada en Canadá como vacuna contra el COVID-19 (4,27,34).

Las células de tabaco, arroz, zanahoria y alfalfa (*Medicago sativa*) son las especies hospedadoras más utilizadas para la producción de proteínas terapéuticas (55). En estos sistemas se han logrado expresar hormonas, anticuerpos, factores de crecimiento, enzimas y citocinas (56). Con el objetivo de incrementar los rendimientos de producción se han aplicado estrategias dirigidas a la optimización de los medios de cultivo (modulación fuentes de carbono, nitrógeno, etc) (57–59); las condiciones físicas de cultivo (velocidad de agitación del reactor, pH, temperatura, oferta de oxígeno) (24); el tipo de biorreactor (tanque agitado, airlift, etc), los modos de fermentación (suministro continuo de nutrientes, suministro por lotes o por lotes alimentados, etc) (24,60,61). De igual forma, se han empleado estrategias para, de acuerdo a las necesidades particulares, exportar las proteínas al medio intracelular o acumularlas en organelos o compartimientos celulares específicos (62,63). La búsqueda de promotores constitutivos o inducibles para aumentar la expresión de la secuencia exógena también es una estrategia efectiva para optimizar la producción de las proteínas en las suspensiones (64,65).

EXPRESIÓN EN CULTIVOS DE RAÍCES PELUDAS

La infección de explantes vegetales con cepas virulentas de *Agrobacterium rhizogenes* induce la formación masiva de raíces con vellosidades laterales que emanan desde el punto de la infección. Este fenómeno tiene lugar debido a la presencia de unos genes, denominados genes rol, en el T-DNA del plásmido Ri de la bacteria (66,67). Al igual que ocurre con *A. Tumefaciens*, la región T-DNA del plásmido Ri es aprovechada para servir de elemento portador de genes que codifican para proteínas de interés farmacéutico (68).

Los cultivos *in vitro* de raíces peludas se han propuesto como plataforma de expresión de proteínas recombinantes principalmente por su capacidad de excretar de manera continua las proteínas al medio extracelular, lo que facilita los procesos de purificación. Las raíces pueden crecer en medios de cultivo líquidos



sin la necesidad de la adición de reguladores hormonales; y esto, sumado al hecho de que son tejidos organizados, hace que la expresión de las proteínas sea más estable que en los cultivos de células en suspensión. (55,68).

A pesar de que se ha logrado expresar diversas proteínas en este sistema (29,69–71), los niveles de producción son bajos. Además, debido al patrón de crecimiento de las raíces, el escalado es especialmente complejo.

EL FACTOR DE CRECIMIENTO EPIDÉRMICO HUMANO (hEGF)

El Factor de Crecimiento Epidérmico Humano (Human Epidermal Growth Factor, hEGF), es un polipéptido de 6.200 dalton, compuesto por 53 aminoácidos. Su estructura tridimensional está estabilizada por la presencia de tres puentes disulfuro proporcionados por seis residuos de cisteína que son claves para su actividad biológica.

Este polipéptido, perteneciente a la familia de las citocinas, fue descubierto en la década de 1960 y hace parte de una familia de péptidos relacionados que se caracterizan por tener una secuencia homóloga, unirse al mismo receptor (EGF-r) y llevar a cabo funciones biológicas similares.

En su forma natural, el péptido está integrado a las células mediante tres dominios: un dominio citoplasmático, uno transmembránico y uno extracelular. Este último se escinde por proteólisis y constituye la forma madura y activa de la molécula.

La función biológica del hEGF está estrechamente relacionada con la existencia de un receptor específico denominado EGF-r. Para que un tejido responda a la acción del EGF, las células dianas deben poseer en sus membranas los receptores EGF-r. Una vez el hEGF se fija al receptor en la superficie de la membrana, éste se fosforila en residuos de tirosinas ubicados la región citoplasmática. Posteriormente, el receptor actúa como sitio de unión a proteínas de señalización que se activan o inactivan por fosforilación y que desencadenan

posteriormente una serie de eventos bioquímicos definidos. Entre estas proteínas se encuentran las proteínas Ras, que interactúan con el ADN provocando aumentos en los niveles de proliferación celular. De esta manera, el hEGF actúa como efector de la mitosis y la división celular, por lo que su uso como droga se da principalmente en aquellos casos en los que se pretende la regeneración o el mantenimiento de la integridad de ciertos tejidos celulares, en especial los tejidos epidérmicos y epiteliales (72).

Las propiedades biológicas del hEGF se han demostrado extensamente en ensayos *in vivo* e *in vitro*. A nivel sistémico, el hEGF es un mitógeno para una gran diversidad de células integradas en tejidos de origen ectodérmico y mesodérmico. El dímero hEGF/EGF-r, estimula la migración de células productoras hacia áreas de tejidos lesionados, con el posterior aumento en la secreción de componentes de la matriz extracelular (colágeno, entre otros) y la inducción de angiogénesis; lo que finalmente desencadena la proliferación epitelial y de miofibroblastos en las zonas perjudicadas. Debido a estas propiedades, el hEGF se ha usado para el tratamiento de lesiones ulcerosas en pacientes con diabetes (73), la aplicación tópica para el tratamiento de quemaduras (74), los procedimientos pos-operatorios que requieren asistencia en la cicatrización, el tratamiento de pacientes con necrosis tubular aguda crónica (75) y úlceras gástricas (76). Además, como el factor está relacionado con la cicatrización, la curación de heridas y el mantenimiento de la integridad y la regeneración de la piel, también ha encontrado una importante aplicación en el campo cosmético (77–79).

SISTEMAS DE EXPRESIÓN DEL hEGF

En la actualidad, las principales plataformas de expresión del hEGF son las bacterias y las levaduras. Microorganismos como *E. coli*, *Pichia pastoris* y *Saccharomyces cerevisiae*, se han empleado para establecer procesos industriales en los que se cultivan en reactores de grandes volúmenes células capaces de expresar el factor (80–84). Uno de los casos más representativos es el del Centro de Ingeniería Genética

y Biotecnología de Cuba, que cuenta con una planta pionera en la producción del hEGF, y desde la cual se exporta y se licencia el principio activo a la mayoría de países de América Latina, a España, China y otros países de Europa (80,83). Como parte de un plan de salud nacional, en este país se redujo hasta en un 80% el riesgo de amputación en personas con diabetes gracias al empleo del hEGF como fármaco para el tratamiento del pie diabético.

Se ha reportado la expresión del hEGF en plantas y

células vegetales (85–87). Algunos de estos desarrollos han alcanzado fases de comercialización que contemplan el empleo del Factor como fármaco, como biomolécula para investigación a nivel de laboratorio y como cosmético. Las empresas Plantaderma, ORF Genetics y Natural Bio-Materials, producen la molécula utilizando plantas de tabaco, cebada y arroz como hospederos; empleando además estas plataformas para la expresión de otras proteínas de interés farmacéutico. En la **Tabla 2** se presentan la información de los casos de comercialización del hEGF.

Tabla 2. Formas comerciales del Factor de crecimiento epidérmico hEGF.

EGF-h recombinante	Plataforma de Expresión	Aplicación	Empresa	Referencia
Heberprot	<i>S. cerevisiae</i>	Tratamiento del pie diabético	CIGB	https://www.cigb.edu.cu/product/heberprot-p/
rhEGF	Tabaco (plantas)	Cosmético	Agrenvec	https://www.agrenvec.es/producto/recombinant-human-egf/
Bioeffect EGF serum	Cebada (semillas)	Cosmético	ORF Genetics	https://www.thebioeffect.ca/our-egf
Epitensive	<i>N. benthamiana</i>	Cosmético	Lipotrue	https://lipotrue.com/es/productos/epitensive/
hEGF	<i>E. coli</i>	Reactivo de laboratorio	Cell Signaling Technology	https://www.cellsignal.com/products/cytokines/human-epidermal-grwth-factor-hegf/8916
Recombinant Human EGF	<i>Brevibacillus choshinensis</i>	Reactivo de laboratorio	Higeta Shoyu Co	https://en.tokyofuturestyle.com/higetashoyu

Fuente: Elaboración propia.

PRODUCCIÓN DEL HEGF EN PLATAFORMAS VEGETALES: ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LOS RENDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN

Como se indicó anteriormente, el hEGF ha logrado expresarse en distintas plataformas vegetales, con incluso algunos casos exitosos de industrialización y comercialización. Sin embargo, la concentración en la que se obtiene la proteína es considerablemente inferior a la obtenida en las plataformas bacterianas y de levaduras. Mientras que la máxima producción reportada para un sistema de cultivo vegetal de células

en suspensión es de 25 $\mu\text{g L}^{-1}$ de hEGF, para el cultivo de células de *E.coli* se reportan concentraciones de hasta 2 x 105 $\mu\text{g L}^{-1}$ (**Tabla 3**). Este inconveniente no ha impedido que el hEGF de origen vegetal pueda alcanzar fases de mercado, pero esto ocurre porque la molécula se ha comercializado principalmente como un producto cosmético, con estrategias de mercado en las que además de los beneficios de la proteína se anuncian también propiedades adicionales de los extractos vegetales de las plataformas en donde se produce. En general, los extractos vegetales son bien recibidos por el público, ya que en el imaginario común está instalada la idea de que son buenos para la salud de la piel. Este es el caso de la empresa ORF Genetics (**Tabla 2**), que comercializa un suero tópico en el que el hEGF se encuentra combinado en muy baja concentración con extractos de las plantas de cebada en el que es



sintetizado, lo que hace que el producto cuente con un nicho definido de mercado.

Tabla 3. Comparación entre los rendimientos de producción del hEGF reportados en plataformas vegetales, bacterianas y de levaduras.

Plataforma de Expresión	Concentración Máxima Producida	Referencia
Plataformas Vegetales		
Semillas de maíz	129 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa seca	(88)
Fruto de tomate	0.38 ng g^{-1} biomasa fresca	(89)
Plantas de tabaco (<i>N. tabacum</i>)	0.040 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa fresca	Patente (US 2006/0195945 A1, 2006)
Plantas de melón (<i>Cucumis melo</i>)	0.041 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa fresca	Patente (US 2006/0195945 A1, 2006)
Plantas de pepino (<i>Cucumis sativa</i>)	0.333 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa fresca	Patente (US 2006/0195945 A1, 2006)
Plantas de Sandía (<i>Citrullus vulgaris</i>)	0.036 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa fresca	Patente (US 2006/0195945 A1, 2006)
Plantas de nabo (<i>Brassica campestris</i>)	0.049 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa fresca	Patente (US 2006/0195945 A1, 2006)
Plantas de tabaco (<i>N. tabacum</i>)	3000 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa fresca	(90)
Plantas de tabaco (<i>N. tabacum</i>)	6.24% Proteína soluble total (TSP)	(91)
Semillas de arroz (<i>O. sativa</i>)	7.8% TSP	(92)
Cloroplastos de tabaco (<i>N. tabacum</i>)	10.21% TSP	
Plantas de tabaco (<i>N. tabacum</i>)	34.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa fresca	(93)
Células y raíces de Tabaco (<i>N. tabacum</i>)	0.0015 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa fresca	(87)
Raíces de maní (<i>Arachis Hypogaea</i>)	10.7 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa seca	(29)
Plataformas Bacterianas y de Levaduras		
<i>Pichia Pastoris</i>	2270 $\mu\text{g L}^{-1}$	(81)
<i>Saccharomises cereviseae</i>	3500 $\mu\text{g g}^{-1}$ biomasa	(83)
<i>E. coli</i>	2.9x10 ⁴ $\mu\text{g L}^{-1}$	(94)
<i>E. coli</i>	2.0x10 ⁵ $\mu\text{g L}^{-1}$	(95)

Fuente: Elaboración propia.

Un panorama distinto al anterior se encuentra en el caso de las aplicaciones farmacéuticas, en donde se requieren volúmenes del hEGF que actualmente no se pueden alcanzar con plataformas vegetales. En este caso es más viable producir la proteína en plataformas bacterianas o de levaduras; que a pesar de ser sistemas biológicos menos complejos que los sistemas vegetales, tienen la capacidad de producir la proteína con la conformación estructural correcta, introduciendo incluso los tres puentes disulfuro presentes en la misma.

Existen diversas estrategias que se pueden aplicar para aumentar las concentraciones de hEGF producido en plataforma vegetales. Estas aproximaciones han sido implementadas para otras proteínas, e incluso algunas han sido también utilizadas con éxito en otras plataformas no vegetales. A continuación, se presentan algunas de ellas.

ESTRATEGIAS BASADAS EN EL DISEÑO DEL VECTOR DE TRANSFORMACIÓN

Optimización de codones

La síntesis de proteínas es dependiente de la abundancia de los ARNt que introducen los aminoácidos a la cadena creciente durante la traducción. La abundancia de ARNt varía según especie, por lo que una buena alternativa para favorecer la síntesis de las proteínas es optimizar los codones del gen de interés de acuerdo con la frecuencia de uso de codones favorecidos por la especie que se utilizara como hospedero (88,96,97).

Promotores y terminadores de la transcripción

El grado de expresión de las proteínas está determinado en gran parte por las secuencias reguladoras que flanquean al gen de interés dentro del vector. En el caso de la producción de proteínas recombinantes, los promotores de la transcripción inducen la formación del ARNm por medio del favorecimiento de la unión de la ARN polimerasa a las

regiones del ADN ubicadas corriente abajo del gen de interés. Para la producción del hEGF en plataformas vegetales, el promotor más utilizado es el promotor CaMV 35S (29,90,98,98); mientras que el terminador predilecto es el terminador NOS (98).

Existen promotores y terminadores con mayor potencia que otros. Por ejemplo, Diamos y Mason evaluaron 20 terminadores diferentes en plantas de *N. benthamiana* y encontraron que ocho de los promotores utilizados eran mejores que el terminador NOS. En este estudio se utilizó además el promotor CaMv 35 unido a una región no transcrita 5' del virus TMV (99). El uso de alguno de estos promotores y terminadores podría ser efectivo para aumentar la producción del hEGF.

Secuencias de unión a la matriz

En el caso de la expresión estable, la unión de la RNA polimerasa al ADN está afectada por el grado de condensación del cromosoma. En general, la transcripción se ve favorecida cuando el gen de interés está ubicado en zonas relajadas, que son las zonas transcripcionalmente más activas. Las secuencias de unión a la Matriz (MARs) son secuencias de ADN que se ubican corriente arriba o corriente abajo del gen de interés y que inducen cambios topológicos en el cromosoma, favoreciendo la transcripción de las secuencias foráneas y reduciendo los fenómenos de silenciamiento asociados a los efectos de posición (42,100). Se ha observado que en plantas, la inclusión en el vector de un fragmento de 463 pb de la secuencia MARs Rb7, aumenta hasta 60 veces la expresión de la proteína heteróloga (99). Bai y colaboradores probaron una secuencia MARs de *S. cerevisiae* y observaron que su inclusión en el vector favorecía la producción del hEGF (90), aunque en este trabajo no se tuvo en cuenta el efecto del número de copias del inserto, por lo que no es posible atribuir la sobreexpresión exclusivamente al uso de la secuencia MARs.

Secuencias de señalización

Los péptidos de señalización determinan el sitio de la célula en el que se acumulará la proteína heteróloga. En algunos casos la acumulación en una zona de compartimentalización específica (plastidios, aparato



de Golgi, lumen, etc) facilita los procesos de separación y purificación de las proteínas, lo que se traduce en mayores niveles de producción. (101) En otras ocasiones, las secuencias señalizadoras se utilizan para enviar las proteínas que requieren alguna modificación postraducciona a los sitios celulares en los que dichas modificaciones tienen lugar. En tabaco se evaluó la secuencia de señalización KDL para acumular el hEGF en el retículo endoplasmático, pero el efecto de sobre la producción de la proteína no fue concluyente debido a problemas en el diseño experimental (No se reporta un control).

ESTRATEGIAS BASADAS EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA PURIFICACIÓN

En muchos casos los bajos niveles de producción de las proteínas heterólogas en sistemas vegetales no están relacionados con la incapacidad de la plataforma de expresar la proteína, sino con la dificultad para purificarla del resto de las moléculas presentes en los tejidos del huésped o el medio de cultivo. Diferentes herramientas para mejorar las etapas de purificación pueden ser aplicables al hEGF:

Uso de etiquetas y columnas de afinidad

Las proteínas de interés pueden expresarse con secuencias repetidas de aminoácidos adicionales que tengan afinidad química por columnas cromatográficas. Una vez se tiene el extracto primario, que contiene a la proteína de interés junto con las demás moléculas vegetales, este se pasa a través de la columna sobre la cual quedará fijada únicamente la proteína de interés a través de la unión con la cola de aminoácidos. Posteriormente, las colas son eliminadas mediante el uso de enzimas. Esta estrategia ha sido utilizada efectivamente para la producción del hEGF en cultivos bacterianos y con ella se garantizan altos niveles de purificación (94,102).

Uso de inteínas

Las inteínas son proteínas que tienen la capacidad de

catalizar su propia escisión de otras proteínas a las que se encuentran fusionadas. La inducción del proceso de catálisis se da a pHs específicos. En la práctica, la proteína terapéutica de interés se fusiona a una tag y a una inteína. Cuando el complejo es separado de la columna de afinidad, se induce el cambio de pH y la inteína se autoescinde junto con el tag, liberando de esta forma a la proteína de interés. Las inteínas Ssp y danB han sido utilizadas con éxito para la producción del hEGF en bacterias, pero aún no existen reportes de su implementación en sistemas vegetales (103,104).

Uso de polímeros tipo elastina LP

Los LP son secuencias poliméricas que poseen una característica especial denominada transición de fase sensible a la temperatura: cuando se aumenta la temperatura del medio hasta alcanzar una temperatura denominada temperatura de transición (T_t), el ELP soluble se torna insoluble y forma agregados que pueden precipitarse fácilmente mediante centrifugación. Luego, cuando la temperatura se reduce por debajo de la T_t , el ELP vuelve a solubilizarse. Las proteínas terapéuticas se pueden fusionar con estos polímeros, lo que permite que la molécula híbrida pueda ser separada del extracto celular mediante un paso de centrifugación.

El acoplamiento del EGF-h al ELP y a la inteína permite separar el complejo ELP-inteína-EGF-h del resto de proteínas y productos vegetales no deseados mediante la aplicación de un cambio de temperatura y una etapa de centrifugación. Posteriormente, mediante un aumento del pH, la inteína autoescinde el complejo ELP-Inteína, liberando el hEGF al medio. Este último puede ser recuperado como sobrenadante después de otra etapa de agregación y centrifugación en la que el complejo ELP-inteína se precipita selectivamente mediante la aplicación de la T_t . Esta estrategia fue probada con buenos resultados para la producción del hEGF en *E. coli* (105).

