

# REVISTA UNIVERSIDAD EAFIT

DESCUBRE & CREA | Periodismo Científico

Vol. 54 | No. 174 | Julio - Diciembre 2019 | ISSN 0120-341X

Tecnologías  
convergentes  
**e industrias 4.0**



FOTO DE PORTADA  
Róbinson Henao



Visítanos en el  
Portal de Revistas Académicas  
Universidad EAFIT  
[publicaciones.eafit.edu.co](http://publicaciones.eafit.edu.co)

[www.eafit.edu.co/investigacion](http://www.eafit.edu.co/investigacion)

COMENTARIOS  
[comunicaciones@eafit.edu.co](mailto:comunicaciones@eafit.edu.co)  
[publicaciones@eafit.edu.co](mailto:publicaciones@eafit.edu.co)

Vigilada Mineducación

## Revista UNIVERSIDAD EAFIT

Descubre & Crea | Periodismo Científico

ISSN 0120-341X  
Vol. 54. No. 174 Julio - Diciembre de 2019  
© Universidad EAFIT 2019

### RECTOR

**Juan Luis Mejía Arango**

### VICERRECTORA ADMINISTRATIVA Y DE PROYECCIÓN SOCIAL

**Paula Andrea Arango Gutiérrez**

### VICERRECTORA DE APRENDIZAJE

**Claudia María Zea Restrepo**

### VICERRECTOR DE DESCUBRIMIENTO Y CREACIÓN

**Mauricio Perfetti del Corral**

### SECRETARIO GENERAL

**Hugo Alberto Castaño Zapata**

### COMITÉ EDITORIAL

**Juan Luis Mejía Arango**  
**Adriana García Grasso**  
**Catalina Suárez Restrepo**  
**Ana Silvia Gallo Vélez**  
**Ana María Londoño Rivera**  
**Juan Carlos Luján Sáenz**  
**María Alejandra González Pérez**  
**Daniel Hermelin Bravo**  
**Juan Diego Jaramillo Fernández**  
**Nicolás Pinel Peláez**  
**Diego Téllez Falla**

### DIRECCIÓN

**Vicerrectoría de Descubrimiento y Creación**  
**Departamento de Comunicación**

### COORDINACIÓN Y EDICIÓN

**Juan Gonzalo Betancur Betancur**  
**Óscar Caicedo Alarcón**

### ASESORA EDITORIAL

**Ángela Posada-Swofford**

### DISEÑO DIAGRAMACIÓN

**Natalia Mesa Henao**  
**Sara María Ochoa Botero**

### CORRECCIÓN DE PRUEBA

**Cristian Alejandro Suárez Giraldo**  
**Christian Alexander Martínez-Guerrero**

### FOTOGRAFÍAS

**Róbinson Henao Cañón**  
**Cortesía y archivo**  
**Shutterstock**



Campus principal Universidad EAFIT  
Carrera 49 7 Sur-50  
Teléfono: (57) (4) 2619500  
Ext. 9883  
Medellín, Colombia

EAFIT Llanogrande  
Kilómetro 3.5  
Vía Don Diego-Rionegro  
Teléfono: (57) (4) 2619500  
Ext. 9562-9188

EAFIT Pereira  
Carrera 19 12-70  
Megacentro Pinares  
Teléfono: (57) (6) 3214115

EAFIT Bogotá  
Carrera 21 87-85  
Teléfono: (57) (1) 6114618

**MISIÓN:** Contribuimos al desarrollo sostenible de la humanidad mediante la oferta de programas que estimulen el aprendizaje a lo largo de la vida, promuevan el descubrimiento y la creación y propicien la interacción con el entorno, dentro de un espíritu de integridad, excelencia, pluralismo e inclusión.

# UNA REVISTA QUE CONECTA PROPÓSITOS CON CONOCIMIENTO

**“Universidad es universalidad, diversidad, inclusión. Y así como es descubrimiento es también creación, lo que le brinda una verdadera dimensión cultural que enriquece su acervo y permite el encuentro no solo de conocimientos, sino de artes, de manifestaciones, de rupturas [...] Son las universidades las llamadas a impulsar el desarrollo de la ciencia, a proponer las preguntas que la sociedad requiere y a trabajar en las respuestas que la humanidad demanda”.**

Juan Luis Mejía Arango, rector de EAFIT

Con estas palabras, pronunciadas en la instalación de la Primera Cumbre de la Misión Internacional de Sabios –realizada en Medellín el 10 de junio de 2019– Juan Luis Mejía Arango, rector de EAFIT, define el sentido de universalidad que caracteriza a la Universidad desde su fundación. Un sentido que comprende, de manera clara y taxativa, la pluralidad científica y cultural de nuestra Institución.

Por eso, a partir de este número, la Revista Universidad EAFIT, una publicación de periodismo científico para la divulgación de la ciencia que hacemos, adopta los conceptos de Descubrimiento y Creación tal como los expresa el Rector. “Descubre y crea” es también un llamado a la acción que nos convoca para integrar saberes, donde la comunicación de la ciencia hace parte de una exigencia no solo académica sino social, en un mundo como el actual que se caracteriza por ser cambiante y de avances impredecibles en los campos científico y tecnológico.

Es también una tarea que se inscribe en el nuevo rumbo de la Universidad y que se denomina **Itinerario EAFIT 2030**. En esta hoja de ruta se establece el propósito superior que nos impulsa a trabajar cada día: “inspiramos vidas e

irradiamos conocimiento para forjar humanidad y sociedad”. Esta revista es, en esa dirección, una importante contribución para irradiar sobre la sociedad el conocimiento que se desarrolla dentro del campus, los laboratorios, los centros de investigación y de estudio, y los espacios de aprendizaje.

EAFIT está próxima a cumplir 60 años y uno de sus objetivos tiene que ver con la manera en que difunde la ciencia, la tecnología y la innovación. Este será parte integral de la estrategia que ha declarado la Universidad para potenciarse como epicentro físico y digital de la cultura. La revista es uno de los caminos para avanzar en dicho norte.

Esta edición tiene como tema central las tecnologías convergentes y las industrias 4.0: resalta el papel central que tiene nuestra Universidad en la secretaría técnica de este foco de conocimiento en la Misión de Sabios que convocó el Gobierno Nacional y muestra las capacidades, la producción científica y la reflexión que hacemos en estos asuntos que están hoy en el centro de la discusión mundial.

Pretendemos ser un medio del ecosistema inteligente en permanente renovación que, como lo declaramos en la Visión de EAFIT, conecta propósitos con conocimiento.

---

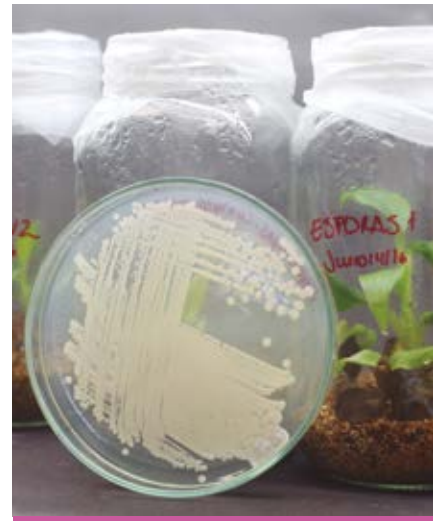
**Esta es una contribución de divulgación científica para irradiar sobre la sociedad el conocimiento que se desarrolla dentro del campus, los laboratorios, los centros de investigación y de estudio, y los espacios de aprendizaje.**

---

MAURICIO PERFETTI DEL CORRAL  
Vicerrector de Descubrimiento  
y Creación



## Tecnologías convergentes e industrias 4.0



### 10/

#### Entrevista

La educación tiene la virtud de hacer entender el valor de la razón

### 14/

#### Patentes

EAFIT ya suma 48 patentes

### 20/ Dossier

- 20. Fábricas inteligentes y fusión de tecnologías
- 26. Oportunidades para saltar a la Cuarta Revolución Industrial
- 30. EAFIT dialoga en el centro de la Misión de Sabios
- 36. Desarrollo de infraestructura para investigación: de nuevo al filo de la oportunidad
- 38. Descubren nueva alternativa para estimular crecimiento del maíz
- 44. Las matemáticas ayudan a controlar el dengue
- 50. El laboratorio de logística 4.0
- 54. El sistema y las políticas de ciencia, tecnología e innovación
- 56. La revolución que nos toca en la intimidad
- 62. ¿Algoritmos que tomen decisiones éticas y morales?
- 68. Derecho y Cuarta Revolución Industrial
- 70. *Incomprendidos*, una forma artística de divulgación científica



### 82/

#### Opinión

La creación como una forma de investigación (?)

# Contenido





84/

**Universidad de los Niños**

La exploración, escuela para los científicos del futuro



76/ **Proyectos de investigación**

- 76. Música para volver a vivir en paz
- 108. La costa sigue retrocediendo en Urabá
- 114. Un metrocable más seguro gracias a la Escuela Pilona
- 120. ¿Por qué un futbolista de élite vale lo que vale?
- 124. Cuatro visiones sobre el Bicentenario



104/

**Egresados en la Ciencia**

Un matemático con perfil social



90/ **Premios y reconocimientos**

- 90. *Challengers* de supercómputo: el espíritu corre mejor que el computador
- 100. Juan Diego Jaramillo, toda una vida "poniendo a temblar" la ciencia



130/

**Publicaciones EAFIT**

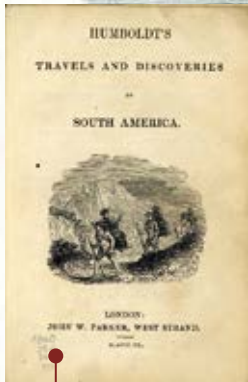


# Los Tesoros de HUMBOLDT

El mundo científico celebra en este 2019 los 250 años del natalicio del que es considerado el padre de la geografía moderna universal: el naturalista y explorador alemán Alexander von Humboldt (1769-1859).

La Sala de Patrimonio Documental de la Universidad EAFIT guarda numerosos originales del siglo XIX con sus obras -principalmente libros, mapas y grabados- que son un verdadero tesoro sobre este hombre sin igual de la ciencia moderna.

Recorrer su obra es transitar por disciplinas tan diversas que van desde la propia geografía hasta la geología, la climatología, la física, astronomía, oceanografía, botánica, zoología, etnografía y la antropología, entre otras. Por ello, su trabajo es también una muestra magnífica de lo que hoy podríamos llamar una "convergencia de saberes".



## ***Humboldt's travels and discoveries in South America***

El libro tiene hermosos grabados de sus viajes y descripciones de la fauna, flora y de la geografía física y humana de países como Venezuela, Colombia y México. Fue publicado en 1840 en Londres.



*Pais von Guindiu.*





**Alexander Humboldt**  
Grabado de J. Horsburgh



**Viage á las regiones equinociales del nuevo continente**

Entre 1799 y 1804 Alexander Von Humboldt y el francés Aimé Bonpland recorren parte del continente americano con el propósito de explorar y conocer sobre la geografía, la flora y la fauna. Esta obra, ilustrada con algunos mapas y grabados, narra las experiencias, descripciones y datos recogidos durante este viaje. La primera edición se publicó en siete tomos.

**Alexander von Humboldt´s Leben und Wirken, Reisen und Wissen : ein biographisches Denkmal**

Este libro de 1876 (*Alexander von Humboldt: Vida y obra, viajes y saber. Un homenaje biográfico. Por Hermann Klencke, aumentado y parcialmente re trabajado por H. Th. Kuhne y Ed. Hintze*) describe la vida de Humboldt, sus viajes e investigaciones. Está ilustrado con hermosos grabados del científico y de sus exploraciones.

Imagen de fondo: Pass von Quindiu / Paso del Quindío (1810)  
Diseño e iluminación especial: Lina María Pérez Giraldo  
La imagen muestra el paso de cargueros entre Bogotá y Quito por las montañas del Quindío.

Imágenes: Sala de Patrimonio Documental, Centro Cultural Biblioteca Luis Echavarría Villegas, de la Universidad EAFIT  
Textos con información de María Isabel Duarte Gandica, coordinadora Sala de Patrimonio Documental



Alexander Von Humboldt

# 250 años de su nacimiento



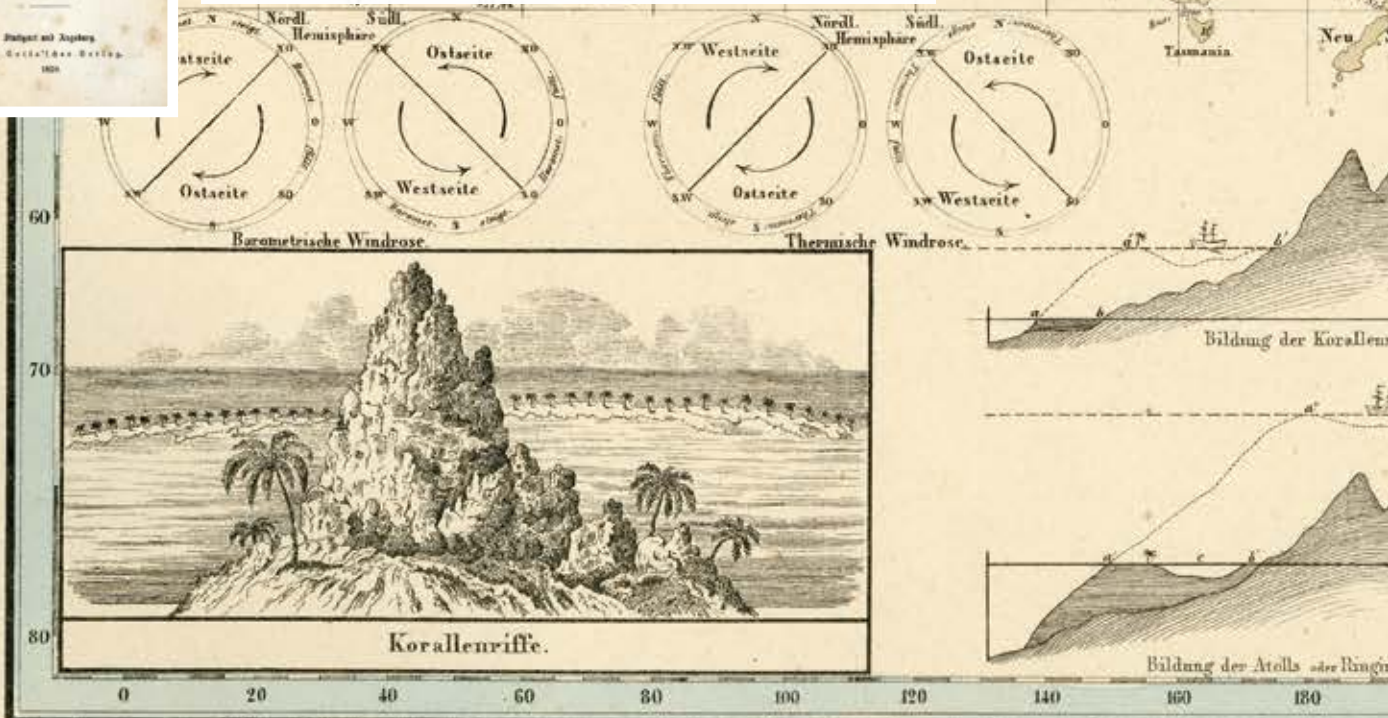
### Ponts naturels d'Icononzo

Este puente natural, ubicado en el departamento del Tolima, permite atravesar la hondonada por la que se precipita el río Sumapaz. El dibujo fue publicado por primera vez en su libro *Vues des Cordillères et monumens des peuples indigènes de l'Amérique* en 1816.



### Ansichten der Natur : mit wissenschaftlichen Erläuterungen

Escrito en 1808 en alemán, el libro (*Cuadros de la naturaleza: con explicaciones científicas*) contiene observaciones, impresiones y descripciones de la geografía de algunas regiones de América del Sur y de sus primeros pobladores. Son apreciaciones científicas en las que la belleza y la armonía de la naturaleza hacen parte importante de la narración.







**Kleinere Schriften : Geognostische und physikalische Erinnerungen**

Esta obra en dos volúmenes (*Escritos menores: recuerdos geognósticos y físicos*) trata sobre los volcanes de Ecuador y de México, y describe la sabana de Bogotá. La edición conservada en la Sala Patrimonial es de 1853.



**Die Luftvulkane von Turbaco / Los volcanes de aire de Turbaco**

Hoy se conocen como los volcanes de lodo, ubicados en Turbaco, departamento de Bolívar. Humboldt los describió como volcancitos de aire y este grabado es considerado uno de los primeros que publicó el científico.

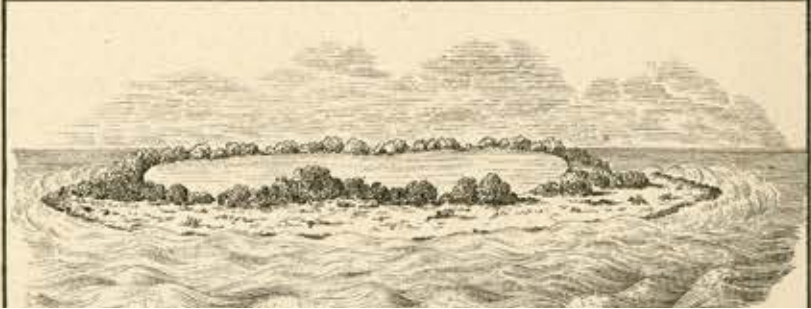


Imagen de fondo: Mapa de las isóbaras y de las oscilaciones de la presión atmosférica. Las estructuras coralinas del Mar del Sur, 1853. Tomado del atlas Kosmos de Humboldt. Diseño: Lina María Pérez Giraldo

Imágenes: Sala de Patrimonio Documental, Centro Cultural Biblioteca Luis Echavarría Villegas, de la Universidad EAFIT  
Textos con información de María Isabel Duarte Gandica, coordinadora Sala de Patrimonio Documental



# La educación tiene la virtud **de hacer entender el valor de la razón**

La visita del premio Nobel de Física 2012 a EAFIT, Serge Haroche, permitió volver sobre una profunda -por sencilla- reflexión acerca de la importancia de la ciencia en la educación de nuestro tiempo. También por la pasión por la investigación y la defensa del método.

**OCTAVIO GÓMEZ VELÁSQUEZ**  
Colaborador

Serge Haroche visitó EAFIT en el marco de la Cumbre Colombo Francesa de Investigación, Innovación y Educación Superior que se realizó del 12 al 14 de junio en las universidades EAFIT y CES. Foto Robinson Henao.

**E**l Premio Nobel de Física 2012, el francés Serge Haroche, hizo una decidida defensa del método científico positivo como parte del proceso educativo porque, dijo, la educación tiene la virtud de hacer entender el valor de la razón, en especial en épocas como la actual cuando la verdad es confundida con la opinión o las creencias.

“El estudio de la física se basa en el método científico que se desarrolló en Europa a partir del siglo XVII. Este método define la noción de verdad que, en esta época, es atacada desde numerosas direcciones”, expresó el señor Haroche.

Y recordó que “el método científico se basa en la observación de la naturaleza y de los hechos, directa, indirectamente o por hechos experimentales. Ponemos a la naturaleza en una situación simple y observamos qué ocurre”. Las preguntas básicas que responde la ciencia son: ¿qué ocurre?, ¿cómo ocurre? y ¿cuándo ocurre?

Su mundo científico está entre los átomos y los fotones. Desde cuando descubrió “la paradoja de Schrödinger” se dedicó a buscar la respuesta a cómo, siendo los átomos los más pequeños de la materia y los fotones los más elementales de la luz, ambos interactúan, porque considera que esa es la pregunta más básica para entender la naturaleza.

## CIENCIA Y EDUCACIÓN

Para defender su idea de la importancia que tiene la ciencia en la educación, sostuvo que “la ciencia expone un método para llegar lo más cerca posible a la verdad. Permite a los niños y a los jóvenes abordar el método racional, aplicar la razón a partir de los hechos y, desde ellos, presentar modelos teóricos”.

Advertió que ese proceso no solo funciona en las ciencias: “Es importante que los ciudadanos sean capaces de comprender la verdad alrededor de ellos y puedan procesarla a través de la razón y no de los mitos y las falsas creencias”.

“Quisiera citar a Nicolás de Condorcet. A principios de la Revolución



Haroche hizo sus planteamientos en una conversación con la microbióloga colombiana Ángela Restrepo, en la cumbre Colombo Francesa de Investigación, Innovación y Educación Superior. Foto Robinson Henao.

---

**“Una teoría no es una opinión, no es algo que sale de la cabeza por un capricho de una idea, ideología o creencia. Una teoría es algo que se enfrenta a un hecho y se confronta con los hechos”.**

---

Francesa escribió un tratado sobre la educación en el cual insistía en tener una comunidad de ciudadanos capaces de votar, de reconocer a los demagogos, los hombres y las mujeres de Estado, pero para ello era necesario formar una comunidad de ciudadanos capaces de razonar”, explicó.

Esta virtud de la educación (la de desarrollar la capacidad de raciocinio) “es esencial para la democracia, para formar a ciudadanos capaces de comprender las situaciones y de votar de una manera informada. No quiero hacer política, desde luego, pero hay un político que fue elegido en un país

muy importante y antes de ser elegido dijo ‘a mí me gusta la gente sin educación’. Esa es una frase catastrófica que revela mucho el hecho de que, si no hay suficiente educación en un país, puede ocurrir cualquier cosa”, advirtió.

Los resultados de los procesos educativos, añadió, no solo se reflejan en los individuos y en sus capacidades culturales o científicas: “Es una formación para el bienestar individual, pero también es esencial en el plano colectivo. Se parece al problema de las vacunas: no solo son útiles para proteger al individuo sino también para proteger a todo el entorno”.



## ENTUSIASMO Y RECURSOS

Serge Haroche destacó la importancia que tiene la asignación de recursos económicos estables para la investigación científica. Pero advirtió que la base esencial para la investigación está en "los jóvenes entusiastas. Hay que favorecer en la sociedad el aumento de la curiosidad de los jóvenes que tienen las capacidades para investigar".

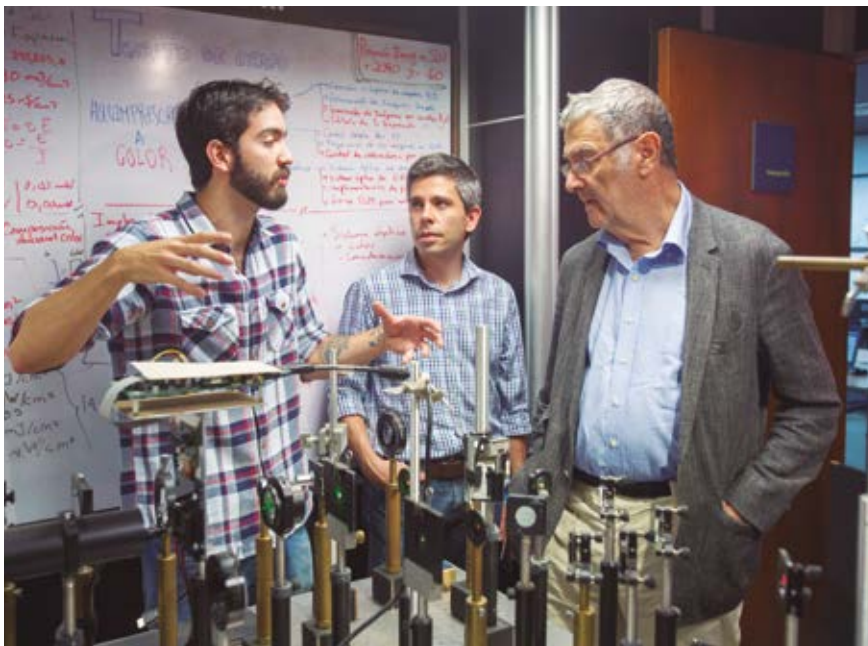
Se congratuló de la existencia de numerosos grupos de jóvenes con inquietudes por estudiar hechos de la naturaleza, pero "reconocen que es difícil llegar a investigar porque no hay muchos puestos disponibles. La competencia es furiosa y emprenden otro camino porque creen que no van a poder lograrlo y optan por otras actividades", declaró.

Al problema anterior se suma, según su visión, el hecho de que "a quienes tienen la suerte de acceder a una posición de investigador no les damos los medios financieros para desarrollar sus trabajos de manera independiente, con lo cual creo que no solo se trata de las finanzas sino la manera en que ponemos a disposición los medios y los distribuimos".

De acuerdo con su experiencia, es lamentable que se contraten investigadores por períodos largos "pero no les demos la posibilidad de desarrollar grupos de investigación independientes. Entonces hay que desplazar el tema del financiamiento de la investigación hacia uno que le permita al joven investigador desarrollar un programa que lo inicie en medio de una fuerte competencia porque la investigación a nivel internacional es una carrera furiosa".

El esfuerzo en las instituciones europeas, a través del Consejo Europeo de Investigación (ERC, sigla en inglés), es darles los medios de financiación a los investigadores que ya pasaron la prueba de la excelencia.

"En Colombia habría que buscar la manera de desarrollar medios equivalentes: a los jóvenes darles los medios para que inicien y luego tener un fondo de financiación que le permita



El Nobel se reunió con estudiantes y profesores de Física de EAFIT y escuchó sobre sus proyectos de investigación. Foto Robinson Henao.

---

**“Una de las virtudes de la educación es hacer entender a las personas la fuerza del razonamiento y de la elaboración de las teorías, en oposición a lo que tenemos alrededor nuestro”.**

---

a Colombia asociarse con otros países de América Latina con programas análogos como Chile, Brasil o Argentina que tienen investigadores importantes pero que están sometidos a los mismos problemas, a las mismas dificultades para encontrar financiamiento", sostuvo Haroche quien, además, forma parte de la Misión de Sabios que integró el gobierno colombiano en febrero de 2019.

### PENSAMIENTO DE LARGO PLAZO

Insistió en que los países que logran mejores resultados en investigación científica son los que invierten mayores recursos de tiempo y dinero en la formación de sus equipos y puso como

ejemplo a los países anglosajones: "Un científico recibe un puesto, le dan todos los medios para que trabaje y luego de un cierto número de años sus investigaciones alcanzan un éxito del 50%, lo cual es una enorme ambición".

Pero se lamentó del hecho de que, en la actualidad, "los jóvenes que inician con entusiasmo, ambición y curiosidad deban pasar la mitad del tiempo pidiendo dinero para proyectos. Por definición, la investigación es imprevisible, lo que uno promete puede ser que no lo obtenga, todo el mundo lo sabe. En cambio, los jóvenes deben pasar el tiempo en ese ejercicio estéril de escribir y escribir reportes y ese es uno de los problemas que hay que resolver en Francia, en Colombia y a nivel internacional también", dijo. ■



## EN CIENCIAS, LA IGUALDAD SE BASA EN LA EXCELENCIA

El profesor Serge Haroche declara, sin titubear, que la igualdad entre hombres y mujeres en la ciencia no es un asunto de cuotas sino de excelencia, aunque reconoce que en muchas sociedades las mujeres tienen barreras muy grandes que superar para lograr las oportunidades de sus colegas hombres.

El camino que han tenido que recorrer las científicas ha sido muy duro. "El ejemplo de Marie Curie es significativo porque ella recibió dos premios Nobel, pero nunca fue elegida miembro de la Academia de las Ciencias en Francia. La primera mujer que fue elegida allí tuvo que esperar hasta los años setenta", dijo, en referencia a la matemática Yvonne Choquet-Bruhat.

Haroche explicó que los grandes reconocimientos en las ciencias se producen después de dos o tres décadas de terminada una investigación. "Con la evolución actual, el que haya más mujeres que han ingresado al campo de la investigación hará que en los años que vienen veamos muchos premios Nobel en física, química, biología y demás para ellas".

Sin embargo, advirtió que subsisten problemas en las sociedades que impiden un mayor número de investigadoras en los laboratorios: "Las mujeres ocupan un lugar diferente en la sociedad respecto a los hombres, en especial en el tema de los hijos. Hace poco discutía estas diferencias con el presidente del Instituto de Ciencias Weizmann de Israel (Daniel Zajfman) y él decía que el mayor obstáculo para las jóvenes brillantes que querían continuar sus investigaciones en este instituto era que tenían que hacer un curso de posdoctorado y a veces era difícil porque eran casadas y, normalmente, su cónyuge privilegiaba su carrera sobre la de ella".

De acuerdo con Haroche, el Instituto Weizmann aplicó "una solución drástica": invitar al cónyuge y darle un salario equivalente para que la acompañe mientras continúa con su proyecto. "Eso permitió que el porcentaje de mujeres que accedieron a los puestos de investigación pasara del 15% al 35%", dijo.

Para el Instituto Weizmann, pagar a los esposos no es filantropía porque una vez ellas terminan su trabajo de posdoctorado "son buscadas por las mejores instituciones del



mundo. Eso hace que ellas prefieran ir al Instituto Weizmann porque fue donde se les permitió desarrollar su aptitud en investigación".

Y aunque es claro que ese instituto tiene un gran poder financiero, hay que tener visión de largo plazo: "La carrera de un investigador se desarrolla en 30 o 40 años y qué significan dos años pagados a un cónyuge para que esté al lado de su pareja y que ella se confirme en su carrera", explica el Nobel de Física 2012.

## INVERSIONES A FUTURO

Ese argumento le permite defender su idea de que "hay que hacer inversiones a largo plazo porque es admitido, se sabe, que las mujeres tienen las mismas capacidades que los hombres y eso incluye a las ciencias exactas y las matemáticas". Sin embargo, acepta que esa idea no está generalizada.

Advirtió que llegar a esa igualdad requiere esfuerzos muy significativos en la educación porque "no puede alcanzarse simplemente. La ciencia se basa en la excelencia y esto no tiene nada que ver con la democracia. La excelencia es crear las condiciones que les permitan a las mujeres desarrollar sus capacidades. No les podemos dar los puestos por asunto de cuotas. Las mujeres son excelentes en ciencias y yo creo que ellas protestarían si tienen la percepción de que accedieron a un puesto solo por ser mujeres. Se accede por los valores que tienen".

