

Exoesqueletos colombianos: el comienzo de una revolución

¿Dispositivos robóticos ponibles para incrementar la fuerza de las personas o mejorar la calidad de vida de trabajadores y pacientes? Sí, y no es ciencia ficción. Investigadores de la Universidad del Rosario son pioneros en este campo de investigación que ya muestra sus primeros resultados en la vida real.

Por Ronny Suárez
Fotos Alberto Sierra
DOI https://doi.org/10.12804/dvcon_10336.42361_num7

P piense por un segundo en el trabajo diario de un recolector de café en Colombia: jornadas largas y exigentes, al aire libre, bajo el sol o la lluvia, yendo y viniendo por terrenos montañosos en busca de los frutos maduros, cargando cestas o bolsas de tela para recolectar los granos de café a mano. Ahora piense en su espalda, en lo que implica una postura agachada y sometida a movimientos repetitivos durante horas.

Los miles de trabajadores de este importante sector productivo –el Sistema de Información Cafetera (Sica) estima que [son 48.000 familias dedicadas a la producción de café en el país](#)– están expuestos a un riesgo inminente de desarrollar desórdenes musculoesqueléticos en espalda, hombros y muñecas debido a la constante carga física y al uso de herramientas y materiales poco ergonómicos para ejecutar sus tareas.

El profesor [Juan Alberto Castillo Martínez](#), de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud (EMCS) de la Universidad del Rosario, ha estudiado por varios años cómo mejorar la calidad de vida de trabajadores como ellos, desde el área de la ergonomía y las ciencias del movimiento. De hecho, sus primeros pasos en la academia, cuando estaba radicado en Manizales, los dedicó a intentar aportar soluciones a los retos que tiene el proceso de recolección del

← Los investigadores destacan los retos de diseñar dispositivos aterrizados a las necesidades y características de los trabajadores nacionales.



producto nacional por excelencia, mientras adelantaba sus estudios científicos en el Centro de Investigación del Café ([Cenicafé](#)). Allí, junto con otros investigadores y estudiantes de la Unidad de Ingeniería Agrícola, comenzó a desarrollar tecnologías básicas y accesibles para mejorar el proceso de la cosecha y las condiciones de los recolectores.

Al inicio se trataba de herramientas básicas de asistencia, tales como extensiones de la mano para optimizar la toma del fruto, innovaciones sin mucha tecnología aún, como reconoce el propio Castillo. Pero fue el inicio de un camino que muy posiblemente pueda crear soluciones para la vida real de miles de trabajadores de diferentes sectores productivos, e incluso para personas con trastornos o limitaciones en la movilidad

Esas soluciones se materializaron en exoesqueletos posibles con estructuras electrónicas y mecánicas que para muchos podrían parecer cosas de las películas de ciencia ficción de la década de los 80 o artilugios usados por superhéroes modernos.

Castillo, quien cuenta con una maestría en Ergonomía y un doctorado en Psicología Cognitiva, de la Universidad Lumière (Lyon, Francia) y estudios posdoctorales en ciencias del movimiento en Italia, describe a los exoesqueletos como dispositivos robóticos posibles que pueden mejorar la capacidad productiva y protegen la salud de las personas. En palabras más simples, permiten efectuar tareas con mayor facilidad y previenen futuras lesiones.

Su coequipero durante los últimos años ha sido [Mario Fernando Jiménez Hernández](#), profesor y director de Investigación de la [Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología \(EICT\)](#) del Rosario. Jiménez es un poco más pragmático que Castillo a la hora de definir los exoesqueletos: “Es tec-



← Diego Fernando Casas Bocanegra, estudiante del Doctorado en Ingeniería, Ciencia y Tecnología, trabaja en su proyecto para crear exoesqueletos.

nología ponible que apoya y asiste el movimiento en beneficio del bienestar y la salud de quienes los usan”.

Del laboratorio a la vida real

El laboratorio de Castillo, en el cual Jiménez trabaja con ahínco, ha desarrollado hasta la fecha 10 programas de software y cinco tecnologías orientadas a mejorar y proteger la salud de los trabajadores. De estas últimas, dos están ya patentadas y las otras tres están en camino de serlo.