CONCLUSIÓN

Luego de varios años de desarrollos a nivel de laboratorio, las plataformas vegetales de expresión de

proteínas recombinantes han comenzado a superar las pruebas de concepto y han conseguido incursionar en el mercado farmacéutico como alternativa a los sistemas de producción tradicionales. Varias proteínas terapéuticas expresadas en estos sistemas se encuentran en fases de evaluación clínica, por lo que se espera que en los próximos años nuevas proteínas vegetales lleguen al mercado. Aunque existen aún algunas limitaciones relacionadas con los bajos rendimientos en la producción, la aplicación integral de las diferentes estrategias de optimización reseñadas en este artículo permitiría superar estos inconvenientes, particularmente en el caso del hEGF. A diferencia de las otras plataformas de producción, las plataformas vegetales son mucho más versátiles, ya que para una misma especie hospedera es posible implementar diferentes estrategias de producción (plantas, cultivos de células en suspensión, raíces, etc). El conocimiento de las bondades y limitaciones de cada estrategia es clave para decidir cuál es la que mejor se adapta a las necesidades específicas de una proteína particular.

REFERENCIAS

1. Ebrahimi SB, Samanta D. Engineering protein-based therapeutics through structural and chemical design. *Nat Commun.* 27 de abril de 2023;14(1):2411.
2. Lindskog EK, Fischer S, Wenger T, Schulz P. Chapter 6- Host Cells. En: Jagschies G, Lindskog E, Łacki K, Galliher P, editores. *Biopharmaceutical Processing* [Internet]. Elsevier; 2018 [citado 22 de noviembre de 2019]. p. 111-30. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081006238000062>
3. Eidenberger L, Kogelmann B, Steinkellner H. Plant-based biopharmaceutical engineering. *Nat Rev Bioeng.* 21 de marzo de 2023;1-14.
4. Fox JL. First plant-made biologic approved. *Nat Biotechnol.* 1 de junio de 2012;30(6):472-472.
5. Schillberg S, Raven N, Spiegel H, Rasche S, Buntru M. Critical Analysis of the Commercial Potential of Plants for the Production of Recombinant Proteins. *Front Plant Sci* [Internet]. 2019 [citado 23 de noviembre de 2019];10. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00720/full>
6. Huang TK, Falk BW, Dandekar AM, McDonald KA. Enhancement of Recombinant Protein Production in Transgenic *Nicotiana benthamiana* Plant Cell Suspension Cultures with Co-Cultivation of *Agrobacterium* Containing Silencing Suppressors. *Int J Mol Sci* [Internet]. 24 de mayo de 2018 [citado 23 de noviembre de 2019];19(6). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6032394/>
7. Takaiwa F. Increasing the production yield of recombinant protein in transgenic seeds by expanding the deposition space within the intracellular compartment. *Bioengineered.* 1 de mayo de 2013;4(3):136-9.
8. Habibi P, Prado GS, Pelegrini PB, Hefferon KL, Soccol CR, Grossi-de-Sa MF. Optimization of inside and outside factors to improve recombinant protein yield in plant. *Plant Cell Tissue Organ Cult PCTOC.* 1 de septiembre de 2017;130(3):449-67.
9. Yamamoto T, Hoshikawa K, Ezura K, Okazawa R, Fujita S, Takaoka M, et al. Improvement of the transient expression system for production of recombinant proteins in plants. *Sci Rep.* 19 de marzo de 2018;8(1):1-10.
10. Wilken LR, Nikolov ZL. Recovery and purification of plant-made recombinant proteins. *Biotechnol Adv.* abril de 2012;30(2):419-33.
11. Łojewska E, Kowalczyk T, Olejniczak S, Sakowicz T. Extraction and purification methods in downstream processing of plant-based recombinant proteins. *Protein Expr Purif.* abril de 2016;120:110-7.
12. Rozov SM, Permyakova NV, Deineko EV. Main Strategies of Plant Expression System Glycoengineering for Producing Humanized Recombinant Pharmaceutical Proteins. *Biochem Mosc.* 1 de marzo de 2018;83(3):215-32.
13. Schoberer J, Strasser R. Plant glyco-biotechnology. *Semin Cell Dev Biol.* 2018;80:133-41.
14. de la Riva GA, González-Cabrera J, Vázquez-Padrón R, Ayra-Pardo C. *Agrobacterium tumefaciens*: a natural tool for plant transformation. *Electron J Biotechnol.* diciembre de 1998;1(3):24-5.
15. Hwang HH, Yu M, Lai EM. *Agrobacterium*-Mediated Plant Transformation: Biology and Applications. *Arab Book* [Internet]. octubre de 2017 [citado 23 de noviembre de 2019];2017(15). Disponible en:



- <https://bioone.org/journals/The-Arabidopsis-Book/volume-2017/issue-15/tab.0186/Agrobacterium-Mediated-Plant-Transformation-Biology-and-Applications/10.1199/tab.0186.full>
16. Naseri Z, Khezri G, Davarpanah SJ, Ofoghi H. Virus-Based Vectors: A New Approach for Production of Recombinant Proteins. *J Appl Biotechnol Rep.* 15 de marzo de 2019;6(1):6-14.
 17. Davies HM. Review article: Commercialization of whole-plant systems for biomanufacturing of protein products: evolution and prospects. *Plant Biotechnol J.* 1 de octubre de 2010;8(8):845-61.
 18. Firsov A, Shaloiko L, Kozlov O, Vinokurov L, Vainstein A, Dolgov S. Purification and characterization of recombinant supersweet protein thaumatin II from tomato fruit. *Protein Expr Purif.* 1 de julio de 2016;123:1-5.
 19. Zhang H, Liu M, Li Y, Zhao Y, He H, Yang G, et al. Oral immunogenicity and protective efficacy in mice of a carrot-derived vaccine candidate expressing UreB subunit against *Helicobacter pylori*. *Protein Expr Purif.* febrero de 2010;69(2):127-31.
 20. Hernández M, Cabrera-Ponce JL, Fragoso G, López-Casillas F, Guevara-García A, Rosas G, et al. A new highly effective anticysticercosis vaccine expressed in transgenic papaya. *Vaccine.* 22 de mayo de 2007;25(21):4252-60.
 21. Concha C, Cañas R, Macuer J, Torres MJ, Herrada AA, Jamett F, et al. Disease Prevention: An Opportunity to Expand Edible Plant-Based Vaccines? *Vaccines* [Internet]. 30 de mayo de 2017 [citado 24 de noviembre de 2019];5(2). Disponible en : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5492011/>
 22. Lau OS, Sun SSM. Plant seeds as bioreactors for recombinant protein production. *Biotechnol Adv.* noviembre de 2009;27(6):1015-22.
 23. Nykiforuk CL, Boothe JG, Murray EW, Keon RG, Goren HJ, Markley NA, et al. Transgenic expression and recovery of biologically active recombinant human insulin from *Arabidopsis thaliana* seeds. *Plant Biotechnol J.* enero de 2006;4(1):77-85.
 24. Huang TK, McDonald KA. Bioreactor engineering for recombinant protein production in plant cell suspension cultures. *Biochem Eng J.* 15 de agosto de 2009;45(3):168-84.
 25. Hellwig S, Drossard J, Twyman RM, Fischer R. Plant cell cultures for the production of recombinant proteins. *Nat Biotechnol.* noviembre de 2004;22(11):1415-22.
 26. Xu J, Ge X, Dolan MC. Towards high-yield production of pharmaceutical proteins with plant cell suspension cultures. *Biotechnol Adv.* junio de 2011;29(3):278-99.
 27. Tekoah Y, Shulman A, Kizhner T, Ruderfer I, Fux L, Nataf Y, et al. Large-scale production of pharmaceutical proteins in plant cell culture-the Protalix experience. *Plant Biotechnol J.* octubre de 2015;13(8):1199-208.
 28. Medina-Bolívar F, Cramer C. Production of recombinant proteins by hairy roots cultured in plastic sleeve bioreactors. *Methods Mol Biol Clifton NJ.* 2004;267:351-63.
 29. Yao Q, Yu Z, Liu P, Zheng H, Xu Y, Sai S, et al. High Efficient Expression and Purification of Human Epidermal Growth Factor in *Arachis Hypogaea* L. *Int J Mol Sci.* 25 de abril de 2019;20(8).
 30. Fallah A, Akhavian A, Kazemi R, Jafari M, Salmanian AH. Production of Recombinant LSC Protein in *Nicotiana tabacum* Hairy Root: Direct vs. Indirect, a Comparison. *J Appl Biotechnol Rep.* 30 de marzo de 2018;5(1):1-7.
 31. Lu Y, Oyler GA. Green algae as a platform to express therapeutic proteins. *Discov Med.* junio de 2009;8(40):28-30.
 32. Dyo YM, Purton S. The algal chloroplast as a synthetic biology platform for production of therapeutic proteins. *Microbiology.* 2018;164(2):113-21.
 33. Reski R, Parsons J, Decker EL. Moss-made pharmaceuticals: from bench to bedside. *Plant Biotechnol J.* octubre de 2015;13(8):1191-8.
 34. Pastores GM, Petakov M, Giraldo P, Rosenbaum H, Szer J, Deegan PB, et al. A Phase 3, multicenter, open-label, switchover trial to assess the safety and efficacy of taliglucerase alfa, a plant cell-expressed recombinant human glucocerebrosidase, in adult and pediatric patients with Gaucher disease previously treated with imiglucerase. *Blood Cells Mol Dis.* diciembre de 2014;53(4):253-60.
 35. Farkash U, Avisar E, Volk I, Slevin O, Shohat N, El Haj M, et al. First clinical experience with a new injectable recombinant human collagen scaffold



- combined with autologous platelet-rich plasma for the treatment of lateral epicondylar tendinopathy (tennis elbow). *J Shoulder Elbow Surg.* marzo de 2019;28(3):503-9.
36. Qiu X, Wong G, Audet J, Bello A, Fernando L, Alimonti JB, et al. Reversion of advanced Ebola virus disease in nonhuman primates with ZMapp. *Nature* [Internet]. 29 de agosto de 2014 [citado 7 de julio de 2015];advance online publication. Disponible en: <http://www.nature.com/nature/journal/vnfv/ncurrent/full/nature13777.html>
 37. McCormick AA, Reddy S, Reinl SJ, Cameron TI, Czerwinski DK, Vojdani F, et al. Plant-produced idiotypic vaccines for the treatment of non-Hodgkin's lymphoma: Safety and immunogenicity in a phase I clinical study. *Proc Natl Acad Sci* [Internet]. 21 de julio de 2008 [citado 7 de julio de 2015]; Disponible en: <http://www.pnas.org/content/early/2008/07/18/0803636105>
 38. Shoji Y, Chichester JA, Jones M, Manceva SD, Damon E, Mett V, et al. Plant-based rapid production of recombinant subunit hemagglutinin vaccines targeting H1N1 and H5N1 influenza. *Hum Vaccin.* febrero de 2011;7 Suppl:41-50.
 39. Whaley KJ, Hiatt A, Zeitlin L. Emerging antibody products and *Nicotiana* manufacturing. *Hum Vaccin.* marzo de 2011;7(3):349-56.
 40. Fedosov SN, Laursen NB, Nexø E, Moestrup SK, Petersen TE, Jensen EØ, et al. Human intrinsic factor expressed in the plant *Arabidopsis thaliana*. *Eur J Biochem.* agosto de 2003;270(16):3362-7.
 41. Thomas BR. Production of Therapeutic Proteins in Plants. 1 de diciembre de 2002 [citado 24 de noviembre de 2019]; Disponible en: <https://escholarship.org/uc/item/5gp9s5r3>
 42. Day CD, Lee E, Kobayashi J, Holappa LD, Albert H, Ow DW. Transgene integration into the same chromosome location can produce alleles that express at a predictable level, or alleles that are differentially silenced. *Genes Dev.* 15 de noviembre de 2000;14(22):2869-80.
 43. Gelvin SB. Integration of *Agrobacterium* T-DNA into the Plant Genome. *Annu Rev Genet.* 2017;51(1):195-217.
 44. Kooter null, Matzke null, Meyer null. Listening to the silent genes: transgene silencing, gene regulation and pathogen control. *Trends Plant Sci.* septiembre de 1999;4(9):340-7.
 45. Nugent JM, Joyce SM. Producing human therapeutic proteins in plastids. *Curr Pharm Des.* 2005;11(19):2459-70.
 46. Khan MS, Joyia FA, Mustafa G. Seeds as Economical Production Platform for Recombinant Proteins. *Protein Pept Lett.* 2020;27(2):89-104.
 47. Abrahamian P, Hammond RW, Hammond J. Plant Virus-Derived Vectors: Applications in Agricultural and Medical Biotechnology. *Annu Rev Virol.* 2020;7(1):513-35.
 48. Avesani L, Merlin M, Gecchele E, Capaldi S, Brozzetti A, Falorni A, et al. Comparative analysis of different biofactories for the production of a major diabetes autoantigen. *Transgenic Res.* 1 de abril de 2014;23(2):281-91.
 49. Gleba YY, Tusé D, Giritch A. Plant viral vectors for delivery by *Agrobacterium*. *Curr Top Microbiol Immunol.* 2014;375:155-92.
 50. Klimyuk V, Pogue G, Herz S, Butler J, Haydon H. Production of recombinant antigens and antibodies in *Nicotiana benthamiana* using «magniffection» technology: GMP-compliant facilities for small- and large-scale manufacturing. *Curr Top Microbiol Immunol.* 2014;375:127-54.
 51. Fischer R, Schillberg S, Hellwig S, Twyman RM, Drossard J. GMP issues for recombinant plant-derived pharmaceutical proteins. *Biotechnol Adv.* abril de 2012;30(2):434-9.
 52. James E, Lee JM. The Production of Foreign Proteins from Genetically Modified Plant Cells. En: Zhong PDJJ, Byun SY, Cho GH, Choi JW, Haigh JR, Honda H, et al., editores. *Plant Cells* [Internet]. Springer Berlin Heidelberg; 2001 [citado 13 de septiembre de 2014]. p. 127-56. (Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology). Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45302-4_5
 53. Ponce. Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Vol. 1. Cuba: Instituto de Biotecnología de las plantas; 1998. 390 p.
 54. Xu J, Ge X, Dolan MC. Towards high-yield production of pharmaceutical proteins with plant cell suspension cultures. *Biotechnol Adv.* junio de 2011;29(3):278-99.



55. Xu J, Towler M, Weathers PJ. Platforms for Plant-Based Protein Production. En: Pavlov A, Bley T, editores. Bioprocessing of Plant In Vitro Systems [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2016 [citado 24 de noviembre de 2019]. p. 1-40. (Reference Series in Phytochemistry). Disponible en : https://doi.org/10.1007/978-3-319-32004-5_14-1
56. Shokri Gharelo R, Oliaei E, Bandehagh A, Khodadadi E, Motie Noparvar P. Production of therapeutic proteins through plant tissue and cell culture. J Biosci Biotechnol. 22 de marzo de 2016;5:93-104.
57. Häkkinen ST, Reuter L, Nuorti N, Joensuu JJ, Rischer H, Ritala A. Tobacco BY-2 Media Component Optimization for a Cost-Efficient Recombinant Protein Production. Front Plant Sci. 26 de enero de 2018;9:45-45.
58. Holland T, Sack M, Rademacher T, Schmale K, Altmann F, Stadlmann J, et al. Optimal nitrogen supply as a key to increased and sustained production of a monoclonal full-size antibody in BY-2 suspension culture. Biotechnol Bioeng. 1 de octubre de 2010;107(2):278-89.
59. Santos RB, Abranches R, Fischer R, Sack M, Holland T. Putting the Spotlight Back on Plant Suspension Cultures. Front Plant Sci [Internet]. 11 de marzo de 2016 [citado 24 de noviembre de 2019];7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4786539/>
60. Corbin JM, Hashimoto BI, Karuppanan K, Kyser ZR, Wu L, Roberts BA, et al. Semicontinuous Bioreactor Production of Recombinant Butyrylcholinesterase in Transgenic Rice Cell Suspension Cultures. Front Plant Sci [Internet]. 31 de marzo de 2016 [citado 24 de noviembre de 2019];7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4814504/>
61. Raven N, Rasche S, Kuehn C, Anderlei T, Klöckner W, Schuster F, et al. Scaled-up manufacturing of recombinant antibodies produced by plant cells in a 200-L orbitally-shaken disposable bioreactor. Biotechnol Bioeng. febrero de 2015;112(2):308-21.
62. Huang LF, Tan CC, Yeh JF, Liu HY, Liu YK, Ho SL, et al. Efficient Secretion of Recombinant Proteins from Rice Suspension-Cultured Cells Modulated by the Choice of Signal Peptide. PLOS ONE. 16 de octubre de 2015;10(10):e0140812.
63. Li J, Hegeman CE, Hanlon RW, Lacy GH, Denbow DM, Grabau EA. Secretion of Active Recombinant Phytase from Soybean Cell-Suspension Cultures. Plant Physiol. 1 de julio de 1997;114(3):1103-11.
64. Huang TK, Plesha MA, McDonald KA. Semicontinuous bioreactor production of a recombinant human therapeutic protein using a chemically inducible viral amplicon expression system in transgenic plant cell suspension cultures. Biotechnol Bioeng. 15 de junio de 2010;106(3):408-21.
65. Bortesi L, Rademacher T, Schiermeyer A, Schuster F, Pezzotti M, Schillberg S. Development of an optimized tetracycline-inducible expression system to increase the accumulation of interleukin-10 in tobacco BY-2 suspension cells. BMC Biotechnol. 11 de julio de 2012;12:40.
66. Chilton MD, Tepfer DA, Petit A, David C, Casse-Delbart F, Tempé J. *Agrobacterium rhizogenes* inserts T-DNA into the genomes of the host plant root cells. Nature. febrero de 1982;295(5848):432-4.
67. Schmülling T, Schell J, Spena A. Single genes from *Agrobacterium rhizogenes* influence plant development. EMBO J. septiembre de 1988;7(9):2621-9.
68. Gaume A, Komarnytsky S, Borisjuk N, Raskin I. Rhizosecretion of recombinant proteins from plant hairy roots. Plant Cell Rep. agosto de 2003;21(12):1188-93.
69. Cardon F, Pallisse R, Bardor M, Caron A, Vanier J, Ele Ekouna JP, et al. Brassica rapa hairy root based expression system leads to the production of highly homogenous and reproducible profiles of recombinant human alpha-L-iduronidase. Plant Biotechnol J. 2019;17(2):505-16.
70. Rodriguez-Hernandez M, Triggiani D, Iverson F, Demurtas OC, Illiano E, Marino C, et al. Expression of a Functional Recombinant Human Glycogen Debranching Enzyme (hGDE) in *N. benthamiana* Plants and in Hairy Root Cultures. Protein Pept Lett. 14 de 2019;
71. Woods RR, Geyer BC, Mor TS. Hairy-root organ cultures for the production of human acetylcholinesterase. BMC Biotechnol. 23 de diciembre de 2008;8:95.