Haroche recordó que el método científico no solo funciona para las ciencias: "Es importante que los ciudadanos sean capaces de aprehender la verdad y procesarla a través de la razón y no de los mitos y falsas creencias". Aquí, con una estudiante de pregrado de EAFIT. Foto Robinson Henao.

# EAFIT ya suma **49 patentes**

Durante el 2019, la Universidad ha recibido seis patentes para productos que, a partir de la investigación científica y la innovación, contribuyen a solucionar problemas puntuales principalmente del sector productivo y los servicios médicos.

**KAREN OSORNO VARELA**  
Periodista Área de Información y Prensa de EAFIT



## Nueva arcilla para prototipado industrial

Con el material se pueden crear prototipos de cualquier tamaño, sea de un automóvil o una artesanía. Foto Robinson Henao



*Proceso para la obtención de arcillas industriales para prototipado y arcillas obtenidas, resolución número 46878 del 17 de septiembre de 2019, de la Superintendencia de Industria y Comercio.*

Un nuevo material compuesto fue creado en los laboratorios de EAFIT para el diseño de prototipos de objetos en tamaño real o a escala. Se trata de una arcilla de prototipado que se moldea fácilmente, tiene bajo impacto ambiental y puede ser reutilizada.

Es útil para empresas manufactureras que fabriquen piezas que necesiten de prototipos para una posterior producción en masa.

La idea de crear este material se originó en el Grupo de Investigación en Ingeniería de Diseño (GRID) que se puso

en contacto con el Grupo de Desarrollo y Diseño de Procesos (DDP), del Departamento de Ingeniería de Procesos, para configurar un proyecto interdisciplinario. Para ello se apoyaron en los semilleros de investigación en Movilidad (Semovil) y de Productos Industriales.

Profesores y estudiantes se enfrentaron al desafío de desarrollar el producto con materias primas locales de bajo costo, dado que la arcilla industrial de prototipado se importa a precios altos.

Para la obtención de la patente, los investigadores contaron con el apoyo de Innovación EAFIT y la Corporación Ruta N.

### Investigadores

**Luis Fernando Sierra Zuluaga**  
Magister en Ingeniería de la Universidad EAFIT e investigador del Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto.

**Diego Andrés Acosta Maya**  
Doctor en Ingeniería Química de la Universidad de Oklahoma e investigador del Departamento de Ingeniería de Procesos de EAFIT.

**Julián Jaramillo Vallejo**  
**Andrés Restrepo Montoya**  
Egresados de Ingeniería de Diseño de Producto de la Universidad EAFIT.

**Alexander Jaramillo Rodríguez**  
**José Luis Cadavid Cárdenas**  
Egresados de Ingeniería de Procesos de la Universidad EAFIT.



Los creadores del dispositivo han ido perfeccionando su diseño de acuerdo con las necesidades de médicos y pacientes.  
Foto Robinson Henao.

## Video laringoscopia hace de la intubación de pacientes un procedimiento más seguro



*Laringoscopia que incluye una valva o cuchilla pivotante y unos canales laterales dispuestos a lo largo del dispositivo, resolución 2246 del 18 de marzo de 2019, de la Superintendencia de Industria y Comercio.*

### Investigadores

#### Juan Felipe Isaza Saldarriaga

Magíster en Ingeniería de EAFIT e investigador del Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto en la misma institución.

#### Christian Andrés Díaz León

Doctor en Ingeniería de EAFIT e integrante del Grupo de Investigación Desarrollo e Innovación en Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (Giditic).

#### Helmuth Trefftz Gómez

Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Rutgers y docente adscrito al Departamento de Ingeniería de Sistemas de EAFIT.

#### José Fernando Arango Aramburo

Médico anestesiólogo del Hospital Pablo Tobón Uribe.

#### David Carmona Zapata

Ingeniero biomédico de la Universidad EIA.

#### Tatiana Sierra Montoya

Ingeniera biomédica del Hospital Pablo Tobón Uribe.

La atención de casos como insuficiencia cardíaca, colapso pulmonar, traumatismo grave y anestesia general requieren de personal médico capacitado y entrenado en la intubación traqueal. Esa es una maniobra que de realizarse con errores se puede convertir en causa de morbilidad y mortalidad asociada al trauma directo de las vías aéreas.

Hacer este procedimiento de forma segura y por otros actores como estudiantes del área de la salud, profesionales de la salud no expertos en la maniobra de intubación, médicos en urgencias o paramédicos en ambulancias es posible ahora gracias al video laringoscopia que le fue patentado a la alianza Simdesign que conforman las universidades EAFIT y CES, en conjunto con el Hospital Pablo Tobón Uribe de la ciudad de Medellín.

Las instituciones académicas trabajan desde 1997 en el Grupo de Investigación de Bioingeniería

para el desarrollo de dispositivos médicos. En este proyecto se unieron expertos en varios campos de la ingeniería como la biomédica, el diseño de producto y la realidad virtual.

El desarrollo se hizo a partir de la anatomía de pacientes reales, de la reconstrucción tridimensional y de sus imágenes médicas, lo que permitió llegar a un dispositivo que hace efectivo asegurar las vías respiratorias y facilita el suministro de oxígeno, medicamentos o anestesia.

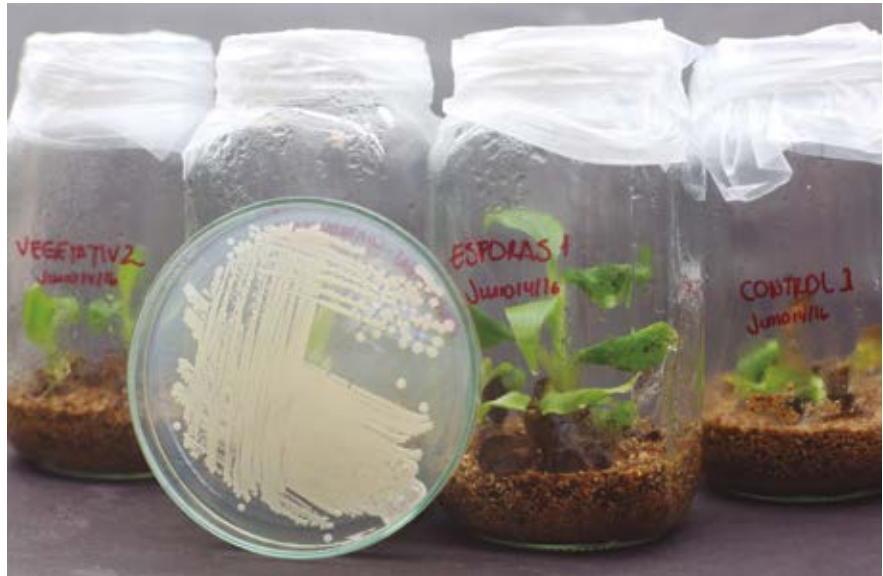
Esta invención puede solucionar la problemática de centros médicos de muchos lugares del territorio colombiano o del exterior que no tienen equipos de estas características, pues los existentes en el mercado o bien no responden a las necesidades locales o, por el alto costo, no están al alcance de las unidades hospitalarias, salvo las de alta complejidad.

# Estimular la producción de banano con un fertilizante biológico



*Proceso para incrementar la producción de biomasa y esporas de bacterias promotoras del crecimiento vegetal del género Bacillus, resolución 7104 del 22 de abril de 2019, de la Superintendencia de Industria y Comercio.*

Parte de las pruebas de este proyecto se realizaron en un cultivo experimental del Centro de Investigación del Banano (Cenibanano), en el municipio de Carepa, en la región de Urabá. Foto Robinson Henao.



**A**celerar el crecimiento y reducir el tiempo de la cosecha del banano mediante técnicas biotecnológicas y amigables con los cultivos es posible gracias a la reciente invención que obtuvo EAFIT a través de las investigaciones del Departamento de Ciencias Biológicas, en alianza con la Asociación de Bananeros de Colombia (Augura).

Se trata del tercer producto agrícola más importante en el ámbito nacional, un cultivo con alta demanda de fertilización que depende de insumos químicos para el suelo y las plantas. La invención es un estimulante natural que, al ser aplicado a las plantas desde etapas tempranas de desarrollo, permite un crecimiento más rápido y vigoroso.

"Lo que se quería desarrollar era un producto biológico que lograra mejorar el crecimiento de las plantas y reducir los niveles de fertilización o ayudar más al suelo en esa parte biológica", comentó al recibir la noticia de la patente la profesora Valeska Villegas Escobar, integrante del Grupo de Investigación en Ciencias Biológicas y Bioprocesos (Cibiop) de EAFIT.

Con el uso del producto patentado hay beneficio para el suelo, buen aprovechamiento de las bacterias de la zona y se puede aumentar el rendimiento e ingresos de los productores. Estos últimos son quienes precisamente manifestaron su interés por desarrollar bioinsumos que puedan ser utilizados en sus plantaciones.

"Es una patente muy importante porque el sector, desde hace algunos años, ha venido sufriendo un poco la baja productividad. Esta es una herramienta muy buena para aportar a los cultivos y mejorar en ese sentido. El hecho de tener un desarrollo con bacterias de la zona y que este pueda, por ejemplo, ayudar a que la producción del racimo de banano se adelante una semana, es una ganancia económica muy grande para los productores", señaló Luz Edith Argel Roldán, investigadora de fitosanidad en Augura.

La alianza entre ambas entidades, que cuenta con el apoyo de Colciencias, cumple 11 años en investigaciones y este desarrollo obtuvo también un registro de invención por parte de la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos en 2017.

## Investigadores

### Valeska Villegas Escobar

Doctora en Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia e investigadora del Departamento de Ciencias Biológicas de EAFIT.

### Tatiana Zazini Cuéllar Gaviria

Doctora en Ingeniería de EAFIT.

### Sandra Mosquera López

Ingeniera de Procesos de EAFIT y magister en Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia.

### Luisa Fernanda Posada Uribe

Ingeniera de Procesos de EAFIT y magister en Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia.

### Educrecia María Ramírez Correa

Doctora en Biología de la Universidad de Antioquia.

### Luz Edith Argel Roldán

Doctora en Biotecnología de la Universidad de Antioquia.

### John Jairo Mira Castillo

Magister en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia.



# Un reactor de plasma único en el país



Reactor tipo SLAN, resolución 12436 del 10 de mayo de 2019, de la Superintendencia de Industria y Comercio.

## Investigadores

### Juan Manuel Jaramillo Ocampo

Postdoctor en Plasma del Instituto Tecnológico de Aeronáutica (Brasil) e investigador del Departamento de Ingeniería Física de EAFIT.

### Jhon Rober Atencio Urieta

Magister en Física Aplicada de EAFIT.

### Simón Uribe Peláez

Magister en Física Aplicada de EAFIT.

**A** los estados sólidos, líquidos y gaseosos se suma uno que tiene características propias y que es considerado una agregación de la materia con cargas de iones que le permiten ser un gran conductor eléctrico. Se trata del plasma, un estado que ahora se puede producir también a través de un reactor tipo SLAN que le fue patentado a la Universidad gracias al trabajo de investigadores del Departamento de Ciencias Físicas y que es único en Colombia.

A través de este dispositivo es posible generar ondas electromagnéticas para

el desarrollo de plasma que puede ser aplicado en diversos campos de la industria como la aeronáutica, la biomédica, la óptica, los textiles o las telecomunicaciones. Comúnmente los plasmas se pueden encontrar en televisores, monitores o dentro de tubos fluorescentes.

De acuerdo con Juan Manuel Jaramillo Ocampo, docente del Departamento de Ingeniería Física y miembro del equipo investigador, el plasma se obtiene a partir de unas corrientes inducidas en las paredes de una cavidad cilíndrica que tiene una abertura muy

fina y que está vinculada a unos tubos rectangulares que se conocen como guías de onda. Estas corrientes generan un campo electromagnético muy fuerte de modo que al pasar un gas por esta región se genera el plasma.

El profesor Jaramillo explicó que, por el momento, el desarrollo del reactor está a nivel de laboratorio. "El reactor tiene la ventaja de que genera un plasma a baja presión. No tengo que hacer altos vacíos para obtener ese plasma y, como todos los plasmas, lo puedo utilizar para tratar materiales", detalló el investigador.



El potencial de esta tecnología, basada en un proceso de plasma asistido por microondas, está en que la técnica es de menor costo y alto rendimiento. Foto Robinson Henao.

# Arcillas activadas para blanquear aceites comestibles



Proceso para obtener arcillas activadas y arcilla activada obtenida por este, resolución 17350 del 28 de mayo de 2019, de la Superintendencia de Industria y Comercio.



La arcilla desarrollada captura las sustancias que causan el mal olor y la oxidación en el aceite. Foto Robinson Henao.

## Investigadores

### Diego Andrés Acosta Maya

Doctor en Ingeniería Química de la Universidad de Oklahoma e investigador del Departamento de Ingeniería de Procesos de EAFIT.

### Carolina Cifuentes Villegas

Ingeniera de Procesos y magíster en Administración de EAFIT.

Las impurezas en los aceites comestibles le generan a la industria la necesidad de utilizar procesos que eliminen sustancias que dan color, ácidos grasos, mal olor y oxidación al producto, una técnica conocida como “blanqueamiento” que se puede resolver gracias a la existencia en el mercado de arcillas adsorbentes.

Ahora, EAFIT cuenta también con un proceso para obtener este producto con condiciones óptimas, la posibilidad de reducir los costos en un 30 % o 40 % y bajar los tiempos de producción de siete a dos horas, aproximadamente.

De acuerdo con Diego Andrés Acosta Maya, profesor e investigador del Departamento de Ingeniería de Procesos, estos aceites pasan por prensados y extracción con solventes que pueden contener sustancias inadecuadas para el consumo humano y que hacen de la vida útil del producto un periodo más corto.

A través del uso de bentonita cálcica, un mineral de estructura cristalina laminar, los investigadores intercambiaron iones de calcio por iones de hidrógeno del ácido sulfúrico para adsorber la sustancia de manera selectiva y así llegar al blanqueamiento del producto que es común en los hogares.

Sin embargo, la invención también podrá ser útil en empresas que producen aceite vegetal (soya, palma o girasol) o en la industria de bebidas azucaradas para limpiar jarabes de azúcar y así poder realizar cualquier tipo de operación en alimentos.

# Aislador para proteger de sismos equipos de subestaciones eléctricas



*Dispositivo de aislamiento sísmico para estructuras esbeltas y sistema aislador de movimientos sísmicos para estructuras esbeltas, resolución 23771 del 12 de junio de 2019, de la Superintendencia de Industria y Comercio.*

Entre los muchos impactos que generan los movimientos telúricos en el país los que sufren las subestaciones eléctricas de alta tensión en sus estructuras pueden dejar sin operación a las plantas y hacer que se suspenda el suministro de energía en regiones enteras.

Esto sucede porque los equipos "esbeltos" que predominan en estos espacios -aquellos que tienen una base muy chica en comparación con la altura- se tambalean en los sismos y sus piezas fabricadas en porcelana se pueden averiar, lo que implica una inversión económica y técnica para su posterior reparación.

La invención del Grupo de Investigación en Mecánica Aplicada y la empresa del sector eléctrico, Ecuas, permite aislar y disipar la energía en un mismo dispositivo, una de las principales características frente a los aisladores sísmicos tradicionales disponibles en el mercado.

"El desarrollo (que consiste en un dispositivo mecánico de acero con unos resortes) fue creado para evitar que los movimientos del suelo lleguen hasta los pilares, pero en caso de que el movimiento sea muy fuerte y logre impactarlos solo se va a sentir un balanceo en la estructura que no afectará los equipos de transmisión de energía", señala Juan Diego Jaramillo Fernández, profesor del Departamento de Ingeniería Civil.

Al usarlo, las empresas dedicadas al transporte de electricidad en el país podrán disminuir los costos que representan importar aisladores desde Europa y acceder a un dispositivo con buena calidad técnica y con destacable nivel de innovación que, aunque está diseñado principalmente para subestaciones eléctricas de alta tensión, pueden adaptarse también a otras estructuras con pesos y longitudes similares. ■



Esta es la invención que se probó a escala real en el Laboratorio de Investigación de Ingeniería Sísmica de EAFIT. Se utilizó una estructura esbelta de una subestación eléctrica que facilitó la empresa Interconexión Eléctrica S.A., ISA. Foto Robinson Henao.

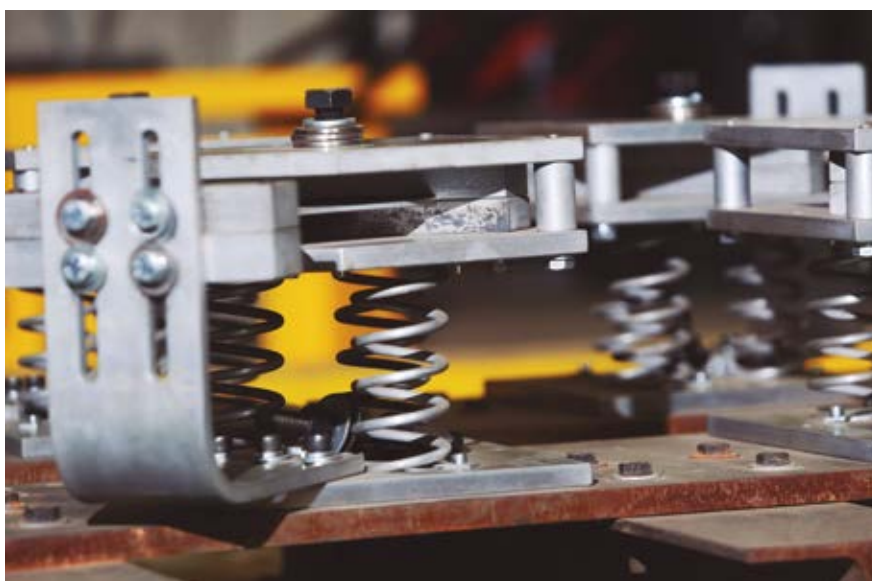
## Investigadores

### Juan Diego Jaramillo Fernández

Doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México e investigador del Departamento de Ingeniería Civil de EAFIT.

### Giovanni Gélvez Gélvez

Ingeniero civil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander e investigador de Ecuas Consultores S.A.





# Fábricas inteligentes y fusión de tecnologías



**Las industrias 4.0 y las tecnologías convergentes son dos puntas de lanza de la llamada Cuarta Revolución Industrial. Su crecimiento ha sido exponencial en la última década y su impacto ya sacude la producción de bienes y servicios, y la vida cotidiana de muchas personas.**

**MÓNICA MARÍA VÁSQUEZ ARROYAVE**  
Colaboradora

**E**n 1837, el herrero y luego fabricante John Deere empezó a dar forma a un negocio de maquinaria agrícola que ayudara a los agricultores cuyos instrumentos para arar no lograban aflojar la tierra endurecida de sus terrenos. Hoy, lejos de verse como una empresa obsoleta, Deere & Company ha evolucionado hacia las tecnologías de la llamada industria 4.0 uniéndose a IBM para implementar procesos de mantenimiento en las etapas de producción y, a partir de servicios digitales, brindar información a quienes trabajan la tierra sobre temas variados como alertas meteorológicas y asesoramiento en cultivos.





Las industrias 4.0 innovan en temas como fábricas inteligentes, producción autoorganizada y fabricación asistida por robot, simulaciones de línea de producción y control de calidad impulsado por datos. Foto Shutterstock

Al igual que ella, otras compañías han integrado este nuevo modelo de organización y control sobre la cadena de producción. Es el caso de BMW, que utiliza algoritmos en las máquinas de montaje de vehículos que se encargan de analizar las conexiones para identificar errores antes de que sucedan. También usan realidad virtual con la que simulan un entorno 3D que optimiza los procesos y la seguridad.

O las fábricas de Airbus, la empresa europea dedicada a producir aviones, que tienen drones que transportan piezas a los operarios sin que tengan que ser manejados por alguien o tener señal GPS. Todo eso ya es una realidad en países industrializados y, para muchos, es la muestra clara de que la Cuarta Revolución Industrial ya llegó.

Avances como estos, en palabras de Olga Lucía Quintero, docente del Departamento de Ciencias Matemáticas de EAFIT, "permitieron el aumento de la capacidad productiva a nivel industrial y aceleraron el crecimiento de las grandes economías del mundo".

No obstante, la profesora opina que, como concepto, el también llamado "control automático" puede traer problemas como la eliminación de plazas de trabajo, si se enfoca en desarrollar máquinas para hacer tareas hasta ahora realizadas por personas.

En Colombia, avances tecnológicos propios de esta etapa del desarrollo industrial son utilizados desde hace años por grandes compañías como las productoras de cerveza, las mineras y la mayoría de bancos. Lo que ahora se requiere es que la transformación digital y los procesos automatizados lleguen a las medianas y pequeñas empresas.

## EL MOMENTO DE LAS FÁBRICAS INTELIGENTES

La llamada "industria 4.0" es uno de los aspectos centrales de la Cuarta Revolución Industrial que tienen que ver, en esencia, con la articulación o convergencia de las tecnologías de la información –utilizadas de forma tradicional en el campo de las telecomunicaciones y la telemática– para impactar con fuerza en los procesos de producción industrial, explica Óscar Herrera, vicerrector académico de la Universidad Central, de Bogotá, y director del proyecto Clúster de Investigación en Ciencias y Tecnologías Convergentes (NBIC).

## LO ÉTICO, UN ASUNTO CENTRAL

Poder censar y almacenar un sinnúmero de variables –ambientales, fisiológicas, de producción, poblacionales, económicas, etc.– abre la posibilidad de desarrollar infinitas aplicaciones que pueden mejorar la calidad de vida de las personas y las empresas, opina Francisco Vargas, decano de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

Pero advierte que **está sobre la mesa la necesidad de asegurar la actuación ética de quienes desarrollan esas tecnologías**, lo que debe ser un debate constante para lograr que el objetivo sea el bien común por encima de los intereses particulares.

Al respecto, Mónica Álvarez, profesora de EAFIT, piensa que estas nuevas posibilidades tecnológicas también tienen una cara oscura, por lo que entra en juego una discusión ética frente a **un tema que debería apuntar, por encima de cualquier interés, a mejorar la calidad de vida de las personas**.

Óscar Herrera coincide en que de ahí se desprende una mirada frente el papel del ser humano en este mundo: debates sociotécnicos sobre si se convivirá o no con las máquinas como si fuesen seres vivos, y **discusiones éticas y bioéticas gigantescas frente a la concepción misma del mundo**, desde la perspectiva humana, como especie mayor sobre el planeta.

“Las industrias 4.0 se diferencian de otras formas de ver el desarrollo industrial –aclara Herrera– por el hecho de que cuando se logra emplear de forma adecuada la información de un proceso se le puede dar un cierto grado de inteligencia, es decir, que utilice la información histórica del proceso mismo que normalmente puede almacenarse. Pero también puede hacer un análisis para indicar, por ejemplo, cuando hay probabilidad de falla en un producto o cómo mejorar o automatizar algunos ciclos que no están previa, completa o eficientemente automatizados”.

No obstante, su alcance va más allá: la información puede ser utilizada para interconectar una planta con la logística que distribuye los productos hacia otros sitios o articular la producción de unas piezas básicas para un sistema o un producto más complejo. De esa manera, se pueden interconectar fábricas o componentes, e incluso sincronizar momentos y volúmenes de fabricación, al manejar con solvencia datos en cada uno de los puntos de la cadena productiva.

“Es un nuevo modelo de industria centrada en los datos que requiere de una transformación profunda de las mismas. Hoy se identifican seis tecnologías que se enmarcan en lo que denominamos industrias 4.0: inteligencia artificial, internet de las cosas, robótica, realidad aumentada, *big data* y analítica, y manufactura aditiva”, precisa el profesor Jesús Francisco Vargas, decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

El concepto, del que se hablará mucho en los próximos años, fue adoptado inicialmente en Alemania para denominar la penetración del internet de las cosas en los sistemas de producción.

## ETAPAS DEL DESARROLLO INDUSTRIAL

### PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Entre aproximadamente 1760 y más o menos 1840

Comienzo de la producción mecánica, propiciada por el ferrocarril y la invención del motor a vapor.



### SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Finales del siglo XIX y comienzos del XX  
Permitió la producción en masa, gracias a la electricidad y la cadena de montaje.



### TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Inicia en la década de 1960  
Revolución digital impulsada por los semiconductores, la computación en servidores *mainframe* (máquinas de gran tamaño en volumen, capacidad de almacenamiento, potencia de procesamiento y nivel de confiabilidad), la informática personal (décadas de 1970 y 1980) e internet (década de 1990).



### CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Término acuñado en la Feria de Hannover (Alemania) de 2011  
Transformación en la organización de las cadenas de valor, gracias a máquinas y sistemas inteligentes y conectados. Permite la personalización de productos, crea nuevas formas de operación productiva. Fusiona tecnologías y permite su interacción en campos físicos, digitales y biológicos. Avances en ámbitos diversos como la secuenciación genética, la nanotecnología, las energías renovables y la computación cuántica, entre otros.



Información: Libro *The Fourth Industrial Revolution*, de Klaus Schwab.



La formación de los profesionales que trabajarán en estos campos es uno de los desafíos, en especial en países como Colombia, si se quiere superar pronto el rezago tecnológico.  
Foto Robinson Henao

## TECNOLOGÍAS CONVERGENTES, HIBRIDACIÓN DE SABERES

Los expertos coinciden en que las tecnologías convergentes o NBIC – nanotecnología, biotecnología, tecnologías de la información y ciencias cognitivas– representan uno de los retos técnico-científicos más grandes para este siglo. La convergencia de ellas está permitiendo la aparición de nuevas ramas del conocimiento como la bioinformática y la nanomedicina, por ejemplo, los sistemas bionspirados que son sistemas artificiales que se configuran para que funcionen como algún tipo de sistema biológico, es decir, que lo emulan en su funcionalidad.

Para el vicerrector académico de la Universidad Central, las NBIC son otro vínculo que tiene que ver ya no solo con cómo hacer para que las máquinas mismas sean capaces de aprender autónomamente con base en la información que manejan, sino aprovechando la forma en que las personas aprendemos.

“Cuando hablamos de convergencia científico-tecnológica, de manera específica de la nanotecnología, la biotecnología, la informática y las ciencias cognitivas, se hace referencia a cuatro campos del conocimiento que convergen desde hace algún tiempo”, refiere Óscar Herrera.

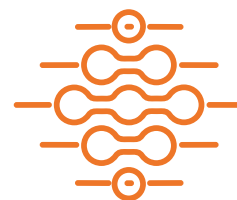
La convergencia científica, dice, se puede ubicar en mitad del siglo XX, o incluso un poco antes, cuando aparecen campos como la biofísica, en el que la física empieza a estudiar sistemas biológicos y a encontrar que principios de esta ciencia que son aplicables a sistemas biológicos le permiten una mayor comprensión de los mismos y, por tanto, su manipulación.

Para Santiago Correa Vélez, profesor del Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto de EAFIT, hoy es imposible concebir a una ciencia embebida en sí misma: “Todas las ciencias necesitan de otras cuando, explorando la frontera de su propio



## Tecnologías asociadas a industrias 4.0

Inteligencia artificial, internet de las cosas, robótica, realidad aumentada, *big data* y analítica, y manufactura aditiva.



## Tecnologías convergentes (NBIC)

Nanotecnología, biotecnología, informática y ciencias cognitivas.



## LOS IMPACTOS SOCIALES

Las tecnologías convergentes representan a algunas de las áreas de mayor desarrollo tecnológico de los últimos 30 años y ejercen gran impacto en los fenómenos sociales, a tal punto que sus avances son indicadores de la calidad de vida y de la economía de un país.

“En los últimos años se han propuesto nuevas **perspectivas para el desarrollo científico-tecnológico que posiblemente impactarán en el progreso de la humanidad** en las próximas décadas. Son numerosos los ejemplos de su impacto desde hace poco más de una década en nuestra sociedad”, afirma Olga Yaneth Vásquez, investigadora de la Universidad Central.

Dentro de los más destacados menciona los **avances en el campo de las neuroprótesis** que permiten que un paciente con tetraplejia (parálisis de las cuatro extremidades del cuerpo) puede mover a voluntad un brazo robótico gracias a una serie de microelectrodos conectados a la corteza motora, como parte de una interface cerebro-máquina.

**“Se espera que estas tecnologías contribuyan a la solución de varios retos a los que se enfrenta nuestra sociedad** –explica la docente– como el suministro de agua potable para una población creciente, reducir el efecto invernadero, mejorar la calidad de aire, diseñar mejores medicamentos y suministrar energía más eficiente y para todos. Estos retos hacen parte del proyecto Millenium, que busca solucionar problemas globales e **invita a superar los 15 grandes desafíos de la humanidad, si queremos sobrevivir como especie**”.



saber, son incapaces de responder sus preguntas. Ahí el trabajo es obligatoriamente transdisciplinar”.

El docente indica que el conocimiento se está haciendo universal gracias a internet y agrega que en la actualidad es difícil ver a un médico sin nociones de ingeniería o a un ingeniero sin conceptos de medicina o biología. Cree que en poco tiempo todos estaremos obligados a saber de *big data* y bioestadística para encontrar y explotar la evidencia científica oculta en los datos.

El uso de tecnologías como la realidad aumentada estará en el seno de las industrias, pero también en la vida cotidiana de las personas. Foto Shutterstock.

## MÁS VELOCES QUE LAS DEFINICIONES

Estas denominaciones, sin embargo, aún no tienen mucha claridad, de acuerdo con Mónica Álvarez Laínez, profesora de la Universidad EAFIT, doctora en física de materiales y relatora para la secretaria técnica del Foro NBIC e Industrias 4.0 de la Misión de Sabios 2019. Eso se debe a que son temas muy nuevos y la tecnología va a una velocidad mayor que la que tienen los académicos para hacer las definiciones. Eso, a su juicio, genera confusiones conceptuales al respecto.

“Una industria 4.0 es la que está conectada. Por ejemplo, una fábrica que produce zapatos que tiene optimización de los procesos, todos ellos articulados y conectados de modo tal que se le puede hacer un seguimiento en tiempo real a un determinado producto, identificar dónde hay problemas y cómo generar mejoras, para la optimización de procesos”, comenta la docente.

## “La Cuarta Revolución Industrial busca también mejorar la calidad de vida entendiendo lo que cada persona necesita: todo es personalizado y a la medida”.