Hoy ambos trabajan proyectos en paralelo con el fin de acelerar la incorporación de exoesqueletos desarrollados en Colombia a la vida laboral de miles de trabajadores. Uno de ellos, por ejemplo, adelantado en alianza con el investigador [Carlos Andrés Cifuentes](#), del Bristol Robotics Laboratory, busca crear un exoesqueleto de codo para incrementar la fuerza en el levantamiento y transporte de objetos pesados.

Este desarrollo se encuentra en la etapa de prueba y configuración del concepto para su fabricación efectiva.

Desórdenes musculoesqueléticos, una gran carga para el país

De acuerdo con un reporte de la Federación de Aseguradores Colombianos (Fasecolda), las enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conectivo fueron las más registradas en el sistema general de riesgos laborales entre 2015 y 2017, con un 51,9 por ciento, muy por delante de otras causas como las dolencias del sistema nervioso, los traumatismos o los trastornos mentales.

Se trata, sin duda, de un problema de salud pública, si se tiene en cuenta que en 2022 Fasecolda calificó 31.562 enfermedades laborales. El 48,7 por ciento de los casos fue ocasionado por posturas forzadas y repetitividad de movimientos, de acuerdo con una estimación hecha en 2020 por Martha Mendinueta Martínez, docente de la Universidad Simón Bolívar. Lo más preocupante es que en uno de cada cuatro casos se genera algún tipo de incapacidad permanente.

Juan Vicente Conde Sierra, especialista en Medicina del Trabajo y miembro de la junta directiva de la sociedad colombiana de esa especialidad, explica que “algunas de estas enfermedades son las tendinitis, tenosinovitis, bursitis y el síndrome del túnel carpiano” y advierte sobre el subdiagnóstico considerable de estas enfermedades laborales, lo que dificulta su reconocimiento y tratamiento adecuados. “Muchas veces, las muertes por enfermedades como el cáncer y las respiratorias no se relacionan con las condiciones laborales, lo que lleva a un subregistro”, termina de señalar. Conde Sierra destaca la importancia de los exoesqueletos como herramienta para prevenir y tratar estas enfermedades, ya sea los que ayudan a descansar en una posición semisentada, los que aumentan la fuerza y resistencia del trabajador o los motorizados que pueden ayudar a personas con discapacidades a recuperar funciones perdidas.

Para llegar hasta este punto realizaron un estudio con trabajadores de una empresa de transporte de paquetes y mercancías, cuyo objetivo principal fue registrar los problemas de tipo musculoesquelético que experimentaban en su vida cotidiana, especialmente en sus codos y miembros superiores. Utilizaron dispositivos ponibles y tecnología inercial (que actúa devolviendo al individuo la fuerza que genera) para medir de manera cuantitativa variables del movimiento y la fatiga.

Este exoesqueleto en específico utiliza una tecnología no rígida, lo que significa que no limita los grados de libertad del movimiento humano, como sí lo hacen algunos dispositivos que ya se encuentran en el mercado. El objetivo es que asistan y no que limiten los movimientos naturales de las personas, lo que podría retrasar la aparición de la fatiga al efectuar movimientos repetitivos.

Aunque el proyecto se originó con un enfoque industrial, los investigadores reconocen que el dispositivo tiene aplicaciones más allá de la asistencia laboral.

“Las dos primeras causas de pérdida de años de vida de los que se pueden vivir con una discapacidad están relacionadas con lesiones osteomusculares. Eso significa que es un campo donde se requieren muchos aportes y soluciones de tipo tecnológico y que sean accesibles para ayudar a las personas a mantenerse funcionales y operativas”, destaca el profesor Castillo.

Jiménez, quien se centró inicialmente en el campo agrícola y agroindustrial, y después de su doctorado se enfocó en robótica, asistencia y rehabilitación, es claro en decir que “estos dispositivos tienen potenciales aplicaciones en la vida cotidiana e incluso en clínicas, teniendo en cuenta la enorme carga de la enfermedad que los trastornos del tipo ya mencionado ocasionan en Colombia y en el mundo (ver recuadro)”.