72. Carpenter G, Cohen S. Epidermal Growth Factor. *Annu Rev Biochem.* 1979;48(1):193-216.
73. Fernández-Montequín JI, Infante-Cristiá E, Valenzuela-Silva C, Franco-Pérez N, Savigne-Gutierrez W, Artaza-Sanz H, et al. Intralesional injections of Citoprot-P® (recombinant human epidermal growth factor) in advanced diabetic foot ulcers with risk of amputation. *Int Wound J.* 1 de diciembre de 2007;4(4):333-43.
74. Zheng J, Huang XY, Wei X. [The effects of epidermal growth factor on the wound healing of deep partial thickness burn in rats]. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi Zhonghua Shaoshang Zazhi Chin J Burns.* octubre de 2003;19(5):289-92.
75. Liaño F, Teruel JL. Tratamiento de la necrosis tubular aguda. *Rev Clínica Esp.* 1 de marzo de 2001;201(3):145-7.
76. Martínez-carpio PA. El factor de crecimiento epidérmico cuarenta años después de su descubrimiento: de la bioquímica a la clínica. *Endocrinol Nutr.* 2003;50(8):334-44.
77. Schouest JM, Luu TK, Moy RL. Improved texture and appearance of human facial skin after daily topical application of barley produced, synthetic, human-like epidermal growth factor (EGF) serum. *J Drugs Dermatol JDD.* mayo de 2012;11(5):613-20.
78. Gold MH, Goldman MP, Biron J. Efficacy of novel skin cream containing mixture of human growth factors and cytokines for skin rejuvenation. *J Drugs Dermatol JDD.* febrero de 2007;6(2):197-201.
79. Gold MH, Goldman MP, Biron J. Efficacy of novel skin cream containing mixture of human growth factors and cytokines for skin rejuvenation. *J Drugs Dermatol JDD.* febrero de 2007;6(2):197-201.
80. Berlanga-Acosta J, Gavilondo-Cowley J, López-Saura P, González-López T, Castro-Santana MD, López-Mola E, et al. Epidermal growth factor in clinical practice – a review of its biological actions, clinical indications and safety implications. *Int Wound J.* 1 de octubre de 2009;6(5):331-46.
81. Eissazadeh S, Moeini H, Dezfouli MG, Heidary S, Nelofer R, Abdullah MP. Production of recombinant human epidermal growth factor in *Pichia pastoris*. *Braz J Microbiol.* 7 de abril de 2017;48(2):286-93.
82. Faizal A, Razis A, Ismail EN, Hambali Z, Nazrul M, Abdullah H, et al. The Periplasmic Expression of Recombinant Human Epidermal Growth Factor (hEGF) in *Escherichia coli*. 2006 [citado 21 de febrero de 2020]; Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/similar;jsessionid=1F801B3121FE5FC3AA5105FCC7C4C5DE?doi=10.1.1.549.9478&type=ab>
83. Valdés J, Mantilla E, Márquez G, Bonilla RM, Lugo VM, Pérez M, et al. Incremento de la expresión del Factor de Crecimiento Epidérmico en *Saccharomyces cerevisiae* mediante la manipulación de las condiciones de cultivo. *Biotechnol Apl.* marzo de 2009;26(1):34-8.
84. Tong WY, Yao SJ, Zhu ZQ, Yu J. An improved procedure for production of human epidermal growth factor from recombinant *E. coli*. *Appl Microbiol Biotechnol.* diciembre de 2001;57(5-6):674-9.
85. Hanittinan O, Oo Y, Chaotham C, Rattanapisit K, Shanmugaraj B, Phoolcharoen W. Expression optimization, purification and in vitro characterization of human epidermal growth factor produced in *Nicotiana benthamiana*. *Biotechnol Rep Amst Neth.* diciembre de 2020;28:e00524.
86. Morgenfeld MM, Vater CF, Alfano EF, Boccardo NA, Bravo-Almonacid FF. Translocation from the chloroplast stroma into the thylakoid lumen allows expression of recombinant epidermal growth factor in transplastomic tobacco plants. *Transgenic Res.* junio de 2020;29(3):295-305.
87. Wang Y, Fan J, Wei Z, Xing S. Efficient expression of fusion human epidermal growth factor in tobacco chloroplasts. *BMC Biotechnol.* 7 de enero de 2023;23(1):1.
88. He Y, Schmidt MA, Erwin C, Guo J, Sun R, Pendarvis K, et al. Transgenic Soybean Production of Bioactive Human Epidermal Growth Factor (EGF). *PLoS ONE* [Internet]. 17 de junio de 2016 [citado 21 de septiembre de 2019];11(6). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4912142/>
89. Zhi QW, Zhang FY, Chai M, Yu XH, Sun MJ. Success expression of human epidermal growth factor in transgenic tomato. *Chin Pharmacol Bull.* 1 de mayo de 2007;23:692+693-695.
90. Bai JY, Zeng L, Hu YL, Li YF, Lin ZP, Shang SC, et al. Expression and characteristic of synthetic human epidermal growth factor (hEGF) in transgenic tobacco plants. *Biotechnol Lett.* diciembre de



- 2007;29(12):2007-12.
91. Thomas D, Maree A. Improved expression of recombinant plant-made hEGF. *Plant Cell Rep.* 1 de noviembre de 2014;33(11):1801-14.
92. Wu CS, Kuo WT, Chang CY, Kuo JY, Tsai YT, Yu SM, et al. The modified rice α Amy8 promoter confers high-level foreign gene expression in a novel hypoxia-inducible expression system in transgenic rice seedlings. *Plant Mol Biol.* mayo de 2014;85(1-2):147-61.
93. Wirth S, Calamante G, Mentaberry A, Bussmann L, Lattanzi M, Baraño L, et al. Expression of active human epidermal growth factor (hEGF) in tobacco plants by integrative and non-integrative systems. *Mol Breed.* enero de 2004;13(1):23-35.
94. Su Z, Huang Y, Zhou Q, Wu Z, Wu X, Zheng Q, et al. High-level expression and purification of human epidermal growth factor with SUMO fusion in *Escherichia coli*. *Protein Pept Lett.* 2006;13(8):785-92.
95. Ishikawa T, Terai H, Kitajima T. Production of a biologically active epidermal growth factor fusion protein with high collagen affinity. *J Biochem (Tokyo).* abril de 2001;129(4):627-33.
96. Mauro VP. Codon Optimization in the Production of Recombinant Biotherapeutics: Potential Risks and Considerations. *BioDrugs Clin Immunother Biopharm Gene Ther.* febrero de 2018;32(1):69-81.
97. Lagüa-Becher M, Martín V, Kraemer M, Corigliano M, Yacono ML, Goldman A, et al. Effect of codon optimization and subcellular targeting on *Toxoplasma gondii* antigen SAG1 expression in tobacco leaves to use in subcutaneous and oral immunization in mice. *BMC Biotechnol.* 15 de julio de 2010;10:52.
98. Parsons J, Wirth SA, Dominguez M, Bravo Almonacid FF, Giulietti AM, Rodriguez Talou J. Production of human epidermal growth factor (hEGF) by *in vitro* cultures of *Nicotiana tabacum*: effect of tissue differentiation and sodium nitroprusside addition. diciembre de 2010 [citado 4 de noviembre de 2019]; Disponible en: <http://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/15359>
99. Diamos AG, Mason HS. Chimeric 3' flanking regions strongly enhance gene expression in plants. *Plant Biotechnol J.* 2018;16(12):1971-82.
100. Allen GC, Spiker S, Thompson WF. Use of matrix attachment regions (MARs) to minimize transgene silencing. *Plant Mol Biol.* 1 de junio de 2000;43(2):361-76.
101. Moeller L, Gan Q, Wang K. A bacterial signal peptide is functional in plants and directs proteins to the secretory pathway. *J Exp Bot.* 1 de agosto de 2009;60(12):3337-52.
102. Ma Y, Yu J, Lin J, Wu S, Li S, Wang J. BioMed Research International. 2016 [citado 21 de septiembre de 2019]. High Efficient Expression, Purification, and Functional Characterization of Native Human Epidermal Growth Factor in *Escherichia coli*. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2016/3758941/>
103. Esipov RS, Stepanenko VN, Chupova LA, Boyarskikh UA, Filipenko ML, Miroshnikov AI. Production of recombinant human epidermal growth factor using Ssp dnaB mini-intein system. *Protein Expr Purif.* 1 de septiembre de 2008;61(1):1-6.
104. Zhang Y, Zhang K, Wan Y, Zi J, Wang Y, Wang J, et al. A pH-induced, intein-mediated expression and purification of recombinant human epidermal growth factor in *Escherichia coli*. *Biotechnol Prog.* 2015;31(3):758-64.
105. Shams D, Alizadeh M, Azari S, Hosseini S, Yasami-Khiabani S, Samani S, et al. High expression level of human epidermal growth factor (hEGF) using a well-designed fusion protein-tagged construct in *E. coli*. *Bratisl Lek Listy.* 2019;120(10):757-63

Perfil físico y antropométrico de deportistas amateur en el laboratorio de fisiología del SENA: estudio croos-sectional. Physical and anthropometric profile of amateur athletes in the SENA physiology laboratory: croos-sectional study.

Recibido: 11/03/2024 - Aceptado: 06/06/2024 - Publicado 12/09/2024

Autores

Deiber Armando Pinzón Castro*

Responsable de la Gestión Técnica de Servicios Tecnológicos. Médico General. Especialista en Medicina Aplicada a la Actividad Física y el Deporte. Epidemiólogo Clínico.
Medellín- Colombia
dapinzon@sena.edu.co

Daniela Patiño Londoño

Personal Técnico de Servicios Tecnológicos. Fisioterapeuta. Especialista en Rehabilitación cardio Pulmonar.
Medellín- Colombia
dpatinol@sena.edu.co

José Dubán Quimbayo Bonilla

Personal Técnico de Servicios Tecnológicos. Licenciado en Educación Física deportes y Recreación.
Medellín- Colombia
jdquimbayo@sena.edu.co

***Autor de correspondencia**



RESUMEN

Introducción: El control biomédico del entrenamiento es esencial para deportistas y entrenadores, permitiendo seguir de cerca las respuestas individuales y colectivas a las cargas de entrenamiento. El estudio realizado por el Laboratorio de Fisiología del SENA, regional Antioquia, analizó la condición física de deportistas amateur de diversas disciplinas. Se evaluaron características antropométricas y perfiles físicos, lo que proporcionó información valiosa para entender las fortalezas y debilidades de cada deportista y disciplina. La utilización de equipos biomédicos especializados aseguró una base sólida para la investigación y ofreció recomendaciones para mejorar el entrenamiento y el rendimiento. Este estudio contribuyó al conocimiento en fisiología deportiva y benefició la preparación física de los deportistas evaluados.

Objetivo: Describir las características antropométricas y de la condición física de estos deportistas según su disciplina (pruebas de fuerza, potencia, resistencia muscular, composición corporal).

Resultados: La investigación caracterizó a 81 deportistas de diferentes ligas deportivas y equipos de representación del SENA regional Antioquia, con una mayoría de hombres (66) y un menor número de mujeres (15). Los deportistas pertenecían a varias disciplinas, como voleibol, natación, fútbol, fútbol, boxeo y baloncesto. Se analizaron diversas variables antropométricas y de rendimiento, como edad, peso, índice de masa corporal (IMC), porcentaje de grasa corporal (%GC), masa grasa corporal (MGC), masa libre de grasa (MLG), tasa metabólica basal (TMB), entre otras. Se destacó una menor variabilidad en los valores antropométricos de los deportistas masculinos en comparación con las mujeres. Los deportistas de baloncesto mostraron ser los más jóvenes y potentes, mientras que los de natación tenían la mayor edad, con un IMC más alto y los menos potentes.

Conclusión: Estudio ofrece una visión detallada y comparativa de los perfiles antropométricos y fisiológicos de deportistas de diferentes disciplinas, destacando la importancia de considerar las características individuales y específicas de cada deporte al diseñar programas de evaluación y entrenamiento.

Palabras Claves: Condición física, valoración, antropometría, capacidades físicas, tecnologías de la actividad física, entrenamiento deportivo.

ABSTRACT

Introduction: Biomedical control of training is essential for athletes and coaches, allowing individual and collective responses to training loads to be closely monitored. The study carried out by the SENA Physiology Laboratory, regional Antioquia, analyzed the physical condition of amateur athletes from various disciplines. Anthropometric characteristics and physical profiles were evaluated, which provided valuable information to understand the strengths and weaknesses of each athlete and discipline. The use of specialized biomedical equipment ensured a solid foundation for research and offered recommendations to improve training and performance. This study contributed to knowledge in sports physiology and benefited the physical preparation of the athletes evaluated.

Objective: Describe the anthropometric characteristics and physical capabilities of these athletes according to their discipline (strength, power, muscular resistance, body composition tests).

Methods: Quantitative cross-sectional descriptive research. The sample included athletes of both sexes, training at least 2 times a week, without age restriction, who agreed to participate and did not perform strenuous physical activity 48 hours before the tests. Athletes with acute musculoskeletal injuries, recent surgeries or illnesses that affected their performance were excluded. Strict selection criteria were applied and specialized equipment was used, such as InBody to determine body composition and MicroGait to evaluate explosive strength and anaerobic endurance.

Results: The research characterized 81 athletes from different sports leagues and representative teams of the SENA regional Antioquia, with most men (66) and a smaller number of women (15). The athletes belonged to

various disciplines, such as volleyball, swimming, futsal, soccer, boxing, and basketball. Various anthropometric and performance variables were analyzed, such as age, weight, body mass index (BMI), body fat percentage (%BF), body fat mass (BFM), fat-free mass (FFM), basal metabolic rate (TMB), among others. A lower variability was highlighted in the anthropometric values of male athletes compared to women. The basketball athletes were shown to be the youngest and most powerful, while the swimming athletes were the oldest, with a higher BMI and the least powerful.

Conclusion: Study offers a detailed and comparative view of the anthropometric and physiological profiles of athletes from different disciplines, highlighting the importance of considering the individual and specific characteristics of each sport when designing evaluation and training programs.

Keywords: Physical condition, assessment, anthropometry, physical abilities, physical activity technologies, sports training.

INTRODUCCIÓN

El control biomédico del entrenamiento es importante tanto para deportistas como para entrenadores, ya que brinda una herramienta útil de seguimiento de las respuestas individuales y colectivas de los deportistas a las diferentes cargas a las que son sometidos según su periodización. Cada disciplina deportiva tiene unas características físicas y técnicas específicas respecto a las capacidades individuales de los deportistas que la practican, y al evaluar grupos de deportistas por deporte, es posible conocer cuál es la capacidad predominante en cada una de las modalidades deportivas evaluadas, y determinar cuál es el estado físico y técnico de los deportistas que fueron analizados, buscando identificar un perfil biofísico de los deportistas.

En el continuo esfuerzo por comprender y optimizar el rendimiento físico de los deportistas, el Laboratorio de Fisiología del SENA, regional Antioquia, inicio con la valoración de la condición física de deportistas amateur, incluyendo ambos sexos y diferentes modalidades deportivas (baloncesto, voleibol, natación, fútbol, boxeo), buscando realizar un análisis descriptivo de los resultados obtenidos en estas evaluaciones que incluyeron antropometría y los perfiles físicos de los deportistas pertenecientes a las disciplinas tenidas en cuenta, este enfoque permitió no solo identificar fortalezas o deficiencias individuales, sino también comprender el estado grupal de estas disciplinas.

La elección de las dimensiones a evaluar, como la fuerza, resistencia, composición corporal, se basó en la comprensión de que el rendimiento deportivo no es unidimensional, sino un conjunto complejo de habilidades y características físicas que interactúan entre sí de manera dinámica y además de la disponibilidad de equipos biomédicos en el laboratorio de fisiología. La utilización de equipos biomédicos especializados en la valoración física de estos deportistas garantiza una base sólida para la investigación cuantitativa y, al mismo tiempo, ofrece información valiosa que puede traducirse en recomendaciones concretas para el entrenamiento y la mejora en el rendimiento deportivo. Este estudio contribuyó al conocimiento científico y académico en el campo de la fisiología deportiva, e impacto positivo en la preparación física de estos deportistas. El objetivo principal de este estudio fue llevar a cabo una descripción de las características antropométricas y de las capacidades físicas de estos deportistas según su disciplina (pruebas de fuerza, potencia, resistencia muscular, composición corporal)(1-4).

MARCO TEÓRICO

El entrenamiento deportivo (ED) es un proceso planificado y sistemático del entrenamiento de un deportista que busca mejorar sus capacidades físicas y mentales, con el fin de optimizar su rendimiento físico, psicológico, técnico y táctico, comúnmente se usan principios científicos y metodologías validadas para



desarrollar estas capacidades, y de esta manera alcanzar los objetivos propuestos por el deportista y su grupo de entrenadores; logrando adaptaciones morfo-fisiológicas encaminadas a mejorar el rendimiento deportivo(1-5).

El ED tiene gran relevancia en los deportistas que buscan mejorar su rendimiento y su salud física, mediante la mejora de sus capacidades físicas condicionantes (fuerza, resistencia aeróbica, velocidad, flexibilidad) y no condicionantes (coordinación, equilibrio, orientación, reacción, agilidad)(1-3, 5, 6). Un programa de entrenamiento adecuado a las necesidades individuales del deportista logra optimizar diferentes características físicas, mejora a nivel muscular las características histológicas de la sarcómera y contribuye a que mejoren habilidades motrices como el equilibrio y la propiocepción, logrando una mayor estabilidad articular y corrigiendo desequilibrios musculares preexistentes, con lo anterior se impacta positivamente el riesgo de lesiones deportivas(7, 8). Diferentes disciplinas deportivas presentan características intermitentes respecto a la intensidad de la ejecución de algunos gestos técnicos (sprint, saltos, cambios de dirección, pateo...), muchas de estas acciones tienen un carácter repetitivo, donde la capacidad de utilizar una vía metabólica para la producción de energía, se ve influenciada por la interacción entre vías oxidativas y no oxidativas, procurando mantener un equilibrio energético que garantice el mantenimiento del rendimiento deportivo en competencia. Esto hace referencia a pausas formales que se presentan entre las diferentes jugadas del deporte, también llamadas "fases de ejercicio de baja intensidad" o "pausas no planificadas", los deportes intermitentes implican patrones irregulares de movimiento, donde los deportistas reaccionan a estímulos externos produciendo cambios de velocidad y dirección. Por lo anterior es importante conocer en los deportistas que practican deportes con estas características de intermitencia sus características físicas como la potencia, resistencia a la fuerza, capacidad de salto, tanto grupal como individualmente para idebtificar el rol del deportista y su perfil en competencia(1, 3, 4). Ahora bien, el ED con una adecuada periodización logra una mejoría en la salud mental de los deportistas, principalmente sobre estrés,

ansiedad y depresión, explicado por mecanismos neurobiológicos que producen cambios conductuales, mediante mejoras en las habilidades de autorregulación y autoeficacia. El entrenamiento mejora los sistemas neurobiológicos que intervienen en el aprendizaje adaptativo, así como también los procesos de control afectivo y cognitivo, lo que resulta en mejoras sinérgicas en la regulación de las respuestas cognitivas y afectivas (2, 3, 9, 10).