Mónica Álvarez, relatora de EAFIT para la secretaría técnica del foco NBIC e Industria 4.0 de la Misión de Sabios.



Todas estas tecnologías, entre las que se encuentra el *blockchain*, *machine learning* y *big data*, son transversales y van a impactar por igual a las industrias como a la vida cotidiana de la gente. Foto Robinson Henao.

Con respecto a la Cuarta Revolución Industrial, aseguro que es un concepto que va más allá de una empresa, pues entran en juego temas como el *machine learning* (aprendizaje de máquina) que hace, por ejemplo, que en algunos hospitales se identifique a un paciente apenas llegue, aparezca toda la historia clínica y se pueda hacer un diagnóstico más preciso porque tiene toda la información unificada a partir de esas tecnologías que convergen, que se integran en función de un producto o, en el caso que plantea, un servicio.

Para Óscar Herrera, las industrias 4.0 son un nombre de moda y el real término que se debería utilizar es Cuarta Revolución Científico Tecnológica o Cuarta Revolución Industrial, que es donde realmente reposa el lugar actual del hacer realidad los principios de la cibernética y la teoría general de sistemas desarrollados a mitad del siglo pasado.

### ESTO APENAS COMIENZA

La profesora Olga Lucía Quintero, del Departamento de Ciencias Matemáticas de EAFIT, sostiene que el camino apenas se está empezando a recorrer: “El ser humano y su complejo esquema de razonamiento, aprendizaje y toma de decisiones se convierten en la meta que eventualmente puede permitir que las máquinas robóticas logren el máximo de la curva de productividad y eficiencia. No obstante, imitar el cerebro humano no es tan ‘relativamente’ sencillo como imitar el funcionamiento de sus brazos”.

Para el decano de Ingeniería de la Universidad de Antioquia es preciso tener un verdadero sistema de educación profesional que articule la formación técnica, tecnológica y universitaria, ya que todas son necesarias en una época que estará determinada por estas tecnologías. Y cree que no es cierto que una carrera universitaria ya no sea necesaria o que baste con algunos cursos certificables para ser un científico de datos, como algunos piensan por ahí.

Para él, el asunto es de fondo: “Las capacitaciones aportan y habilitan para desempeñar un oficio, pero el pensamiento crítico necesario para innovar disruptivamente se desarrolla y potencializa dentro de un sistema formal de educación en el que es posible investigar y desarrollar las nuevas tecnologías. Renunciar a eso sería condenarnos a una dependencia tecnológica perpetua”. ■



# Oportunidades para saltar a la Cuarta Revolución Industrial



**¿Por qué en círculos académicos, gubernamentales y empresariales de Medellín se viene hablando tanto de Cuarta Revolución Industrial? Dos expertos de EAFIT lo explican y dan claves sobre cómo se podría aprovechar esta discusión.**

**JUAN GONZALO BETANCUR B.**  
Editor revista Universidad EAFIT

**ALEJANDRO ARBOLEDA HOYOS**  
Colaborador

La realidad del sector productivo colombiano de cara a la llamada Cuarta Revolución Industrial es idéntica a una moneda: tiene dos caras perfectamente definidas. En una se encuentran aquellas empresas que están preparadas para afrontar las nuevas realidades del mundo tecnológico, ya están en él y avanzan en la cresta de la ola. En la otra están las compañías que no tienen claro los alcances de aquello que se predica como una transformación del presente y sienten que eso no es con ellas pues, ¿cómo pensarlo siquiera si trabajan con maquinaria de hace medio siglo, cuando menos?

Sin embargo, estar ubicado en cualquiera de esas caras es una oportunidad con vista al futuro. Así lo piensa el profesor Álvaro Guarín Grisales, coordinador del Grupo de Investigación en Tecnologías para la Producción y asesor de empresas del sector manufacturero.

"Si evaluamos bien algunas de las limitantes que tenemos en el sector productivo y pensamos cómo movernos a partir de ellas, tendremos una oportunidad grande de entrar en esa Cuarta Revolución Industrial", explica este docente del Departamento de Ingeniería de Producción.

Del mismo modo opina Juan Carlos López Díez, director del Grupo de Investigación en Historia Empresarial, de la Escuela de Administración de EAFIT, para quien las condiciones que se presentan en una ciudad como Medellín, por ejemplo, son propicias para avanzar, pese a que guarda dudas sobre asuntos relacionados con la financiación y con la capacidad de persistir en ese empeño.

La formación de talento humano es vital para insertarse con éxito en las nuevas dinámicas de hoy. En la imagen, la Fábrica de Aprendizaje de EAFIT.  
Foto Robinson Henao.



**OPORTUNIDAD 1:  
NO SE EMPIEZA  
DE CERO**

---

**“En nuestro medio se ha construido una superestructura afín a lo que llamamos la Sociedad del Conocimiento que, para finales del siglo XX, no existía”.**

Juan Carlos López, profesor Escuela de Administración.

---

En el caso de Medellín, distintas estrategias desarrolladas desde hace más de una década han ido abonando el terreno para hacer posible entrar en esta revolución tecnológica. “En nuestro medio se ha construido una superestructura afín a lo que llamamos la Sociedad del Conocimiento que, para finales del siglo XX, no existía”, manifiesta el profesor Juan Carlos López Díez.

Y menciona a Ruta N, Tecnova, el Centro de Tecnología y Ciencia de Antioquia, el Distrito de Innovación Medellín y a Medellín: City of the Year (el premio internacional obtenido en 2013 como la ciudad más innovadora del mundo). Y también el nombramiento hecho este año por el Foro Económico Mundial que designó a Medellín como sede del primer Centro para la Cuarta Revolución Industrial para Hispanoamérica.

Ese es el quinto foco de este tipo a nivel internacional que se suma a los que ya existen en San Francisco (Estados Unidos), Tokio (Japón), Beijing (China) y Mumbai (India). Su tarea es impulsar políticas públicas que permitan poner en marcha estrategias para promover esa transformación industrial en Colombia y en los países de la región. En su primera etapa trabajará en inteligencia artificial, internet de las cosas y *blockchain*.

A eso se suma todo el andamiaje que han ido montando las universidades y algunas empresas. “Esto ha llevado a que la ciudad ocupe una posición de gran atractivo para extranjeros y gentes de otras regiones”, afirma López Díez.

El docente explica que en la teoría aparece un concepto denominado “empresarialidad” que fue propuesto por los españoles Jesús María López y Santiago Valdaliso. Al hablar de “empresarialidad” de una ciudad o población se hace referencia a toda una serie de condiciones y atributos que hacen que ese territorio sea más proclive que otro para el desarrollo de negocios. Y considera que esa idea aplica muy bien para Medellín.

“Es lo que en economía también se llama ‘externalidades positivas’. Por ejemplo, que la ciudad cuente con una infraestructura apropiada, transporte como el sistema metro, servicios públicos de calidad, unos ciertos patrones de seguridad, etc., son aspectos positivos de cara a la transformación empresarial que se desea”, asegura López.



**OPORTUNIDAD 2:  
HAY EMPRESAS  
CON AVANCES  
SIGNIFICATIVOS**

En una investigación que realiza sobre cómo están preparadas las empresas de Medellín y sus municipios cercanos para asumir la Cuarta Revolución Industrial, el profesor Álvaro Guarín Grisales se encontró con gratas sorpresas. Por ejemplo, que ya hay compañías metidas de lleno y trabajando con éxito bajo esa dinámica.

“Existen empresas que no solamente están preparadas para entrar en la Cuarta Revolución Industrial, sino que son de avanzada. Ahí están algunas del sector médico que son capaces, por ejemplo, de escanear la cabeza de un paciente; pueden censar, medir y diagnosticar con alta precisión; luego ir a una máquina de impresión 3D e imprimir el implante que se le tiene que poner a esa persona. Y utilizan materiales con una tecnología altamente sofisticada. Ahí estamos preparados”.

Además, ve oportunidades en el sector odontológico, en la industria de alimentos para personas y mascotas, y en la exportación de frutas.



La producción de contenidos y de obras que se inscriben en las llamadas "industrias culturales", como los que se hacen en el MediaLab de EAFIT, es otro campo que tiene gran potencial en Colombia. Foto Robinson Henao.



## MUCHAS DUDAS

Las plantean también los profesores Álvaro Guarín y Juan Carlos López. Estas son solo algunas:

- A partir de nuestros determinantes políticos, económicos, sociales y productivos, ¿qué debe ser una Cuarta Revolución Industrial para Colombia?
- ¿Cómo están preparadas las universidades, los centros de desarrollo tecnológico y las empresas para afrontar estos nuevos retos?
- ¿Cómo se va a financiar la transformación?, ¿solo con el aporte del sector privado?, ¿hasta dónde alcanzarán los dineros estatales?
- ¿Medellín y Colombia tendrán la capacidad de persistir en este empeño?
- ¿Qué pasaría en el país si de súbito cambia el horizonte de esa Cuarta Revolución como consecuencia de los acelerados avances tecnológicos?

### OPORTUNIDAD 3: LAS COMPAÑÍAS PUEDEN SER FLEXIBLES

Hay que ser realistas: la inmensa mayoría de empresas no está en el escenario anterior. Incluso, como afirma Álvaro Guarín, en general Colombia se quedó en la Segunda Revolución Industrial que es aquella caracterizada por la producción en serie y por la electricidad como fuente de energía. Por eso el país elabora la mayoría de sus productos, desde automóviles hasta pantalones, bajo ese esquema.

Según Guarín, en Colombia no hay empresas automatizadas por completo, como correspondió a la Tercera Revolución Industrial: muchas solo poseen procesos automatizados, es decir, tienen robots que realizan tareas específicas, pero no la totalidad de su cadena productiva. Además, no tienen la capacidad

de reacción para ponerse a tono con las últimas tendencias pues están enfrentadas al problema de la facturación diaria, a producir y a vender sin parar para mantenerse vivas. Y tampoco tienen los recursos para iniciar procesos de innovación y transformación productiva.

A su modo de ver, hay que tomar lo positivo de esa situación: "El no haber entrado plenamente en la era de la robotización, sino que como país nos quedamos en la segunda etapa del desarrollo industrial, y que la característica de las empresas colombianas es que son pequeñas, permite que se puedan volver flexibles. Hay entonces otra oportunidad grande de entrar a esa Cuarta Revolución Industrial porque ella tiene que ver con un estado de cosas muy dinámico y cambiante que requiere de tal flexibilidad".

Aun así, advierte que deben existir otras características asociadas: "Se requieren en forma paralela sistemas de mejoramiento continuo para que optimicen su sistema productivo, estén interconectados, tengan la calidad que exigen los estándares internacionales y puedan ofrecer precios justos. Ahí podríamos ser competitivos, aunque obviamente para muchos eso es muy complejo de alcanzar".

#### OPORTUNIDAD 4: HAY UN ESPÍRITU INNATO HACIA LOS NEGOCIOS

“Para bien o para mal, estas tierras han sido identificadas y percibidas, escalando incluso a la categoría de mito, como tierras de negociantes, comerciantes, aventureros, empresarios, industriales en el siglo XX y así sucesivamente”, recuerda el profesor Juan Carlos López Díez.

Para él, “esas indiscutibles habilidades, esos ‘menjurjes bursátiles’ del marco de la plaza referidos en el poema *Villa de la Candelaria* de León de Greiff, deben migrar y enriquecerse con la apuesta por la investigación, el conocimiento de nuestra realidad y la vinculación a las redes internacionales con una idea de soberanía propia, como nos han enseñado los japoneses”.

El profesor, experto en historia empresarial antioqueña, comenta que el origen de tales habilidades se puede apreciar mediante el prisma de las principales teorías del espíritu empresarial: avistamiento de oportunidades, sentido del riesgo-incertidumbre y el empresarismo innovador, tal vez del que más se habla hoy.

“Creería que hay que despertar frente a todos estos procesos de innovación y desarrollo para que volvamos a retomar la senda de la productividad”, afirma el profesor Álvaro Guarín. Foto Robinson Henao.

#### OPORTUNIDAD 5: SE DEBATE SOBRE EL TEMA

En su investigación, Álvaro Guarín encontró que la emergencia del concepto Cuarta Revolución Industrial ha motivado una reflexión importante en diferentes instancias gubernamentales, privadas y académicas en torno a las preguntas sobre qué producimos, para qué producimos y cómo lo producimos. Lastimosamente, también halló empresarios que no tienen mucha idea siquiera sobre lo que todo esto implica.

“Creo que esa reflexión va a dar sus frutos –sostiene Guarín–. Yo confío en que tengamos una reindustrialización. Si la logramos, la calidad de vida de nuestros ciudadanos mejorará. Uno de los focos de esa reindustrialización es la incorporación de nuevas tecnologías para volvernos más competitivos”.

Pero corresponde pasar del discurso a la acción y hacer altas inversiones económicas: “El futuro tiene que ser promisorio porque, por ejemplo, en Antioquia estamos enfrentando un proceso atroz de desindustrialización con el cierre de algunas grandes empresas o el cierre de secciones importantes de ellas. Creería que hay que despertar frente a todos estos procesos de innovación y desarrollo para que volvamos a retomar la senda de la productividad. Pero pienso que sí están dadas las condiciones para ello”, concluye.







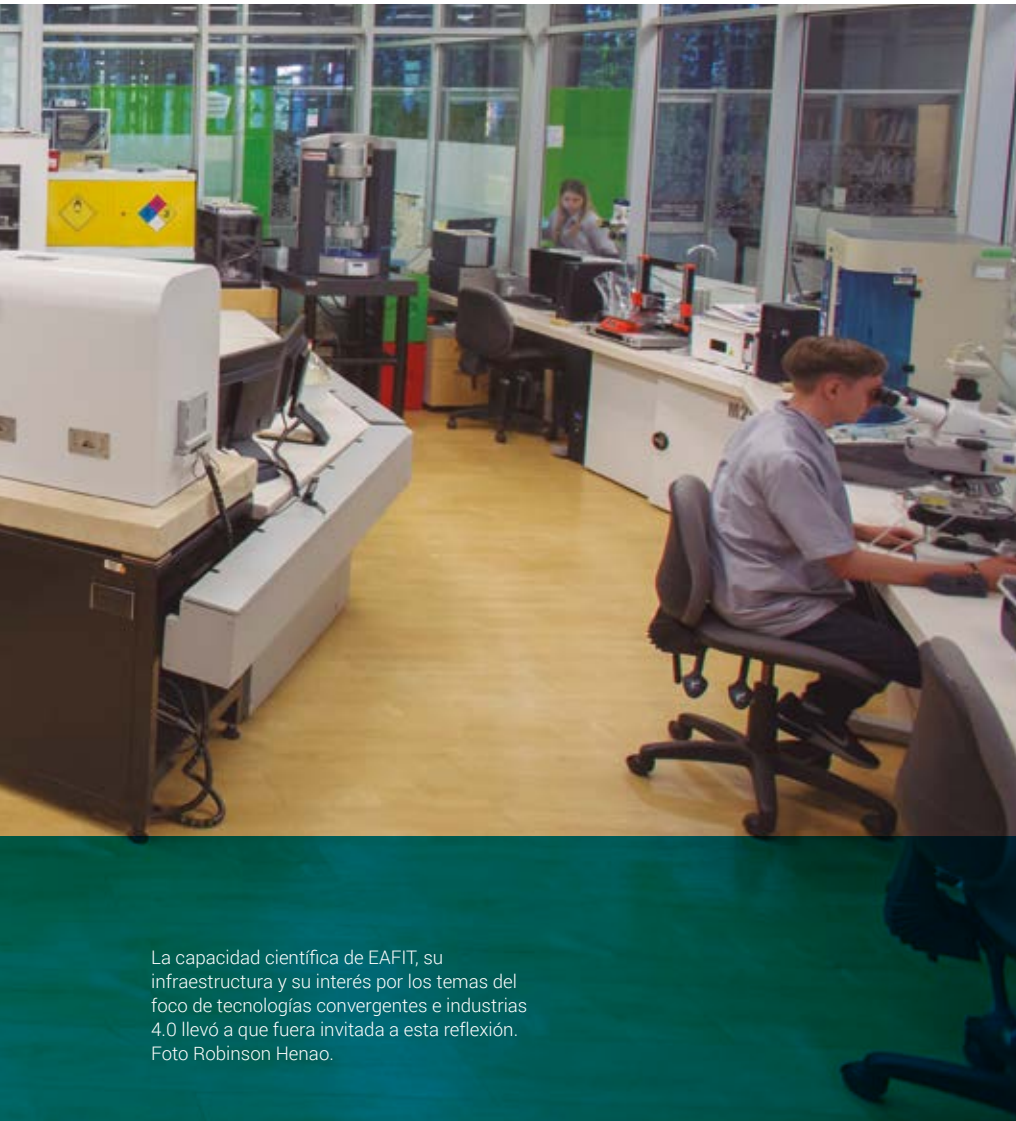
## EAFIT dialoga en el centro de la **Misión de Sabios**

**La Universidad posee un motor en investigación que aporta a la creación del documento que presentará recomendaciones para el desarrollo de Colombia y que elaboran 46 investigadores del más alto nivel convocados por el Gobierno Nacional. El trabajo de EAFIT se centra en el tema de tecnologías convergentes e industrias 4.0.**

**ALEJANDRO GÓMEZ VALENCIA**  
Periodista del Área de Información y Prensa de EAFIT

**I**E nhorabuena! Eran alrededor de las 9:30 a.m. del lunes 10 de junio de 2019 y así saludaba Juan Luis Mejía Arango, rector de EAFIT, a la Misión de Sabios creada por el Gobierno Nacional y que sesionaba en Medellín: “Ya era hora de ocuparse nuevamente y en serio de la ciencia y la tecnología, de remitirse a estudiar las causas y no los síntomas, y actualizar esa visión de a dónde queremos llegar como Nación”.

El directivo incluyó ese saludo en su discurso de instalación de la Primera Cumbre de la Misión Internacional de Sabios que se realizó entre el lunes 10 y el martes 11 de junio en el Parque Explora, y en el que compartió un decálogo con los desafíos que desde su punto de vista afronta la educación. Esas palabras las escucharon, entre varios invitados a la apertura, Marta Lucía Ramírez, vicepresidenta de la República; María Victoria Angulo, ministra de Educación Nacional; y Diego Fernando Hernández, director general de Colciencias.



La capacidad científica de EAFIT, su infraestructura y su interés por los temas del foco de tecnologías convergentes e industrias 4.0 llevó a que fuera invitada a esta reflexión. Foto Robinson Henao.

---

**EAFIT tiene 18 grupos de investigación, 44 investigadores, tres centros de estudio, tres doctorados y cuatro maestrías relacionados con tecnologías convergentes e industrias 4.0.**

---

La Misión tiene como objetivo "aportar a la construcción e implementación de la política pública en educación, ciencia, tecnología e innovación, así como a las estrategias que debe construir Colombia a largo plazo, de manera escalable, replicable y sostenible".

Fue creada por instrucción del presidente de la República, es liderada por la Vicepresidencia de la República y tiene el acompañamiento del Ministerio de Educación y de Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación). A finales de 2019 se espera tener un documento con recomendaciones factibles e inquietudes que aporten al desarrollo sostenible del país.

## EL MÚSCULO EN INVESTIGACIÓN

El 8 de febrero de este año, el Gobierno anunció la lista de los 46 expertos o "sabios" nacionales y extranjeros que integrarían la Misión y que acompañarían el proceso en ocho focos definidos, cuyas secretarías técnicas se entregaron a varias instituciones del país. En esa lista está EAFIT, que comparte con la Universidad del Norte, de Barranquilla, la secretaría técnica del Foco Tecnologías Convergentes – Nano, Info y Cogno– e Industrias 4.0.

En todas las áreas de ese foco temático EAFIT tiene capacidades investigativas que sustentan su selección. Mauricio Perfetti del Corral, vicerrector de Descubrimiento y Creación de la institución, hace referencia a los 18 grupos de investigación, 44 investigadores, tres centros de estudio, tres programas de doctorado y cuatro de maestría que tiene la Universidad en relación con tecnologías convergentes (o NBIC, acrónimo en el que se agrupa nanotecnología, biotecnología, tecnologías de la información y la ciencia cognitiva) y en industrias 4.0 (internet de las cosas, inteligencia artificial, robótica, realidad aumentada, *big data* y analítica, y manufactura aditiva).

Algunos de los grupos son el de Electromagnetismo Aplicado, Ingeniería de Diseño (Grid), Modelado Matemático, I+D+I en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Giditic), Lógica y Computación, Educación Matemática e Historia, Óptica Aplicada, Gestión de Producción y Logística, Comunicación y Estudios Culturales, Estudios en Psicología, El Método Analítico y sus Aplicaciones en las Ciencias Sociales y Humanas, Ciencias Biológicas y Bioprocesos (Cibiop), Materiales de Ingeniería, Bioingeniería GIB (CES-EAFIT), Desarrollo y Diseño de Procesos, Mecánica Aplicada, Grupo de Matemáticas y Aplicaciones, y Grupo RISE. Al poder científico de estos grupos –sustentado en 27 patentes generadas en los temas de la Misión–





se suma la capacidad del Centro de Laboratorios y del Centro de Computación Científica Apolo.

Calidad, acreditaciones y credenciales nacionales e internacionales son algunos de los puntos que menciona Diego Fernando Hernández Losada, director de Colciencias, al referirse a la selección de EAFIT para el foco: "EAFIT es una universidad acreditada que tiene una importante escuela en el tema de tecnología y se ha convertido en un referente en ingeniería a través de grupos de investigación y de lo que vienen desarrollando con el centro de computación avanzada que posee. También por referencias externas ha estado muy interesada en estos temas de tecnologías convergentes".

Ese interés de EAFIT por las tecnologías emergentes y las industrias 4.0 se expresa, además, y como menciona Mauricio Perfetti, en la nueva ruta de navegación que se trazó la Universidad, llamada Itinerario EAFIT 2030, en la que está el propósito de la consolidación de una comunidad científica, y descubrimiento y creación de excelencia.

"Uno de los focos que distingue lo que son hoy en día los avances más grandes de frontera en el mundo en cuanto a cambios en tecnologías, innovaciones e inventivas es este foco. Estar la Universidad y sus grupos en el centro de la Misión de Sabios en este foco es estar precisamente en la excelencia y en la consolidación de la comunidad científica", considera el vicerrector.

En la reunión de la Misión de Sabios en junio en Medellín, el rector de EAFIT, Juan Luis Mejía, presentó su decálogo con los desafíos que desde su punto de vista afronta la educación. Foto Robinson Henao.

---

**“Estar EAFIT y sus grupos en el centro de la Misión de Sabios en este foco es estar en la excelencia y en la consolidación de la comunidad científica”.**

Mauricio Perfetti del Corral, vicerrector de Descubrimiento y Creación

---

## LABOR DE LA SECRETARÍA TÉCNICA

La coordinación logística y académica de las sesiones de la Misión son dos de las tareas que se les encargaron a través de Colciencias a EAFIT y a la Universidad del Norte en el ejercicio de la secretaría técnica del nodo, así como conformar un equipo de asesores internos y externos, realizar sesiones con los sabios y crear un documento final con los resultados del trabajo de los convocados en el foco.

En esas labores trabaja personal administrativo y académico de ambas instituciones de educación superior que han realizado sesiones como mesas de trabajo y paneles para consultar con los diferentes grupos de interés percepciones sobre el presente y el futuro de las tecnologías emergentes y su apropiación.

Una de esas sesiones fue el jueves 16 de mayo, en la que dialogaron en la Universidad jóvenes investigadores con sabios de la Misión como Sara Victoria Alvarado y María del Pilar Noriega, y la científica Ángela Restrepo, integrante de la Misión de Sabios que creó el Gobierno Nacional en el año 1993 y que se recuerda como antecedente de la actual.

"El Gobierno Nacional revive una idea que el país vivió en los años noventa, cuando reunió a las mentes más lúcidas de la sociedad en su momento para que pensarán el país en clave de futuro. El objetivo de la Misión de Sabios no era solamente generar un documento, sino un movimiento alrededor de la ciencia y el pensamiento. Lo importante es la apropiación, la conciencia que debe adquirir el país alrededor del papel fundamental que tiene la educación en la generación y en la transmisión de la ciencia", comentó ese día el rector Juan Luis Mejía.

En esos ejercicios de co-creación también se cuenta la Cumbre Colombo Francesa 2019 de Investigación, Innovación y Educación Superior, que se realizó en las universidades EAFIT y la Universidad CES entre el 12 y el 14 de junio, y que contó con la participación de alrededor de 1.200 investigadores, entre ellos el francés Serge Haroche, reconocido con el Premio Nobel de Física en el año 2012 y uno de los sabios internacionales convocados a la Misión actual.

"La razón de mi participación es que ya había estado en el país intercambiando experiencias con la gente,

con investigadores de ciencias en Colombia. Siempre he estado interesado por la reflexión sobre la educación, la investigación y el vínculo que existe entre la educación en general y la investigación científica", dijo el Nobel de Física durante el evento.

Uno de los resultados de esos ejercicios de co-creación y las indagaciones que ha realizado la secretaría técnica es un diagnóstico de las barreras y oportunidades que tiene Colombia en tecnologías convergentes e industrias 4.0.

## Integrantes de EAFIT y Uninorte que apoyan la Misión



Un sólido equipo de investigadores de las universidades EAFIT y del Norte hacen parte de la secretaría técnica de la Misión de Sabios en el foco de tecnologías convergentes e industrias 4.0:

**Por parte de EAFIT participan** el vicerrector Mauricio Perfetti del Corral, los profesores Mónica Lucía Álvarez Láinez (representante de la universidad ante la Misión), Mauricio Arroyave Franco, José Alejandro Montoya Echeverri y Olga Lucía Quintero Montoya. Cuentan con la asistencia de la profesora Nora Cadavid Giraldo, Daniel Cuartas Rocha, Iván Darío Gómez y la asesoría de Óscar William Caicedo Alarcón.







**Los integrantes de la Universidad del Norte son:** Elías David Niño Ruiz, Pedro Wightman, María Gabriela Calle, Daladier Jabba, Jorge Vélez, Andrés Guzmán, Heriberto Maury, Jovanny Pacheco, Alcides Santander, Miguel Jimeno, Eduardo Zurek, José Capacho, Winston Percybrooks, Jesús Estrada, César Viloria, Diego Gómez, Cristian Quintero, Alcides Santander y, como asistente, Kristell Urueta Páez.



## PROBLEMAS ESTRUCTURALES











En el diagnóstico sobre la situación en Colombia que tiene relación o impacto en el área de las tecnologías convergentes y las industrias 4.0 –compilado en un documento– EAFIT y la Universidad del Norte presentan una línea base sobre la generación de conocimiento y la apropiación de tecnologías en temáticas relacionadas con este foco para la Misión de Sabios.

De ese análisis, la profesora Nora Cadavid Giraldo, asistente de la secretaría técnica por parte de EAFIT, destaca varios puntos:

-  Deficiencias en la formación de capital humano (debido a los problemas de calidad de la educación básica y secundaria).
-  Baja cobertura de internet en los colegios rurales.
-  Bajo número de estudiantes de educación superior en áreas de ingeniería.
-  Baja cualificación del personal que labora en empresas manufactureras (60 % solo cuenta con formación básica).
-  Escasa vinculación laboral de investigadores por fuera del sector académico.
-  Ausencia de grupos de investigación en áreas del foco (solo el 13 % de los grupos de investigación que fueron clasificados por Colciencias pertenece al foco de tecnologías convergentes e industrias 4.0).
-  Bajos niveles de cooperación con instituciones internacionales.
-  Alta importancia de las pequeñas y medianas empresas en la economía nacional, pero con bajos niveles de apropiación tecnológica.
-  Incipiente transformación digital del Estado.
-  Insuficiente infraestructura para la conectividad.
-  Bajos niveles de alfabetización digital de la población.
-  Producción académica del país visible en el ámbito internacional, pero menor que la de referentes como Chile, Brasil y México.

## TRAZAR EL RUMBO, NO SOLO HACER RECOMENDACIONES

En los hallazgos también se han identificado asuntos prioritarios para lograr los objetivos de la Misión y para que, como dice el documento, esta “defina una hoja de ruta específica en lugar de un sinfín de recomendaciones”:

-  Fortalecer y estimular la educación y la investigación en ciencias básicas.
-  Fortalecer y estimular la analítica de datos como pilar para la convergencia.
-  Fortalecer y estimular el bilingüismo.
-  Fortalecer y estimular la alfabetización digital y el pensamiento computacional.
-  Fortalecer y estimular las habilidades blandas en la educación formal e informal a lo largo de la vida.
-  Articular el ecosistema de innovación.
-  Incrementar el número de técnicos y tecnólogos.
-  Comprender que el Estado 4.0 es la plataforma esencial para la transformación digital.
-  Modernizar el marco regulatorio ante los retos que la velocidad de desarrollo tecnológico demanda.
-  Reconocer el carácter transversal del foco en el siguiente proceso de formulación de las recomendaciones.



Justamente a los retos que implican las nuevas tecnologías en la educación se refirió Juan Luis Mejía en el decálogo que compartió en la instalación de la Primera Cumbre de la Misión Internacional de Sabios. Los incluyó en el numeral siete:

“Las nuevas tecnologías, o más precisamente la revolución de la industria 4.0, están fomentando un cambio exponencial en el enfoque y en la forma como las organizaciones y las personas se desempeñan. Hoy hablamos de automatización de roles o funciones, incluso, de un reemplazo completo de profesiones tal como las conocemos. Sin embargo, lo que no será reemplazada es la sensibilidad humana, la misma que nos permite seguir identificando los problemas y las necesidades desde lo profundo del ser, de cada individuo y de cada sociedad”.

“En este sentido –continúa–, la conexión humana seguirá siendo lo más relevante para acompañar estas transformaciones. Y el papel de la universidad como institución en esa transición será la de seguir siendo inspiradora de emociones, ser ese lugar en el que la capacidad de asombro se viva de forma constante, de día y de noche; donde sorprenderse sea un imperativo; donde un amanecer o un atardecer generen la afortunada conciencia de estar vivos para disfrutar las maravillas que nos dispensa el universo. La frialdad de la tecnología solo puede contrastarse con la cercanía de lo humano”. ■

Como parte de este proceso, jóvenes investigadores de EAFIT dialogaron en la universidad con sabios de la Misión como Sara Victoria Alvarado, María del Pilar Noriega y Ángela Restrepo (en la imagen). Foto Robinson Henao.