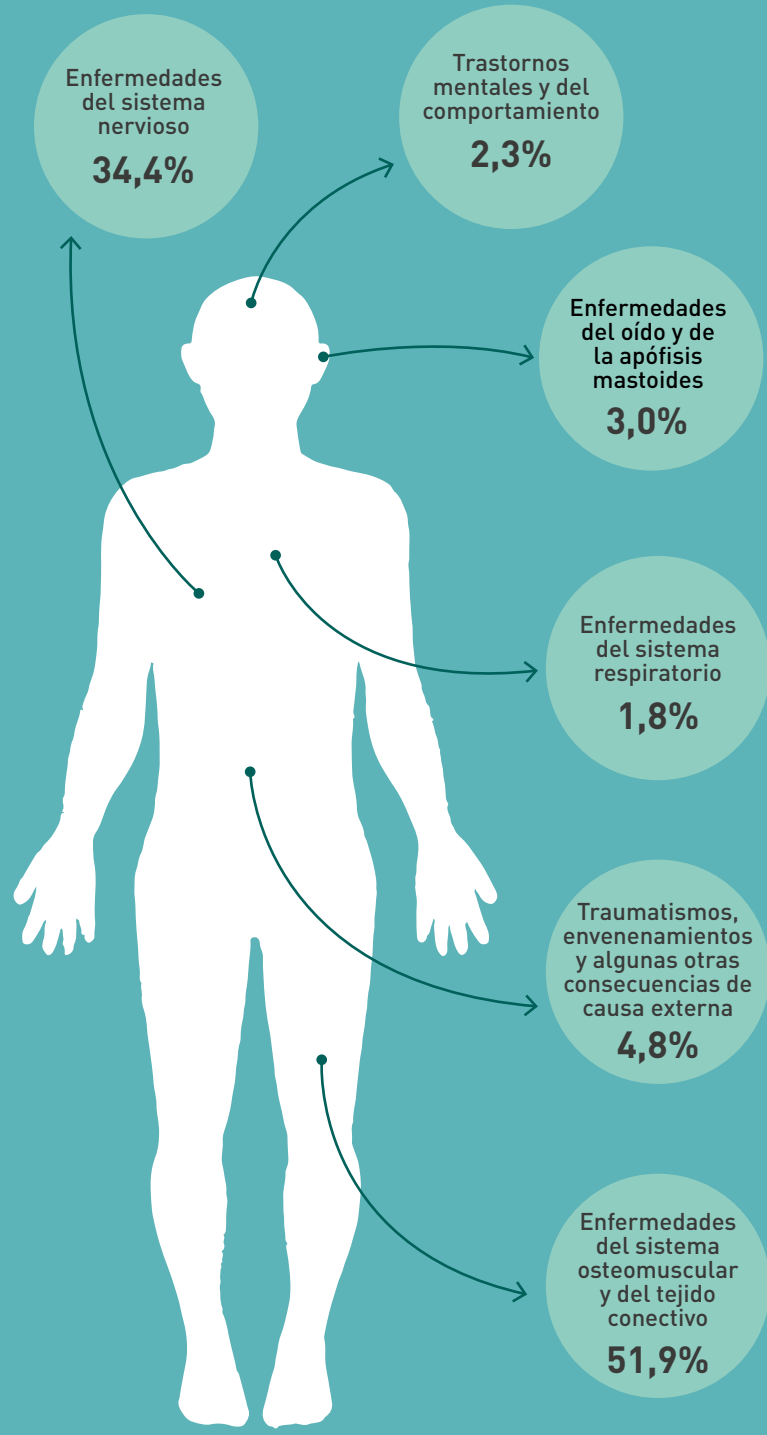
Un largo camino

¿Estamos lejos, entonces, de ver estos exoesqueletos robóticos aplicados en la vida diaria? Los investigadores guardan prudencia y prefieren ser optimistas al estimar el potencial de estos dispositivos. De hecho, destacan que ya existen exoesqueletos robustos que pueden asistir en la marcha y en otras actividades a quienes lo necesitan, aunque, por supuesto, no de forma generalizada.