Las capacidades físicas en el ED son los componentes básicos que determinan la condición física de un deportista y por tanto son esenciales para obtener resultados positivos en su disciplina de interés, por ello para mejorar su rendimiento, el deportista debe enfatizar en el entrenamiento de estas capacidades. Las capacidades físicas básicas o condicionantes son: Resistencia, Fuerza, velocidad y movilidad. Las capacidades físicas no condicionantes son coordinación, equilibrio, agilidad y reacción(2, 3, 10). La importancia de la planificación en el ED radica en su capacidad de prever unos resultados y organizar de manera sistemática y estructurada unas acciones y recursos disponibles para dar respuesta a unas necesidades y objetivos reales, de un deportista o grupo de ellos, mediante el uso del conocimiento de la anatomía y fisiología para desarrollar sesiones de entrenamiento que incluyan aspectos tácticos, físicos y psicológicos del juego, según el calendario de competencias programado(3). Existen múltiples teorías del entrenamiento deportivo, donde se divide el entrenamiento en fases (preparatoria, competitiva y transitoria), cada una con objetivos específicos, basados en el concepto de adaptación mediante el cual se busca alcanzar la forma deportiva gracias al desarrollo de las capacidades físicas, la conservación y la pérdida (3, 4, 11). La planificación se fundamenta en la progresión constante de la carga, evitando el sobreentrenamiento, ya que las principales lesiones en los deportistas son debidas a la sobrecarga. Se resalta la importancia de ajustar el volumen y la intensidad de la carga de acuerdo con las capacidades individuales de los deportistas, manteniendo un equilibrio entre ambos para garantizar un progreso estable y evitar agotamientos excesivos (2, 3, 10, 12).

El ED genera diferentes adaptaciones en el cuerpo



humano que dependen del tipo de entrenamiento que esté llevando a cabo el deportista y la capacidad física que quiera potenciar(3, 4, 10, 13). El entrenamiento de la capacidad aeróbica provoca diferentes adaptaciones en el musculo, el metabolismo y en el sistema cardiopulmonar, con el fin de mejorar la capacidad de utilizar el oxígeno para la producción energética, logrando mejorar el tiempo que un deportista puede mantener un tipo de ejercicio, lo cual tendría un impacto positivo en su rendimiento(3, 10, 14, 15). También se debe tener claridad respecto a que este tipo de respuestas están altamente mediadas por el genotipo del deportista. En el musculo estriado, el entrenamiento aeróbico produce aumento del número de capilares por fibra muscular, además aumenta el número y tamaño de las mitocondrias, lo que tiene como fin mejorar el flujo sanguíneo a las células musculares y aumentar la superficie de intercambio de oxígeno, el aumento en el número de mitocondrias favorece el metabolismo energético celular mejorando la función del musculo, esto quiere decir que mejora la capacidad oxidativa de la célula y su habilidad para extraer y utilizar oxígeno(3, 10, 15). También se presentan adaptaciones en el sistema cardiovascular como son el aumento del plasma, lo que conlleva una hemodilución relativa y disminución en los niveles de hemoglobina, por este efecto aumenta el volumen sanguíneo total. En la función de corazón se encuentra aumento del volumen telediastólico, aumento del tamaño del ventrículo izquierdo, lo que produce una mejoría en la fracción de eyección del ventrículo izquierdo durante el ejercicio, la frecuencia cardíaca en reposo disminuye por un aumento de la actividad parasimpática y una reducción de la actividad simpática, también se encuentra disminución de la presión arterial sistólica y diastólica (3, 16, 17).

METODOLOGÍA

Se realizó una investigación de tipo descriptivo transversal cuantitativa (Cross-sectional), la población tenida en cuenta para este estudio fue los deportistas de clubes deportivos de los municipios que conforman el valle de aburra y sus municipios cercanos, durante el año 2023. La muestra fue a conveniencia y correspondió, a aquellos deportistas o clubes

deportivos que dieron respuesta a invitación directa para participar en las evaluaciones antropométricas y de la condición física de los deportistas, logrando evaluar 81 deportistas participantes de diferentes disciplinas deportivas (baloncesto, voleibol, natación, futbol, boxeo). Se incluyeron deportistas de ambos sexos que se encontraran entrenando mínimo 2 veces por semana, en un club deportivo o de manera independiente y que llevaran un proceso desde el inicio del 2023, que aceptaran participar en el estudio al firmar el consentimiento informado, sin restricción de edad. Se solicitó a los participantes no realizar actividad física extenuante en las 48 horas previas a las pruebas para garantizar resultados más precisos. Se excluyeron deportistas con lesiones agudas osteomusculares y cirugías en el último mes que le afectaran su rendimiento o sus entrenamientos, enfermedades que afectaran el rendimiento o pusieran en riesgo el deportista al realizar el protocolo de evaluación. El control de sesgos se llevó a cabo mediante la aplicación de forma estricta de los criterios de selección que se definieron para ingresar al estudio, se utilizaron instrumentos validados y calibrados, se capacito y estandarizo a los evaluadores en el manejo de los equipos biomédicos y en la aplicación de las pruebas, se realizó la descripción de la información obtenida teniendo en cuenta variables confusoras como el sexo y el tipo de disciplina deportiva. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el software estadístico IBM SPSS versión 25, donde se evaluaron las diferentes variables del perfil antropométrico y biomédico y fueron reportadas como medias y desviaciones estándar, teniendo en cuenta sexo y disciplina deportiva analizada. Esta investigación se realizó según las disposiciones que la República de Colombia tiene para la investigación en seres humanos, las cuales se encuentran en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud. Además, se tuvo en cuenta las consideraciones de la Declaración de Helsinki, la cual fue actualizada en 2013 en Fortaleza (Brasil) (Helsinki). El formato de Consentimiento Informado fue firmado por cada uno de los participantes o en su defecto por su representante legal.

Equipos especializados utilizados

InBody usado para determinar composición corporal:



dispositivo de análisis de composición corporal mediante impedancia bioeléctrica, reporta masa muscular (Kg), masa grasa (Kg), masa magra (Kg), peso (kg), Índice de Masa Corporal (IMC) (Kg/m²), Tasa Metabólica Basal (TMB)(Kcal). La evaluación fue llevada a cabo en las horas de la mañana, se dieron las siguientes recomendaciones a los participantes: 4 horas de ayuno, no haber realizado actividad física intensa 12 horas antes de la evaluación, no tener objetos metálicos durante la evaluación, el InBody es un equipo de bioimpedancia de cuatro puntos, se verifico un contacto adecuado de la persona con cada sensor de medición y se mantuvo una postura erguida durante la misma, manteniendo los brazos separados del tronco, los hombres se evaluaron en pantaloneta y las mujeres en pantaloneta y top; esta medición tiene una duración de 20 segundos, que es el tiempo que requiere el equipo para cuantificar la composición corporal y entregar el resultado. MicroGait: un dispositivo especializado, que cuenta con sensores de movimiento y cámaras, se utilizó para medir la fuerza explosiva y la resistencia anaeróbica de los deportistas. Esta prueba implicó movimientos rápidos y potentes para evaluar la capacidad de generar fuerza en cortos periodos de tiempo, se realizaron saltos libres, consecutivos durante 30 segundos, el equipo cuantifico número de saltos, altura de cada salto y tiempos de contacto, con lo cual proporciono la potencia específica de miembros inferiores de cada deportista. Torso Check: un dinamómetro de tronco que cuantifica fuerza isométrica de flexores anteriores y laterales, extensores y rotadores, el protocolo consiste en realizar fuerza máxima durante 10 segundos, contra los sensores inerciales del equipo para que él pueda calcular la fuerza aplicada.

RESULTADOS

Se efectuó la caracterización en 81 deportistas, pertenecientes a diferentes ligas deportivas y a los equipos de representación del SENA regional Antioquia a nivel nacional, 66 hombres Y 15 mujeres, distribuidos de la siguiente manera según el deporte al que pertenecían: VOLEIBOL: 19; NATACIÓN: 14; FUTSAL: 1; FUTBOL: 23; BOXEO: 2; BALONCESTO: 22; En la tabla 1. Se muestra la caracterización demográfica y deportiva

de los evaluados, estos resultados muestran que la edad promedio del total de los deportistas fue de 25,4 con desviación estándar (DE) (12,5) años, el 18,5% de los deportistas evaluados fueron mujeres, los deportistas presentaron un peso promedio de 67,7 Kg con DE 9,4 Kg, una talla promedio de 1,71 m con DE 0,09 m, el índice de masa corporal promedio de todos los deportistas evaluados fue 22,9 m/Kg con DE 2,7 m/kg, el porcentaje de grasa de los deportistas fue 18,4% con DE 8,5%; la cantidad promedio de proteínas fue de 19,9 Kg con DE 1,7 Kg , la masa grasa corporal fue de 13,4 Kg con DE 8,7 Kg; el nivel de grasa visceral promedio fue de 4; la masa libre de grasa fue de 55 Kg en promedio en el total d ellos deportistas con DE 9,2 Kg; la tasa metabólica basal promedio fue de 1557,6 con DE 195,7; el promedio de la masa musculoesquelética fue de 31 Kg con DE 5,5 Kg; en las pruebas de saltabilidad se encontró en promedio una altura de salto 30,2 cm con DE 8,4 cm, la energía total promedio de los deportistas fue 2425,4 J con DE 744,5 J; la energía específica del salto en los deportistas fue de 35,7 J/kg con DE 9,7 J/kg; la potencia específica de salto fue de 20,4 W/Kg con DE 5,4 W/Kg; la potencia total de los saltos en promedio de los deportistas fue de 1394,5 W con DE 464,9 W. No se calculó promedio de los resultados de la dinamometría de tronco debido a que en algunos de los días de las evaluaciones el equipo TORSO CHECK utilizado para la evaluación sufrió desperfectos y no pudieron ser evaluados 25 deportistas, lo que genera gran impacto en los resultados de esta evaluación. Se procederá más adelante a comentar los resultados individuales según cada disciplina deportiva.

Los resultados de los promedios de cada variable antropométrica, diferenciados por genero aparecen en la tabla 2. Donde podemos resaltar una menor variabilidad de los valores en los deportistas masculinos, además se observa que los hombres son en promedio 6,5 años menores que las mujeres evaluadas; los hombres en promedio presentaron mayor peso, talla y su correspondiente IMC, una mayor cantidad de agua corporal, respecto a la composición corporal, también se evidencia un menor porcentaje de grasa corporal en los hombres (15,7%), menos proteínas totales y menor masa grasa corporal.

Tabla 1. Caracterización demográfica y deportiva.

Variable	X ± DE
Edad (años)	25,4 (12,5)
Genero	(M = 66), (F = 15)
Peso (Kg)	67,5 (9,4)
Talla (m)	1,71 (0,09)
IMC (m/Kg ²)	22,9 (2,7)
%GC	18,4 (8,5)
PROTEINAS (Kg)	10,9 (1,7)
MASA GRASA CORPORAL (Kg)	13,4 (8,7)
NIVEL DE GRASA VICERAL	4 (3)
MASA LIBRE DE GRASA (Kg)	55 (9,2)
TASA METABOLICA BASAL (Kcal)	1557,6 (195,7)
MASA MUSCULOESQUELETICA (Kg)	31 (5,5)
ALTURA DE SALTO (cm)	30,2 (8,4)
ENERGIA TOTAL (J)	2425,4 (744,5)
ENERGIA ESPECIFICA (J/Kg)	35,7 (9,7)
POTENCIA ESPECIFICA (W/Kg)	20,4 (5,4)
POTENCIA TOTAL (w)	1394,5 (464,9)

Fuente: Elaboración propia.

Luego de este análisis se procedió a realizar los análisis por disciplina deportiva donde se muestran los resultados encontrados en la Tabla 3. Encontrando menor edad en los deportistas de baloncesto con una media de 19,2 años, mayor edad en los deportistas de natación con una media de 50,1 años; los deportistas de baloncesto, boxeo, fútbol y voleibol presentaron un IMC normal manteniendo sus valores entre 22 y 23,1, solo los deportistas de natación presentaron un IMC alto, asociado a un % GC elevado. Los niveles de AC se encontraron normales para las cinco disciplinas deportivas, ya que sus valores de referencia se encuentran entre 36 L y 44,2 L.

Tabla 2. Caracterización demográfica y deportiva por género (Valores reportados en medias).

VARIABLES	EDAD		PESO		TALLA		IMC		AC		%GC		PROTEINAS		MGC		MLG		TMB		TMB	
Género	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
Valores	30,8	24,3	58,7	69,8	1,57	1,75	23,7	22,7	29	43	31	15,5	7,9	7	19	12,1	40	58,3	1245	1630	1245	1630

Edad (años); Peso (Kg); Talla (m); IMC: Índice de masa corporal; AC: Agua Corporal (Litros); %GC: Porcentaje de grasa corporal; (Kg);MLG: Masa libre de grasa (Kg);TMB: Tasa metabólica basal (Kcal); Masa musculoesquelética (Kg).

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de proteínas fueron normales para las cinco disciplinas deportivas tomando como referencia los valores entre 9 Kg y 12 Kg reportados por el equipo (IMBODY). Las MGC se encontró cerca al límite superior permitido por el equipo de bioimpedancia el cual es de 15 Kg. Se encontró menor TMB en los deportistas de natación, lo que a su vez correspondió con una menor MM.

Tabla 3. Caracterización antropométrica por deporte.

VARIABLES	EDAD	PESO	TALLA	IMC	AC	%GC	PROTEINAS	MGC	MLG	TMB	TMB
Baloncesto	19,2	71,4	1,79	22	44,3	13,5	12,1	13	60,9	1674	34,5
Boxeo	26	65,7	1,69	23	43,1	10,9	11,5	7,2	58,4	1637	33,5
Fútbol	21,5	63,7	1,69	22,1	38,7	17,8	10,4	11,4	52,8	1510	29,7
Natación	50,1	67,5	1,63	25,1	37	25,7	8,2	17	50,5	1461	27,4
Voleibol	19,6	68,5	1,76	23,1	39,4	20,3	10,7	14,2	53,4	1544	30,9

Edad (años); Peso (Kg); Talla (m); IMC: Índice de Masa Corporal; AC: Agua Corporal (Litros); %GC: Porcentaje de Grasa Corporal; MGC: Masa Grasa Corporal (Kg); MLG: Masa Libre de Grasa (Kg); TMB: Tasa Metabólica Basal (Kcal); Masa Musculoesquelética (Kg).

Fuente: Elaboración propia.



Los resultados encontrados al evaluar la potencia de estos deportistas están reportados en la tabla 4. Donde se observa que los deportistas más potentes evaluados en este estudio corresponden a baloncesto con una altura promedio de salto vertical de 35,5 cm, una potencia total promedio de 1737 vatios (w) y una potencia específica de 24,1 vatios por kilogramo (w/kg).

Tabla 4. Rendimiento deportivo.

VARIABLE	ALTURA DEL SALTO	POTENCIA TOTAL	POTENCIA ESPECIFICA
Baloncesto	35,5	1737	24,1
Boxeo	27,4	1328	20,1
Fútbol	32	1359	21,1
Natación	20,6	1033	14,8
Voleibol	28,5	1339	19,5

Fuente: Elaboración propia.

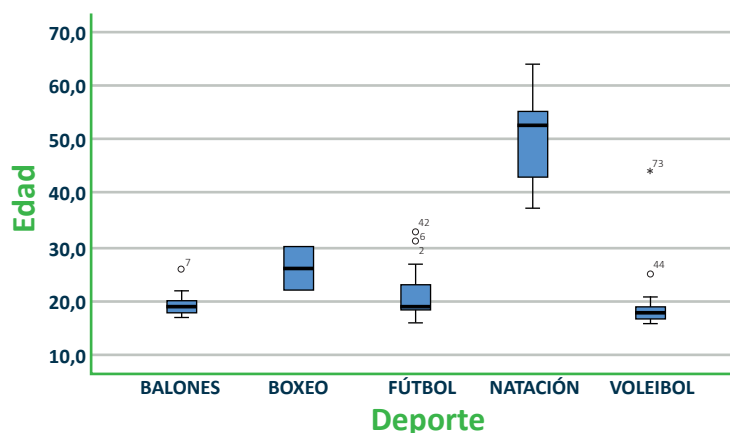
Aun cuando en el protocolo inicial de evaluación de los deportistas se incluyó el equipo TORSO CHECK, el cual es un dinamómetro de tronco, no se pudo realizar evaluación a los deportistas debido a daños técnicos en el funcionamiento del equipo, por lo cual no se reportan resultados con este.

DISCUSIÓN

Se encontró según los resultados de este estudio que los 81 deportistas evaluados presentaron un peso, una talla y un IMC, con diferencias según su disciplinas deportivas específicas, es de resaltar que los deportistas de mayor edad incluidos en este estudio fueron los pertenecientes a natación y en ellos se presentaron hallazgos como mayor porcentaje de grasa corporal, menor cantidad de masa muscular, incluso en las pruebas físicas de potencia, fueron los deportistas menos potentes de la muestra evaluada, lo anterior posiblemente explicado por variables como edad, nivel de condición física al momento de la evaluación y numero de sesiones de entrenamiento semana, ya que el volumen de entrenamiento y las cargas aplicadas al mismo pueden tener una implicación directa en los resultados encontrados(18, 19). También estos resultados pueden estar influenciados por el peso del

deportistas ya que se incluyeron deportistas con sobrepeso identificados tanto por el IMC como por su % GC que en mujeres debe ser menor a 25%(19, 20). Sin embargo, es bien sabido que en deportistas el IMC no es un adecuado marcado de sobrepeso u obesidad, debido a que ellos presentan masa muscular aumentada que puede generar confusión al evaluar este índice(20, 21). Se encontró 11 deportistas con sobrepeso por IMC, de los cuales 8 correspondían a natación. Se encontró diferencias significativas respecto a la edad de los deportistas de natación comparados con los otros deportes, grafica 1. Al comparar estos resultados con los obtenidos en estudios previos como los reportados por Bonilla (22), notamos como los %GC van desde 11,1 hasta 25,2, siendo superiores en mujeres. Se considera sobrepeso basados en %GP en mujeres valores superiores a 25% y en hombres valores superiores a 20%, se considera obesidad valores en mujeres superiores a 30% y en hombres superiores a 25%(6, 14, 21).

Grafica 1. Edad según disciplina deportiva.