---

**Entre el grupo de sabios resaltan Serge Haroche –ganador del Nobel de Física en 2012– Rodolfo Llinás y Eduardo Posada, estos dos últimos también integrantes de la Misión que creó el presidente César Gaviria en 1993.**

---





## DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA PARA INVESTIGACIÓN: DE NUEVO AL FILO DE LA OPORTUNIDAD

**MAURICIO ARROYAVE FRANCO**

Jefe del Departamento de Ciencias Físicas,  
Universidad EAFIT

**T**ras 25 años de haberse publicado el informe de la primera Misión de Sabios y en el marco del desarrollo de la Misión Internacional de Sabios 2019, el país continúa con tareas pendientes en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación. Por supuesto, hay también retos enormes por superar en materia de educación, rubro que tampoco escapó a los análisis y recomendaciones de quienes, en 1994, tuvieron el gran desafío de pensar el futuro y mostrarle al país el rumbo que debía seguir para alcanzar su desarrollo a partir de la incorporación de la ciencia y la tecnología en todos los niveles sociales, educativos, económicos y de gobierno.

Consolidar nuestro Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación demandará un esfuerzo en el que muchos de nuestros estamentos públicos y privados deberán comprometerse, más que involucrarse. Por fortuna tenemos modelos para mirar y adaptar a nuestro entorno cultural y biodiverso, pero ¿qué nos hace falta para consolidar este sistema? La respuesta no parece fácil. No obstante, si hay elementos que hacen parte de la respuesta y que son referidos de manera constante por científicos

y estudiosos del tema, cosas que incluso a veces suenan como "verdades de Perogrullo", pero que están allí y seguimos sin resolverlas.

Una de ellas es la difícil tarea de producir ciencia sin las herramientas básicas instrumentales que permiten

que eso realmente ocurra. Las nuevas generaciones de científicos que se están formando ahora y que por razones circunstanciales, o por la firme convicción de hacer patria, regresan después de culminar con éxito un doctorado e incluso después de hacer uno, dos y hasta más posdoctorados, nos confirman una y otra vez que la diferencia sustancial que ven entre hacer ciencia aquí o afuera no es el recurso humano, es en realidad el acceso a laboratorios robustos en los que se encuentra instrumentación avanzada, actualizada y siempre funcional, a capacidades de supercómputo, a rápidas respuestas en el

soporte técnico de esa infraestructura y a la permanente disponibilidad de los insumos para los experimentos.

Aquí la palabra clave es "recursos", por supuesto destinados a estrategias de largo plazo. Y de nuevo pensemos en modelos como, por ejemplo, el de los Laboratorios

---

**Colombia necesita una estrategia para que la consolidación de una infraestructura para la investigación se convierta en realidad y deje de ser la gran limitante.**

---

Nacionales en Estados Unidos, creados hace 70 años, o el de los Institutos en Francia y Alemania o el de las Infraestructuras Técnicas y Científicas Singulares de España. Y para no ir más lejos, el de las Unidades de Investigación en Brasil.

Colombia necesita una estrategia para que la consolidación de una infraestructura para la investigación se convierta en realidad y deje de ser la gran limitante para ofrecer rápidas soluciones a los problemas que requieren de la ciencia y la tecnología, y para que el país tome relevancia global en estos campos.

Sería imperdonable no mencionar los esfuerzos que se hacen desde las universidades y los diferentes centros e institutos que ya existen para aportarle soluciones a nuestra sociedad y alzar la mano para visibilizarse mundialmente por lo que pueden aportar a la ciencia y la tecnología. De hecho, son el ejemplo perfecto para mostrar la potencialidad tan grande que se tiene, pero que se ve coartada por la dificultad de acceder a los medios físicos mencionados. Sin embargo, es igual de imperdonable que la gran responsabilidad de que la ciencia avance, se consoliden tecnologías y se produzca innovación, sea solo de tales instituciones.

La nueva Misión de Sabios se convierte en la nueva gran oportunidad para generar novedosas propuestas que incluyan el desarrollo de una plataforma en las que estén disponibles las "herramientas para investigar". Necesitamos una plataforma nacional de laboratorios para la ciencia, la tecnología y la innovación, con infraestructura actualizada, funcional, permanente, con acceso equitativo y descentralizado para todos los actores de nuestro Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Infraestructura que no dependa del limitado recurso de las universidades, los centros existentes o de esfuerzos aislados de otros actores del sistema.

Disponer de tal plataforma provocaría una total transformación en nuestros procesos científicos y tecnológicos, los aceleraría, les daría mayor

dinamismo, permitiría una rápida evolución entre los experimentos científicos y la irrupción de las innovaciones en el mercado.

Sin duda, el gran desafío para generar tal plataforma es la financiación. Estas infraestructuras son costosas y difíciles de justificar en el plano de lo meramente financiero. No obstante, son justificables por completo en el marco de la Misión. Por esta razón será necesario ser creativos y generar propuestas sostenibles y duraderas en

---

## **Será necesario ser creativos y generar propuestas sostenibles y duraderas en las que aporten tanto el sector privado como el público.**

---

las que aporten tanto el sector privado como el público en proporciones que reflejen un gran compromiso del primero, en tanto que el papel del segundo se consolide con actos legislativos que reflejen la preponderancia del tema.

Parafraseando un poco el informe de la primera Misión, el desarrollo de una robusta infraestructura para el desarrollo científico y tecnológico del país está ahora "al filo de la oportunidad". ■



# Descubren nueva alternativa para **estimular crecimiento del maíz**



Las plantas fueron multiplicadas bajo condiciones *in vitro* (foto) y también en vivero.  
Foto Robinson Henao.

**Dos profesores de EAFIT buscaron nuevas opciones para inducir un mayor desarrollo de las plantas de maíz. La hallaron en nanopartículas magnéticas de óxido de hierro que tuvieron un rendimiento comparable al de fertilizantes comerciales.**

**SEBASTIÁN AGUIRRE EASTMAN**  
Colaborador

Con resultados promisorios cerró la primera fase de un proyecto de investigación interdisciplinario en el que confluyeron la física, la biología, la biotecnología y la nanotecnología para generar una solución que promete ser una ayuda para la agricultura en Colombia y en los países y lugares donde se cultiva el maíz.

Los profesores Álvaro Andrés Velásquez, docente e investigador del Departamento de Ciencias Físicas; Diego Fernando Villanueva, jefe del Departamento de Ciencias Biológicas, y la asistencia de Natalia Andrea Gutiérrez, estudiante de la Maestría en Física Aplicada, y Aura Cristina Sánchez, estudiante del pregrado en Biología, desarrollaron su trabajo en un aspecto esencial del sector agrícola: la nutrición de las plantas. Ahí el uso de fertilizantes es clave, pues estos representan cerca del 20 % de los costos finales del proceso de crecimiento y cultivo de las plantas. Y aunque muchos de ellos pueden funcionar bien, otros no tanto.

Las plantas de maíz, explica el profesor Villanueva, requieren de elementos esenciales para crecer como el nitrógeno, el fósforo, el hierro, el potasio, entre otros, que pueden encontrarse en los suelos de donde la planta los toma y los asimila. No obstante,

en ocasiones esos elementos no están disponibles y, por tanto, el cultivo no tiene el mismo rendimiento.

La investigación buscó una solución intermedia: generar hierro en estados similares a los que requiere la planta para crecer, sintetizando nanopartículas magnéticas de óxido de hierro por debajo de los 100 nanómetros, de tal modo que se pudiera fabricar un fertilizante que la planta asimilara con mayor facilidad. El nanómetro es una medida de longitud que equivale a la milmillonésima parte del metro. Para hacerse a una idea del tamaño, basta decir que en un milímetro caben un millón de nanómetros.

El maíz, señala el profesor Velásquez, fue seleccionado porque su cultivo es uno de los más comunes en todo el planeta para la alimentación no solo de las personas, sino de animales de los que se extraen derivados para el consumo humano.

## EL PROCESO

Velásquez señala que el proyecto ha sido un constante aprendizaje para todos los integrantes del grupo de investigación, pues para iniciar tuvieron que aprender a hacer crecer maíz en el invernadero de la Universidad EAFIT.

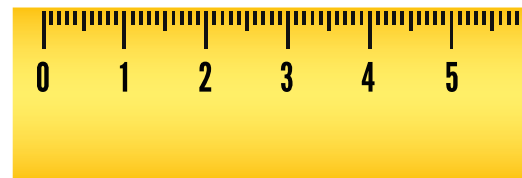
De manera simultánea comenzaron con el trabajo verdaderamente científico: el proceso técnico-químico para la síntesis de las nanopartículas. Para eso analizaron qué tipo de materiales les permitían estabilizarlas de la mejor manera y que el producto se adhiriera bien a la planta cuando fuese asperjado en el cultivo -lo cual se puede hacer con máquinas o rociadores- y la planta lo asimilara en las raíces o a través de las hojas.

Entonces hicieron ensayos en el Laboratorio de Tecnología Vegetal donde utilizaron técnicas de propagación *in vitro* de la planta. Tras asegurar la asepsia

## NANÓMETRO

Medida de longitud que equivale a la milmillonésima parte del metro.

En un milímetro caben un millón de nanómetros.



Tras ser expuestas a las nanopartículas que contenían hierro, cada una de las plantas empezó a ser medida para seguir su crecimiento.  
Foto Robinson Henao.

**El objetivo era buscar que las plantas tuvieran más biomasa, longitud, hojas y, por ende, más tasa de fotosíntesis. Todo eso redundaba en un mayor tamaño de los frutos, mazorcas y granos.**





## LA IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN EL MUNDO Y EN COLOMBIA

- La producción mundial de maíz en 2018 fue de 1.046 millones de toneladas, según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).
- La misma entidad valora de la siguiente forma su importancia en la nutrición humana: “El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales, y es materia prima básica de la industria de transformación con la que se produce almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible”.
- El cultivo del maíz es uno de los renglones más importantes de la producción agrícola colombiana: concentra el 13% del área cultivada, señala la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas.
- Genera 126.000 empleos directos y se estima que 390.000 familias lo siembran en Colombia.



En un reactor se hizo la síntesis de las nanopartículas magnéticas. Se empleó la técnica denominada molienda mecánica de alta energía. Foto Robinson Henao.

y que no crecieran microorganismos, asperjaron las nanopartículas en las plántulas para ver su efecto en ellas.

Una vez se validaron las concentraciones diferentes en el laboratorio, las mejores plantas fueron llevadas al invernadero, donde se estableció un cultivo muy similar a uno de campo (incluso había plantas de hasta 1,5 metros de altura). Cada semana fueron fertilizadas para ver el efecto y, de manera simultánea, se iban contrastando los resultados con los que ofrecían los fertilizantes comerciales.

Al final, todos los tejidos, después de medir sus variables agronómicas (cobertura vegetal, alturas del cultivo, índice de área foliar, entre otros), fueron colectados, congelados a -80 grados centígrados hasta ser procesados en laboratorio, y allí les hicieron las pruebas bioquímicas y moleculares requeridas para una evaluación completa.

## LOS RESULTADOS

El objetivo era buscar una alternativa que promoviera un mayor crecimiento de las plantas, que estas tuvieran más biomasa, longitud, hojas y, por ende, más tasa de fotosíntesis. Todo eso redundaba en un mayor tamaño de los frutos, las mazorcas y los granos.

“Por ahora, la investigación se ha focalizado en el trabajo en invernaderos y no se han hecho labores de campo, pero los resultados preliminares auguran buenos resultados, ya que hay evidencia de que las plantas sí responden mejor a las nanopartículas

**Los hallazgos preliminares auguran buenos resultados, ya que hay evidencia de que las plantas responden mejor a las nanopartículas magnéticas de óxido de hierro estabilizadas que a otros fertilizantes evaluados.**



Medio centenar de plantas se utilizaron para este estudio en los viveros de la Universidad. Foto Cortesía.

magnéticas de óxido de hierro estabilizadas que a otros fertilizantes que han sido evaluados".

Otros síntomas positivos se han registrado en la síntesis misma de la clorofila y en la generación de actividad enzimática de algunas proteínas que fueron medidas por vía espectrofotométrica (se mide la cantidad de intensidad de luz absorbida después de pasar a través de una solución muestra), aunque están intentando hacer evaluaciones moleculares para ver cuál es la expresión de algunas proteínas que dependen del hierro.

"Por ahora, en los resultados no nos hemos involucrado con temas de costos de producción en los cultivos, pero creemos que por ese lado también habrá respuestas positivas ya que la producción de ferrofluidos de nanopartículas pondría a disposición de los agricultores un producto que no se encuentra tan fácil en los suelos", señala Villanueva.

## LOS BENEFICIOS

El jefe del Departamento de Ciencias Biológicas sostiene que los principales beneficiarios con esta solución serán los agricultores, pues al final van a obtener mejores resultados en su producción y no tendrán que buscar más tierras para sembrar: en la misma área que posean tendrán plantas con más producto disponible. Y advierte que igualmente el consumidor final obtendrá ventajas con la calidad del producto final.

"Si logramos generar mayores rendimientos en la misma área cultivada habrá un impacto general sobre el medio ambiente y la biodiversidad", resalta Villanueva.





Un ensayo previo a la aplicación permitió comprobar la respuesta de las nanopartículas a un campo magnético externo, un imán. Foto Robinson Henao.

## LA AGRICULTURA, OPORTUNIDAD DE APLICAR LA NANOTECNOLOGÍA

El profesor Álvaro Andrés Velásquez señala que desde hace diez años viene desarrollando pruebas con nanopartículas magnéticas de óxido de hierro en diferentes aplicaciones, entre ellas dispositivos espintrónicos -materiales en los que, manipulando el espín de los electrones, se pueden controlar las propiedades eléctricas del material- y sistemas con potencial uso en descontaminación de aguas residuales.

Gracias al trabajo en conjunto con el personal de biología ha encontrado una oportunidad de aplicar lo investigado en el sector agrícola, en especial este tema que ha generado alta controversia por los efectos de la nanotecnología sobre el agro.

"Alguna vez me llamó la atención, al revisar la literatura, que las nanopartículas se aplicaban para es-

timular el crecimiento de diferentes tipos de plantas como calabazas, árboles de roble, pepinos y cereales, entre ellos el maíz. Sin embargo, este es un tema que, como se dice en términos investigativos, es de frontera abierta, pues todavía no se tiene un conocimiento profundo sobre qué efectos pueda tener sobre la primera generación de las plantas o si puede haber efectos secundarios en segundas y terceras generaciones", afirma Velásquez.

Agrega el docente que esta investigación tiene un componente vital para la sostenibilidad alimentaria de Colombia por ser uno de los productos más importantes en el consumo nacional y porque el maíz se está teniendo que importar casi en su totalidad por la baja competitividad productiva de los cultivadores nacionales.



Álvaro Andrés Velásquez (izquierda)  
y Diego Fernando Villanueva-Mejía.  
Foto Robinson Henao

## LOS RECURSOS

La investigación ha contado con el apoyo económico, en su totalidad, de la Universidad EAFIT, pero más adelante los investigadores esperan que, una vez los resultados sean validados en una fase más amplia que pueda hacerse en campo, se atraiga al sector privado y este se dedique a invertir.

El paso a seguir es realizar experimentos adicionales en vivero y en campo, para recoger mayores evidencias sobre el efecto benéfico de las nanopartículas de óxido de hierro en este tipo de plantas. De esta forma, dice Velásquez, "los resultados podrían validarse y someterse a juicio de la comunidad científica involucrada en estos temas".

En el corto plazo, los resultados de esta primera fase les serán compartidos a productoras de maíz, para buscar hacer un proyecto cofinanciado de mayores dimensiones.

Lo anterior impulsará la publicación de los resultados en revistas científicas indexadas, en las que unos pares interviengan y validen el ejercicio investigativo para que los hallazgos cobren sentido en la comunidad académica más amplia. ■

## Investigadores

### Álvaro Andrés Velásquez

Doctor en Física y docente del Departamento de Ciencias Físicas de EAFIT. Entre sus intereses académicos e investigativos se encuentran la instrumentación científica y el nanomagnetismo. Algunas de sus investigaciones tienen que ver con la síntesis y caracterización de partículas de óxido de hierro en la micro y la nano-escala, funcionalizadas para la captura de mercurio divalente en aguas residuales, y el diseño y construcción de un espectrómetro Mössbauer en las modalidades de transmisión y conversión interna.

### Diego Fernando Villanueva-Mejía

Profesor Titular y jefe del Departamento de Ciencias Biológicas. Biólogo con maestría en Ciencias y doctorado en Biotecnología. Tiene experiencia en investigación biológica y biotecnológica aplicada en sistemas agrícolas y ambientales; biología molecular aplicada a plantas, bacterias e insectos, y en el desarrollo de plantas modificadas y editadas genéticamente, análisis de genomas y transcriptomas, cultivo de tejidos vegetales y genética de poblaciones.

### Natalia Andrea Gutiérrez Andrade

Ingeniera Física de la Universidad EAFIT, hizo una maestría en Física Aplicada en la misma universidad. Su tesis de pregrado fue sobre el diseño, construcción y validación de un crióstato de dedo frío para Espectroscopía Mössbauer, por el cual recibió mención de honor. Obtuvo el primer puesto de EAFIT en la convocatoria de jóvenes investigadores e innovadores de Colciencias, versión 2018, y se ubicó en el puesto cinco a nivel nacional.

### Aura Cristina Sánchez Ortiz

Estudiante de octavo semestre de Biología. Recién se inicia como investigadora y sus intereses son las plantas, la modificación genética y la biotecnología en general.



# Las matemáticas ayudan a controlar el dengue

**BIBIANA ANDREA MONÁ GIRALDO**

Periodista Área de Información y Prensa de EAFIT

Físicos, biólogos, médicos, matemáticos, informáticos y estadísticos trabajan con los servicios epidemiológicos de las ciudades de Riohacha, Neiva, Bello e Itagüí para proponer un sistema de alerta temprana que permita prevenir y controlar el dengue. Los modelos matemáticos son el eje del proceso.

El *Aedes aegypti* hembra es el mosquito transmisor del dengue. Foto Shutterstock.



El proyecto implica el trabajo conjunto entre investigadores y funcionarios del sector salud. Aquí, una sesión en la Secretaría de Salud de Bello. Foto Robinson Henao.

## FORMAS DE PREVENIR LA ENFERMEDAD

El proyecto ha desarrollado modelos matemáticos con capacidad para entender y predecir la ocurrencia de esta enfermedad en esas ciudades del país, herramientas que son útiles a las secretarías de salud para la toma de decisiones tendientes a la prevención y control.

Las acciones sobre el mosquito pueden ir desde el control mecánico -que implica hacer limpieza en lugares donde hay aguas estancadas como floreros, llantas y otros sitios donde el insecto deposita sus huevos-, hasta actividades de control químico como la fumigación.

Más adelante se espera aplicar modelos matemáticos o estadísticos para evaluar el impacto del control biológico que se da, por ejemplo, por la liberación de mosquitos *Aedes aegypti* portadores de la bacteria *Wolbachia*. Dicha bacteria se encuentra en estado natural en diferentes insectos en el mundo y no representa peligro para los humanos; además, disminuye la capacidad del mosquito de transmitir a las personas los virus que causan enfermedades como dengue, zika y chikungunya.

En los últimos años esta estrategia de control se ha utilizado en el municipio de Bello y, actualmente, se ha comenzado en Medellín. Aun así, es necesario conocer, a través de los datos, si se pueden observar los efectos de dicha acción de control, según señalan los investigadores.

"El dengue nos alerta porque, si bien mucha gente no muere por esta causa, hay personas que sufren sus síntomas y se incapacitan, lo que acarrea gastos en el sistema de salud por honorarios médicos, medicinas y hospitalizaciones (cuando los casos son graves), y eso le cuesta mucho a las EPS y a las empresas", explica Mauricio Toro Bermúdez, doctor en Informática e integrante del grupo de investigación.

Los síntomas son similares a los de una gripa, pero con los días van empeorando: vómito, dolor de cabeza, dolor muscular y articular, erupción en la piel, fiebre y hasta hemorragia. El causante: *Aedes aegypti*, el mosquito transmisor del dengue, enfermedad que llega a los seres humanos por picaduras de hembras que, a su vez, se han contagiado al succionar la sangre de personas infectadas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es prioridad el desarrollo de herramientas de control de estos vectores que transmiten el virus en las comunidades donde la enfermedad es endémica.

**Cerca de 80 millones de personas se infectan cada año de dengue en el mundo, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud. Este es uno de los mayores problemas de salud pública en países tropicales.**

y que se denomina "Sistema de alerta temprana para dengue en Riohacha, Neiva, Bello e Itagüí como herramienta para la toma de decisiones en pro de la prevención y el control".

Los responsables de esta alianza son, por parte de EAFIT, los grupos de investigación en Matemáticas y Aplicaciones, Modelado Matemático, e I+D+I

en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Giditic), clasificados en la categoría A de Colciencias; así como el grupo de Biología y Control de Enfermedades Infecciosas de la Universidad de Antioquia, categoría A1 de Colciencias. A ellos se suma la Corporación Académica para el Estudio de

las Patologías Tropicales de esa misma universidad.

Aquí confluyen disciplinas diversas del conocimiento pues es una apuesta que, como lo dice María Eugenia Puerta Yepes, investigadora eafitense líder del componente matemático del proyecto, el problema requiere atenderse desde diferentes aproximaciones de la ciencia.



## FUMIGAR ES EFECTIVO Y ES POSIBLE HACER PREDICCIONES

Hay hallazgos en varios frentes de la investigación que, antes que dar por terminado un proceso, dan pie a nuevas indagaciones. Uno de ellos es poder identificar claramente los efectos de las fumigaciones contra el mosquito transmisor del virus, estrategia que ha sido crucial hasta ahora para el control de la enfermedad.

"Se ha justificado desde la literatura científica -afirma el profesor Carlos Mario Vélez- que la fumigación no es un proceso apto para el control del dengue, pero nosotros hemos demostrado, desde los modelos matemáticos y la información proveniente del trabajo de campo con datos reales, que esto no es cierto, que la fumigación sí es una opción de control del mosquito y de reducción de casos de dengue".

Pero aclara que por hacerse de forma muy recurrente termina siendo contraproducente porque el mosquito genera resistencia. De ahí, indica el docente, la importancia de hacer uso del modelo para determinar cada cuánto es prudente hacer las fumigaciones.

Otra de las conclusiones es que sí es posible hacer predicciones acertadas sobre el número de casos a futuro. "El problema es el mosquito, entonces estudiar su comportamiento, su ciclo de vida, su longevidad, su capacidad reproductiva, entre otras variables, es clave para ello", aduce el profesor Henry Laniado.

Sin embargo, el modelo funciona si existen fundamentos confiables y a la mano, y en ocasiones o sobre ciertas zonas esto no sucede. El Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila), del Instituto Nacional de Salud, es deficiente -en opinión de los investigadores- en cuanto a información epidemiológica y no tiene una estandarización en su base de datos.

Pero, aun así, los municipios de Bello, Itagüí, Riohacha y Neiva han proporcionado las cifras con las que cuentan porque la idea es implementar modelos con pertinencia que les sean útiles a sus administraciones municipales.

## EL MODELO

Lo que se busca con este proyecto es que exista un sustento cuantitativo a la hora de definir las mejores estrategias para controlar la propagación del dengue. "Estos modelos permiten a los tomadores de decisiones entender el fenómeno, ver si las acciones que han implementado antes han tenido efecto, y saber dónde, cuándo y cuánto tiempo invertir, por ejemplo, en actividades de fumigación. Eso evita costos ambientales y económicos", señala Carlos Mario Vélez Sánchez, doctor en Ingeniería Automática e Informática Industrial e investigador en esta propuesta.

Según Henry Laniado Rodas, doctor en Ingeniería Matemática, desde la estadística también se han podido hacer predicciones sobre dónde habrá un criadero del mosquito en tiempo o espacio, a través de la revisión en casas identificadas por coordenadas geográficas, lo que evita invertir dinero y esfuerzos en la revisión de estos criaderos.

"La estadística nos permite saber cuál es el número de casos de dengue que habrá a futuro y, a través de un modelo estadístico que se hace con datos históricos y con otras variables, podemos hacer predicciones dos o tres semanas adelante, de cara a diseñar estrategias de anticipación y prevención", resalta el investigador.

La Ingeniería de Sistemas, explica Mauricio Toro, toma estos modelos matemáticos y estadísticos, y los lleva a un software compuesto por una página web que tiene una interfaz muy simple que puede ser utilizada por un epidemiólogo para entender la información como él quiere verla.

"Queremos que la investigación que hemos realizado en estos seis años esté a un clic de la gente, que los epidemiólogos o quienes controlan la enfermedad tengan en el software el insumo para tomar las mejores decisiones. Para eso debemos idear una forma en la que no haya que irse a los artículos de investigación o, incluso, interactuar con nosotros todo el tiempo para comprender la herramienta", explica María Eugenia Puerta.

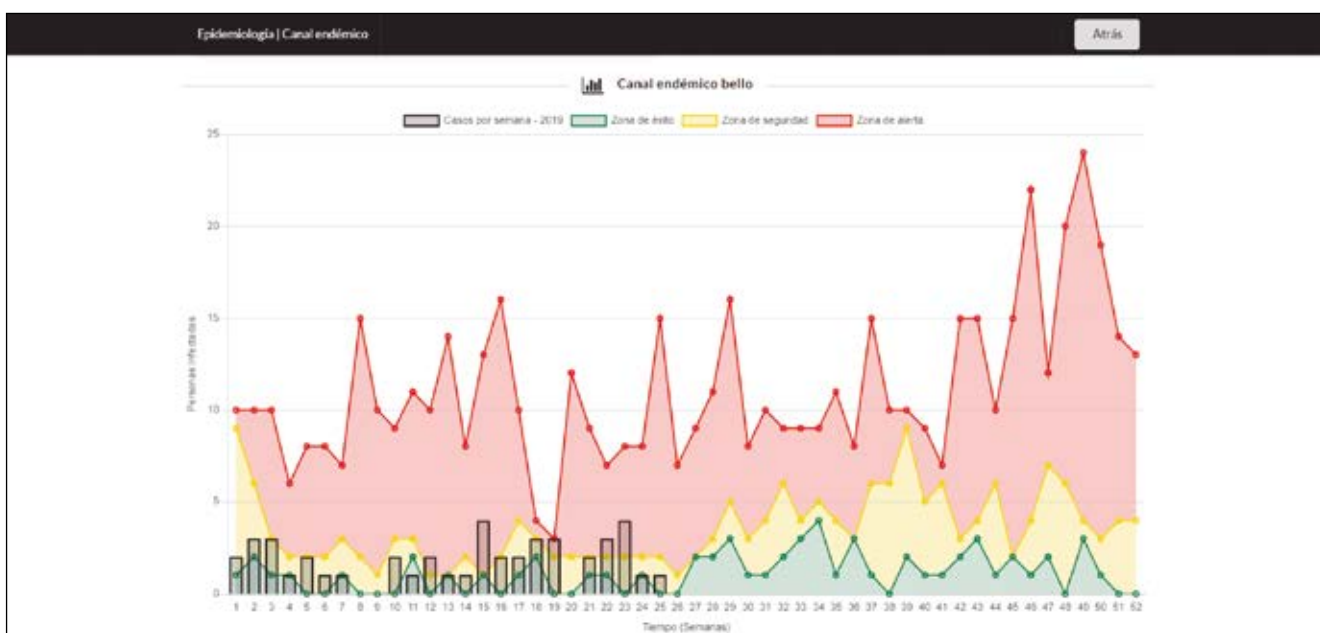
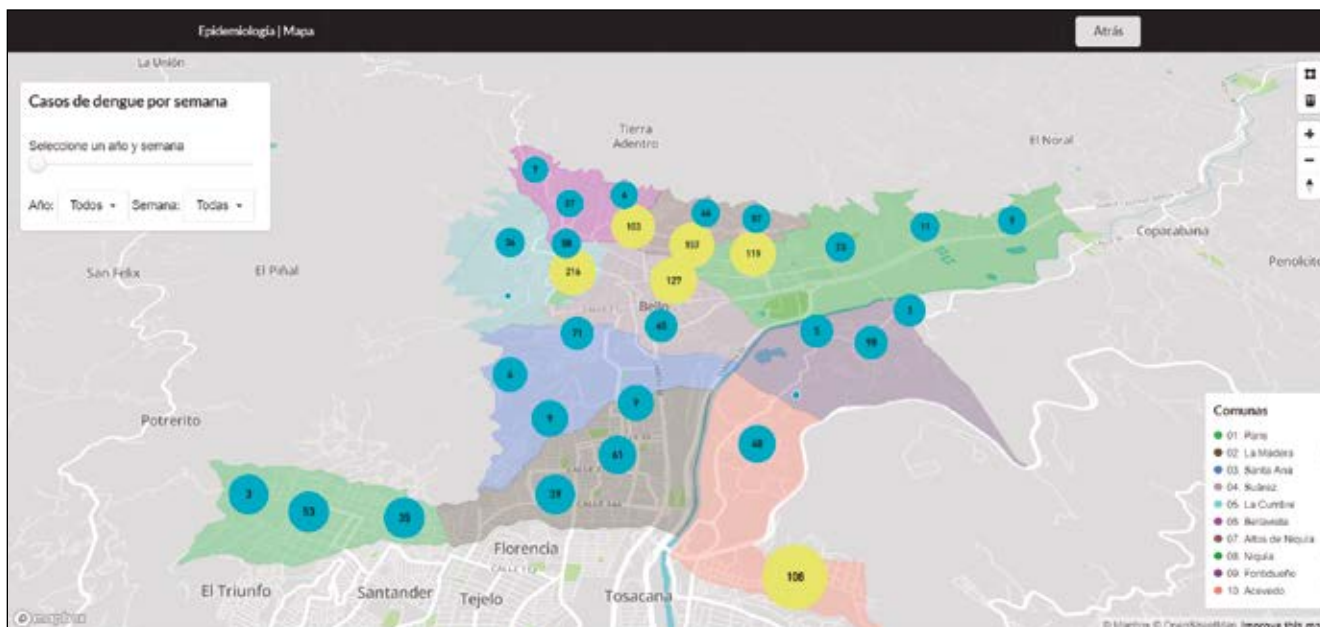
## SE VEN LOS BENEFICIOS

Henry Pulido Duarte, epidemiólogo de la Secretaría de Salud del municipio de Bello, se ha beneficiado con los avances del proyecto: ahora puede predecir, de acuerdo con la introducción de ciertas variables en el software, los brotes epidémicos de dengue en su ciudad, crear una matriz gráfica e intervenir de manera ágil en las comunidades.