Y en este punto exponen las dificultades que han identificado para que esto no sea una realidad. La principal –afirman– es la diferencia en la lógica de gestión de tiempo entre la academia y la industria; es decir, la brecha entre la necesidad de validar cuidadosamen-

Tipos de enfermedades

Participación de los tipos de enfermedades en los casos atendidos por el Sistema General de Riesgos Laborales de Colombia (SGLR) durante 2015-2017



te el funcionamiento de los dispositivos a partir del método científico –algo que necesariamente lleva tiempo– y las soluciones –por lo general, de carácter inmediato– que exigen las empresas. En definitiva, y como suele pasar, los tiempos de la ciencia no son los tiempos del mercado.

“Las empresas quieren un desarrollo ‘para ya’ (y son varias las que se han interesado por nuestros exoesqueletos), pero nosotros académicamente vamos a una velocidad distinta. Tenemos fases de validación que debemos cumplir para garantizar que los dispositivos sí cumplan su propósito”, manifiesta el profesor Jiménez.

También influyen mucho, a su juicio, los costos de las tecnologías, el acceso a los recursos financieros y los desafíos que han encontrado frente a la usabilidad de los exoesqueletos importados, especialmente en términos de comodidad y adaptación a las condiciones climáticas y a la intensidad del trabajo en Colombia.

“En Colombia ya se han dado algunos casos de importación de exoesqueletos que terminan archivados en un rincón justamente porque no están adaptados a nuestras necesidades particulares, sobre todo en los aspectos de confort y de sensibilidad. Es como el jean, que nació para los pescadores y cuando llegó a los trabajadores estos se quejaban de que la tela era rígida, pesada y producía malestar en la piel. Con el tiempo lo suavizaron y se pudo integrar y utilizar por otros públicos. A grandes rasgos, eso sucede con los exoesqueletos: tenemos que llegar a un punto en el que con materiales podamos tener versiones que no solamente sean adaptadas a las personas, sino que también permitan adaptarse, entre otros factores, a las condiciones climáticas”, ilustra Castillo.

En ese sentido, destacan los retos de diseñar dispositivos aterrizados a las necesidades y características de los trabajadores nacionales y la importancia de la sensibilización sobre lo que son verdaderamente los exoesqueletos y su utilidad real para las personas.

Es claro que a pesar de su enfoque inicial en la industria los exoesqueletos tienen aplicaciones más amplias en la vida diaria, como en tareas de acarreo y movimientos comunes que generan fatiga en las articulaciones. Por eso los investigadores Castillo y Jiménez resaltan la preponderancia de desarrollar tecnologías accesibles para todas las personas, especialmente en una población envejecida.

“En 2050 la mitad de la población en Colombia va a tener más de 50 años y va a necesitar ayudas y asistencias. Ese es un campo al que estamos apuntando a largo plazo”, comenta Castillo.

En cuanto al proyecto del exoesqueleto de codo, está en una etapa temprana y aunque hasta el momento los investigadores no han publicado sus resultados en revistas especializadas, ya están creando una primera versión del dispositivo basada en mediciones reales y planean validar su funcionamiento con dispositivos ponibles y pruebas biomecánicas con pacientes. Estas podrían adelantarse a finales de 2023 y proyectan que los equipos se empiecen a comercializar en 2025 o 2026.

Los profesores confían en que este desarrollo colombiano permita bajar costos para que países latinoamericanos puedan tener acceso a este tipo de tecnologías, algo que, sin duda, representaría una revolución en favor de trabajadores y pacientes. ■



“Las empresas quieren un desarrollo ‘para ya’... pero nosotros académicamente vamos a una velocidad distinta. Tenemos fases de validación que debemos cumplir para garantizar que los dispositivos sí cumplan su propósito”, manifiesta el profesor Mario Fernando Jiménez, de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología del Rosario.



“Las dos primeras causas de pérdida de años de vida de los que se pueden vivir con una discapacidad están relacionadas con lesiones osteomusculares. Eso significa que es un campo donde se requieren muchos aportes y soluciones de tipo tecnológico y que sean accesibles para ayudar a las personas a mantenerse funcionales y operativas”, destaca el profesor Juan Alberto Castillo, de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad del Rosario.