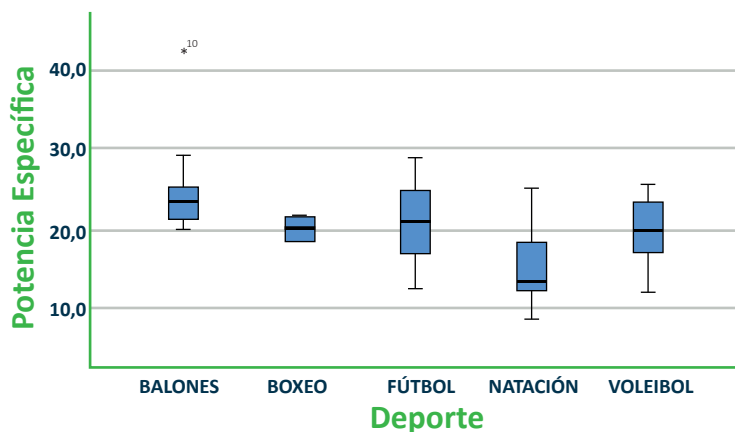


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de potencia de miembros inferiores (Grafica 2), muestran una mayor potencia en deportes que incluyen gestos repetitivos de soldabilidad y Sprint; y son las disciplinas deportivas que mostraron mayores resultados en este aspecto como son el futbol, baloncesto y voleibol. Estas diferencias pueden estar explicadas las características propias del deporte y el tipo de entrenamiento usado para mejorar estas capacidades lo que mejora el desarrollo de la masa muscular en miembros inferiores; mientras que, los atletas de natación trabajan fuerza explosiva y otros

grupos musculares que puede potenciar un desarrollo muscular más generalizado, según nuestros resultados los deportistas de baloncesto fueron los que tuvieron el mayor valor de salto vertical y una mayor potencia específica, los que menor salto y potencia específica presentaron fueron los deportistas de natación(11, 23, 24). Estos resultados se compararon con los reportados por Valenzuela (25), quien encontró valores de potencia pico en deportistas de elite según diferentes disciplinas deportivas de la siguiente manera: deportes de combate, mujeres 17,8–19,6 (W/Kg); hombres 22,1–25,6, lo cual contrasta con los deportistas evaluados en boxeo 20,1 (W/Kg) en promedio. Deportes de resistencia: mujeres 14,49–17,52 (W/Kg); hombres 17,0–20,2 (W/Kg), lo cual contrasta con los deportistas evaluados de baloncesto, fútbol, natación y voleibol donde encontramos potencias que entre 14,8 y 24,1 (W/Kg). Lo cual nos muestra que los deportistas evaluados, presentaron valores acordes con lo reportado en la bibliografía y que están siguiendo adecuados procesos de preparación y acondicionamiento físico (25).

Grafica 2. Potencia específica según deporte.



Fuente: Elaboración propia.

El rendimiento en este tipo de disciplinas deportivas depende de múltiples factores fisiológicos, biomecánicos, psicológicos y como interactúan cada uno de ellos en el deportista, no se debe pensar que una variable específica es la responsable del rendimiento del deportista, por lo enunciado anteriormente estas disciplinas deportivas requieren entrenamientos que produzcan mejoría en composición corporal, capacidades físicas, capacidad

de concentración, respuestas y manejo del estrés, habilidades motrices(11, 23, 24).

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que el perfil antropométrico de los deportistas es muy variado, pero que en general tiene adecuados %MM y %MG. Se observó mucha heterogeneidad en la muestra evaluada y ello puede explicar parcialmente los resultados, lo anterior debido al tipo de muestreo realizado (conveniencia) para la ejecución del proyecto de investigación. Los deportistas de baloncesto muestran la mayor potencia y altura de salto, mientras que los de natación muestran valores más bajos en estas variables, lo que está acorde a lo reportado en los estudios consultados, posiblemente influenciados por las características individuales de los deportistas y el tipo de entrenamiento específico de cada deporte. Se resalta que no es una muestra significativa de cada disciplina deportiva la que se tuvo en cuenta para el desarrollo de este proyecto, para próximas investigaciones, se debe procurar realizar un muestreo aleatorio de los deportistas a incluir. Es fundamental considerar la composición corporal para poder individualizar al deportista, se resalta la importancia de programas de entrenamiento integrales que aborden todos estos los aspectos clave del deportista para mejorar su rendimiento deportivo de manera efectiva y segura.

REFERENCIAS

1. Vigh-Larsen JF, Junge N, Cialdella-Kam L, Tomas R, Young L, Krstrup P, et al. Testing in Intermittent Sports-Importance for Training and Performance Optimization in Adult Athletes. *Medicine and science in sports and exercise*. 2024;56(8):1505-37.
2. Haugen T, Seiler S, Sandbakk O, Tonnessen E. The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration of Scientific and Best Practice Literature. *Sports medicine - open*. 2019;5(1):44.
3. Kasper K. Sports Training Principles. *Current sports medicine reports*. 2019;18(4):95-6.



4. Impellizzeri FM, Jeffries AC, Weisman A, Coutts AJ, McCall A, McLaren SJ, et al. The 'training load' construct: Why it is appropriate and scientific. *Journal of science and medicine in sport*. 2022;25(5):445-8.
5. Oliveira R, Brito JP. Updating Exercise Testing Strategies and Exercise Prescription Protocols. *Healthcare*. 2024;12(9).
6. Slimani M, Nikolaidis PT. Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level, playing position and age group: a systematic review. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2019;59(1):141-63.
7. Tooth C, Gofflot A, Schwartz C, Croisier JL, Beudart C, Bruyere O, et al. Risk Factors of Overuse Shoulder Injuries in Overhead Athletes: A Systematic Review. *Sports health*. 2020;12(5):478-87.
8. Emery CA, Pasanen K. Current trends in sport injury prevention. Best practice & research *Clinical rheumatology*. 2019;33(1):3-15.
9. Smith PJ, Merwin RM. The Role of Exercise in Management of Mental Health Disorders: An Integrative Review. *Annual review of medicine*. 2021;72:45-62.
10. Woods CT, McKeown I, Shuttleworth RJ, Davids K, Robertson S. Training programme designs in professional team sport: An ecological dynamics exemplar. *Human movement science*. 2019;66:318-26.
11. Beattie K, Kenny IC, Lyons M, Carson BP. The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports medicine*. 2014;44(6):845-65.
12. Cunanan AJ, DeWeese BH, Wagle JP, Carroll KM, Sausaman R, Hornsby WG, 3rd, et al. The General Adaptation Syndrome: A Foundation for the Concept of Periodization. *Sports medicine*. 2018;48(4):787-97.
13. MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of physiology*. 2017;595(9):2915-30.
14. Mezghani N, Ammar A, Boukhris O, Abid R, Hadadi A, Alzahrani TM, et al. The Impact of Exercise Training Intensity on Physiological Adaptations and Insulin Resistance in Women with Abdominal Obesity. *Healthcare*. 2022;10(12).
15. Egan B, Sharples AP. Molecular responses to acute exercise and their relevance for adaptations in skeletal muscle to exercise training. *Physiological reviews*. 2023;103(3):2057-170.
16. Atakan MM, Li Y, Kosar SN, Turnagol HH, Yan X. Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(13).
17. Mang ZA, Ducharme JB, Mermier C, Kravitz L, de Castro Magalhaes F, Amorim F. Aerobic Adaptations to Resistance Training: The Role of Time under Tension. *International journal of sports medicine*. 2022;43(10):829-39.
18. Wirth K, Keiner M, Fuhrmann S, Nimmerichter A, Haff GG. Strength Training in Swimming. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(9).
19. van Baak MA, Pramono A, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, Busetto L, et al. Effect of different types of regular exercise on physical fitness in adults with overweight or obesity: Systematic review and meta-analyses. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2021;22 Suppl 4(Suppl 4):e13239.
20. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients*. 2021;13(5).
21. Reale R, Burke LM, Cox GR, Slater G. Body composition of elite Olympic combat sport athletes. *European journal of sport science*. 2020;20(2):147-56.
22. Bonilla DA, De Leon LG, Alexander-Cortez P, Odriozola-Martinez A, Herrera-Amante CA, Vargas-Molina S, et al. Simple anthropometry-based calculations to monitor body composition in athletes: Scoping review and reference values. *Nutrition and health*. 2022;28(1):95-109.
23. Hostrup M, Bangsbo J. Performance Adaptations to Intensified Training in Top-Level Football. *Sports medicine*. 2023;53(3):577-94.
24. Mann JB, Bird M, Signorile JF, Brechue WF, Mayhew JL. Prediction of Anaerobic Power From Standing

- Long Jump in NCAA Division IA Football Players. Journal of strength and conditioning research. 2021;35(6):1542-6.
25. Valenzuela PL, McGuigan M, Sanchez-Martinez G, Torrontegi E, Vazquez-Carrion J, Montalvo Z, et al. Reference power values for the jump squat exercise in elite athletes: A multicenter study. Journal of sports sciences. 2020;38(19):2273-8.

Variables trazadoras que afectan la aptitud ocupacional para trabajo en alturas.

Tracer variables affecting occupational aptitude for work at heights.

Recibido: 10/11/2023 - Aceptado: 12/09/2024 - Publicado: 01/10/2024

Autores

Leydy Cerinza*

Médico Cirujano. Especialista en Salud Ocupacional. Responsable de la Gestión Técnica de Servicios Tecnológicos. SENA- Centro Industrial y de Aviación. Regional Atlántico.

Barranquilla- Colombia
ldcerinza@sena.edu.co

Jine Echeverría

Fonoaudióloga. Especialista en Salud Ocupacional. Magister en Educación. Responsable de la Gestión Técnica de Servicios Tecnológicos. SENA- Centro Industrial y de Aviación. Regional Atlántico.

Barranquilla- Colombia
jecheverriac@sena.edu.co

Heydy González

Ingeniera industrial. Especialista en Gestión de la Calidad. Responsable de Laboratorio Servicios Tecnológicos. SENA- Centro Industrial y de Aviación. Regional Atlántico.

Barranquilla- Colombia
hegonzalezg@sena.edu.co

***Autor de correspondencia**

RESUMEN

Introducción: El presente estudio, como aporte a las seguridad y salud en el trabajo sentará las bases para en futuras investigaciones generar un modelo predictivo que sustente acciones tempranas capaces de modificar positivamente la relación salud/enfermedad.

Objetivo: El objetivo de la investigación fue describir las variables trazadoras que afectan la aptitud ocupacional para trabajo en alturas, en el Laboratorio de Seguridad y Salud en el trabajo del Centro Industrial y de Aviación del SENA Regional Atlántico, en el periodo comprendido de enero a diciembre de 2022.

Metodología: documental descriptiva y retrospectiva; que tuvo como insumo 1283 historias clínicas de usuarios aprendices a quienes se les aplicó el protocolo de evaluación médica para trabajo en alturas, y de esta muestra 216 fueron remitidas a las entidades promotoras de salud (EPS).

Resultados y conclusiones: se encontró como variables que impactan la aptitud para trabajar en alturas, las de origen cardiovascular, visual, psiquiátricas y psicológicas, donde un 43,52% logró obtener el certificado con concepto de apto con recomendaciones, y 56,48 % no pudo modificar las condiciones que originaron la remisión y por tanto no alcanzaron la certificación médica para desarrollar el énfasis.

Palabras Claves: Condiciones de salud, capacidad, acompañamiento médico, cambio, aprendices.

ABSTRACT

Introduction: The present study, as a contribution to occupational safety and health will lay the foundations for future research to generate a predictive model that supports early actions capable of positively modifying the health/illness relationship.

Objective: The objective of the research was to describe the tracer variables that affect the occupational aptitude for work at heights, in the Safety and Health at Work Laboratory of the Industrial and Aviation Center of the SENA Regional Atlántico, in the period from January to December 2022.

Methodology: Descriptive and retrospective documentary, which had as input 1283 clinical histories of apprentice users to whom the medical evaluation protocol for work at heights was applied, and from this sample 216 were sent to the health promoting entities (EPS).

Results and conclusions: Cardiovascular, visual, psychiatric, and psychological variables were found to have an impact on aptitude to work at heights, where 43.52% were able to obtain a certificate of aptitude with recommendations, and 56.48% could not modify the conditions that originated the referral and therefore did not achieve the medical certification to develop the emphasis.

Keywords: Health conditions, capacity, medical support, change, trainees.

INTRODUCCIÓN

El análisis de criticidad del trabajo en altura y su relación para determinar la aptitud médica y desarrollarlas, ha generado un aumento en la incertidumbre de los gobiernos en busca de la generación de estrategias predictivas que permitan controlar los riesgos, incluyendo las enfermedades y condiciones trazadoras que definen el binomio salud/enfermedad. Vega Ruíz (1), relacionan dentro de su quehacer investigativo, lo formulado por La Organización Internacional del Trabajo (OIT) donde se menciona que cada día mueren personas a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo – más de 2,78 millones de muertes por año.

Además, anualmente ocurren unos 374 millones de lesiones no mortales, que resultan en más de 4 días de absentismo laboral. Así mismo, se estima que una de las actividades laborales que genera mayor número de decesos es la que se desarrolla en alturas. En Colombia, es amplio el sustento jurídico y legal que soporta las acciones de prevención de accidentes y muertes laborales en contextos de altura, y son estos los que han permitido entonces, a las instituciones prestadoras de servicios de salud IPS desarrollar diferentes guías para la evaluación de las condiciones médicas que determinan la aptitud para desarrollar actividades en alturas.

Pérez & Figueroa (2), analizaron los criterios de aptitud laboral en Colombia para desempeñar trabajo seguro en altura a través de una revisión sistemática de la literatura reciente; concluyeron que a pesar de la existencia de sustentos de ley se tienen grandes vacíos técnicos respecto al tema de trabajo de alturas, especialmente en lo relacionado con la medicina del trabajo, debido a que el estado ha presentado muchas falencias a la hora de definir pautas o guías claras para conceptuar sobre la aptitud laboral, así como las respectivas recomendaciones. De ahí que sugieran el definir e implementar criterios sistematizados al momento de realizar las evaluaciones médicas ocupacionales para trabajadores en altura, con el fin de generar conceptos de aptitud objetivos.

Por su parte, Núñez y Garzón (3), desarrollaron un

ejercicio investigativo de tipo descriptivo y corte transversal con intensión analítica y fuente primaria de información, cuyo objetivo fue determinar los criterios que se asocian y explican, la no aptitud para laborar en alturas, en trabajadores de la construcción atendidos en un centro de medicina laboral de la ciudad de Medellín. Su principal conclusión fue que los criterios que se asocian y explican la no aptitud para laborar en alturas podrían ser revertidos con acciones de salud pública que tendrían un impacto positivo en la vida y la salud de esta población trabajadora.

En el plano académico y formativo, Pereira y Arboleda (4), desarrollaron una guía de evaluación del trabajador postulante para trabajo en alturas en el contexto de la formación en la Universidad CES, que les permitió concluir que se tienen grandes vacíos técnicos respecto al tema de trabajo de alturas, mucho más marcados con relación a la medicina del trabajo, ya que tanto la norma como la academia han sido tímidos a la hora de definir pautas o guías para conceptuar sobre la aptitud y recomendaciones, lo cual ha llevado que cada empresa, cada ARL o cada IPS de este sector posea sus propios criterios, protocolos o guías diluyendo aún más la estandarización en este tema.

En Colombia, el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA es un referente de la formación para el trabajo de miles de personas que buscan cualificarse a través del acceso a programas técnicos, tecnológicos y complementarios que aportan al desarrollo económico, científico y social del país. Al estar adscrita al Ministerio del Trabajo, la institución forma a sus aprendices con el propósito de aumentar la capacidad de progreso de las regiones, apoyados en la política nacional de más empleo y menos pobreza. Esto sustenta entonces la diversidad de programas de formación que oferta el establecimiento en concordancia con la ley 119 de 1994 (5). A propósito de esto, la resolución 4272 de 2021 (6), acota:

“Los aprendices de las instituciones de educación y el SENA deberán ser capacitados y certificados en trabajo en alturas por la misma institución, cuando cursen programas cuya práctica implique riesgo de caída en alturas. Así mismo, serán certificados simultáneamente en la capacitación académica específica impartida”

La mencionada ley 119 de 1994, le confirió la facultad de prestar servicios tecnológicos en función de la formación profesional integral. En este sentido, el laboratorio de seguridad y salud en el trabajo del Centro Industrial y de Aviación ofrece los servicios de evaluaciones médico ocupacionales y determinar la aptitud laboral a quienes buscan desarrollar actividades en altura. Estas valoraciones están dirigidas a la realización de exámenes enfocados en el bienestar físico y mental de los trabajadores generando a partir de estas, recomendaciones, así como restricciones médicas que ameriten alguna condición sujeta a modificación, tal como lo comentaron Toro y Jaramillo (7).

La aptitud laboral (8) hace referencia a la valoración de la relación que se produce entre las capacidades psicofísicas del trabajador para realizar una actividad laboral específica (valorando el grado de limitación que el trabajador afectado de un trastorno psíquico y/o físico pueda padecer) y las demandas que le impone su puesto de trabajo (Valorando el nivel de riesgo del puesto de trabajo actual según las características de las tareas, entorno y equipos de trabajo, características de la organización a la que pertenece, etc).

Teniendo en cuenta lo anterior y con base en el análisis estadístico generado a partir del uso del aplicativo HCELSO (Gestión de historias clínicas y registros de servicios tecnológicos en seguridad y salud en el trabajo). El estudio busca definir las variables trazadoras que afectan la aptitud ocupacional para el trabajo en alturas y sentar las bases para futuras investigaciones generar un modelo predictivo que sustente acciones tempranas capaces de modificar positivamente la relación salud/enfermedad.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de tipo documental, descriptivo retrospectivo, utilizando la base de datos del aplicativo HCELSO (Gestión de historias clínicas y registros de servicios tecnológicos en seguridad y salud en el trabajo) del Centro Industrial y de Aviación del SENA, Regional Atlántico.

Como criterio de inclusión se tuvo en cuenta: 1283

Historias clínicas de usuarios a quienes se les aplicó protocolo de evaluación médica para trabajo en alturas entre enero y diciembre de 2022, y se excluyeron a aquellos sujetos que solicitaron valoración médica con énfasis diferente a alturas. La información se recopiló utilizando equipos biomédicos calibrados y con mantenimiento vigente de acuerdo con los tiempos estipulados en el programa de aseguramiento metrológico.

La evaluación médica incluyó:

Anamnesis: Se realizó valoración de los antecedentes o condiciones que pudieran aumentar el riesgo de accidente o enfermedad en el desarrollo de las tareas, tales como:

- Antecedentes personales: se revisó el reporte de patologías, alergias, cirugías, traumas, tratamientos, uso de medicamentos.
- Antecedentes laborales: Se tuvo en cuenta el reporte de traumatismos y enfermedades de origen laboral, diagnósticos, tratamientos y secuelas.
- Antecedentes ginecológicos: Paridad, fecha de última menstruación, planificación.
- Hábitos y estilo de vida: Sedentarismo, uso de alcohol, tabaco y uso de sustancias psicoactivas.

Revisión por sistemas: Incluyó la presencia de signos o síntomas (osteomuscular, cardiovascular, visual, auditivo, mental) describiendo además hallazgos como tiempo de evolución, factores exacerbantes, tratamiento realizado.