"El impacto del proyecto es crucial en nuestro municipio porque contamos con una herramienta que nos ayuda a introducir información precisa, hacer monitoreo, determinar casos por barrios o comunas, realizar intervenciones oportunas o hacer predicciones que nos permitan llegar de una manera más temprana al control de la enfermedad. Esto es un avance muy importante", refiere el funcionario.

Y es que, como lo dice la profesora María Eugenia Puerta, este estudio ha sido una fuente de inspiración para desarrollar las matemáticas, es un tema relevante para la sociedad, y para los investigadores y la academia en general representa un campo importante de trabajo.

El proyecto desarrolló modelos matemáticos capaces de entender y predecir la ocurrencia de esta enfermedad.



El software creado por el proyecto presenta tanto los datos estadísticos sobre el comportamiento de la enfermedad en barrios y comunas de cada municipio, como las predicciones, según la estadística, que permiten anticiparse con acciones preventivas en la comunidad.





**Arriba:** las acciones contra la enfermedad van desde el control mecánico -limpieza de lugares donde puede crecer el mosquito transmisor- hasta el control químico como la fumigación. Foto Robinson Henao.

**Abajo:** algunas tareas de inspección de lugares donde posiblemente se reproduzca el mosquito se hacen con base en lo que determina el modelo matemático creado para el control de la enfermedad. Foto Robinson Henao.

## EL APOORTE FORMATIVO DEL PROYECTO

Esta investigación no solo tiene efectos hacia afuera, también en el terreno de lo formativo ha sembrado sus semillas, mediante la participación de estudiantes de pregrado y posgrado en las diversas etapas del proyecto de las dos universidades participantes. Algunos hablan de su experiencia:

“Hemos logrado una buena recepción por parte de los estudiantes para trabajar con nosotros -expresa la profesora María Eugenia Puerta-. A ellos les ha interesado entrar en estudios que incorporan estas áreas disciplinares y donde se enfrentan varios retos”.

Daniel Rojas Díaz, estudiante de Biología de EAFIT, afirma que estar inmerso en el proyecto le ha permitido encontrar en las matemáticas una nueva pasión: “Trabajar con profesores expertos en lo que hacen me ha ayudado a definir un perfil con aptitudes específicas y desarrollar otras habilidades”.

Camilo Londoño López, alumno de Ingeniería Matemática de EAFIT, fue uno de los encargados de llevar el modelo al software en la web. Dice que esa tarea le ha dado la oportunidad de nutrirse de aprendizajes donde confluyen diversos saberes.

Alexandra Cataño López, bióloga y estudiante de la maestría en Matemáticas Aplicadas de EAFIT, aduce que ahora tiene una visión más amplia de los fenómenos biológicos que aprendió en su pregrado, gracias al intercambio de conocimiento y al acompañamiento de los docentes.

Catalina Lesmes Ramírez, estudiante eafitense de Ingeniería Matemática, siente que ahora tiene las bases necesarias para hacer mejor su trabajo investigativo: “Ahora sé cómo se hace investigación y me he adaptado muy bien a este mundo”.

Y Henry Velasco Vera, egresado de la maestría en Matemáticas Aplicadas, está satisfecho con el crecimiento profesional y personal que le ha brindado el proyecto, pues ahora él está convencido del verdadero aporte que, desde las matemáticas, se pueden hacer a otras áreas, como en este caso a la biología.

**“Demostramos, desde los modelos matemáticos y la información proveniente del trabajo de campo con datos reales, que la fumigación sí es una opción de control”.**

Carlos Mario Vélez



Foto Robinson Henao.

## LOS RETOS

Lo que viene para esta apuesta investigativa es lograr que todas las ciencias involucradas contribuyan no solo al control del dengue, sino también del zika, el chikungunya y de otras enfermedades de gran impacto social.

A su vez, procurar que, desde el punto de vista matemático, el modelo se ajuste a las diferentes regiones del país, es decir, que sea capaz de decir algo de las condiciones de cada territorio y poder compararlas entre sí.

“Hemos trabajado con estas cuatro unidades epidemiológicas del país, pero en Colombia hay otras ciudades que tienen esos mismos problemas y quisiéramos trabajar con ellas, sobre todo en las regiones de mayor incidencia de este tipo de enfermedades haciendo un desarrollo más robusto del software”, subraya María Eugenia.

Igualmente, se busca escalar el tema de modo que el Ministerio de Salud y todos los involucrados entiendan que hay académicos trabajando en investigación desde diferentes puntos de vista, y que hay que aunar esfuerzos, tener unas bases de datos más confiables y con mayor facilidad de acceso a estas, así como un mayor trabajo colaborativo entre áreas como la matemática, la biología y la informática.

“Si queremos hacer estos proyectos con pertinencia y gran impacto es necesario que los tomadores de decisiones e investigadores en este campo se involucren porque lo que queremos es contribuir a la solución”, puntualiza María Eugenia Puerta. ■

## Investigadores

### María Eugenia Puerta Yepes

Matemática de la Universidad de Antioquia, doctora en Ciencias Matemáticas por la Universidad Politécnica de Valencia (España). Sus áreas de interés son la biomatemática, la optimización y los sistemas dinámicos.

### Henry Laniado Rodas

Licenciado en física y matemáticas, Universidad de Antioquia; magíster en Matemática Aplicada, Universidad EAFIT; doctor en Ingeniería Matemática, Universidad Carlos III de Madrid (España). Trabaja en las áreas de estadística y analítica de datos.

### Mauricio Toro Bermúdez

Ingeniero de Sistemas, Pontificia Universidad Javeriana; doctor en Informática, Universidad de Bordeaux (Francia). La analítica de datos y la inteligencia artificial son sus campos de mayor interés investigativo.

### Carlos Mario Vélez Sánchez

Físico, y magíster en Física y Matemáticas, Universidad de Kishinev (ex Unión Soviética); doctor en Ingeniería Automática e Informática Industrial, Universidad Politécnica de Valencia (España). Áreas de interés: sistemas dinámicos y sistemas de control automático.

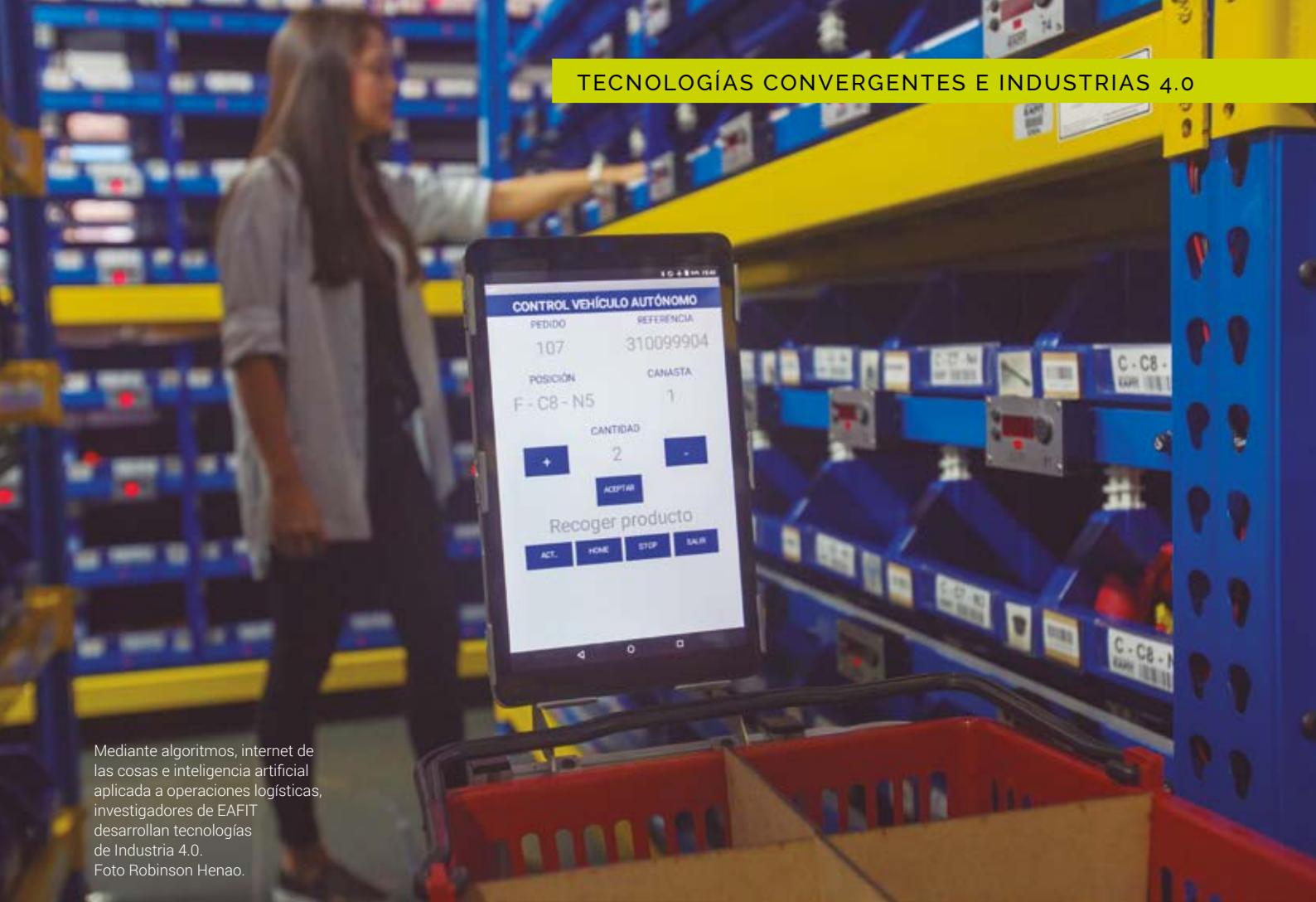
### Sair Arboleda Sánchez

Bióloga, magíster en Biología y doctora en Biología, Universidad de Antioquia. Trabaja en los campos de la genética y la parasitología.

### Ómar Triana Chávez

Licenciado en Biología y Química, Universidad de Caldas; magíster en Biología, Universidad de Antioquia; doctor en Biología Celular, Universidad Santiago de Chile. Áreas de interés: ciencias naturales, ciencias biológicas, bioquímica, biología molecular y epidemiología.





Mediante algoritmos, internet de las cosas e inteligencia artificial aplicada a operaciones logísticas, investigadores de EAFIT desarrollan tecnologías de Industria 4.0.  
Foto Robinson Henao.

# El laboratorio de logística 4.0

Ingenieros de EAFIT simulan a escala el proceso de preparación de pedidos en un centro de distribución. Usan tecnologías como vehículos autónomos, dispositivos con señal lumínica *pick to light* y un sistema informático que integra el entorno automatizado del laboratorio para labores logísticas.

**SANTIAGO HIGUITA POSADA**

Periodista del Área de Información y Prensa de EAFIT

**E**n el Warehousing Lab, un laboratorio de EAFIT con 386 cestas azules dispuestas en estanterías a la manera de una pequeña bodega industrial donde se almacenan 39 mil piezas de lego que hacen las veces de unidades de mercancía, se simula a escala la estación de *picking* o preparación de pedidos de un centro de distribución. En este recinto, expertos en ingeniería trabajan en una de las tendencias innovadoras de la industria mundial: la logística 4.0.

Esta línea de investigación nace de la llamada Industria 4.0 porque adapta las nuevas tecnologías, en particular la robótica, el aprendizaje automático de las máquinas, la informática y el internet de las cosas, entre otras, y es considerada un nuevo paradigma en la industrialización por la integración de los entornos físicos y digitales en las empresas.

Los sistemas ciberfísicos como el Warehousing Lab, dotados con máquinas automatizadas que realizan tareas de monitoreo, control y toma de decisiones mediante algoritmos computacionales y desarrollo de softwares, es uno de los desafíos para la industria local en la modernización de sus procesos tendientes a la productividad.

Allí, un vehículo autónomo liviano con llantas unidireccionales, un pequeño robot de unos 15 kilos que podría transportar unas decenas de libras de peso en dos canastas de supermercado, ha sido desarrollado por científicos de la Universidad. El carrito sigue la ruta señalada por una cinta magnética que traza su trayecto por los pasillos del bloque 14, aula 305, donde se encuentra el Warehousing. La máquina es operada por personal de este centro de investigación.

## NAVEGACIÓN CON BRÚJULAS ELECTRÓNICAS

El ingeniero de sistemas del Laboratorio de Control Digital de EAFIT, Edwin Fernando Giraldo Aristizábal, quien realiza la maestría en Ingeniería con énfasis en operaciones logísticas, es el encargado del desarrollo de este proyecto pionero en el diseño de vehículos autónomos para operaciones logísticas, una manera de comenzar un nicho de innovación.

"El vehículo es capaz de visitar cualquier punto del almacén a partir de una orden que recibe. Lo que hace es entregar un pedido por medio de un software, va de manera autónoma a los puntos a visitarlos de acuerdo con el pedido. Una vez llega, muestra en pantalla cuánta cantidad debe tomar el operario en cada una de las posiciones", explica Giraldo.

El vehículo cuenta con un cerebro -una CPU- para su comunicación remota y fue diseñado con un sistema de navegación automático que usa brújulas electrónicas para desplazarse. "Por lo estrecho del

## El objetivo del laboratorio es comparar los rendimientos de estas tecnologías frente a los procesos manuales de *picking*.

lugar se necesitaba una precisión muy alta para su navegación, fue necesario poner cintas magnéticas en la superficie como guía", describe el creador.

El pequeño transporte automatizado, que supera apenas el metro de alto, tiene una tableta digital que sirve de interfaz y sigue las órdenes del sistema de información. El vehículo realiza una ruta en el laboratorio para poder hacer la preparación de los pedidos. Dentro de la ruta, para en diferentes puntos y le indica al usuario qué cantidad de productos debe tomar de las posiciones cercanas y en qué canasta del vehículo debe guardar los productos.

## GRUPO CON DISTINTAS ESPECIALIDADES

Estos avances que aplican internet de las cosas, robótica, inteligencia artificial y minería de datos, entre otros conocimientos, fueron logrados por un grupo multidisciplinar. Todos son ingenieros con distintas especializaciones académicas que convergen en el Warehousing, un proyecto coordinado por José Alejandro Montoya Echeverri. Tras realizar el doctorado en informática en la Universidad de Angers (Francia), este ingeniero de producción se vinculó a EAFIT para desarrollar algoritmos y modelos matemáticos enfocados a la logística, en particular al almacenamiento y transporte, tema de su investigación doctoral.

"Hablar de la cadena de suministros, modelos matemáticos, tecnologías y algoritmos para la toma de decisiones no es reciente. En los últimos 5 o 6 años se ha creado una tendencia en el mundo que básicamente surge en Alemania con esta reflexión: hemos desarrollado tecnologías en diferentes ámbitos y su convergencia nos lleva a la Cuarta Revolución Industrial", señala el profesor.

En la coordinación lo acompaña Juan Gregorio Arrieta Posada, profesor del Departamento de Ingeniería de Producción y experto en sistemas de calidad y productividad, quien apoya los proyectos en ingeniería que contemplan el desarrollo de tecnologías en logística 4.0, entre ellos los vehículos autónomos y el dispositivo *pick to light*, una tecnología que usa señales lumínicas en un visor electrónico con información para los operarios sobre ubicación y cantidad exacta de productos a tomar en determinado pedido.





El vehículo liviano es un robot que utiliza para su navegación brújulas electrónicas y como guía una cinta magnética. Hoy está en fase de desarrollo un vehículo con mayor capacidad. Foto Robinson Henao.



Este es el Warehousing Lab donde se desarrollan y evalúan las innovaciones en logística 4.0 para la industria local. Foto Robinson Henao.



## El costo logístico es, en promedio, el 13.5 por ciento de las ventas en las empresas colombianas.

Los avances los desarrollan investigadores del Departamento de Ingeniería de Producción en su Grupo de Investigación de Gestión de Producción y Logística. Foto Robinson Henao.

Además, aplicativos como las manillas de radiofrecuencia, que podrán portar los operarios en el momento de *picking* para la captura automática de los movimientos de mercancías dentro del almacén, otro de los futuros desarrollos del grupo de investigadores de EAFIT.

“Son tres tecnologías que se integran. El objetivo del laboratorio es comparar su rendimiento frente a los procesos manuales de *picking*. La idea es conocer cómo es el funcionamiento de las operaciones que se hacen en un centro de distribución a escala más pequeña”, señala Juan Gregorio Arrieta.



## LA INVESTIGACIÓN ACADÉMICA

Las innovaciones en logística 4.0 para la industria local son evaluadas por estudiantes de la maestría en Dirección de Operaciones y Logística de EAFIT. En el Warehousing Lab se miden las productividades de la operación de *picking* usando diferentes tecnologías y estrategias de consolidación de pedidos. Para esto, hacen experimentos donde se compara el proceso manual de preparación de pedidos, respecto a la operación automatizada con los asistentes tecnológicos.

La ingeniera de producción Laura Osorio Sierra estudia el sistema de información del Warehousing Lab y los procesos que allí se adelantan, en conjunto con el ingeniero mecánico Edwin Giraldo, creador del vehículo autónomo liviano, y el especialista en automatización Hugo Alberto Murillo Hoyos.

“La investigación busca involucrar el impacto de las tecnologías en logística 4.0 porque la industria aún no sabe qué tecnología adoptar”, dice la investigadora de 24 años, quien trabaja en el mejoramiento de los procesos de *picking*.

Los desarrollos tecnológicos son asesorados por profesores de distintas áreas de la ingeniería. El ingeniero físico Davinson Castaño Cano y el especialista en automatización Martín Alonso Tamaño, jefe de carrera de Ingeniería de Producción, son algunos de ellos. El equipo lo complementa Juan Pablo Mesa, estudiante de doctorado en Ingeniería quien se ha involucrado en el diseño de un vehículo robusto para asistencia de carga que navegue de manera automática.

“Las industrias en Colombia no están diseñadas para ser robotizadas por completo, pero lo que estamos desarrollando puede aplicarse y ofrecer mejoras”, comenta Juan Pablo Mesa.



Las investigaciones desarrollan tecnologías que puedan usarse en las industrias colombianas, muchas de las cuales no fueron pensadas para ser robotizadas. Robinson Henao.

## LA BASE DE OPERACIONES

En 2018, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) publicó la Encuesta Nacional de Logística que analiza el desempeño y las perspectivas futuras en los procesos que componen la cadena logística. El resultado: el promedio del costo logístico de las empresas del país es el 13,5 % de sus ventas, representado en gran parte por los costos de almacenamiento.

Para mejorar esto, Hugo Alberto Murillo desarrolló el sistema *Pick to light* como parte de su proyecto de maestría en Ingeniería. Este dispositivo permite disminuir los movimientos dentro del almacén y es controlado por el software: enciende la luz de un aparato electrónico instalado en la parte frontal de las estanterías, está dotado de visor numérico y botones que sirven para confirmar la cantidad de producto tomada por el operario.

"Este sistema se utiliza mucho en los centros de distribución. Cuando se recogen productos de un pedido, se tiene que ir a cada posición y recoger cierta cantidad de ellas. El sistema ayuda a que se agilice ese proceso porque indica cuántas y en qué punto se deben recoger", explica el ingeniero.

"Por los costos de adquirir la tecnología tomamos la decisión de crear el sistema", complementa Martín Tamayo, jefe del pregrado en Ingeniería de Producción de EAFIT. ■

## PROYECTOS EN LOGÍSTICA 4.0



### Warehousing Lab Management System

Es un sistema que permite administrar las operaciones de *picking* y conectarse a las distintas tecnologías del laboratorio. Mediante un tablero de indicadores en tiempo real se pueden analizar las operaciones que se están desarrollando en el lugar. Adicionalmente, usando algoritmos de optimización e inteligencia artificial, este software ayuda a tomar decisiones para las operaciones de *picking*.

Este desarrollo tiene diferencias frente a otras herramientas similares para las tareas habituales de almacenaje. Una de ellas es que permite administrar hasta cuatro operaciones de *picking* simultáneas en un mismo espacio.

Es un proyecto liderado por José Alejandro Montoya, ingeniero de producción de EAFIT y doctor en Informática, y Laura Osorio, quien se vinculó como asistente de investigación en el laboratorio donde actualmente desarrolla su proyecto de maestría en Dirección de Operaciones y Logística.



### Pick to Light

Por medio de un sistema de iluminación y un visor electrónico se muestra la cantidad exacta demandada de artículos que la persona debe tomar. Los dispositivos *Pick to light* permiten hacer las tareas de preparación de pedidos con más eficiencia.

Esta tecnología es usada en operaciones logísticas de alta densidad. Una innovación del sistema desarrollado en EAFIT es que la comunicación con cada dispositivo se hace de manera inalámbrica. El sistema de gestión envía la información a cada dispositivo, donde aparece la cantidad de productos que se deben recoger en cada una de las posiciones codificadas del almacén.

Es un proyecto liderado por el ingeniero de sistemas Hugo Alberto Murillo, experto en lenguajes técnicos de programación y control digital, y Martín Alonso Tamayo, magister en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana con experiencia en procesos de automatización del sector industrial.



### Vehículos autónomos

El desarrollo de dos vehículos autónomos, uno liviano y otro robusto, adaptados a procesos de logística, permitirá mayor eficiencia en las operaciones de *picking* para el transporte de mercancías. Mediante un software que realiza la preparación de pedidos se envía en tiempo real la cantidad de productos que deben ser tomados por los operarios, quienes visualizan en una tableta electrónica la información del pedido.

Ya se desarrolló un primer vehículo liviano que utiliza para su navegación brújulas electrónicas y como guía una cinta magnética. El segundo tiene capacidad de carga aproximada de 80 kilos y está en fase de desarrollo.

Estos proyectos son liderados por el ingeniero de sistemas Edwin Giraldo, investigador del laboratorio de Control Digital de EAFIT, y el doctor en Ciencias de la Ingeniería Davinson Castaño.





## EL SISTEMA Y LAS POLÍTICAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**FANOR MONDRAGÓN PÉREZ\***  
Exvicerrector de Investigación de  
la Universidad de Antioquia

**E**n distintos momentos de la historia reciente del país se han hecho ensayos y realizado acciones aisladas para impulsar la ciencia, la tecnología y la innovación, pero todo ello no ha respondido a una política pública claramente definida. Y parte del problema está en que no tenemos constituido un verdadero sistema nacional de ciencia y tecnología.

Cada investigador puede tener una idea sobre qué es un sistema de ese tipo y cómo debe constituirse, ya que no hay una categorización fija que lo defina. Personalmente, pienso que ese sistema comprende dos niveles: uno relacionado con la parte administrativa de la investigación y sus aplicaciones, que es el aspecto gerencial de la ciencia; y el otro nivel es el nivel operativo.

El aspecto gerencial debe tener unos esquemas administrativos dictados desde un Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (en Colombia existía uno que murió hace algunos años). Ese organismo debe tener como función mirar el país a 10, 20 o 30 años para trazar, de acuerdo con la forma en que se está moviendo el mundo, la estrategia de largo plazo a partir de las necesidades nacionales, los recursos con los que se cuenta, etc.

En este nivel también hay que considerar la constitución de un comité que trace las pautas para los periodos de gobierno: esta es una fórmula que permite que cada gobierno defina los criterios para su mandato, siempre enmarcados en lo que establece el consejo estratégico.

Para la parte operativa se requiere además un consejo que se encargue de distribuir los recursos en los proyectos específicos, según los lineamientos de los dos organismos anteriores. Ese organismo tendría que hacer prácticamente lo que hace Colciencias hoy. Esta parte operativa tiene que ver de manera directa con la forma en que se genera el conocimiento y con la manera en que se transfiere a la sociedad.

Otro de los aspectos a considerar es que Colombia no tiene verdaderas universidades de investigación. Cuando se mira a los países desarrollados, todos poseen universidades de investigación que en realidad son pocas, el 3 o 4 % de sus instituciones de educación superior. Estados Unidos, por ejemplo, puede tener alrededor de 4.500 instituciones de educación superior, pero solo 100 o 110 se inscriben en esa categoría.

---

**Un Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación debe mirar el país a 10, 20 o 30 años, de acuerdo con la forma en que se está moviendo el mundo.**

---

Cuando se mira a Latinoamérica, uno no encuentra una verdadera universidad de ese tipo, aunque varias se están aproximando en esa dirección. En todo este marco global, una universidad de investigación es fundamental para la generación de conocimiento y su ausencia podría ser otra de las razones para ese atraso tan impresionante que tiene esta región del mundo.

Dichas universidades son muy sólidas, en ellas la meritocracia es el eje fundamental y al menos la mitad de la población estudiantil corresponde a niveles de maestría o doctorado. Nuestras universidades, en su gran mayoría, no llegan al 10 % en esos niveles de posgrado. Eso significa que estamos lejos de tener ese tipo de instituciones. Ese sería entonces otro problema necesario de abordar.

La otra parte importante en todo este engranaje es cómo se genera el conocimiento y cómo se transmite a la sociedad. Y esto último significa, por ejemplo, transferencia para la industria: en Colombia tenemos cerca de 2 millones 700 mil empresas que necesitan apoyo.

Hoy solo la gran empresa puede estar empleando algunos doctores y se pueden contar con los dedos de las manos. Pero la pequeña empresa es la que necesita el mayor apoyo y para eso se requieren institutos sectoriales que sean manejados con criterios de calidad muy exigentes. Y deben ser independientes jurídicamente de las universidades, deben depender del Ministerio de Ciencia y Tecnología, y tener como misión atender las necesidades específicas de su sector.

Esos institutos ayudarían a desarrollar las regiones al estar ubicados donde haya mayor potencial de trabajo. Pongamos el caso de un instituto de energía: tendría seguramente una división en energía eólica y lo mejor sería ubicarla en la Costa Atlántica. Esa descentralización es importante para romper con la idea imperante que concentra todo en Bogotá, Medellín o Cali.

Para finalizar, quiero recordar que hace poco se conoció que el 70 % de la industria colombiana no conoce los

criterios de calidad de sus productos, lo cual es preocupante. Si no conoce esos criterios, ¿cómo quiere ser competitiva a nivel internacional?, ¿cómo va a mejorar su productividad? Cosas en apariencia tan pequeñas como esta, pero que tienen una profundidad inmensa, se podrían resolver con políticas claras.

Sin embargo, como no hay un norte definido, los programas que se hacen resultan aislados y desarticulados. Colombia Científica, impulsada por el actual gobierno nacional, es similar a proyectos desarrollados años atrás, pues todos tienen más o menos la misma filosofía. Al final, ¿quién se beneficia? Quizá algunas empresas, algunos investigadores, laboratorios de

---

## La pequeña empresa necesita el mayor apoyo y para eso se requieren institutos sectoriales que sean manejados con criterios de calidad muy exigentes.

---

universidades... Pero eso no significa una verdadera concepción de desarrollo del país.

Con la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología es posible que se puedan subsanar ese tipo de situaciones, pero para ello debe tener la financiación apropiada. Ese ministerio no se puede concebir como un Colciencias grande. Además, debe trabajar de forma prioritaria en políticas tanto para la investigación en Ciencias Básicas como para la investigación por demanda, es decir, la investigación aplicada que necesitan las empresas de hoy.

De esa forma se podría contribuir no solo al impulso del conocimiento científico, sino a la generación de más empleo y bienestar social que es finalmente lo que necesita cualquier sociedad. ■

\*Asesor del proyecto de ley que creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

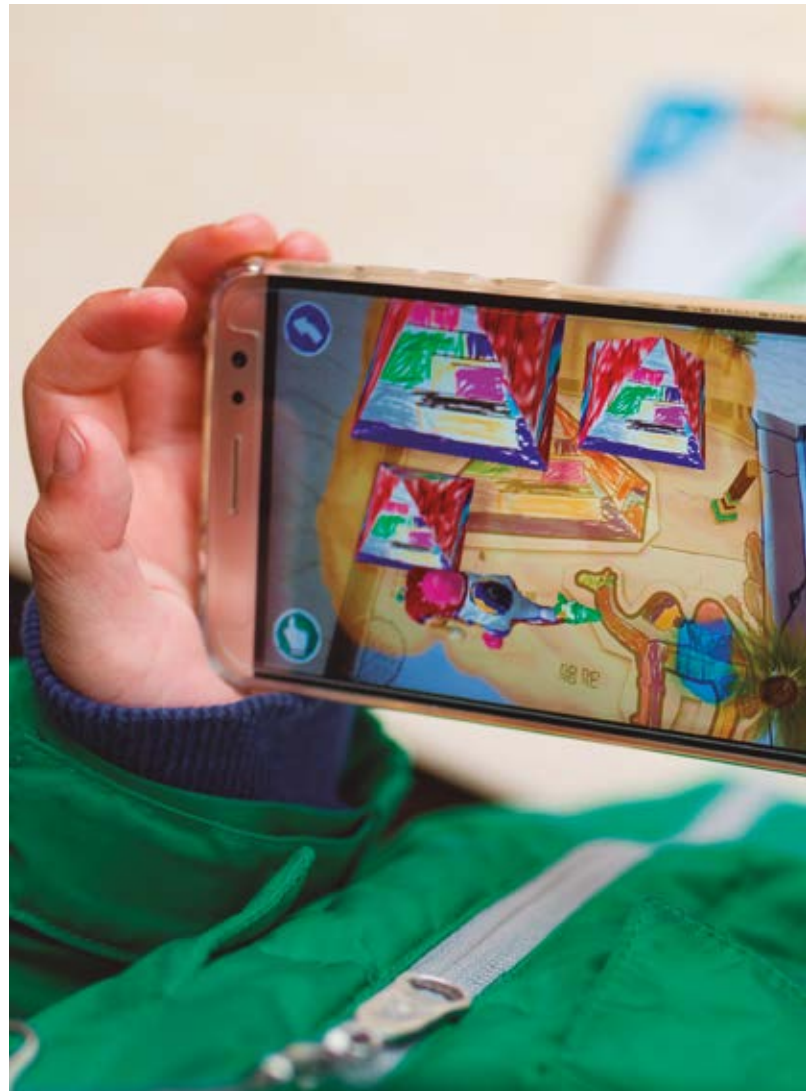


# La revolución que nos toca en la intimidad

En los albores de la nueva revolución tecnológica, la vida cotidiana de las personas se enfrenta a cambios que involucran la educación, el trabajo y las leyes que nos preparan para el nuevo paradigma.

**DIEGO AGUDELO GÓMEZ**

Colaborador



En 2017 apareció en las tiendas de aplicaciones móviles un servicio revolucionario que prometía acompañar a las personas con depresión, estrés o trastornos de ansiedad. Se trataba de una app de inteligencia artificial capaz de cumplir las veces de un terapeuta, un robot conversacional que cada día le podía preguntar al usuario sobre su estado de ánimo y, dependiendo de las respuestas, acompañarlo, aconsejarlo, ofrecerle palabras de ánimo, darle instrucciones para reorientar su conducta y mejorar su autoestima.

La aplicación fue desarrollada por científicos de la Universidad de Stanford: psicólogos clínicos de la facultad de Psiquiatría y Ciencias del Comportamiento de la Escuela de Medicina tra-

bajaron junto a expertos en tecnología e inteligencia artificial para darle a esta nueva criatura toda la credibilidad y efectividad de un terapeuta real.

En el equipo estaba, por ejemplo, el doctor Andrew Yan-Tak Ng, director del laboratorio de inteligencia artificial de Stanford y reconocido además por ser cofundador de las plataformas de educación en línea Coursera y DeepLearning.ai, una plataforma de enseñanza basada completamente en IA.

En el proceso de investigación para desarrollar a Woebot -como llamaron a esta aplicación-, los académicos trabajaron con un grupo de 70 estudiantes que manifestaron haber experimentado síntomas de depresión y ansiedad. A la mitad de ellos se les entregó bibliografía e información del

Instituto Nacional de Salud Mental, mientras la otra mitad tuvo acceso a las conversaciones con Woebot durante dos semanas. El segundo grupo no solo reportó que chateó activamente con el servicio todos los días sino que reflejó una significativa reducción en sus síntomas de depresión. Los creadores concluyeron que, si bien un *chatbot* no podría reemplazar a un profesional en psicoterapia, es una alternativa válida para las personas. "Tiendo a no pensar en esto como una mejor manera de hacer terapia, sino como una opción. Lo que no hemos hecho bien en el campo es dar a las personas una variedad de opciones. ¿Qué pasa con quienes no están listos para hablar con otra persona?", dijo a la publicación digital



Los nuevos desarrollos tecnológicos impactarán muy fuerte en el campo del trabajo y en el sector educativo. Foto Shutterstock.

*Business Insider* la PhD en psicología clínica Alison Darcy, creadora de Woebot y especialista en desarrollo de tratamiento digital.

En la tienda de Android figura que Woebot tiene más de 100 mil descargas y no es el único robot creado para ser un soporte emocional de los usuarios. Wysa, por ejemplo, es otra aplicación de IA que tiene más de un millón de descargas y se promociona como un entrenador personal que “te apoyará a través de los cambios sorprendidos de la vida mediante el uso de la ciencia como base”.

Puede que en esta fase embrionaria de desarrollo, este tipo de aplicaciones no sean un reemplazo para los psicólogos y psiquiatras de carne y hueso, pero ¿cómo cambiará su ejercicio profesional cuando las sucesivas actualizaciones de las apps aumenten su efectividad y sean igual de eficaces en el tratamiento de trastornos severos?

En los últimos años, este nuevo paradigma tecnológico ha estado transformando a cuentagotas distintos ámbitos de la vida cotidiana de las personas. Asistentes robóticos como Siri o Alexa están viviendo un boom en el mercado, pueden interactuar con los usuarios y simular los distintos matices de una conversación real. Máquinas de reconocimiento facial escanean a miles de personas en los aeropuertos internacionales. La circulación masiva de información ha convertido los datos personales de los individuos en un insumo de amplio valor económico. Las empresas se han embarcado en el pensamiento disruptivo y se encaminan a paso acelerado hacia su automatización.

La llamada Cuarta Revolución Industrial no es solo un pronóstico o un propósito para el futuro, es un hecho global en el cual están inmersos todos los componentes de una sociedad.

---

**“Es el fenómeno de transformación de la sociedad y del mundo del trabajo a partir de la interconectividad. Y es la primera vez que la humanidad es suficientemente consciente de que enfrenta una revolución tecnológica”.**

Jonny Orejuela Gómez, jefe del Departamento de Psicología de EAFIT

---



## LOS ALBORES DEL CAMBIO

El jefe del Departamento de Psicología de EAFIT y doctor en Psicología Social de la Universidad de Sao Paulo, Jonny Javier Orejuela Gómez, tiene una manera clara de definir este nuevo paradigma: "Es el fenómeno de transformación de la sociedad y del mundo del trabajo a partir de la interconectividad. Y es la primera vez que la humanidad es suficientemente consciente de que enfrenta una revolución tecnológica".

Por supuesto, al estar enfrentados al cambio se crean esperanzas pero también se siembran muchos miedos. En el mundo del trabajo, las especulaciones sobre cuáles serán los puestos que podrán ser reemplazados por las máquinas pululan, generando una paranoia que desestabiliza.

En su informe *The future of jobs*, publicado a finales de 2018, el Foro Económico Mundial advierte que en el futuro desaparecerán cerca de 75 millones de empleos; sin embargo, 133 millones de puestos de trabajo surgirán en el mercado generados por tecnologías como la robótica, la nanotecnología, la ingeniería artificial y la biotecnología.

Contadores, administradores, trabajadores de fábricas y cadenas de montaje, personas encargadas de servicio e información al cliente, empleados de servicio postal, entre otros, son algunos de los roles que irán en descenso debido a la automatización, según el informe. Sin embargo, la misma automatización crea oportunidades para nuevos roles.

Siguiendo el ejemplo del robot terapeuta, quizás en unos años ya no existan psicólogos esperando a sus pacientes en un sillón pero, sin duda, estos profesionales tendrán que estar detrás del desarrollo de este tipo de aplicaciones y deberán familiarizarse con algoritmos, lenguajes de programación, estrategias de *machine*

*learning*, además de fortalecer otras competencias necesarias para navegar en un mundo que dejó de ser potestad exclusiva de la ciencia ficción. De hecho, algunos de los trabajos que pueden aparecer en unos años suenan como si surgieran de la imaginación de un Julio Verne o un Ray Bradbury.



En lo más íntimo del hogar estaremos viviendo esta revolución marcada por tecnologías como el internet de las cosas, en la que hasta los electrodomésticos estarán aportando información para la vida cotidiana. Foto Shutterstock.

A finales de 2018, el Foro Económico Mundial advirtió que en el futuro desaparecerán unos 75 millones de empleos; sin embargo, 133 millones de puestos de trabajo surgirán generados por tecnologías como la robótica, la nanotecnología, la ingeniería artificial y la biotecnología.



### ¿FORMACIÓN O INFORMACIÓN?

Adaptarse a un mundo que cambia de manera tan acelerada es uno de los primeros choques que las personas del común enfrentan. Jonny Javier Orejuela sabe que es inminente el desarrollo de nuevas competencias para adaptarse a la tecnología, al internet de las cosas, la inteligencia artificial y todas las expresiones de la Cuarta Revolución.

"Esto afecta dos campos principalmente", dice Orejuela: "El del trabajo porque muchas cosas que estamos acostumbrados a hacer de una manera serán de otra; y el de la educación, Youtube está reemplazando la forma magistral de la formación, lo cual genera una pregunta: ¿la gente está formada o solamente informada? Esa es una transformación significativa a la hora de aprender: Algunos piensan ¿para qué estudiar cinco años en una universidad si puedo aprender en línea?"

La pregunta con la que remata Orejuela no es una sentencia de muerte para la academia, sino el umbral a través del cual se puede contemplar un horizonte de transformaciones, creación de nuevos programas, investigación aplicada de vanguardia y acciones que las conviertan en pioneras de esas profesiones futuristas que empiezan a surgir.

### OFICIOS Y PROFESIONES EMERGENTES

Las universidades australianas Griffith y Deakin publicaron el reporte *100 trabajos del futuro* (100jobsofthefuture.com) en el que describen cómo el porvenir del trabajo implica "personas colaborando efectivamente con máquinas". El reporte señala que "durante la próxima década, casi todos los trabajos se verán afectados. Algunos desaparecerán por completo. Podemos ver que esto ya está sucediendo en campos como el comercio minorista, el entretenimiento, la atención médica, la manufactura y la educación, los cuales se ven profundamente afectados a medida que avanza la tecnología".

Entre las nuevas profesiones que este reporte augura está por ejemplo la de psicólogo de *cyborgs*, profesionales en salud mental encargados de orientar a los pacientes que tengan implantes robóticos. También mencionan roles como el de diseñador de perfiles de vehículos autónomos, estará el ingeniero genético que se convierte en *bio-jacker* para editar el genoma de plantas y animales; habrá diseñadores de implantes digitales, desarrolladores de *machine learning* enseñándoles a pensar a máquinas y robots, también ingenieros nanomédicos creando tratamientos personalizados a partir de nanopartículas, entre muchos otros campos profesionales que reflejarían la armonía de la interacción entre humanos y máquinas. Este panorama cercano implica cambios profundos no solo

## EL TRABAJO DEL FUTURO: ENTRE LO NUEVO, LO ESTABLE Y LO REDUNDANTE

Cuando se habla de los trabajos del futuro en el marco de la Cuarta Revolución Industrial, la proyección no abarca décadas. Los cambios profundos en el mundo laboral, descritos por el Foro Económico Mundial, señalan el 2022 como un año en el que serán evidentes los giros de la industria. El sector productivo tendrá nuevos roles, empleos estables que se mantendrán y cargos redundantes que gradualmente serán reemplazados por máquinas.

Los roles definidos en su informe como redundantes están relacionados con tareas operativas básicas: cajeros, vendedores puerta a puerta, cajeros de bancos y taquillas, empleados de telemercadeo, carteros, vendedores de periódicos, entre otros.

El panorama más interesante es el de los nuevos roles. En el mercado, los perfiles más cotizados serán científicos y analistas de datos, especialistas en las áreas de inteligencia artificial, *machine learning*, *big data*, transformación digital, nuevas tecnologías, software y desarrollo de aplicaciones, experiencia de usuario, robótica, diseñadores de interacción hombre-máquina, entre otros.

A medida que las empresas adopten nuevas tecnologías, surgirán los cargos que se necesitan para operarlas y desarrollarlas. Es en este punto donde se definen rutas claras para la triada Universidad – Empresa – Estado, pues el informe destaca claramente las tecnologías con mayor impacto en este nuevo paradigma y estas son áreas del conocimiento que definen las competencias que se deberán desarrollar en los próximos años.



en el mundo del trabajo sino en el de la educación, el Estado y la democracia.

"Vivimos una revolución en sus albores, no tenemos claramente descifrado cuál va a ser el futuro que nos depara. Como el mundo se transforma a partir de todas las expresiones de la Cuarta Revolución se requiere que la gente desarrolle las competencias para poder dominar esa tecnología", señala el doctor en Filosofía Jonny Orejuela Gómez, quien identifica tres campos en los que se necesitan transformaciones profundas para crear las condiciones propicias para difundir esas nuevas competencias: el trabajo, la educación y el derecho. "Hay muchas cosas para las cuáles las legislaciones son retardatarias y antiguas", dice.

A los desafíos de la industria de crear nuevos puestos de trabajo y los

de la educación de formar a los ciudadanos en estas nuevas competencias, se suman los del Estado de crear un marco legal que abarque las nuevas áreas del conocimiento.

## EL NUEVO PETRÓLEO

Orlando Ayala es miembro de la Misión de Sabios que nombró el Gobierno para pensar diferentes campos para el desarrollo del país, es administrador de sistemas de información de la Universidad Jorge Tadeo Lozano y fue presidente mundial para mercados emergentes de Microsoft. El experto considera que en este nuevo contexto, la información, la *data*, es el nuevo petróleo: "Es quizás el insumo más importante de transformación, entonces tenemos que preguntarnos de qué





En esta nueva realidad, la información o la data, buena parte de ella obtenida directamente de las personas, será el "nuevo petróleo". Foto Robinson Henao.

manera va a ser usada, dónde defino los escenarios que son viables en el uso de la información y cuáles no van a ser viables porque hoy, así como el dinero, es un activo".

Para Ayala, uno de los desafíos más importantes en la coyuntura de esta nueva revolución tiene que ver con la legislación: "No hay definiciones concretas sobre cuáles con los derechos y deberes en el uso de la información, cómo se conecta eso con respecto a mi privacidad y seguridad. La tecnología va entre 20 y 30 años adelante de la capacidad de tener no solo legislación sino gente preparada y educada para poder hacerlo".

Países en vías de desarrollo como Colombia tienen un desafío mayor, pues no solo deben ordenarse jurídicamente para alcanzar a esa tecnología que los tomó décadas de ventaja, sino que deben intentar cerrar las brechas que se abren frente a países más desarrollados que implementan desde hace mucho tiempo tecnologías de punta para el desarrollo de sus economías y están encumbrados en la cresta de esta ola tecnológica.

Para Ayala, Colombia podría generar riqueza incursionando en agro tecnología, aprovechar el puesto privilegiado que le da su amplia biodiversidad y cultivar su independencia geoestacionaria: "Colombia debería lanzar sus satélites, por su biodiversidad podría ser una potencia en la creación de cantidades masivas refinadas de datos alrededor del clima que eventualmente serían de utilidad para las potencias mundiales".

Con la velocidad a la que avanzan los países desarrollados, al país se le abren retos a cumplir en la próxima década y el acompañamiento de expertos como Orlando Ayala ayuda a despejar las metas reales que se deberían alcanzar para que el esplendor de la Cuarta Revolución Industrial sea sinónimo de prosperidad.

"Los países desarrollados avanzan muy rápido y abren una brecha muy grande frente a los países en desarrollo -asegura Ayala-. Un desafío para Colombia es que en enero de 2031 deberá haber saltado del puesto 86 al puesto 25 en PIB por ciudadano y eso solo se puede lograr si el país toma ventaja de esta convergencia tecnológica para empoderar todos los sectores de la sociedad en proyectos de país, ojalá comunes, que ayuden a acelerar mucho más bienestar e inclusión de las regiones. Eso representa que virtualmente acabaríamos con la pobreza".

## LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Los innovadores que le están dando forma al futuro existen en los diversos campos de la ingeniería, la ciencia y la tecnología. Pero si existe un campo que requiere personas con espíritu innovador es el de las políticas públicas, y según Ayala esto no solo tiene que ver con la creación de leyes que regulen ese nuevo recurso semejante al petróleo que es la información, sino con la creación de servicios digitales para las personas.

En esta visión que comparte Ayala, una madre no tendría que asistir siempre al consultorio de su pediatra sino que mediante medios digitales podría hacer consultas básicas desde la comodidad de su hogar, puede incluso que esos diagnósticos estén dados por alguna inteligencia artificial, como el caso del robot terapeuta.

Las posibilidades de impacto de esta convergencia son muy amplias y, para poder explotarlas de la mejor manera posible, las universidades, la industria y el Estado están sincronizando sus esfuerzos para que a ningún ciudadano lo dejé atrás la corriente. ■

---

**En el futuro cercano, los perfiles más cotizados serán científicos y analistas de datos, especialistas en inteligencia artificial, *machine learning*, *big data*, *software* y desarrollo de aplicaciones, transformación digital, experiencia de usuario, robótica y diseñadores de interacción hombre-máquina.**

---

# ¿Algoritmos que tomen decisiones éticas y morales?

Crear máquinas que tomen decisiones basadas no solo en datos sino también en criterios éticos y morales es un reto no solo tecnológico sino filosófico del que se habla a partir de las nuevas realidades. El dilema está en si ese tipo de opciones se le pueden dejar a un aparato programado o si es una función indelegable del ser humano.

**SEBASTIÁN AGUIRRE EASTMAN**

Colaborador

La idea le surgió a Amazon en 2014: construir un sistema de inteligencia artificial que revisara las hojas de vida de quienes se postulaban a las vacantes de empleo que ofrecía la compañía y tomara decisiones respecto a su contratación. Unos meses después, se habrían de sorprender con algunos resultados del experimento.

El proceso era simple: personal de recursos humanos ingresaba los datos de 100 currículos y el sistema se encargaba de seleccionar los cinco mejores con base en algunos criterios que le fueron programados.

Un año después de estar funcionando, es decir en 2015, la compañía se percató de que el sistema tenía un sesgo contra las mujeres y sugería contratar solo hombres. Aunque el personal técnico intentó enmendar el error, en 2018 el proyecto fue suspendido, según reportó el diario español *El País*, citando un reporte de la agencia de noticias Reuters.

Este es solo un ejemplo de una serie de desafíos éticos y morales que ya empieza a enfrentar la industria 4.0 con los avances tecnológicos que han puesto al servicio de los seres humanos herramientas como la inteligencia artificial, el internet de las cosas, el *Blockchain*, entre otras, que si bien serán muy útiles y bien utilizados potenciarán numerosos campos del conocimiento y de la vida cotidiana, también plantean una discusión sobre sus peligros.



Foto Shutterstock.



## “VENDEN LAS VENTAJAS, NO LAS DESVENTAJAS”

Patrici Calvo es autor de publicaciones sobre ética de las cosas y profesor de Filosofía Moral en la Universidad Jaume I, en Castellón de la Plana, una ciudad española ubicada frente al mar Mediterráneo, en la Comunidad Valenciana.

Desde hace algunos años publica artículos y ensayos respecto a los problemas que las personas y las instituciones están enfrentando con la industria 4.0 y cómo esta idea “revolucionaria” se ha ido introduciendo casi que en cualquier ámbito de la actividad humana -política, economía, salud, entre otros-, pero cuyos avances, en su concepto, “nos han emborrachado” y han hecho que “se les abrace sin ningún tipo de crítica”.

Ese, señala, es el punto más importante y el que más problemas ocasiona, pues en su criterio se habla en abundancia de las ventajas de la industria 4.0 -que son muchas- pero de sus desventajas es poco lo que se menciona. Y allí hace hincapié en dos asuntos: la brecha de desigualdad que esta genera y los desafíos desde la gobernanza para implantar marcos jurídicos y éticos a su desarrollo.

Calvo plantea que hay problemas que se vienen presentando desde hace algún tiempo que invitan a pensar no en lo que va a ocurrir, sino en lo que ya está sucediendo.

“Hoy en España, por ejemplo, una empresa de telecomunicaciones va a poner en circulación las primeras líneas 5G [una nueva generación de la red inalámbrica que aumentará la velocidad de transferencia de los datos, entre otros desempeños mejorados]. Quien tenga acceso a ellas, tendrá

mayor capacidad de influir en los algoritmos. Hoy todo se está conectado con el internet de las cosas, tenemos millones de cámaras para controlar y conectar. La ideología de las 4.0 es que los algoritmos tengan el poder de toda actividad humana y eso es muy peligroso”.

Calvo cuestiona que algunos defensores de los beneficios de estos sistemas plantean que, al contrario, estas tecnologías reducirán las brechas de desigualdad. En cambio, el profesor considera que habrá grupos vulnerables de la sociedad que corren con desventajas frente a los algoritmos, al no tener acceso a internet o a equipos de telecomunicaciones, ya sea por su costo elevado o porque en las zonas donde viven no cuentan con servicios cuya velocidad los ponga al mismo nivel de las grandes ciudades, no tendrán la misma capacidad de influir con sus opiniones, hábitos o comportamientos y, por tanto, serán sesgados por las programaciones.

Se refiere, por ejemplo, a habitantes de zonas rurales con conectividad limitada o, incluso, a mujeres que en algunos países -porque se los prohíben sus familias o hasta el mismo Estado- no pueden acceder a un celular o a internet.

“Al final será la clase media alta la que va a influir en las políticas públicas, pues los algoritmos solo tendrán en cuenta sus opiniones, hábitos o comportamientos”, expresa.

Calvo menciona casos recientes en países como Nueva Zelanda, Japón y Estados Unidos en los que hay quienes proponen que se deje en manos de los algoritmos el diseño de políticas públicas, lo cual puede tener consecuencias inesperadas y lo peor, dice, “es que nadie se quiere dar cuenta”.

Una de las propuestas frente a estos dilemas pide aumentar la conciencia entre los líderes de las organizaciones para que dediquen más recursos a identificar las preocupaciones de ética de la inteligencia artificial. Foto Shutterstock.



## PATRICI CALVO

Licenciado en Humanidades, máster en Responsabilidad Social Corporativa y en Nuevas Tendencias y Procesos de Innovación en Comunicación. En los últimos años ha compaginado su labor como investigador predoctoral del Ministerio de Ciencia e Innovación (2008-2012), investigador posdoctoral de la Conselleria d'Educació, Formació y Ocupació de la Generalitat Valenciana (2013-2015) y Profesor Ayudante Doctor del Departamento de Filosofía y Sociología de la Universitat Jaume I (2016 y presente).

Patrici Calvo, profesor e investigador de Filosofía Moral en la Universitat Jaume I (España). Foto Ximo Górriz.

## ¿QUÉ HACER DESDE LA GOBERNANZA?

Esa es la pregunta del millón, según Patrici Calvo. El profesor valora el hecho de que en algunas regiones, como en Europa, se hayan registrado avances para crear un marco jurídico, legal y ético, y que algunos gobiernos nacionales hayan tomado en cuenta opiniones como las que él ha expresado en torno a que lo jurídico y lo ético vayan de la mano.

Entre los avances destaca que se proponga una ética de la inteligencia artificial, que es un camino. Pero, de otro lado, cree que podría haber más desarrollo en otra vía: la llamada "ética algorítmica". Este campo estudia cómo la inteligencia artificial, el aprendizaje de las máquinas y los robots interpretan los datos (este concepto, de acuerdo con la propuesta de Luciano Floridi y Mariarosaria Taddeo en su artículo del año 2016 titulado *What is data ethics?*).

"Es decir -plantea Patrici Calvo- incluir ciertos códigos en los códigos algorítmicos para que estos piensen y tomen decisiones éticas. Un camino lo llevan los técnicos, quienes intentan que las máquinas piensen éticamente; por tanto, cómo se puede hacer que las máquinas aprendan y sean morales. Y, por el otro, crear un marco que oriente no solo a las máquinas sino a los legisladores para que creen leyes y estas, a su vez, orienten a los técnicos para que cuando hagan esos códigos tengan en cuenta ciertas cuestiones éticas".

---

**"Quienes desarrollan tecnologías nos llevan mucha ventaja: cuando pensamos en alguna postura ética, ellos ya trabajan en algo más avanzado".**

Patrici Calvo, profesor de Filosofía Moral

---



Un informe reciente encontró que dos tercios de los trabajadores tecnológicos desea más oportunidades para evaluar los posibles impactos de sus productos, pero que esa es la prioridad más baja en su trabajo. Foto Shutterstock.

## UN TEMA POLÉMICO

En 2015, algunas organizaciones como Amazon, Apple, BBC, Facebook y Google, entre otras, se unieron y crearon Partnership on AI, con la misión de diseñar las mejores prácticas, investigaciones y diálogos públicos sobre los beneficios de la inteligencia artificial para las personas y la sociedad.

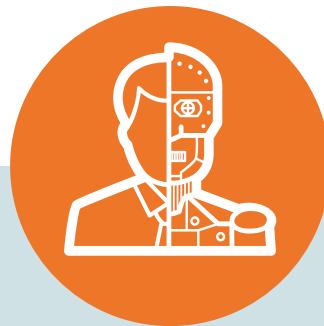
En junio pasado, la investigadora Alice Xiang participó en el evento AI for Good Summit, en San Francisco (Estados Unidos). Ella trabaja en temas como la equidad, la transparencia y la responsabilidad con la inteligencia artificial. Habló sobre la importancia de que la ética de la inteligencia artificial tenga un puente entre la teoría y la práctica.

Dijo: "Como los actos de la inteligencia artificial son un intermedio entre el desarrollo humano y los resultados finales, puede ser difícil de identificar y entender las consecuencias éticas de varios de los pasos en el proceso de desarrollo".

Al ser tan difícil dilucidar qué tan complicadas pueden ser esas consecuencias y con qué frecuencia el proceso de desarrollo implica interrogar decisiones técnicas aparentemente sencillas, Xiang expuso tres pasos para enfrentar este desafío:

- 1 Aumentar la conciencia entre los líderes de las organizaciones para alentarlos a dedicar más recursos a la identificación y abordaje de las preocupaciones de ética de la inteligencia artificial. Un informe reciente encontró que dos tercios de los trabajadores tecnológicos desearían más oportunidades para evaluar los posibles impactos de sus productos, pero que hacerlo es hoy la prioridad más baja en su trabajo.
- 2 Educar a los desarrolladores de inteligencia artificial sobre técnicas para abordar, detectar y mitigar preocupaciones éticas con sus productos. El mismo informe encontró que los trabajadores tecnológicos utilizan en la actualidad principalmente métodos informales, como su brújula moral personal o búsquedas en internet, para evaluar el impacto social de sus productos.
- 3 Educar a los formuladores de políticas y a los equipos legales o de políticas en las organizaciones sobre cómo construir estructuras de gobernanza que incentiven a las organizaciones a abordar los problemas de ética de la inteligencia artificial, y a revisar y refinar sus prácticas.





## LA "INGENIERÍA INVERSA" DE LA REGULACIÓN EXISTENTE

La organización *Eticas Foundation*, en su publicación *Discriminación algorítmica. El reto de los datos en el siglo XXI*, se cuestiona si las decisiones algorítmicas "son una forma de amplificar, extender y hacer inescrutables los prejuicios y la discriminación que ya prevalecen en la sociedad".

En el documento, la entidad sugiere una taxonomía rigurosa de los impactos y las externalidades negativas y positivas de los algoritmos". Esto "permitiría entender los riesgos que conlleva la proliferación del uso de algoritmos en una muy amplia variedad de tareas con importantes consecuencias sociales. Solo a partir de este conocimiento se podrán diseñar las medidas a tomar por parte de los actores relevantes para mitigar sus consecuencias negativas".

En ese sentido, *Eticas Foundation* propone una "ingeniería inversa" de los marcos regulatorios existentes "para identificar cómo y por qué han surgido, qué nos dicen de las sociedades que las propusieron y qué impacto han tenido. Por otra parte, es necesario analizar las propuestas para traducir los ideales humanos (ética, equidad y justicia) a formas que puedan ser entendidas por los algoritmos junto con conceptos como la rendición de cuentas".

---

**Un estudio encontró que quienes trabajan en campos tecnológicos utilizan básicamente métodos informales, como su brújula moral personal o búsquedas en internet, para evaluar el impacto social de sus productos.**

---

## PRINCIPIOS BÁSICOS

La conclusión de Xiang -con la que Calvo no está del todo de acuerdo- es que no se trata de una ética algorítmica sino una ética de la inteligencia artificial, con un marco regulatorio compuesto por cinco principios. Cuatro de ellos son fundamentos básicos desde la bioética:

- **Autonomía:** la capacidad diseñar normas o reglas para uno mismo sin influencia de presiones.
- **No maleficencia:** abstenerse, con intención, de realizar actos que puedan causar daño o perjudicar a otros.
- **Beneficencia:** actuar en beneficio de otros, promoviendo sus legítimos intereses y suprimiendo prejuicios.
- **Justicia:** tratar a cada uno como corresponda, con la finalidad de disminuir las situaciones de desigualdad.

Hay un quinto que no hace parte de la bioética y es quizá el original de este planteamiento, el cual se ha llamado "**explicabilidad**": consiste en que "aquellos que hacen el algoritmo se pueda explicar, y si esto no es posible, el desarrollo no puede avanzar".

El profesor argumenta que no le gusta porque "creo que se podrían buscar y aplicar principios mucho más importantes y claros. Utilizar principios propios de la salud tal cual sobre la inteligencia artificial, en algo que es tan diferente, me resulta chocante, pero eso es lo que están planteando".

Por último, Calvo lamenta que en la actualidad no existan leyes internacionales que regulen este tema y sugiere instaurar una suerte de comité mundial que recoja los avances de algunos países y que presente principios que orienten el desarrollo de los algoritmos para que luego cada nación los pueda aterrizar a su realidad y cree leyes nacionales. El tema es complejo y la polémica está servida. ■



## DERECHO Y CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

**JUAN ESTEBAN VALLEJO GIRALDO**

Profesor Escuela de Derecho, Universidad EAFIT

**A**travesamos un momento de total incertidumbre en las estructuras humanas, principalmente en los avances de la ciencia y la tecnología. El Derecho, como ciencia humana, no está aislado ni resguardado a este fenómeno global, toda vez que él, entendido como conjunto de normas y su ejercicio/aplicación por los operadores jurídicos, experimentará un gran número de cambios.

El avance es tan acelerado que no nos es posible asimilar el cambio con la misma dinámica en la que se genera. Por eso hasta las nuevas Startups nacidas como producto de ese desarrollo tecnológico se pueden ver amenazadas si no avanzan al mismo ritmo de la dinámica en la que surgieron. Es por esto que el ciclo de vida útil de los productos o servicios es mucho más corto, lo que exige mayores esfuerzos de innovación.

Los avances tecnológicos también van muy por delante de la legislación, esta última no es capaz de seguirle el paso a la Cuarta Revolución Industrial, aunque esa no es una realidad de ahora: cualquier avance humano tiene el potencial de crear necesidades legislativas. En la historia del Derecho Comercial se habla de la *Lex Mercatoria* y de cómo los comerciantes de antaño generaban entre ellos

los mismos las leyes que los regían. Eran normas propias que no venían de la autoridad sino de ellos como partes involucradas porque el ingenio del comerciante era -y sigue siendo- más dinámico que el mismo aparato legislativo para asimilar situaciones que afectarían al comercio. Igual pasa hoy con todas las tecnologías emergentes.