Examen físico: Incluyó la evaluación de medidas antropométricas y constantes vitales, como la medición de estatura, peso, temperatura, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial.

Acorde a la Guía de la Sociedad Europea de Hipertensión y de la Sociedad Europea de Cardiología 2018 (9), se clasificaron los hallazgos en tensión arterial de la siguiente manera:

Valor óptimo (<120/80mmHg)

Presión arterial normal (120-129 y 80-84 mmHg)

Presión arterial normal-alta (130-139 y 85-89 mmHg)

HTA grado 1 (140-159 y 90-99 mmHg)
HTA grado 2 (160-179 y 100-109 mmHg)
HTA grado 3 ($\geq 180/110$ mmHg)
Hipertensión sistólica aislada con parámetros (≥ 140 y < 90 mmHg).

Laboratorio clínico: se tuvieron en cuenta los siguientes exámenes para la certificación de la aptitud medica:

- Glicemia en ayunas, para descartar problemas del metabolismo del azúcar.
- Perfil lipídico, con el fin de tazar riesgo cardiovascular.

El diagnóstico y concepto de las pruebas funcionales se detalló en la Interfaz de resultado complementario de audiometría, Interfaz de resultado complementario de visimetría, Interfaz y en el módulo complementario externo junto con la información de la suministrada durante la anamnesis, la exploración física, lo que permitió la generación de diagnósticos médicos para el usuario los cuales se registran en aplicativo HCELSO con el correspondiente código CIE-10.

Teniendo en cuenta los diagnósticos generados y los riesgos y demandas de la tarea, se registró en la historia clínica médico ocupacional del aplicativo HCELSO y basados en la Guía para la realización de las evaluaciones médicas ocupacionales del Ministerio de Salud y protección social (10).

Apto sin restricciones para el cargo: Concepto emitido por el médico ocupacional cuando no se presenta ningún hallazgo clínico en el examen médico ocupacional o cuando se diagnostica una patología que no implica dificultad para realizar la tarea, o los riesgos que se presentan con la labor a desarrollar no agravan o tienen el potencial de agravar la patología encontrada.

Apto con recomendaciones que no intervienen en su cargo: Concepto emitido por el médico ocupacional cuando la persona presenta una condición de salud, no obstante, puede realizar la labor siempre y cuando se atiendan las recomendaciones emitidas por el médico laboral/médico tratante para el desarrollo de su

labor/actividad.

Aplazado: Concepto temporal, emitido por el médico laboral cuando la durante la consulta determine la necesidad de exámenes médicos o información adicional para poderlo emitir.

No cumple con los requerimientos médicos para el cargo: Cuando del resultado de la evaluación médica se concluya que el estado de salud del aspirante está claramente demostrado como incompatible e insuperable con el cargo o las tareas a desarrollar.

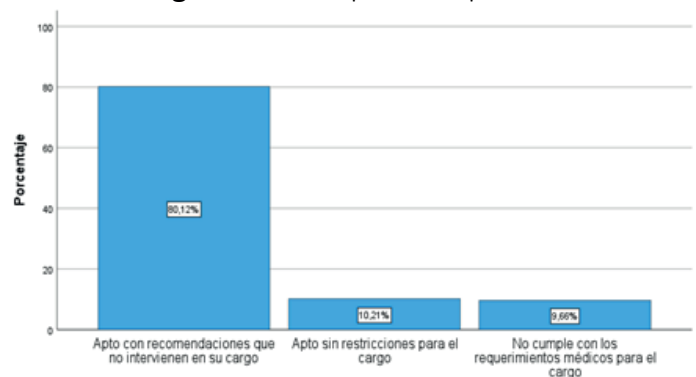
Finalmente, para determinar las variables trazadoras que afectan la aptitud ocupacional para ejecutar trabajos en alturas, se tendrán en cuenta los diagnósticos de aquellos usuarios con concepto de aplazados y los de No cumple con los requerimientos médicos para el cargo.

RESULTADOS

La información obtenida a partir del uso del aplicativo HCELSO, fue analizada estadísticamente con el programa SPSS que permitió detallar lo siguiente:

De la totalidad de usuarios solicitantes de examen médico para trabajo en alturas, un 9,7% obtuvo el concepto de no cumple con los requerimientos médicos para el cargo, un 80,1% se ubicó en la categoría de apto con recomendaciones y solo un 10,2% apto sin restricciones, como lo presenta la figura 1.

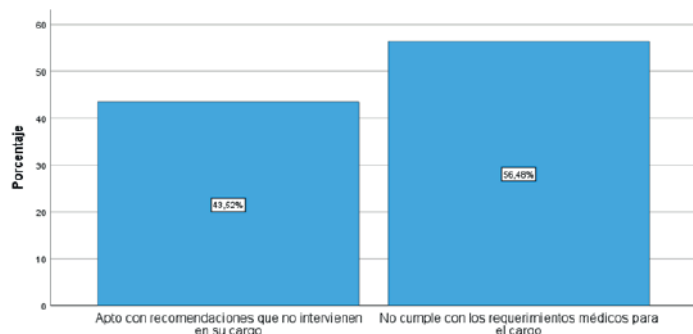
Figura 1: Conceptos de aptitud.



Fuente: Elaboración propia.

Antes de llegar al concepto de no cumple con los requerimientos médicos para el cargo, los profesionales asistenciales, tienen como protocolo remitir a médicos especialistas con la finalidad de ampliar la oportunidad a los aprendices para cumplir con las condiciones necesarias para desarrollar la tarea en alturas. Para el periodo de enero a diciembre de 2022, se realizaron 216 remisiones de las cuales un 43,52% logro obtener el certificado con concepto de apto con recomendaciones, y 56,48 % no pudo modificar las condiciones que originaron la remisión y por tanto no alcanzaron la certificación médica para desarrollar el énfasis. La figura 2 siguiente representa el análisis aquí mencionado.

Figura 2: Concepto de aptitud posterior a la remisión y manejo médico.



Fuente: Elaboración propia.

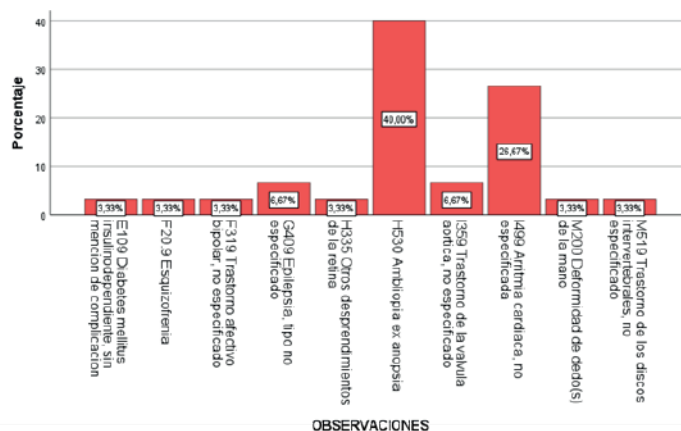
Con esta imagen es factible mencionar que existen condiciones de salud modificables en el tiempo que permiten conceptualizar de forma positiva la aptitud para trabajo en alturas, no obstante, se presentaron casos en un alto número, donde no fue posible expedir el certificado médico favorable dado que los hallazgos no fueron subsanados aun con el manejo y tratamiento indicado por las entidades promotoras de salud.

Dentro del grupo de 216 historias analizadas, las principales enfermedades cardiovasculares encontradas fueron las cifras elevadas de tensión arterial, arritmias y valvulopatías, dentro de las causas metabólicas se encontró infrapeso, sobrepeso y obesidad mientras que de las enfermedades visuales sobresalieron la ambliopía ex anopsia, estrabismo, astigmatismo y miopía, estas últimas incluidas en la macro CIE 10 H539 Alteración visual, no especificada.

Las condiciones y/o enfermedades psiquiátricas y psicológicas más reportadas fueron las fobias a las alturas y los trastornos mixtos de ansiedad y depresión.

La figura 3 presenta la relación de diagnósticos que generaron el concepto de no cumple dado que se consideran como no modificables.

Figura 3: Diagnósticos no modificables.



Fuente: Elaboración propia.

Un aporte significativo del análisis realizado se deriva del alto porcentaje (40%) de diagnósticos de ambliopía ex anopsia dentro del grupo de restringidos para trabajo en alturas. Varón y Torrent (11), informaron en su estudio que niños con ambliopía tenían las habilidades motoras deterioradas lo que afectaba la autopercepción en competencias atléticas y el desempeño social, con un menor puntaje comparado a los de control.

El aporte de este estudio se refleja en la medida que se identifique la condición y se realicen acciones para mejorar el rendimiento visual en la niñez. Zarzuela Vega (12), demostró resultados de un tratamiento con videojuegos de realidad virtual para el tratamiento de la ambliopía solo para ese grupo etario. Los autores explicaron tras su investigación que, con una terapia constante, los niños pueden mejorar su ambliopía a través del aprendizaje perceptivo y los videojuegos, mediante el desenfoco monocular, lo que no ocurre en la edad adulta, por lo que quienes presentan dicha condición, aun con el uso de corrección visual no podrán desarrollar tareas críticas, como lo exige trabajo en alturas.

Por otro lado, y para caracterizar las condiciones susceptibles de modificación, Vicente et al (13), mencionan la miopía o dificultad para ver claramente los objetos distantes, La hipermetropía o dificultad para ver claramente los objetos cercanos y El astigmatismo visión o distorsionada debido a la curvatura anormal de la córnea, como errores de refracción, susceptibles de corrección con un adecuado manejo oftalmológico, una correcta evaluación por los profesionales de optometría y el control de los factores medioambientales para evitar la progresión de los mismos. En sinergia con el último factor mencionado, Galicia (14), reflexiono acerca de los aportes de Cohn (15), y otros autores clásicos quienes determinaron que, a mayor luz, hay un menor número de miopes, además de la pertinencia de interrumpir las tareas en visión próxima mirando a otras distancias más lejanas para descansar la vista, e incrementar el ejercicio realizado al aire libre.

A diferencia de las condiciones visuales, que son de amplio y común manejo con corrección tangible (gafas), usuarios, pueden presentar otro grupo de síntomas y patologías altamente excluyentes para trabajo en alturas, si no se ejecuta un enfoque de tratamiento multidisciplinario y orientado al logro. Retomando las experiencias de Wuehr (16), Muñoz (17), definen la acrofobia o “miedo a las alturas como un fenómeno angustioso que provoca la caída de ansiedad, desequilibrio postural y síntomas vegetativos al mirar hacia abajo desde torres, puentes, escaleras o acantilados”, Las personas que sufren de esta condición pueden experimentar náuseas y en general dificultad para tener un desempeño normal, debido a su temor. Es por ello por lo que se considera una condición trazadora y pertinente de identificar dado que se contempla como elemento decisorio en el momento de conceptualizar la aptitud para desarrollar trabajos a diferente nivel.

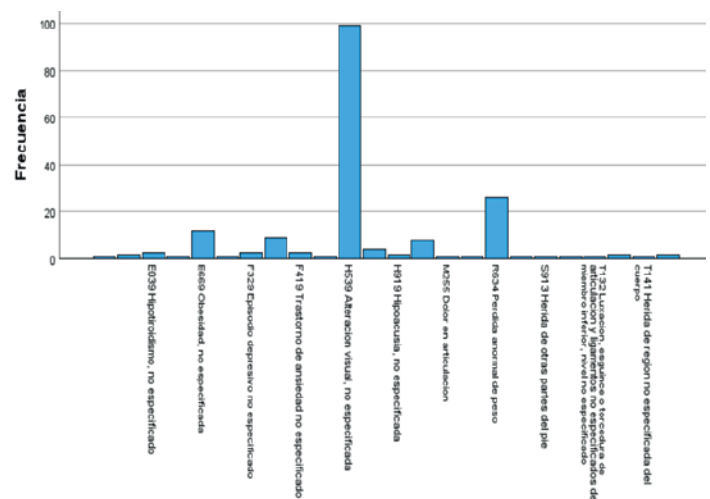
Algunas otras condiciones que considerar son las derivadas de la relación peso talla, es decir del índice de masa corporal. A propósito de la condición modificable de infrapeso, Soto et al (18), estudiaron las modificaciones del peso corporal entre universitarios y dentro de su indagación comentan un fenómeno denominado “freshman 15”, consistente en una

ganancia de peso de 15 libras (6,8 kg) durante el primer año de formación, y relacionan al incremento de la presión académica, cambios en los grupos de apoyo social, independencia del hogar familiar, responsabilidad en decisiones en materia de alimentación y actividad física como factores desencadenantes.

Como condición contraria al infrapeso, se encuentra la obesidad, diagnóstico clínico catalogado igualmente como modificable en la medida que quien la padece se adhiere a programas de entrenamiento físico y cambios de hábitos alimenticios. Bajo esta línea Jaramillo y Giraldo (19), desarrollaron una búsqueda sistemática con la finalidad de revisar los tipos de entrenamientos físicos de que impactaban sobre los cambios en la composición corporal en mujeres adultas de 18 a 65 años con obesidad, y encontraron que todos los tipos de entrenamiento físico sirven para generar cambios en la composición corporal. Esta conclusión se presenta como altamente alentadora para quienes pretenden realizar trabajos en alturas y presentan un alto índice de masa corporal.

A continuación, se presentan el grupo de condiciones que con el manejo adecuado permitieron alcanzar el concepto de aptitud figura 4.

Figura 4: Diagnósticos modificables.



Fuente: Elaboración propia.

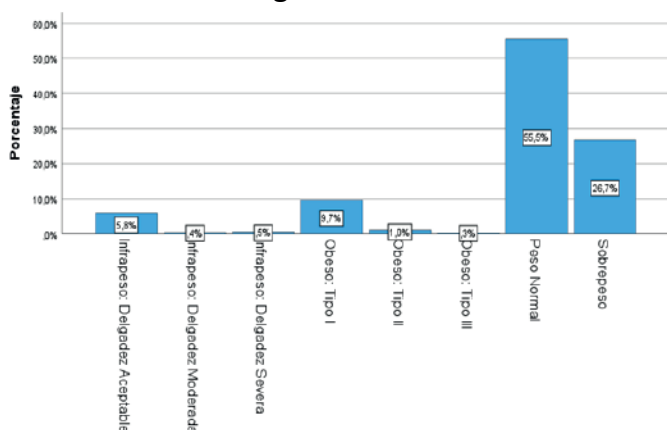
DISCUSIÓN

Palacios et al (20), señalan que las enfermedades cardiovasculares (dentro de ellas la hipertensión) son la primera causa de muerte por enfermedades crónicas no transmisibles en el mundo, de ahí que estas se han cataloguen como un problema de salud pública emergente, lo que implica un costo importante del presupuesto en salud. En el contexto Colombiano Prieto y Amaya (21), señalaron que estas enfermedades representan uno de los mayores problemas de salud pública; causando una alta incidencia en la morbilidad y mortalidad en los trabajadores nacionales, no obstante, en el presente estudio, solo se encontró un porcentaje de 1,4 de personas con el diagnóstico de hipertensión.

Peralta y González (22), coinciden en que los determinantes de la salud y los hábitos individuales pueden, constituir un factor coadyuvante en los resultados de hipertensión y diabetes en la población, causado por prácticas relacionadas con el consumo de alcohol, de cigarrillos, sedentarismo conducente a sobrepeso y obesidad, y dietas poco saludables. Para nuestro caso estudio, el 55% de los evaluados se ubicó en la categoría de peso normal, 26,7% en sobrepeso, 9,7% en obesidad grado I, 1,3% entre obesidad grado I y grado II, y la insuficiencia nutricional tuvo una Representación de 6,7%.

La figura 5 refleja los datos obtenidos a partir del cálculo del índice de masa corporal IMC.

Figura 5: IMC.



Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, y dada la criticidad que involucra el realizar trabajo en alturas, es pertinente considerar las cifras anormales en peso como una de las variables trazadoras que afectan la determinación de la aptitud ocupacional. Al respecto, Núñez (23), señala que la obesidad, los estilos de vida no saludables y la inactividad física afectan ampliamente a los trabajadores, en especial al gremio de la construcción, quienes dentro de su actividad laboral incluyen un sin número de actividades que involucran la tarea de alto riesgo, autores como Hall y Popkin (24), comentan además, que entre los factores que han favorecido un balance positivo de energía y ganancia de peso durante las últimas décadas incluyen el aumento progresivo de los suministros y el consumo per cápita de alimentos, en particular de aquellos alimentos de alto contenido calórico.

Aun cuando se encontró un número representativo de personas con sobrepeso y obesidad, esto no se relacionó con la modificación del indicador glicémico, dado que solo 2 historias clínicas se hallaron datos por fuera del rango de normalidad. Al analizar los indicadores de colesterol y triglicéridos se encontró que el primero alcanzó una cifra de 22% por fuera del rango esperado, y en el segundo un 25%. Al indagar sobre hábitos y estilos de vida se encontró un consumo de cigarrillo de 3,8%, 46,5% de bebidas alcohólicas y el 49% de la población no realiza actividad física por lo que se describen como sedentarios.

Mullahy y Sindela (25), citados por Suarez y Caamal (26), analizan la relación entre el alcoholismo y el mercado laboral, reportan que, en el grupo más joven del análisis, dicha adicción tiende a aumentar la participación en el mercado de trabajo con alta afinidad a las actividades de alto riesgo, situación preocupante dado que el alcohol limita la capacidad de respuesta de quien lo ingiere.

CONCLUSIONES

Algunas enfermedades o condiciones médicas pueden restringir para realizar trabajos en alturas debido al riesgo que implican a la salud y la seguridad del trabajador. Dentro de las causas de restricción están

condiciones que son modificables y otras que no lo son; estas últimas generarían una restricción permanente para el desarrollo de la tarea, e incluso para la formación en trabajo en alturas, lo que impactaría la empleabilidad tras un proceso de formación. El presente estudio es pionero en la indagación de condiciones médicas que generan restricciones para trabajo en alturas entre aprendices que requieren de la competencia de trabajo en alturas a la luz de la resolución 4272 de 2021 en Colombia.

El análisis de los datos obtenidos durante las valoraciones médico-ocupacionales en el laboratorio de seguridad y salud en el trabajo en el periodo de enero a diciembre de 2022, permite identificar las causas que restringen el trabajo en alturas proporcionando una visión cuantitativa y basada en evidencia.

Del total de las personas a las que se les realizó valoración médico ocupacional con énfasis en altura, se realizaron 216 remisiones que presentaron una condición de salud que ameritaba manejo por entidad promotora de salud para lograr condición médica que garantizara la seguridad del usuario al realizar trabajo en alturas, por lo que se generó aplazamiento del concepto de aptitud. Al realizarse revaloración de este grupo, un 43.52% logró obtener el certificado con concepto de apto con recomendaciones y el 56,48% no pudo modificar las condiciones que originaron la remisión y por tanto no alcanzaron la certificación médica para desarrollar el énfasis.