Frente a lo que está ocurriendo, el Foro Económico Mundial habla de lo que se ha denominado

como el *posthumanismo* en el sentido de cómo se ve el ser humano y cómo se define a sí mismo después de la Cuarta Revolución Industrial. Los desarrollos en nanotecnología y biotecnología, por citar apenas dos de las ciencias que están en el centro de estas transformaciones, nos van a impactar de forma trascendental porque la línea entre lo artificial y lo humano será cada vez más delgada. El surgimiento de tecnologías como CRISPR, que

permiten modificar la estructura del ADN humano, crearán nuevos retos y dilemas que podrían (si no se hace un buen uso de la tecnología) acentuar incluso a un nivel genético la desigualdad.

En términos de legislación, lo anterior supone unos dilemas éticos y bioéticos muy complejos porque basta imaginar el impacto que pueden tener los desarrollos genéticos.

---

**En términos de legislación se plantean unos dilemas éticos y bioéticos muy complejos.**

---

Pensemos, por ejemplo, cuando existan avances científicos que permitan a una persona pagar por un implante de memoria (esto parece ciencia ficción pero no lo es) o unos padres que podrán pagar para que su hijo nazca sin los genes que producen una determinada enfermedad o, incluso, con un gen que potencie su capacidad cognitiva.

Eventualmente tendremos que asumir una postura legislativa sobre estos avances, entendiendo que debemos legislar -si decidiéramos hacerlo- pensando no en lo actual, sino en lo que vendrá. La finalidad de las leyes es establecer reglas que busquen el bienestar común, la inclusión e igualdad, donde cada vez existan más y mejores oportunidades para todos los seres humanos. Ese es el reto y es una decisión muy compleja porque también se puede decidir no legislar y permitir *de facto* ciertas actividades para que sea la sociedad la que legisle o, incluso, se dé una autorregulación entre los mismos actores del desarrollo humano, como ocurrió en tiempos de la *Lex Mercatoria*.

Frente a lo anterior, como país podemos tomar la decisión de crear una legislación propia o decidir tomar la normatividad de otro Estado que sea más avanzado en términos legislativos o de una entidad que tenga más capacidad para establecer una norma adecuada conforme con los desarrollos actuales.

Un ejemplo de lo anterior es la Ley 527 de 1999 que permite la equivalencia funcional entre los documentos electrónicos y los documentos físicos. El espíritu de esa norma aprobada por Colombia se tomó de las ideas expuestas por la ley modelo de comercio electrónico de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional.

Esta ley, curiosamente, vuelve a tomar importancia con el auge de la tecnología *Blockchain* y los desarrolladores que están creando programas para gestionar y suscribir contratos de forma electrónica, sin necesidad de firma mecánica o tradicional. Esta tecnología es una de las grandes protagonistas de esta revolución, toda vez que tiene el potencial de transformar muchas industrias, en especial aquellas donde los intermediarios generan grandes costos de transacción.

A pesar de la relevancia de ciertas tecnologías, en esta revolución es importante que, al momento de legislar, mantengamos presente la neutralidad tecnológica, ya que la legislación no puede favorecer a una determinada tecnología por encima de otras que sean competidoras. Igualmente, se debe entender que la tecnología no es *per se* ni buena ni mala, todo dependerá del uso y la aplicación que le dé el ser humano.

El caso reciente ocurrido con Cambridge Analítica y Facebook es muy interesante desde el punto de vista del alcance que puede tener la tecnología en las estructuras sociales, políticas y democráticas.

Para muchos este caso se convierte en un argumento a favor de la legislación y el control por parte del Estado. En mi caso, considero que el debate requiere una visión holística en la que debemos mirar las mejoras en la calidad de vida, usos y riesgos que genera la tecnología, debido a que, como mencioné, la tecnología es neutra en sí misma, es una herramienta y no debemos satanizarla.

El problema es que cualquier decisión nacional frente a todos estos asuntos relacionados con los avances tecnológicos nos pone en ventaja o desventaja como país frente a lo que está pasando en el mundo.

Algunos estados optarán por una opción utilitarista que es buscar el desarrollo sin importar los medios para llegar a él; otros, desde una perspectiva más humanista, dirán "sí" al desarrollo, pero no a cualquier precio.

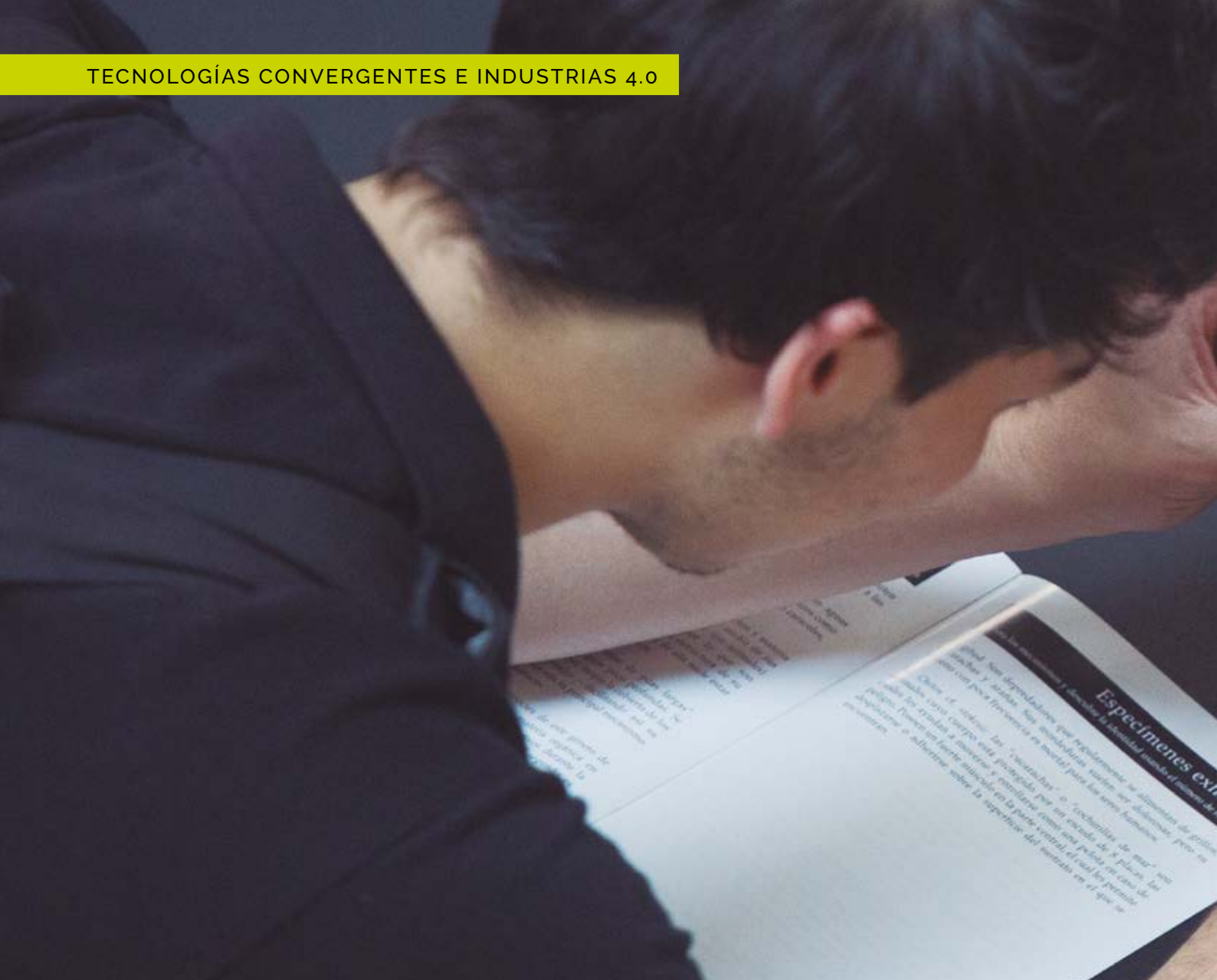
Para el caso colombiano, considero que debemos optar por no quedarnos atrás, entendiendo que la tecnología pondrá a prueba nuestras leyes, principios y paradigmas, pero no por esto renunciaremos al debate acerca de si debemos legislar o no. ■

---

**Tendremos que asumir una postura legislativa sobre estos avances, entendiendo que debemos legislar -si decidiéramos hacerlo- pensando no en lo actual, sino en lo que vendrá.**

---





# *Incomprendidos,*

La física, la biología y el arte se juntaron en *Incomprendidos*, una exposición que incluía una muestra de animales invertebrados y hologramas creados a partir de ellos. Más allá de la exhibición, significó el diálogo de disciplinas y una nueva línea para proyectos de investigación-creación en EAFIT.

**JORGE MARIO RESTREPO ÁLVAREZ**  
Colaborador



La exhibición se realizó del 5 al 30 de marzo de 2019 en el hall del bloque 38 de EAFIT. Foto Robinson Henao.

## una forma artística de divulgación científica

Con la idea de poner en práctica lo que cada día aprenden y experimentan en los laboratorios y aulas de clases, unir capacidades y proponer un proyecto de más impacto, los estudiantes de los Semilleros de Holografía y de Artrópodos, ambos de la Escuela de Ciencias de EAFIT, se dirigieron a la entonces Dirección de Investigación de la Universidad en busca de una respuesta a su inquietud. El resultado

de esa inusual, pero oportuna unión, vino meses después y fue *Incomprendidos*, la primera muestra visible de un nuevo campo investigativo en la institución abierto por la recién creada Vicerrectoría de Descubrimiento y Creación. Consistió en una exhibición de animales invertebrados recolectados en Bahía Solano, municipio del departamento de Chocó, a partir de los cuales se crearon hologramas con los que los asistentes a la muestra tuvieron la posibilidad de interactuar.

Los visitantes al *hall* del bloque 38 de la Universidad pudieron observar el resultado del trabajo interdisciplinario y colaborativo entre biólogos y físicos, mediado por la creación artística. De esta manera propusieron que la ciencia y el arte, en lugar de ser polos separados, tienen muchos elementos comunes que pueden aportar a una nueva manera de presentar resultados de investigaciones y también a la divulgación científica actual.

## ¿QUIÉNES SON LOS INCOMPRENDIDOS?

Llegar a la idea de la exposición fue un proceso de diálogo entre disciplinas del conocimiento que en forma tradicional han estado apartadas por las diferencias entre sus campos de acción: la física y la biología.

Tender el puente entre ambas y darle un sentido artístico a la iniciativa de los estudiantes de los semilleros fue el aporte del docente Alejandro Valencia-Tobón, quien, desde su formación en biología y especialidad doctoral en antropología social y medios visuales, se encargó de la curaduría de la exposición y de acompañar la propuesta hacia su resultado final.

Al principio los estudiantes pretendían hacer hologramas y exhibirlos, ya tenían la experiencia de haberlos mostrado en otros espacios como las ferias de semilleros. Sin embargo, esta vez buscaban algo diferente, que diera cuenta del diálogo de saberes y, a la vez, la intención de decir algo más allá de mostrar aspectos técnicos.

Para María Josef Lopera, estudiante de Ingeniería Física y una líder de la iniciativa, *Incomprensidos* "fue un proceso difícil al principio, pero muy enriquecedor para todos". Afirma que no es frecuente que en el proceso académico en ciencias exactas se tenga que establecer diálogo con otras disciplinas. Sostiene que "conocer compañeros de otra carrera y saber cómo funcionan otras ciencias, me parece muy importante para nuestra formación".

Durante tres meses estuvieron en la búsqueda de una dirección. El profesor Alejandro y los estudiantes estuvieron observando y aprendiendo de proyectos de todo el mundo en los que dos o más ciencias conversan para decir algo a través del arte. En medio de análisis, preguntas y discusiones empezaron a vislumbrar cuál sería el camino: encontraron que tanto hologramas como seres invertebrados comparten el rasgo de ser desconocidos, confundidos e, incluso, temidos y rechazados.



Este es uno de los hologramas que presentó la exposición. Foto Robinson Henao.

## La realización de *Incomprensidos* fue también un reconocimiento al trabajo de muchos años de los semilleros y a los ejercicios de investigación formativa que desarrollan.

### PUNTOS DE ENCUENTRO

La holografía es un campo poco entendido porque suele confundirse con la fotografía en tres dimensiones, el cine 3D, la televisión tridimensional o ideas derivadas de la ficción del cine y la literatura que, en general, son ilusiones ópticas que dan al ojo humano la sensación de profundidad.

Las arañas, alacranes, erizos, cucarachas de mar, cangrejos, corales, ciempiés, hormigas y escarabajos que conformaron la muestra, comparten la característica de ser invertebrados, pero también son percibidos con aversión incluso cuando no representan peligro alguno si no son agredidos.

De esta reflexión surgió la idea de presentar la unión de estos dos campos poco comprendidos e invitar a las personas a admirar a esos seres vivos que, en otro contexto, posiblemente

serían eliminados. Acordaron motivar a comprenderlos mejor observándolos como hologramas.

Daniel Ignacio Velásquez, profesor investigador de la Universidad EAFIT y coordinador del Semillero de Holografía, hizo parte de *Incomprensidos* acompañando a los estudiantes en la creación de esos objetos de luz.

En su perspectiva, "el diálogo de disciplinas fue sumamente abierto. Cuando estudiamos la técnica estamos muy preocupados por la parte física, pero en la medida en que la mejoramos podemos hacer hologramas que sean de interés para otro público. Cuando llegan los estudiantes del Semillero de Artrópodos con sus muestras, interesados en holografíarlas, empezamos a conversar porque teníamos un interés mutuo en lo que hacíamos".



Al abrir estas cajas oscuras, los asistentes a la exhibición podían contemplar los hologramas de los animales invertebrados.  
Foto Robinson Henao.

## CURIOSIDAD, ENTRETENIMIENTO Y EXPERIENCIA

“La biología y la física proveen evidencia para construir una visión ‘objetiva’ de la realidad y, por esto, el arte suele relegarse como un campo conceptual que solo brinda herramientas para comunicar los resultados de las investigaciones científicas.

Sin embargo, esta visión es limitada, pues niega la posibilidad de construir conocimiento conjunto: romper la idea según la cual unas disciplinas ‘crean’ conocimiento y las otras lo ‘divulgan’.

*Incomprendidos* fue un ejercicio colaborativo de investigación-creación que respondía directamente a este problema y, para lograrlo, involucraba de manera equitativa diferentes disciplinas del saber.

El resultado fue una instalación cuyos elementos generaban preguntas en los visitantes, al mismo tiempo que los invitaba a interactuar con múltiples mecanismos para descubrir la identidad de los elementos exhibidos.

En últimas, todo el trabajo fue guiado por una idea sencilla: no podemos generar conocimiento si no tenemos como agentes mediadores la curiosidad, el entretenimiento y la experiencia”.

**Alejandro Valencia-Tobón**  
Curador de la exposición





## OBJETOS DE LUZ

El profesor Daniel Velásquez, asesor del Semillero de Holografía, explica que “los hologramas son objetos de luz que no tienen una realidad tangible o física, pero que se perciben reales con los ojos, tales como son”.

La técnica de la holografía fue inventada en 1948 por el físico húngaro Denis Gabor, quien recibió por ello el premio Nobel de Física en 1971, y originalmente buscaba mejorar la resolución de la imagen de los microscopios electrónicos.

Su trabajo tuvo mucho interés en un principio, pero pasó casi inadvertido durante cerca de 15 años hasta que la posterior invención del láser renovó el interés en la holografía y la transformó en un tema de investigación prioritario con diversas aplicaciones científicas y tecnológicas que se sigue desarrollando hoy.

La holografía (de las raíces griegas *Holos*: completo y *Graphi*: imagen) es un proceso por medio del cual se puede registrar de forma completa la luz que porta la información de un objeto para luego reconstruir una imagen que tenga exactamente la misma información.

Los animales exhibidos fueron recolectados por el Semillero de Investigación de Artrópodos en Bahía Solano (Chocó).  
Foto Robinson Henao.

## EL CRUCE CIENCIA – ARTE

El Itinerario 2030 es la hoja de ruta institucional de la Universidad EAFIT, lanzado en 2018, que definió la línea de acción en todos los niveles para los siguientes doce años. Una de sus principales apuestas fue la creación de la Vicerrectoría de Descubrimiento y Creación, dependencia encargada de gestionar los procesos investigativos y los relacionados con las áreas de creación.

Para Catalina López Otálvaro, jefe de Planeación y Descubrimiento Formativo y participante de esta transición, con esta mirada había que encontrar la forma de alinear los

procesos de descubrimiento con los de creación, para lo que era necesario comenzar a indagar lo que implicaba esa relación.

Este concepto ha ganado mucho espacio en la academia en los últimos años, pues busca responder a preguntas o problemas de investigación a través de una experiencia creativa que da lugar a obras, objetos o productos con valor estético y cuya naturaleza temporal puede ser efímera, procesual o permanente, de acuerdo con la idea que propone el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia (Colciencias).

Por una coincidencia afortunada, pero también por la indagación de la Vicerrectoría, la iniciativa de los semilleros llegó en el momento ideal cuando ambos estaban en posición de potenciar sus ideas y materializarlas en un proyecto como *Incomprendidos*.

Pero, más que coincidencia, para López la realización de *Incomprendidos* fue un reconocimiento al trabajo de muchos años de los semilleros y a los ejercicios de investigación formativa que desarrollan. También el mensaje para la comunidad universitaria que estos procesos tienen cabida dentro de la cultura investigativa de EAFIT y que se seguirán apoyando de manera decidida. Hoy, la investigación-creación se incluye en las convocatorias de proyectos internos, de semilleros y en las de Colciencias.

El Itinerario 2030 y el enfoque de sus directrices hacia la investigación-creación es la ratificación del concepto de Universidad como epicentro de la ciencia y la cultura, algo que EAFIT tiene claro desde hace mucho tiempo.

*Incomprendidos* fue, además, una experiencia significativa de aprendizaje para los estudiantes que buscaban mostrar sus poco comprendidos objetos de estudio. Al final, lograron algo más profundo: juntar ciencia y arte en un mismo propósito. ■

**En medio de diálogos, preguntas y discusiones empezaron a vislumbrar cuál sería el camino: tanto hologramas como seres invertebrados comparten el rasgo de ser desconocidos, confundidos e incluso temidos y rechazados.**

### Investigadores

#### Alejandro Valencia-Tobón

Biólogo. Magister y doctor en Antropología Visual con Medios Sensoriales de la Universidad de Manchester (Reino Unido). Docente del Departamento de Ciencias Biológicas y consultor de la Vicerrectoría de Descubrimiento y Creación.

Dentro de sus trabajos se destacan *Serotipo*, un personaje imaginario que representa la experiencia vivida por aquellos que han sufrido la enfermedad del dengue, y el *Proyecto Mosquito-Cometa*, idea financiada por el Royal Anthropological Institute y el Horniman Museum, en Londres.

#### Semillero de Investigación en Holografía

Adscrito al Grupo de Investigación en Óptica Aplicada de la Escuela de Ciencias. Es coordinado por el profesor Daniel Ignacio Velásquez Prieto, del Departamento de Ciencias Físicas. Entre sus líneas investigativas está la holografía analógica, la holografía a color y la holografía digital sintética.

En *Incomprendidos* participaron los estudiantes de Ingeniería Física, María Josef Lopera Acosta, José Hernán Ortiz Ocampo, Sofía Obando Vásquez, Mariana Escobar Quiceno, Maricarmen Montserrat Zambrano Consuegra y Laura Isabel Rojas González.

#### Semillero de Investigación en Artrópodos

Adscrito al Grupo de Investigación en Biodiversidad, Evolución y Conservación de la Escuela de Ciencias. Tiene el acompañamiento académico del profesor Juan Fernando Díaz Nieto, del Departamento de Ciencias Biológicas. Sus líneas de investigación se orientan a la descripción y conocimiento de la biodiversidad nativa con enfoques desde la ecología, la taxonomía y la genética, entre otras.

En *Incomprendidos* participaron Lizette Irene Quan Young (docente del Departamento de Ciencias Biológicas) y los estudiantes, David Bermúdez Tamayo, Andrea Ramírez Villa, Carolina Cataño Useche, David Jiménez Londoño, José Rodríguez Bolaños, Mariana Corrales Orozco, Mariana Echeverry Diez y Nicolás Zambrano Durán.



# Música para volver a vivir en paz

En Colombia hay centenares de proyectos musicales que entienden que, tan importante como enseñar a tocar bien un instrumento, es lograr que niños y jóvenes sean buenos ciudadanos. Una investigación del Departamento de Música los ha encontrado en ciudades y campos.

**WILSON DAZA.** Colaborador

**D**e pronto, el profesor se acordó de una historia muy linda... Fue en el Cauca. En ese departamento del sur del país querían formar una banda musical con niños y lo invitaron como experto para que ayudara en la selección de los pequeños que iban a integrar la agrupación.

No debía ser un proceso complicado para él: Javier Asdrúbal Vinasco Guzmán –maestro de maestros de música en la Universidad EAFIT, con una extensa e intachable hoja de vida, nominado a un premio Grammy por su talento en el clarinete– dijo sí. Ese era su mundo, su vida, la música que nacía de abajo, de las necesidades, de lo más profundo del alma.

Los niños debían grabar un video diciendo su nombre, edad, de qué pueblo venían y tocar su instrumento. Si resultaban seleccionados irían a la ciudad de Popayán y tocarían un concierto con la banda.

Llegaron niños hasta de los resguardos indígenas, lo cual le pareció extraordinario. Pero se percataron que no

todos tenían instrumentos. Entonces un profesor de allá, Andrés Ramírez, tuvo que ir de pueblo en pueblo con instrumentos para prestárselos a los pequeños y que pudieran grabar su video.

Javier nunca olvidará ese día. Vio a una niña de un resguardo indígena que había sido seleccionada y tenía una facilidad tremenda para la interpretación musical.

–Cuéntame, si tú no tienes el instrumento, ¿cómo lo estudias? –le preguntó.

–Mire, yo me construí esto –respondió la chiquilla y le mostró un instrumento elaborado con un trozo de madera.

“¡Un clarinete de palo! Y ella decía: ‘Yo cierro los ojos y me imagino que esto es un clarinete. Y yo estudio. Yo practico todos los días como si estuviera tocando un clarinete’ –recuerda el profesor mientras se le ilumina la mirada–. Con ese palo estudió y quedó en la banda del departamento. Son historias chiquitas, pero muy conmovedoras”.





Banda juvenil del municipio de San José de Isnos, en el sur del departamento del Huila. Foto Juan Gonzalo Betancur.





En estos lugares se enseña más que un instrumento: son verdaderas escuelas de ciudadanía. Esta es una escuela de música en el municipio de Garzón (Huila).  
Foto Juan Gonzalo Betancur.

### HERRAMIENTA DE CAMBIO SOCIAL

Para su alegría, encontró que hay proyectos en toda Colombia en los que la música dejaba de ser un fin en sí misma y se convertía en una herramienta para la transformación de las personas, de las comunidades y, por ende, de la sociedad.

Pone el caso de Medellín y su ejemplo emblemático: la Red de Escuelas de Música, un verdadero proyecto social. Allí, los jóvenes ocupan su tiempo libre en una actividad edificante que busca alejarlos de las pandillas, el vicio, la criminalidad y tantos peligros a los que se enfrentan los menores en las calles, en especial aquellos residentes en los sectores más marginados.

“Uno va a los conciertos de estos niños y jóvenes y siempre están el papá, el abuelito, la mamá, la tía, los amigos... Y estas personas, ya sensibilizadas de esta manera tan especial por la música, comienzan a crear una conciencia diferente frente a los horrores que muchas veces les ha tocado vivir. Por eso son proyectos maravillosos, porque dignifican al ser humano”, asegura.

Descubrió que hay muchas iniciativas en todo el país, no solo las grandes y visibles como la Fundación Nacional Batuta, que involucra a unos 90 mil niños, sino que hay centenares que están haciendo cosas muy interesantes. Por eso en su investigación se dedicó a estudiarlas.

### MÚSICA PARA CONSTRUIR VALORES

¡Que suene la música para poder volver a vivir en paz, para olvidar las balas, para recuperar el sentido por los valores, para confirmar que mejor que la guerra es crear y combinar ritmos en una receta melodiosa que conduzca a la felicidad, a crear tejido social, a construir país y a vivir en tranquilidad!

En estas palabras se resume el misterio académico de un maestro que le ha apostado a la música que hacen comunidades, apartadas o no, que han visto en ella un método para reconstruir aquel país que el conflicto armado desangró.

“A mí siempre me ha parecido que a través de la música se pueden generar valores cívicos en la niñez y la juventud, que a través de la práctica musical se adquieren y fortalecen hábitos de comportamiento que luego tienen una repercusión muy positiva en la convivencia ciudadana y que, no obstante, muchas veces las actividades de los músicos han estado descontextualizadas de la realidad de nuestro país”, reflexiona el maestro Javier Asdrúbal Vinasco.

“Además de la importancia de la práctica musical en el desarrollo cognitivo de los niños, esta les aporta habilidades sociales y de relacionamiento fundamentales para sentar las bases de una convivencia pacífica, como son el respeto, la tolerancia, el trabajo colaborativo, la disciplina, la perseverancia, la solidaridad, entre otras. Creo también que el gozo profundo que la música puede producir en las personas debería ser un derecho fundamental y universal”.

---

**“Con las comunidades solo somos observadores imparciales, por el momento. Ojalá pudiéramos ayudar más. Les damos visibilidad a los proyectos y empezamos a divulgarlos de distinta manera”.**  
Javier Asdrúbal Vinasco.

---



## CIENTOS DE CASOS EN TODO EL PAÍS

Hay, por ejemplo, una orquesta en el Chocó en la que los niños encuentran un oasis de paz dentro de un ambiente de tensiones raciales. Allí conviven y colaboran chicos indígenas, afrodescendientes y blancos. No solo tocan música clásica, también adaptaciones de los cantos comunitarios ancestrales de la región y sus propias composiciones. Lo hacen apadrinados por la Fundación Nacional Batuta.

Y hay otro proyecto que adelanta Iberacademy en el municipio antioqueño de El Bagre, en un convenio con la empresa Mineros S.A. Allí desarrollan un programa musical con hijos de los trabajadores de esa compañía que explota oro, y esos niños, que viven en una zona caracterizada por la pobreza y la marginalidad, ven un panorama de vida distinto.

También visitó una escuela en Cali, en uno de los barrios más pobres de la ciudad en el distrito de Aguablanca. Se llama la Escuela Desepaz. Tiene el patrocinio de la Fundación Proartes y sus instalaciones son impresionantes. El 95 % de los niños que asisten son de raza negra: "En medio de una marginación histórica y multidimensional –asegura el maestro Javier Asdrúbal Vinasco– esta escuela se aprecia como un oasis en medio de la pobreza en donde hay niños y jóvenes cantando, tocando, ensayando con la orquesta, haciendo música folklórica, bailando... se les proporciona un mundo nuevo en donde se respira la alegría".

Hay casos similares por todas partes: en Fredonia, en el Suroeste de Antioquia, hay un proyecto patrocinado por la Fundación Oro Molido, una exportadora de café, para los hijos de recolectores del grano. Y otros en zonas alejadas del centro del país, en Casanare, Amazonas, en la frontera con Venezuela donde hay una orquesta de niños migrantes...

## CATAMBUCO: VIDA Y MÚSICA EN UNA SALA DE VELACIÓN

En compañía de la estudiante Yully Rueda, el profesor Javier Asdrúbal Vinasco analizó el caso de un corregimiento de Pasto, en Nariño. Se llama Catambuco, queda en las montañas que son ruta de narcotráfico y por eso ha sufrido la violencia de muchos actores del conflicto.

Que esta comunidad fuese un sitio de tránsito de la droga generó problemas de adicción a unos niveles que nadie esperaba en una zona rural. Eso se sumó a la pobreza, la marginalidad y hasta a los problemas raciales porque confluyen población negra, indígena y blanca.

Una familia, sin el apoyo del Estado o particulares porque tampoco hay empresa privada en la zona, decidió crear un grupo musical para los niños y jóvenes: la Banda Guadalupana.

Era una familia de músicos y lo hizo para tener un espacio de tranquilidad, crecimiento personal y dignificación del ser humano. El trabajo con el grupo tiene un impacto gigante en la comunidad, pero lo hacen con las uñas.

Los instrumentos que poseen son de la peor calidad. Son donados a punta de pedir por aquí y por allá: que regáleme una trompeta, cómpreme este tambor y así, como de ponchera. Por cada cinco niños hay un instrumento. Por eso no pueden ensayar todos a la vez y, aun así, hacen un trabajo de alto impacto comunitario.

Los ensayos los hacen en una sala de velación, la única del pueblo. Cuando no hay finado, la banda ensaya allí. Cuando lo hay... no tocan. ¡Pero siguen vivos!



Niños hijos de familias afectadas por la violencia hacen parte de un proyecto de música y danza folklórica, básicamente cumbia, en el municipio de El Banco (departamento del Magdalena). Foto Juan Gonzalo Betancur.



Foto Robinson Henao.

## JAVIER ASDRÚBAL VINASCO GUZMÁN

Doctor en Música por la Universidad Nacional Autónoma de México. Jefe del Departamento de Música, donde imparte clases de clarinete y música de cámara. Es representante por Colombia ante la International Clarinet Association y director del Festival ClariSax de Medellín. Le interesa la música de compositores latinoamericanos, evidente en sus diez discos, uno de ellos nominado a los Latin Grammy Awards en 2008.

---

**“En el escenario del posacuerdo de paz, Colombia necesita escuelas de ciudadanía, de convivencia, de paz, de sensibilización humana, para sacar lo mejor que los seres humanos puedan dar y bajarle a tanto odio y polarización”.**

Javier Asdrúbal Vinasco.

---

## EL MAESTRO EN LAS COMUNIDADES

“Cada que visito alguno de esos proyectos me resulta una experiencia conmovedora. Cuando uno ve la felicidad y la ilusión de un niño tocando la trompeta, la percusión de una canción colombiana, mirándose con los otros niños, interactuando musicalmente, cuando ve a sus papás orgullosos porque el niño está tocando en el parque, en la iglesia de su pueblo o en el salón del colegio... son experiencias imborrables, son experiencias para toda la vida”.