Dentro de las condiciones de salud no modificables encontradas durante el estudio, se identificaron patologías como ambliopía, desprendimiento de retina, esquizofrenia, trastorno bipolar y diabetes mellitus insulino dependiente. Estas condiciones no modificables, corresponden al 56,48% y de este valor sobresalió la ambliopía ex anopsia y las arritmias cardiacas. Dentro del grupo de diagnósticos que con manejo medico permitió una posterior conceptualización para desarrollar la tarea, sobresalieron las alteraciones visuales no especificadas (miopías y astigmatismo) y las fobias a las alturas.

Las cifras y análisis anteriores permiten concluir acerca

de la necesidad de estructurar un modelo predictivo en salud laboral que incluya variables trazadoras y decisorias para la determinación de la aptitud para trabajar en alturas en el contexto geográfico de la Regional Atlántico, replicable a los centros de formación y a las instituciones de educación para el trabajo y el desarrollo humano que dentro de sus planes formativos incluyen la competencia de trabajo en alturas, esto con el fin de cualificar a los aprendices y egresados aumentando las posibilidades de ubicación en un mundo laboral que ha centralizado su atención en el cumplimiento de las metas de la agenda 2023 para reducir el impacto del cambio climático, el uso de energías limpias y el cuidado de la vida y la salud de los trabajadores.

REFERENCIAS

1. Vega Ruíz M-L. ¿El trabajo es salud? Arch Prev Riesgos Labor [Internet]. 2020 [citado el 3 de noviembre de 2023];23(4):410–4. Disponible en: <https://archivosdeprevencion.eu/index.php/aprl/article/view/42>
2. Pérez Ricardo, E, Figueroa Miranda, A Propuesta de criterios básicos de valoración de la aptitud laboral en actividades de trabajo en altura. [Internet]. 2020 [citado: 2023, noviembre]
3. Nuñez EFV, Garzón MOD. Criteria of unsuitability for work at heights in construction workers serviced by occupational medicine. Medellin, 2019. Revista Cubana de Salud y Trabajo [Internet]. [citado el 3 de noviembre de 2023];22(1):51–60. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=106054>
4. Pereira, M. Arboleda, I. Guía de evaluación del trabajador postulante para trabajo en alturas. [Tesis de grado]. Universidad CES. Medellín. (2013)
5. Ley 119 de 1994- Gestor Normativo [Internet]. Gov.co. [citado el 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=14930>
6. Gov.co. [citado el 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/file>

- s/2022-03/Resolucion%204272-2021%20Reglamenta%20Trabajo%20en%20Alturas%20%281%29.pdf
7. Toro Castaño, L, Jaramillo Valencia, M, Cadavid Zuluaga, S, Hernández Valencia, M, Molina Castaño, C Factores asociados a restricciones médicas ocupacionales en aspirantes al sector construcción en Medellín, Colombia 2015-2016. [Internet]. España: Acción Médica; 2017 [citado: 2023, noviembre]
 8. Trabajo D. MEDICINA y SEGURIDAD [Internet]. Isciii.es. [citado el 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=25/09/2014-4227ecb78a>
 9. Guía práctica sobre el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial en España, 2022. Sociedad Española de Hipertensión- Liga Española para la Lucha contra la Hipertensión Arterial (SEH-LELHA) [Internet]. Elsevier.es. [citado el 9 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-hipertension-riesgo-vascular-67-avance-resumen-guia-practica-sobre-el-diagnostico-S1889183722000666>
 10. Guía para para la realización de las evaluaciones médicas ocupacionales ministerio de salud y protección social Bogotá, julio de 2023 guía para la realización de las evaluaciones médicas ocupacionales Naturaleza del proceso: Apoyo Código: GTHG02 Versión: 04 [Internet]. Gov.co. [citado el 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GTHG02.pdf>
 11. Varón, M, Torrente, A. Actualización en ambliopía. [Tesis de grado]. Universidad politécnica de Catalunya (2021)
 12. Zarzuelo, N, Arranz, I. [Tesis de grado]. Universidad de Valladolid (2016)
 13. Vicente T, Ramirez Iñiguez de la Torre MV, Capdevila Garcia L, Lopez Gonzalez AA, Terradillos Garcia MJ, Aguilar Jimenez E. Prevalencia de defectos visuales en trabajadores españoles. Repercusión de variables sociodemográficas y laborales. Rev Mex Oftalmol [Internet]. 2016 [citado el 3 de noviembre de 2023];90(2):69–76. Disponible en: <https://www.elsevier.es/en-revista-revista-mexicana-oftalmologia-321-articulo-prevalencia-defectos-visuales-trabajadores-espanoles--S0187451915000931>
 14. Galicia Aguilar G. Criterios clínicos para la corrección de la miopía [Internet] [Treball Final de Grau]. UPC, Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa, Departament d'Òptica i Optometria; 2019 [cited 2023 Nov 9]. Available from: <http://hdl.handle.net/2117/190918>
 15. Cohn HL. The hygiene of the eye in schools. Turnbull WP, editor. Londres, Inglaterra: Simpkin, Marshall;
 16. Wuehr M, Breitkopf K, Decker J, Ibarra G, Huppert D, Brandt T. Fear of heights in virtual reality saturates 20 to 40 m above ground. J Neurol [Internet]. 2019 [citado el 3 de noviembre de 2023];266(S1):80–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31102019>
 17. Moncayo DSM, Muñoz JAS, Torres DM. Prototipo de sistema de apoyo a la terapia de exposición controlada enfocada en acrofobia mediante realidad virtual y con captura de signos vitales. Bol Informativo CEI [Internet]. 2020 [citado el 3 de noviembre de 2023];7(3):142–6. Disponible en: <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletínInformativoCEI/article/view/2407>
 18. Soto Ruiz MN, Aguinaga Ontoso I, Canga Armayor N, Guillén-Grima F, Hermoso de Mendoza J, Serrano Monzo I, et al. Modificación del peso corporal de los estudiantes universitarios en Navarra durante los tres primeros años de universidad. Nutr Hosp [Internet]. 2015 [citado el 3 de noviembre de 2023];31(6):2400–6. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112015000600008
 19. Jaramillo-Osorno, A., F., Giraldo-García, J., C. (2023). "Impacto de los diferentes tipos de entrenamiento físico sobre la composición corporal en mujeres adultas con obesidad: una revisión bibliográfica" Revista Politécnica, 19(37), 133-150. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a10>
 20. Researchgate.net. [citado el 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/360747097_Prevalencia_y_caracterizacion_del_riesgo_cardiovascular_en_una_poblacion_rural

21. Org.co. [citado el 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522014000100006
22. Peralta-González G, Pérez Serge MF, Gonzalez-Julio LK, Torregrosa-Campo EC, Caballero-Zambrano MP, González-Ruiz GE. Enfermedades que limitan el ingreso al trabajo en población económicamente activa. Salud Uninorte [Internet]. 2022 [citado el 3 de noviembre de 2023];38(01):146–58. Disponible en: <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/14368>
23. Rodríguez-Núñez JL, Maygualema-León BM. Estilos de vida y riesgos en la salud de los trabajadores de la construcción mediante el “test fantástico”. Polo del Conocimiento [Internet]. 2021 [citado el 3 de noviembre de 2023];6(10):584–605. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3226>
24. Popkin BM, Hawkes C. Sweetening of the global diet, particularly beverages: patterns, trends, and policy responses. Lancet Diabetes Endocrinol [Internet]. 2016 [citado el 3 de noviembre de 2023];4(2):174–86. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26654575/>
25. Mullahy J, Sindelar JL. Alcoholism, work, and income. Journal of Labor Economics [Internet]. 1993 [citado el 3 de noviembre de 2023];11(3):494–520. Disponible en: https://econpapers.repec.org/article/ucpjlabec/v_3a11_3ay_3a1993_3ai_3a3_3ap_3a494-520.htm
26. Org.mx. [citado el 3 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-72102021000100225&script=sci_abstract&lng=en

Aplicación de instrumentos para la detección temprana de trastornos afectivos como una estrategia innovadora en salud mental: el caso SRQ y ASSIST en la Plataforma de Salud Digital CSS- SENA.

Application of Instruments for Early Detection of Affective Disorders as an Innovative Strategy in Mental Health: The Case of SRQ and ASSIST on the CSS-SENA Digital Health Platform.

Recibido: 18/12/2023 - Aceptado: 10/08/24- Publicado: 19/11/24

Autores

Diana Catalina Arcila Echavarría*

Ingeniera Química. Magíster en Ingeniería. Doctora en Biotecnología. SENA Centro de Servicios de Salud.
Medellín - Colombia
darcilae@sena.edu.co

Eliana Patricia Palacio Tobón

Psicóloga. SENA Centro de Servicios de Salud.
Entrerriós - Colombia
eppalacio@sena.edu.co

Jaime Hernán Tejada Llano

Ingeniero de Sistemas. Especialista en Pedagogía Virtual. Máster en Data Management e Innovación Tecnológica. SENA Centro de Servicios de Salud.
Medellín - Colombia
jhteja@gmail.com

***Autor de correspondencia**



RESUMEN

Introducción: La pandemia de COVID-19 evidenció un aumento del 25% en trastornos como la depresión y ansiedad durante su primer año. En Colombia, se estima que el 40% de la población enfrentará un trastorno mental en su vida, destacando la necesidad de implementar herramientas para la detección temprana de riesgos en salud mental.

Objetivo: Desarrollar herramientas digitales para la detección temprana de riesgos en salud mental utilizando los instrumentos SRQ (Self-Report Questionnaire) y ASSIST, en una población de aprendices del SENA.

Metodología: Se siguió una metodología de desarrollo de software para crear las herramientas digitales, las cuales fueron validadas mediante tamizajes autoaplicados a una muestra representativa de aprendices. El SRQ fue usado para detectar trastornos como depresión y ansiedad, mientras que el ASSIST se centró en el riesgo por consumo de sustancias.

Resultados: Se aplicaron 361 tamizajes con el SRQ, de los cuales el 76% correspondió a mujeres y el 23% a hombres. Además, 276 tamizajes se realizaron con el instrumento ASSIST, aplicado a personas mayores de 18 años. De estos, el 74,6% fueron mujeres, el 23,6% hombres y el 1,8% no binarios. Los resultados mostraron un riesgo moderado en el consumo de sustancias en el 22% de los participantes.

Conclusiones: La digitalización de instrumentos como el SRQ y ASSIST se mostró eficaz para identificar riesgos en salud mental. La integración de estas herramientas facilita intervenciones oportunas y un enfoque preventivo, beneficiando la salud mental en contextos educativos.

Palabras claves: Salud mental, afectaciones, detección temprana, Self Report Questionnaire, ASSIST.

ABSTRACT

Introduction: The COVID-19 pandemic showed a 25% increase in disorders such as depression and anxiety during its first year. In Colombia, it is estimated that 40% of the population will face a mental disorder in their lifetime, highlighting the need to implement tools for the early detection of mental health risks.

Objective: To develop digital tools for the early detection of mental health risks using the SRQ (Self-Report Questionnaire) and ASSIST instruments in a population of SENA apprentices.

Methodology : A software development methodology was followed to create digital tools, which were validated through self-administered screenings in a representative sample of apprentices. The SRQ was used to detect disorders such as depression and anxiety, while ASSIST focused on the risk of substance use.

Results: A total of 361 screenings were conducted using the SRQ, of which 76% were women and 23% were men. Additionally, 276 screenings were conducted with the ASSIST instrument, applied to individuals over 18 years old. Of these, 74.6% were women, 23.6% were men, and 1.8% were non-binary. The results showed a moderate risk of substance use in 22% of participants.

Conclusions: The digitization of instruments such as SRQ and ASSIST proved effective in identifying mental health risks. The integration of these tools facilitates timely interventions and a preventive approach, benefiting mental health in educational contexts.

Keywords: Mental health, disorders, early detection, Self-Report Questionnaire, ASSIST.

INTRODUCCIÓN

La pandemia por el COVID-19, impulsó grandes transformaciones económicas, sociales y culturales, llevando a la humanidad a asumir nuevos retos y dinámicas. Bajo este escenario, la salud mental de las personas emerge como un tema de importancia dentro de las sociedades. Dejando en un escenario de postpandemia múltiples desafíos y llevando la salud mental a ser un tema de interés público, sobre el cual se han interesado muchas organizaciones públicas y privadas para disminuir las posibles afectaciones derivadas de trastornos mentales, y, en algunas condiciones más favorables, atendiéndolo desde un enfoque de promoción y prevención.

En este sentido la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su Informe mundial sobre salud mental, plantea que las tasas de trastornos como la depresión y la ansiedad aumentaron en un 25% durante el primer año de la pandemia, sumándose a los casi 1000 millones de personas que ya sufren algún trastorno mental. Así mismo, presenta la salud mental más allá de la ausencia de enfermedad, como una parte intrínseca de la salud y el bienestar individual y colectivo (1). Adicionalmente, la OMS ha señalado que los trastornos mentales, neurológicos y por consumo de sustancias psicoactivas (SPA) “constituyen el 10% de la carga mundial de morbilidad y el 30% de las enfermedades no mortales” (2).

Por su parte, para el contexto colombiano, se encuentra la afirmación de Calvo (2), la cual presenta que, según las estimaciones de organismos internacionales, un 40% de la población sufre -para el 2020- o sufrirá, un trastorno mental. Lo planteado por el autor, se configura como un eje importante de intervención, teniendo en cuenta la posibilidad de que estas cifras aumenten debido a las condiciones propias de la pandemia.

Ahora bien, entendiendo la salud mental como un estado de bienestar mental que permite a las personas hacer frente a los momentos de estrés de la vida, desarrollar todas sus habilidades, poder aprender y trabajar adecuadamente y contribuir a la mejora de su comunidad, desde la propuesta del Ministerio de Salud

y Protección Social. Pero también, reconociendo la salud mental como un derecho humano fundamental; un elemento esencial para el desarrollo personal, comunitario y socioeconómico. Se puede reconocer la importancia que se asume al hablar y reflexionar alrededor de la salud mental, y las herramientas e instrumentos de medición temprana frente a factores de riesgo que posibilitan bases objetivas para la implementación eficiente de acciones de mitigación que mejoran, definitivamente, los contextos de afectación de esta. (3)

En un marco de aprovechamiento en aras de la efectividad y la eficiencia de las mediciones objetivas de datos relacionados con la salud mental, las herramientas e instrumentos digitales para el tamizaje, la identificación rápida, las mediciones cuantitativas a través de escalas y las evaluaciones detalladas, han venido ocupando un lugar central, pues se constituyen como campos de posibilidad al conocimiento científico, posibilitando intervenciones focalizadas. Desde este ángulo, es posible pensar que, si se logra realizar un trabajo en la vía de prevención utilizando herramientas digitales como los tamizajes auto aplicados para detectar tempranamente riesgos asociados a las afecciones en salud mental, se podrá prestar mayor atención a la salud mental con medidas de autogestión o consulta a tiempo en los servicios dispuestos para tal fin.

Con base en lo expuesto anteriormente, la intención del presente artículo es presentar los resultados obtenidos con la ejecución del proyecto Desarrollo de herramientas digitales para la detección temprana de los riesgos asociados a la salud mental por curso de vida, el cual tenía por objetivo: desarrollar de herramientas digitales para la detección temprana de los riesgos asociados a la salud mental por curso de vida. Por lo cual, en este artículo se realizará un abordaje de conceptos relacionados con las afectaciones de la salud mental y de las mediciones de las mismas, la importancia de la detección temprana y el papel de la tecnología en el proceso, así como la descripción de los instrumentos ASSIST y SRQ y el proceso de validación de la herramienta tecnológica desarrollada para cada uno de los instrumentos.



MARCO TEÓRICO

Autores como Gutiérrez (4) y Quiroga & Guasch (5) definen las afectaciones a la salud mental como trastornos, condiciones o problemas que efectivamente afectan de forma negativa el desarrollo y bienestar psicológico y emocional de una persona, considerando que éstas pueden presentarse y hacerse manifiestas de diversas maneras, abarcando una amplia escala de problemas emocionales. Algunas de las manifestaciones más comunes de las afectaciones de salud mental se relacionan a considerables alteraciones en el pensamiento, percepción y cognición, problemas de conducta y prácticas perjudiciales como adicciones, trastornos mentales como la depresión, ansiedad y esquizofrenia, problemas en el manejo de emociones, traumas psicológicos, entre otros.

En ese sentido, señala Valencia (6) que estos problemas a menudo son minimizados, pasando en ocasiones desapercibidos. Adicionalmente, indica que las afecciones de salud mental no impactan únicamente a las personas que las sufren, sino que también afectan en su entorno relacional, como lo es la familia, cuidadores, prestadores del servicio de salud e instituciones involucradas.

Por otro lado, autores como George (3), Valencia (6), Quiroga & Guasch (5), Irarrázaval (7), Calvo (2), Gutiérrez (4) y Anglès (8), presentan que las afecciones y trastornos de salud mental perduran y evolucionan negativamente debido al tiempo en el que los pacientes demoran en acceder a atenciones especializadas que puedan brindar claridad en las rutas de atención y tratamiento, llevando a que en contadas ocasiones prevalezca la elección de la automedicación por parte de las personas afectadas mentalmente.

Desde el contexto colombiano, se cuenta con la Resolución 4886 del 07 de noviembre del 2018, “Por la cual se adopta la Política Nacional de Salud Mental”. Resolución que emerge como una de las más grandes apuestas de reconocimiento institucional a las afecciones de la salud mental, estableciendo rutas de tratamiento bajo la perspectiva de garantía de derechos. Granda (9) plantea que esta iniciativa parte del reconocimiento del derecho a la salud de todas las

personas, en aras del desarrollo integral de la reducción de riesgos asociados a problemas y trastornos mentales. Afirmo el mismo autor que algunos de los enfoques que plantea el documento se relacionan a la promoción de salud mental y convivencia, prevención y atención de trastornos mentales, gestión y coordinación intersectorial.

Por su parte el Ministerio de Salud y Protección Social, plantea que algunas de las afecciones de la salud mental más importantes son:

- Conducta suicida, considerada como un resultado no deseado en salud mental, más no como un diagnóstico en sí mismo. Tiene origen multifactorial y contempla tres fases: ideación, plan e intento.
- Consumo de sustancias psicoactivas. Desde el año 1992 el país cuenta con estudios relacionados con el estudio de este fenómeno. Se plantea como reto la prevención, tratando de disminuir los casos en los que se hace necesaria la rehabilitación.
- Violencias, que se clasifican en tres grandes categorías: violencia dirigida contra uno mismo, violencia interpersonal, -que incluye la violencia intrafamiliar-, y violencia colectiva. Institucionalmente, la violencia es reconocida como un fenómeno social de origen multicausal, con consecuencias económicas, políticas, sociales y de salud pública.
- Epilepsia, considerada como una afectación que genera un impacto importante en la salud mental de quienes la padecen, por la discapacidad que produce y el estigma y la discriminación que con frecuencia se asocian a ella.

El concepto de tamizaje se define como un proceso que se utiliza para identificar de manera rápida y general si un individuo o grupo tienen una condición específica o una afectación de salud mental. Usualmente, los tamizajes como herramientas se utilizan para focalizar las estrategias y esfuerzos de intervención en los sujetos que efectivamente tienen dificultades en salud mental (3,7,8). El tamizaje a su vez, como herramienta, se implementa frecuentemente a la par de herramientas como las escalas, consideradas como instrumentos de medición de corte cuantitativa que posibilitan medir aspectos de una variable o problema; las escalas se

construyen a partir de preguntas o afirmaciones que se acompañan de opciones de respuesta con puntuaciones preasignadas según una matriz de base metodológica que relaciona los ítems a los constructos teóricos retomados desde las intenciones investigativas (3,7,8).

La industria 4.0, ofrece múltiples tecnologías emergentes que son aprovechadas para mejorar la salud pública y el avance de manera casi ilimitada en el desarrollo de la telemedicina (10). Tecnologías convertidas en disciplinas como el big data, la nanotecnología, los sensores, las cámaras inteligentes, la analítica de imágenes, la inteligencia artificial y sus ramas como aprendizaje profundo, el machine learning, las redes neuronales, la hiperconectividad, la computación en la nube, la computación ubicua, la impresión en 3D, la robótica, el internet de las cosas, etc. se integran cada día, de forma decidida, a las nuevas posibilidades digitales a la aplicación en la salud. En este sentido, la tecnología, se convierte en un mediador importante para que los ciudadanos, de manera privada y tranquila, conozcan y gestionen su posible estado en salud mental. De esta manera, los niveles de gobernanza de las organizaciones o incluso de las ciudades y estados, podrían tomar decisiones más acertadas que apunten en específico a las necesidades reales de la población (11).

Por ejemplo, existe la prueba ASSIST (Alcohol, Smoking and Substance Involvement Screening Test), el cual, es un formulario de autoevaluación diseñado para evaluar el consumo de sustancias y el riesgo de trastornos relacionados. Consta de 10 preguntas calificadas en una escala del 0 al 4, y sus resultados clasifican a los individuos en categorías de riesgo: bajo, moderado o alto riesgo de trastorno por uso de sustancias. En investigaciones recientes sobre la efectividad de ASSIST en la detección temprana de personas en riesgo de suicidio, se evidenció que este instrumento demuestra una sensibilidad y especificidad destacadas para identificar a aquellos con riesgo de suicidio (12).

METODOLOGÍA

La metodología propuesta partió de la búsqueda de instrumentos de detección temprana de trastornos de salud mental. Tomando como referente los estipulados

en la Resolución 3280 del 02 de agosto del 2018, “Por la cual se adoptan los lineamientos técnicos y operativos de la Ruta Integral de Atención para la Promoción y Mantenimiento de la Salud y la Ruta Integral de Atención en Salud para la Población Materno Perinatal y se establecen las directrices para su operación” (Ministerio de Salud y Protección Social). Por otra parte, con la intención de ampliar las posibilidades de reconocimiento de instrumentos y herramientas que no se encontraban dentro de la Resolución 3280, se realizó la búsqueda en bases de datos bibliográficos, como PubMed y SciELO.

Se realizó la caracterización y análisis de todos los instrumentos encontrados, teniendo como criterio de inclusión que hubiese sido validado por al menos una autoridad de salud, del ámbito nacional o internacional. Esta etapa del proceso se usó para seleccionar aquellos instrumentos que se fueran a desarrollar como herramienta tecnológica para su uso en el tamizaje de diferentes comunidades.

Luego se usó la metodología de desarrollo de software, en la cual se realizó la toma de requisitos, se generó la arquitectura de la herramienta, se realizó el desarrollo y una vez teniendo un prototipo funcional se pasó a la etapa de testeo, la cual fue realizada con el equipo de investigadores. Con la retroalimentación, se obtuvo una herramienta que pasó a ser validada, en su usabilidad, con aprendices del Sena – Centro de servicios de Salud.

Para la validación, se seleccionó una muestra representativa con la confiabilidad superior al 90% segmentado por nivel de formación; así mismo, las edades y sexo de los participantes corresponden a la distribución normal de la población en estudio. El proceso fue llevado a cabo con los aprendices en el centro de formación en sus diferentes sedes, a través de la plataforma tecnológica, en un ambiente personal, cada uno con su computadora personal, sin interferencias de otras personas y orientados a través de indicaciones en grupo y firma de consentimientos informados como participantes del proyecto y manejo de datos personales para el fin investigativo.



RESULTADO Y DISCUSIÓN

Desde la resolución 3280 se identificaron 19 instrumentos, que pueden ser considerados como aquellos que tienen un reconocimiento institucional en aras de detectar de forma temprana riesgos relacionados a la salud mental por curso de vida, destacándose instrumentos que tienen, principalmente, la posibilidad de:

- Evaluar contexto, estructura, dinámicas y redes de apoyo familiar.
- Detección temprana del autismo.
- Identificar rezago en el desarrollo mental.
- Reconocer discapacidad intelectual.
- Valorar la identidad y los diferentes dominios de esta.
- Valoración de la autonomía.

- Examinar situaciones de depresión, ansiedad, alcoholismo, psicosis y epilepsia.
- Detección de consumo de tabaco y sustancias.
- Valoración de estados cognoscitivos de personas mayores.

Desde el Ministerio de Salud y Protección Social se identificaron instrumentos como: Cuestionario M-chat revisado de detección del autismo en niños pequeños con entrevista de seguimiento (m-chat-r/f), Test de dibujo de la figura humana de Goodenough Harris, Instrumento de valoración de la autonomía, SRQ Self Report Questionnaire, AUDIT, ASSIST, y la Escala para Desorden de Ansiedad Generalizada GAD -2. Para estos instrumentos se encontró como posible aplicación frente a los cursos de vida la que se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Instrumentos aplicables según curso de vida, Resolución 3280.

Grupo poblacional	Cantidad de instrumentos aplicables
Toda la población	3
Primera infancia	3
Infancia	2
Adolescencia	2
Adolescencia a vejez	3
Juventud a vejez	3
Vejez	4

Fuente: Elaboración propia con base en Ministerio de Salud y Protección Social (2018a).

Desde la búsqueda en bases de datos bibliográficos. En total se encontraron 24 nuevos instrumentos los cuales abordan afectaciones de salud mental como:

- Alteraciones del desarrollo cognitivo, conductual, emocional y psicosomáticos en niños.
- Presencia de síntomas depresivos.
- Síntomas de ansiedad.
- Problemas de lenguaje, socioemocionales, motores y cognitivos en niños.
- Características relevantes en la personalidad a la luz de la evaluación clínica y forense en adolescentes.
- Disfunción social.
- Psicosis.
- Riesgo suicida.
- Consumo de sustancias psicoactivas y alcohol.

- Epilepsia.

Algunos de los instrumentos identificados en esta etapa son: Escala de Evaluación del Comportamiento Infantil (CBCL) (13), Escala de Ansiedad Infantil de Spence (SCAS) (Spence, 1997, como se citó en (14), Asesoramiento para el Desarrollo Temprano (ASQ) (15), Escala de Depresión de Beck (BDI) Citado en (16), Inventario de Evaluación de la Personalidad para Adolescentes (PAI-A) Morey, 2007, como se citó en (17), Cuestionario de Depresión de Zung (EZ-D) Zung, 1995, citado en (18), GAD-7 Spitzer et al., 2006, citado en (19), QLI-Sp (Mezzich et al, 2000, citado en (20), SAD PERSONS Patterson et al, 1983, citado en (21), y STESS (22). Para estos instrumentos se encontró como posible aplicación frente a los cursos de vida la que se presenta en la tabla 2.

Tabla 1. Instrumentos aplicables según curso de vida, Resolución 3280.

Grupo poblacional	Cantidad de instrumentos aplicables
Primera infancia	1
Infancia	1
Infancia a adolescencia	2
De 10 a 24 años	1
Adolescencia a vejez	14
Juventud a vejez	3
Sin rango	1

Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionaron como instrumentos a desarrollar como herramientas tecnológicas los instrumentos:

1. El Cuestionario de Síntomas (SRQ), que se emplea como una herramienta de cribado diseñada para identificar a individuos con un riesgo elevado de trastornos mentales. Este instrumento es breve, sencillo de administrar y de costo accesible,

compuesto por 30 preguntas que abordan síntomas asociados con depresión, ansiedad, psicosis y consumo de alcohol (23).

2. La prueba ASSIST, que se destaca como una herramienta eficaz para la detección temprana de riesgos relacionados con el consumo de sustancias, siendo de fácil uso y demostrando eficacia en diversos entornos. Su valor radica en ser una



herramienta valiosa para los profesionales de la atención primaria que buscan identificar y brindar intervenciones tempranas a aquellos en riesgo de trastornos por uso de sustancias (12,24).

Aplicación del SRQ

Para el estudio de detección de la afectación sobre trastornos como ansiedad, depresión, psicosis, trastorno convulsivo y consumo de alcohol se aplicaron 361 tamizajes de los cuales 83, es decir el 23%, corresponde al sexo masculino, el segmento por sexo más grande es femenino con el 76% de la muestra, es decir 274 mujeres; y una representación de No binarios de 3 aprendices que representaron el 1%.

La edad mínima de participación fue de 16 años y la máxima de 54, el promedio de edad fue de 22 años. La distribución por curso de vida fue la siguiente:

- Adolescencia (16 y 17 años), participación de 44 aprendices correspondiente al 12,2%. De este porcentaje el 2,5% son hombres y el 9,7% mujeres.
- Juventud (de 18 a 28 años), con 241 participaciones correspondiente al 66,8%. Este porcentaje es el resultado del 17,7% de hombres, 48,2% mujeres y 0,83% no binario.
- Adultez (de 29 a 59 años), con 69 individuos correspondiente al 19,1% de los cuales el 2,8% corresponde a masculinos, el 16% a femenino y no binario el 0,3%.
- Indeterminados. Fueron aquellos aprendices que se equivocaron en el registro de fecha de nacimiento. Fueron 7 individuos, que corresponde al 1,9%. Este porcentaje corresponde al sexo femenino.

Aplicación ASSIST

Se realizaron 276 tamizajes, dado que el instrumento está planteado para aplicarlo a personas mayores de 18 años, por lo que se excluyeron las cifras de adolescentes y aquellos encuestados que registraron su fecha de nacimiento mal.

En distribución por sexo, de estos 276 aprendices, 206

corresponden al sexo femenino, es decir el 74,6%. En el caso masculino hubo una representación del 23,6% con 65 individuos y el 1,8% con 5 aprendices que corresponden a No binarios.

El rango de edad fue desde los 18 hasta los 54 años, con un promedio de edad de los 24 años. El curso de vida se distribuyó de la siguiente manera:

- Juventud (de 18 a 28), 215 participantes que corresponde al 77,8%. Este porcentaje se distribuyó entre 155 mujeres representando el 56,2%, 44 hombres correspondiente al 20,3% y 3 individuos No Binarios con el 1,4%.
- Adultez (de 29 a 59 años), fueron 61 participantes con una proporción del 22,1% distribuido con el 18,4% femenino, 3,3% masculino y 0,4% No binario.

CONCLUSIONES

La salud mental es un escenario de interés general en la medida en que constituye un aspecto central para el desarrollo óptimo de la vida cotidiana de las personas y su desenvolvimiento en el medio social. El creciente avance del mundo digital permite que el uso de herramientas digitales en el marco de la cuarta revolución industrial para la detección temprana de los riesgos asociados a la salud mental se convierta en un aspecto invaluable para mitigar los impactos y potenciar las posibilidades en términos del tratamiento, ofreciendo estrategias claves para la valoración de variables que van desde la estructura y dinámicas familiares, escenarios de salud mental y ámbitos cognitivos hasta la detección de consumo de sustancias psicoactivas.

Dentro de las herramientas de detección temprana de afectaciones de salud mental, las pruebas SRQ y ASSIST emergieron como instrumentos sólidos que se acoplaron a la población objeto de estudio, debido a los cursos de vida trabajado por las pruebas, en relación con los aprendices del SENA y su contexto inmediato.

Así, la aplicación de los instrumentos permite comprobar la relación directa entre distintas variables

de la salud mental que dan pie a un entendimiento de los múltiples factores que confluyen en un escenario sistémico que es posible abordar de manera efectiva a través de herramientas e instrumentos propios del universo tecnológico. Por tanto, se hace necesario que los escenarios de intervención se den en términos holísticos, mucho más si se tiene en cuenta que el proceso de aplicación en un mismo grupo poblacional hizo evidente la particularidad de características en lo atinente a los trastornos.

El ejercicio denotó la necesidad de lograr aplicar distintos instrumentos a individuos con características similares, pues de esta forma y a través del cruce de variables el espectro de intervención se focaliza a necesidades concretas, posibilitando además escenarios de prevención de la afectación y promoción de la salud mucho más sólidos y ajustados al contexto y posibilidad de los grupos poblacionales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al sistema SENNOVA del Sena por la financiación recibida para la ejecución del proyecto por el cual se obtuvieron los resultados presentados.

REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre salud mental. Transformar la salud mental para todos. Ginebra; 2022.
2. Calvo A. Salud mental en la actualidad. Revista Colombiana de Salud Ocupacional. 2020;10(1):6457–6457.
3. George M, Squicciarini A, Zapata R, Guzmán M, Hartley M, Silva C. Detección precoz de factores de riesgo de salud mental en escolares. Revista de Psicología de la Universidad de Chile. 2004;XIII(2):9–20.
4. Gutiérrez J, Lobos M, Chacón E. Síntomas de ansiedad por la COVID- 19, como evidencia de afectación de salud mental en universitarios salvadoreños. En: Universidad Tecnológica de El Salvador, Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social, editores. Edición especial Investigaciones COVID-19. Universidad Tecnológica de El Salvador; 2020.
5. Quiroga V, Guasch C. La afectación de salud mental en la población infantil y adolescente en situación de riesgo en Cataluña. Educación Social Revista de Intervención Socioeducativa. 2014;57:137–55.
6. Valencia M. Trastornos mentales y problemas de salud mental. Día Mundial de la Salud Mental 2007. Salud Mental. 2007;30(2):75–80.
7. Irrázaval M, Prieto F, Armijo J. Prevención e intervenciones tempranas en salud mental: una perspectiva internacional. Acta Bioeth. 2016;22(1):37–50.
8. Anglès N, Vendrell R, Andrés A. Diseño y aplicación de un cuestionario de detección precoz en salud mental infantil. Apunt Psicol. 2022;40(1):43–50.
9. Granda J. Actualisalud. 2018. Política Nacional de Salud Mental. Disponible en: <https://actualisalud.com/politica-nacional-de-salud-mental/>
10. Andrade L, Cardoso Y, Ortega M, Ortiz D. Barreras administrativas de la atención en salud en pacientes con Epilepsia del Hospital Universitario de Neiva 2016. Universidad Surcolombiana; 2016.
11. Trujillo M. La adicción y sus diferentes conceptos. Centro Sur [Internet]. 2019;3(2):14–26. Disponible en: <https://centrosureditorial.com/index.php/revista/article/view/18/35%0Ahttps://centrosureditorial.com/index.php/revista/article/view/18>
12. Doshi M, Keegan J, Allen C, Rushton A, Williams D. A digital tool for the early identification of people at risk of suicide. The British Journal of Psychiatry. 2019;205(1):13–9.
13. Lecannelier F, Pérez C, Groissman S, Gallardo D, Bardet AM, Bascuñan A, et al. Validación del inventario de conductas infantiles para niños de entre 11/2-5 años (CBCL 11/2-5) en la Ciudad de Santiago de Chile. Universitas Psychologica. 2014;13(2):491–500.
14. Hernández-Guzmán L, Bermúdez-Ornelas G, Spence SH, González MJ, Martínez-Guerrero JI, Aguilar J, et al. Versión en español de la Escala de Ansiedad para Niños de Spence (SCAS). Rev Latinoam Psicol. 2010;42(1):13–24.
15. Squires J, Bricker D. Ages & Stages Questionnaires: A



- Parent-Completed Child Monitoring System. 3a ed. Asq-3 Cd-Rom. Paul H BrookesPublishing; 2009. 191 p.
16. Maldonado-Avenidaño N, Castro-Osorio R, Cardona-Gómez P. Propiedades psicométricas del Inventario de Depresión de Beck-II (BDI-II) en población universitaria colombiana. Rev Colomb Psiquiatr. 2021;1–9.
17. Stover JB, De la Iglesia G, Castro-Solano A, Fernández-Liporace M. Inventario de Evaluación de la Personalidad para adolescentes: consistencia interna y dimensionalidad en adolescentes de Buenos Aires. Pensando Psicología. 2017;13(22):15–27.
18. Campo A, Díaz LA, Rueda GE. Validez de la escala breve de Zung para tamizaje del episodio depresivo mayor en la población general de Bucaramanga, Colombia. Biomédica. 2006;26(3):415–23.
19. Camargo L, Herrera-Pino J, Shelach S, Soto-Añari M, Porto M, Alonso M, et al. Escala de ansiedad generalizada GAD-7 en profesionales médicos colombianos durante pandemia de COVID-19: validez de constructo y confiabilidad. Rev Colomb Psiquiatr. 2021;19(6):817–27.
20. Meda-Lara R, Juárez-Rodríguez P, De Santos-Ávila F, Solís-Cámara P, Palomera-Chávez A, Hernández-Rivas M, et al. Validación del “Índice de calidad de vida, versión en español” (QLISp) en una muestra mexicana. Behavioral Psychology / Psicología Conductual [Internet]. 2021;29(1):167–89. Disponible en: <https://doi.org/10.51668/bp.8321109s>
21. Rodríguez-Angarita CE, Rodríguez N, Benítez JM, Gómez L, Muñoz R, Peñaranda V. Seguimiento por Whatsapp durante un año a pacientes con intento suicida atendidos en el Servicio de Urgencias de un hospital universitario privado. Rev Chil Neuropsiquiatr. 2022;60(4):422–32.
22. Rossetti A, Logroscino G, Bromfield E. A clinical score for prognosis of status epilepticus in adults. Neurology [Internet]. 2006;13(66):1736–8. Disponible en: doi: 10.1212/01.wnl.0000223352.71621.97.
23. Doshi M, Keegan J, Allen C, Rushton A, Williams D. SQR: A short screening tool for detecting probable depression and anxiety in primary care. BMJ Open. 2020;10(1):111–20.
24. Van Der Feltz-Cornelis M, De Jonge S, Kerkhof A. Effectiveness of ASSIST, a digital tool for the early identification of people at risk of suicide: A randomized controlled trial. JAMA Psychiatry. 2022;79(6):527–36.



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud
Centro de Servicios de Salud