Él mismo pasó por ahí. Cuando estaba pequeño, en el departamento de Caldas, en un pueblito llamado Risaralda, Javier Asdrúbal tuvo la misma fortuna. Estaba surgiendo el plan de bandas en ese departamento y fue beneficiado con él. Su paso por el colegio resultó delicioso por los años en el grupo.

## EL COMPROMISO DE LA ACADEMIA

El maestro está convencido que existen muchos asuntos que también son muy importantes en la vida social, pero que a veces se desconocen o no se quieren ver. Uno de ellos es la dimensión espiritual, aquella que hace más humanas a las personas.

“No por tener el plato en la mesa y tener el techo o un trabajo, ya todo está resuelto para alguien. La sociedad requiere también que se le alimente en esa otra dimensión. Lo que me he dado cuenta después de conocer este mundo musical es que la academia, las universidades, hemos desconocido este contexto, hemos estado un poco al margen. No nos hemos involucrado en este tipo de proyectos en los que la música es una herramienta social y es una lástima porque podemos aprender mucho de ellos”.

Con esa inquietud planteó el proyecto a la Universidad y ya lleva un año y medio en este trabajo: “Es muy satisfactorio ver el interés y el apoyo que he recibido en EAFIT para poder adelantar una investigación en este campo”, manifiesta el docente investigador.

La importancia de su trabajo académico la sintetiza en tres razones: primera, desde la reflexión académica sobre el tema que ayuda a sistematizar la experiencia de estos proyectos; segundo, para propiciar espacios que pongan a dialogar a los distintos procesos musicales de tal forma que puedan interactuar, compartir buenas prácticas, experiencias y nutrirse mutuamente; y tercero, para ayudar a conectarlos con redes internacionales porque este tema de los proyectos sociales a través de la música es ya un asunto de agenda mundial.



"La música es una plataforma para la interacción social, dice el neozelandés Christopher Small. Ahí, él y yo nos juntamos en comunión", afirma el profesor Vinasco. Foto Juan Gonzalo Betancur.

## CAPACITAR A LOS MÚSICOS EN TRABAJO SOCIAL

El profesor Javier Asdrúbal Vinasco también detectó otro asunto importante dentro de su investigación: los músicos profesionales no están capacitados para ejercer este tipo de trabajo con comunidades.

Explica que una queja generalizada en todos estos proyectos es que a los músicos les cuesta mucho esa labor de trabajo social. Y es debido a que no existe ningún programa académico en Colombia que brinde las herramientas que luego va a necesitar en una región o un barrio para trabajar en este tipo de proyectos sociales.

"Queremos que EAFIT sea líder en eso –asegura– y crear el primer programa académico de intervención social a través de la música, que no existe en Latinoamérica. Ya lo estamos diseñando en colaboración con el Departamento de Psicología. Es un programa que se está necesitando porque estos proyectos sociales son, hoy en día, una de las fuentes de empleo más importantes para los músicos".

Falta mucho por hacer y por eso el profesor hace una última invitación: "A trabajar arduamente en el campo musical, sin perder la búsqueda de la excelencia y la belleza, con alto sentido de lo social y vocación de servicio. Una nación como Colombia necesita reconocerse en su identidad, dignificarse y respetarse, y la experiencia musical puede contribuir enormemente a ello. No nos dará la paz, pero nos ayudará a sentar las bases para que alcancemos una mejor convivencia".

Solo así, afirma, algún día miles de niños como esa pequeña indígena que imagina que hace música con un palo en forma de clarinete, sentirá que los acordes le construyen su alma y su vida, y le darán a ella y a sus comunidades una existencia mejor. Así... ¡que viva la música! ■

## EL SUEÑO DE UNA FILARMÓNICA EMBERA

La Fundación Música para la Paz trabaja con jóvenes y niños de dos comunidades en Antioquia. Una en el municipio de Valparaiso (región del Suroeste), fundada hace cuatro años e integrada por población indígena de los embera chamí, y otra creada hace tres años en Uveros, un corregimiento ubicado a 10 minutos de San Juan de Urabá de la que hacen parte muchachos afrodescendientes.

Raquel Cadavid, cantautora antioqueña, es el alma de este proyecto, ahora Fundación, ayudada por un equipo en el que se destaca el líder Santiago Botero. La Fundación le procura a sus integrantes entre 10 y 20 horas semanales de fundamentación musical con profesores que acompañan el aprendizaje de los niños.

Entre sus metas está crear la primera filarmónica embera del país, para recuperar algunas raíces culturales de esta etnia indígena que está perdiendo algunas raíces culturales como su lengua.

La fundación busca dar buenos frutos a través de lo espiritual, no colonizar comunidades sino restablecer los derechos, y mantener la cultura y las costumbres autóctonas. Por eso, para los niños indígenas o afro hoy se hace fácil tomar un che-lo o un violín, y adaptar una melodía clásica con sonidos propios teñidos de visiones ancestrales.





## LA CREACIÓN COMO UNA FORMA DE INVESTIGACIÓN (?)

**ALEJANDRO VALENCIA-TOBÓN\***

Investigador posdoctoral,  
Departamento de Ciencias Biológicas

La posmodernidad es una idea basada en el texto. El conocimiento académico se disemina en formas textuales y poca atención se suele prestar a las formas no-textuales para producir o hacer investigación. Bastaría pensar en que la reputación académica se fundamenta en la calidad y cantidad de artículos o libros publicados. Sin embargo, para quienes trabajan con imágenes, videos o creaciones artísticas, un texto suele ser insuficiente o incapaz de hacer el mismo trabajo que hacen sus obras, pues estas tienen el poder de expresar algo que no podría ser expresado en términos textuales.

En otras palabras, las imágenes agencian por sí mismas y por esto se debería reconocer que el valor de dichas obras, videos, exposiciones o prácticas artísticas radica en el hecho de superar los límites descriptivos del texto. Este ha sido un argumento suficiente para convencer a muchos y, de hecho, se ha convertido en la forma en la que se ha estructurado la defensa de la creación artística como un modo de expresión.

Pero, ¿es realmente productivo defenderse con un argumento que no cuestiona de manera crítica el hecho de

crear imágenes, videos o instalaciones artísticas? Es decir, en lugar de afirmar que es necesario ir *más allá del texto*, ¿no deberíamos preguntarnos en qué escenarios se debería desarrollar un trabajo cuyo formato va *más allá del texto*? Esta fue la idea inicial que propuso discutir Rupert Cox, director del Granada Centre for Visual Anthropology de la Universidad de Manchester en el Reino Unido, durante su visita a la Universidad EAFIT el pasado 21 de mayo de 2019.

En la conferencia *Beyond text: contemporary research-creation practices* (<https://bit.ly/33SICVb>), Cox sugiere que, para pensar en la creación como una forma de investigación, primero tendríamos que aceptar la necesidad (o incomodidad) de hacernos preguntas a nivel conceptual, técnico, social, material y público: ¿cuál es el problema?,

¿qué está en juego durante el trabajo?, ¿por qué voy a usar fotografía, video o prácticas artísticas?, ¿voy a analizar documentos físicos o material digital?, ¿cuáles son las relaciones

---

**En la investigación-creación se busca generar un valor agregado a la investigación clásica disciplinar o interdisciplinar, a partir de la conexión de reflexiones teóricas en diálogo con prácticas artísticas.**

---

colaborativas que estoy creando?, ¿cuál es el público objetivo y a dónde va dirigido todo esto?, ¿en qué tipo de formatos voy a presentar los resultados?

En esencia, lo que sugirió en la conferencia es que la clave de toda esta discusión radica en la pertinencia de hacernos preguntas y elecciones críticas desde el inicio del trabajo, de manera que podamos reconocer que ir más allá del texto no es una cuestión que sea aplicable a todos los proyectos de investigación.

La existencia del signo de interrogación nos debería movilizar a reflexiones en torno a que el término "crear" no quiere decir hacer cosas "lindas" mientras se trabaja, sino que, como sugiere Cox, se debe analizar críticamente en qué medida la inclusión de imágenes, videos, sonidos, objetos, instalaciones o exposiciones conlleva a responder preguntas que no se podrían responder por otros medios. Solo en dicho momento cobra sentido hablar de *investigación-creación* como una actividad académica que busca desarrollar proyectos basados en procesos, técnicas y prácticas creativas que incentiven el pensamiento crítico a partir de la convergencia de las artes y las humanidades con otras áreas del conocimiento.

Este enfoque implica pensar en las prácticas artísticas como un medio para generar investigación académica. Su origen se da en Canadá ([www.hexagram.ca](http://www.hexagram.ca)) pero responde a un campo más amplio de conceptos y actividades relacionadas, como es el caso de la "práctica como investigación" e investigación con "impacto" en el Reino Unido. Para Cox, esta forma de trabajo significa que la creación debe tener dirección, estructura y propósito, pues no es lo mismo pensar en la creación como investigación, que simplemente presentar de manera creativa una investigación.

En la investigación-creación se busca generar un valor agregado a la investigación clásica disciplinar o interdisciplinar, a partir de la conexión de reflexiones teóricas en diálogo con prácticas artísticas, con el objetivo de

producir experimentos emergentes cuya totalidad se sale de los cánones preestablecidos por cada disciplina.

La investigación-creación parte de la idea según la cual el proceso y la integración de los diferentes elementos es necesaria para que la investigación emerja con el objetivo de crear algo diferente (innovación) que no podría desarrollarse usando otros mecanismos. Así, los proyectos de investigación-creación deberían estar basados en procesos, es decir, el proceso es tan importante como el tipo de resultado obtenido, pues se parte de suponer que un proyecto de investigación-creación genera los principales conceptos en el transcurso de su

---

**Se debe analizar en qué medida la inclusión de imágenes, videos, sonidos, objetos, instalaciones o exposiciones conlleva a responder preguntas que no se podrían responder por otros medios.**

---

ejecución. Igualmente, el énfasis metodológico debe estar centrado en la colaboración y en la posibilidad de crear ejercicios que tengan un poder catalítico, por su capacidad de impactar de manera directa en el dominio público.

Ahora bien, si queremos que todo esto tenga sentido a largo plazo, también es importante embeber las ideas de investigación-creación en el currículo académico de las diferentes carreras, de modo que los estudiantes puedan interactuar de forma tangible con una discusión teórica que podría parecer abstracta. Tal vez así podamos determinar mejor el valor de este tipo de iniciativas. ■

\* Consultor de la Vicerrectoría de Descubrimiento y Creación de la Universidad EAFIT.



# *La exploración,* escuela para los científicos del futuro

Explorar es sinónimo de investigar y las habilidades propias de este concepto se despiertan en chicos entre los 8 y 17 años de edad en la Universidad de los Niños. El juego los lleva a descubrir y aprender, de la mano de investigadores de EAFIT.

**SEBASTIÁN AGUIRRE EASTMAN**  
Colaborador





**Cuando respiramos tomamos oxígeno del aire y cuando lo botamos sale dióxido de carbono**

- le explica Samara Figueroa, de diez años, a una de sus compañeras cuando pregunta qué es el CO<sub>2</sub>.

**Por eso necesitamos más árboles en la ciudad, porque convierten ese dióxido de carbono en oxígeno** - agrega Jerónimo.

Universidad de los Niños es un programa de apropiación social del conocimiento científico que se fundó en el año 2005 en EAFIT. Foto Robinson Henao.

Todos los niños visten de naranja y llevan en su cuello escarapelas que tienen escritas palabras como "musgos", "hongos", "CO<sub>2</sub>", "árboles", "insectos" y "humanos". El grupo, sentado, está unido por lazos rojos y azules según lo que cada uno, de acuerdo con el rol asignado, necesita para sobrevivir. Con esto, los niños reconocen que, por ejemplo, "todos hacemos parte de un ecosistema", que "todos somos indispensables", y que "entre todos los seres vivos hay interacciones", entre otros aprendizajes que ellos mismos van descubriendo.

La actividad se realiza como parte de Expediciones al Conocimiento, la segunda etapa de la Universidad de los Niños, un programa de apropiación social del conocimiento científico que en esta etapa se centra en las edades de 9 a 13 años y es orientado por mediadores de EAFIT. Este día, y como ocurre cada semana, decenas de niños deambulan por el campus de la institución –a veces con batas de laboratorio– para acercarse a la investigación mediante dinámicas que mezclan la exploración del conocimiento científico y la lúdica.

## DESPERTAR EL ASOMBRO Y LA CURIOSIDAD

Pero, ¿qué es explorar? ¿Cómo exploran los expedicionarios? El profesor Juan Fernando Díaz Nieto, del Departamento de Ciencias Biológicas de EAFIT, lo explica a medio centenar de chiquillos reunidos en un auditorio de la Universidad: "Explorar es ahondar en el conocimiento, es sumergirnos en algún ambiente desconocido para preguntarnos por detalles e ir sumando información de tal forma que entendamos mejor lo que allí sucede".

Díaz Nieto ha liderado varias expediciones científicas, una de ellas realizada en 2018, BioAnorí, en la cual se hallaron 14 nuevas especies para la ciencia en las selvas del nordeste antioqueño donde, por décadas, los científicos no habían podido entrar debido al conflicto armado.

Según el investigador, "explorar es algo innato en los seres humanos", pues con frecuencia todos nos hacemos preguntas sobre cualquier tipo de cosas, sin importar si somos o no científicos, o si el cuestionamiento es complejo o superficial. "Siempre hay preguntas sobre las cuales queremos conocer, es decir, explorar", afirma.

A los pequeños de la Universidad de los Niños les explica que su trabajo de campo se concentra en la captura de mamíferos, los cuales incluyen una gran variedad de ejemplares en cuanto a tamaño y hábitos. Y les dice que los que más le interesan son los pequeños mamíferos terrestres como ratones, musarañas y chuchas o zarigüeyas, así como los voladores: los murciélagos.

Pero esa no ha sido la única forma de entender la exploración que la Universidad de los Niños les ha presentado. "Explorar pone en funcionamiento los sentidos", complementan los profesores Juan Camilo Escobar Villegas y Adolfo León Maya Salazar, del Grupo de Investigación Sociedad, Política e Historias Conectadas, invitados también a las Expediciones al Conocimiento.

Para ellos, explorar dispone la mirada para ver lo pequeño y lo invisible: "Explorar nos invita a abrir las manos para tocar los objetos y palpar su materialidad. La exploración nos propone escuchar los sonidos y los silencios, lo que se dice y lo que se calla y, en algunos casos, todo este conjunto de sensaciones nos permite imaginar el sabor del pasado. El historiador-explorador es un sibarita que disfruta estar ante la presencia de papeles viejos, de muebles antiguos, de imágenes y sonidos de otros tiempos".

"A través de reflexiones como estas, presentadas de forma sencilla y cercana a los niños y niñas, esta etapa de Universidad de los Niños fomenta en ellos habilidades como expedicionarios", manifiesta Vanesa Acosta, coordinadora metodológica del programa.

En ese sentido, las actividades con los menores se focalizan en la recolección de información a partir de los sentidos "para conocer y cuestionar objetos, situaciones y hechos del mundo que nos rodea". Así, la pregunta durante la exploración genera asombro y curiosidad, y estimula diferentes acciones que los inician en el conocimiento científico.



**"Me gusta el método de aprender y jugar a la vez"**

"Tengo diez años, estudio en la Institución Educativa Victor Wiedemann de San Antonio de Prado, y vengo a la Universidad de los Niños desde el año pasado. En mi colegio hicieron una convocatoria, una profesora me dijo que si yo quería participar y le respondí que si. Tuve que responder una pregunta, "¿por qué te gustaría entrar a EOFIT?" Lo hice y la rectora y la coordinadora me eligieron. Me ha gustado porque puedo aprender muchas cosas, el método de aprendizaje es jugando y aprendiendo a la vez. Eso es muy bueno porque puedo hacer lo que yo crea y pueda. Me ha gustado el laboratorio porque puedo descubrir cosas nuevas".  
Samara Figueroa Noreña

"Tengo diez años, estudio en el Instituto Paulo Freire, es un colegio virtual, así que queda en internet. Vengo desde el año pasado, primero fue mi hermana, después mi hermano, quien todavía está en el programa, y luego seguí yo.

Me gusta aprender cosas, también hay refrigerio rico y disfruto estar al aire libre. Me gusta hacer experimentos, por ejemplo uno que hicimos buscando microorganismos en la tierra".  
Samuel Toro Ramirez

Expediciones al Conocimiento es la segunda etapa del programa institucional Universidad de los Niños para chicos entre 9 y 13 años. Foto Robinson Henao.

## ¿CÓMO LO HACEN?

La Universidad de los Niños divide sus etapas en tres momentos, explica Susana Galvis, asistente de contenidos de Expediciones al Conocimiento. La primera, a la cual llegan los niños más pequeños, se llama Encuentros con la Pregunta. Allí, durante un año, el objetivo es motivar su curiosidad.

Luego pasan a Expediciones al Conocimiento, donde se busca que desarrollen habilidades científicas previamente definidas por las asistentes de contenidos, según investigaciones y rastreos sobre el tema y área del conocimiento a trabajar durante el taller. En esta fase, la permanencia es de cuatro años.

Por último, pasan a Retos y Proyectos de Ciencia, momento en el cual hay más autonomía y los participantes eligen líneas de investigación para desarrollar sus propios proyectos con el apoyo de investigadores de EAFIT. En esta etapa, la estancia se da hasta que se gradúan del colegio.

“Los participantes llegan de dos formas: como familiares de empleados o exalumnos de la Universidad, y a través de las instituciones educativas participantes, las cuales gestionan el año previo sus cupos en la Universidad de los Niños para la etapa Encuentros con la Pregunta. Se dan máximo cuatro cupos por institución educativa y ellos escogen a esos niños, cada uno con criterios distintos, nosotros no participamos de esa selección”, explica Susana Galvis.

---

**Todos los talleres para los niños parten de cuatro principios pedagógicos: juego, conversación, pregunta y experimentación.**

---

Las “universidades de los niños” nacieron en Alemania en el año 2002 y rápidamente fueron acogidas por diferentes instituciones.  
Foto Robinson Henao.





## DISTINTAS FORMAS DE EXPLORAR

En Expediciones al Conocimiento todos los talleres se diseñan partiendo de cuatro principios pedagógicos: juego, conversación, pregunta y experimentación, cuenta Vanessa Acosta, coordinadora metodológica. Este año se están trabajando seis talleres basados en saberes investigativos de la universidad:



### ¿Cómo exploran los expedicionarios?

Para este taller se eligieron dos áreas del conocimiento en las que se explora de forma diferente: la biología y el periodismo. Para la primera estuvo el biólogo Juan Fernando Díaz Nieto, director científico de la expedición BioAnorí, mientras que, para la segunda, el periodista Juan Gonzalo Betancur, profesor del Departamento de Comunicación Social, relató su experiencia recorriendo el río Magdalena desde su nacimiento hasta la desembocadura.



### ¿Cómo conocer las historias del mundo?

Con el historiador e investigador Juan Camilo Escobar, los niños y niñas exploraron sus historias familiares relacionándolas con la del departamento de Antioquia. Se usó la corriente historiográfica llamada Historias Conectadas que permite, entre otras cosas, entender los antecedentes de un lugar por medio de la vida de las personas que lo habitaron.



### ¿Cómo saber si las decisiones del gobierno son las mejores para las personas?

Este taller lo dirigieron la profesora de economía e investigadora, Mónica Ospina, y la politóloga y concejala de Medellín, Daniela Maturana. Con ellas se exploraron las formas de evaluar las decisiones del gobierno, la manera como afectan la calidad de vida de los ciudadanos y los conceptos de política pública e impuestos.



### ¿Hay vida en el suelo que no podemos ver?

Con la investigadora Valeska Villegas, del Departamento de Ciencias Biológicas, se exploró la vida microscópica que nos rodea, en específico la del suelo, y su importancia para el equilibrio de los ecosistemas.



### ¿Cómo es la música en la ciudad?

Los maestros Cecilia Espinosa y Andrés Posada, ambos del Departamento de Música, trabajarán los conceptos de ruido, silencio, géneros musicales, gustos musicales, así como las tendencias musicales en la ciudad y los factores que la influyen.



### ¿A dónde nos llevan las expediciones?

Con este taller se cerrará el proceso de 2019 y recogerá los saberes y experiencias aprendidos durante todo el año.





## ASÍ SE DEFINE LA METODOLOGÍA

Antes de que los niños y niñas lleguen al programa, está el trabajo previo para diseñar una metodología que no solo les resulte divertida y emocionante, sino que cumpla con su propósito desde la investigación y el conocimiento. Vanesa Acosta comenta que el proceso empieza con la selección de temas según los intereses de los niños.

Los investigadores son contactados por la Universidad de los Niños o ellos mismos llegan para construir en conjunto la pregunta que trabajarán. "El investigador genera un texto divulgativo con un lenguaje cercano para los talleristas y asistentes de contenidos. Estudiamos el escrito en el equipo de metodología y la asistente de contenidos propone una ruta a partir de las palabras claves que genera el autor", señala Acosta.

Luego, los asistentes de contenidos buscan otras fuentes de información, que son puestas en común con el investigador, y luego se hace una jornada creativa para diseñar las actividades de cada taller y así generar una guía metodológica en la que se expone el sentido y objetivos que tendrán las dinámicas con los niños.

Una vez la guía está lista y validada por el equipo de trabajo para confirmar que estén incluidos los cuatro principios fundamentales de la Universidad de los Niños –juego, conversación, pregunta y experimentación–, se realiza un simulacro para verificar que el plan sí funcione, en especial en aquellos escenarios con actividades muy específicas, como los laboratorios.

Las validaciones también se pueden dar en plena actividad, ya que los talleres se dividen en dos series, es decir, en dos grupos distintos, y si algo no sale bien inicialmente, se corrige y adapta para el siguiente. Al final, en conjunto se hace una retroalimentación, primero en caliente cuando el taller recién ha finalizado, y luego con más tranquilidad para pasar revista a los detalles metodológicos con cada uno de los talleristas. ■



Con los años, la Universidad de los Niños de EAFIT ha ampliado sus fronteras y explorado nuevos campos de acción. Foto Robinson Henao.



# *Challengers* de supercómputo: el espíritu corre mejor que el computador





**Aunque obtuvieron tres premios en un campeonato mundial de supercomputación, para los cinco integrantes del equipo de EAFIT la mayor recompensa fue haber reconocido su capacidad para asimilar una derrota y, desde allí, construir una victoria. Esta es una crónica sobre lo que se vive en las entrañas de esos retos de conocimiento.**

**OCTAVIO GÓMEZ VELÁSQUEZ**  
Colaborador

Participar en una competencia de supercomputación, como el *ASC19 Student Supercomputer Challenge*, es como conducir un auto a la velocidad de un Fórmula 1 que arrastra tanta carga como un barco mercante, pero que lleva millones de copas de cristal y donde perder puede ser el comienzo de una victoria.

Es un reto para demostrar la capacidad de procesamiento de millones de datos en simulaciones computacionales de temas que fueron usados como parte de complejas investigaciones científicas... pero en jornadas de un día.

Eso fue lo que vivieron Manuela Carrasco Pinzón, Sebastián Patiño Barrientos, Hamilton Tobón Mosquera, Juan David Arcila Moreno y Andrés Felipe Zapata Palacio, los estudiantes de Ingeniería de Sistemas que participaron en el *ASC19 Student Supercomputer Challenge*, en abril de este año en China.

Se trata del grupo de monitores del Centro de Computación Apolo, de la Universidad EAFIT que, tras la convocatoria de *Asia Supercomputer Community*, superó la eliminatoria de 300 universidades del mundo para hacer parte de una élite de 20 equipos

que compitieron en China y que, por primera vez en la historia de sus participaciones en esos eventos, se ubicó en el "top 10" de equipos estudiantiles en competencias de manejo de supercomputadores.

Sin embargo, la mera enumeración de los logros no permite clarificar por qué para estos estudiantes haber descubierto su resiliencia para enfrentar un revés en la competencia fue el mayor logro de aquella semana, lejos de todo lo que habían conocido y aislados de todo lo que les daba seguridad.

Habían llegado a una competencia para la cual se habían preparado con investigadores, trabajaban en un centro de computación científica con supercomputadores y con problemas reales, mientras que los demás participantes son estudiantes que dejaban las clases para asistir a la competencia.

El *ASC19* es una carrera donde los estudiantes son, a la vez, los pilotos y los ingenieros de los vehículos que utilizan las pistas por donde corren con aplicaciones y *benchmarks*, y la meta es la combinación entre lograr computar millones de datos sin superar el consumo de 3.000 watts por competencia.

## TALENTOS "CAZADOS" YA ESTÁN EN ESTADOS UNIDOS Y FINLANDIA

El profesor Juan David Pineda Cárdenas, coordinador técnico del Centro de Computación Científica Apolo, explica que "estos concursos se organizan en el marco de congresos de super cómputo donde se dan a conocer los nuevos modelos de equipos de las grandes marcas y los últimos avances en tecnología de almacenamiento y procesamiento de datos".

Lo anterior se combina con la invitación a estudiantes de las áreas de ingeniería, informática y telecomunicaciones que también es una manera de identificar a los nuevos talentos que se incorporarán a la industria.

La participación de Apolo en estos temas se remonta a 2014 cuando, a instancias de Purdue University, EAFIT entró al mundo de los concursos de supercomputación haciendo un equipo en conjunto con esa universidad estadounidense.

La experiencia, recuerda el profesor Pineda Cárdenas, "fue, cuando menos, dramática, en el sentido de darnos cuenta de que tenemos mucho talento, de que tenemos gente muy buena, de nivel mundial, que es capaz de lograr los primeros puestos a nivel internacional".

Eso se demuestra en el hecho de que los estudiantes de EAFIT que pasaron como monitores de Apolo trabajan ahora en Suecia, Estados Unidos, Alemania, Dinamarca o Australia. Incluso, de quienes viajaron a China en abril, ya dos realizan sus prácticas profesionales en Estados Unidos y uno Finlandia.

En la foto, el equipo de estudiantes de Ingeniería de Sistemas que trabaja en el Centro de Computación Apolo ya empezó a prepararse porque quiere volver el año próximo a China. Foto Robinson Henao.

# APOLO

## Centro de Computación Científica

Es una infraestructura de la Universidad EAFIT al servicio de la investigación científica y de la industria. Permite realizar, en períodos cortos de tiempo, simulaciones, modelos y analizar grandes volúmenes de información que se vuelven manejables gracias al supercómputo.



APOLO 2



CRONOS

12 Personas 2 supercomputadores



El Centro de Computación se fundó en 2012 gracias a un convenio de cooperación con la Universidad Purdue (Estados Unidos) que donó 40 servidores para inaugurar el proyecto.

```
// Non - persisted properties  
<html> <errorMessage = ko , observable() ;
```

```
todoitem(data) { ;  
var self = this ;  
data = data || {} ;
```

```
todoitem(data) { ;  
var self = this ;  
data = data || {} ;
```

10460	Benefits
35246	Payroll taxes
76745	Salaries
76023	Commissions and bonuses
23674	Personnel Total
10460	Benefits
35246	Payroll taxes
76745	Salaries
76023	Commissions and bonuses
23674	Personnel Total
10460	Benefits
35246	Payroll taxes
76745	Salaries
76023	Commissions and bonuses
23674	Personnel Total
10460	Benefits
35246	Payroll taxes
76745	Salaries
76023	Commissions and bonuses
23674	Personnel Total
10460	Benefits
35246	Payroll taxes
76745	Salaries
76023	Commissions and bonuses
23674	Personnel Total

```
<html> <p style="font-weight:bold">  
</HTML font code is done using CSS.</p>  
<html> <body style="background-color:yellowgreen; color:white;">  
<html> <totalistid = data.todoaid;
```

```
todoitem(data) { ;  
var self = this ;  
data = data || {} ;
```

```
// Non - persisted properties  
<html> <errorMessage = ko , observable() ;  
  
(function (ko, datacontext) { })  
<div style="background-image:url(/pix/samples/  
background_text-todoitem ;  
height_text :200px">  
<p>The image can be tiled across the background,  
</div>  
  
// persisted properties  
  
<html> <p style="font-weight:bold">HTML font cod  
<html> <body style="background-color:yellowgree  
<html> <totalistid = data.todoaid;
```

# SUPERCOMPUTADOR

## ¿Para qué se usa?

- Probar la aerodinámica
- Predecir el cambio climático
- Hacer ensayos clínicos sin pacientes
- Estudiar materiales
- Predecir si una estructura funcionará antes de ser construida



En 2018 computó lo equivalente a **218,3 años** de trabajo en PC's de escritorio

## ¿Para qué sirve?

Para abordar problemas muy complejos con millones de variables que requieren tiempo excesivo de procesamiento de datos en la investigación.

Pasar de **120 años** a **2 años**

120 años habría tardado en procesar en laboratorios la información para el desarrollo de un medicamento que busca tratar la leishmaniasis, investigación que hace el Programa de Estudios y Control de Enfermedades Tropicales de la Universidad de Antioquia.

El Centro de Computación Científica, apoyó el cálculo computacional para que se ejecutara en 2 años.

**Evaluó la interacción entre 600 mil moléculas y 583 estructuras correspondientes a proteínas de leishmania.**



## ¿Qué hace?

Simulaciones > Predicciones > Pronósticos > Modelos matemáticos



Apolo es más que una máquina

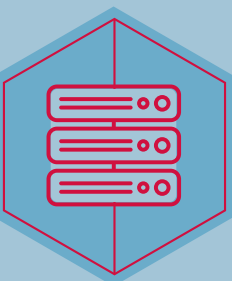
"No se trata solo de tener estas máquinas sino también de contar con personas capaces de manejarlas".

Juan David Pineda Cárdenas, coordinador técnico

**El supercómputo es como viajar en el tiempo:** obtiene en tan solo pocos años, meses, días u horas resultados que de otra forma tardarían siglos o décadas.

## ¿Cómo funciona?

Una red ultra rápida de muchos servidores conectados a altísima velocidad, coordinados para trabajar como una sola máquina que ejecuta muchas instrucciones simultáneamente, en paralelo.



**16 núcleos**

**x 40 = 640**  
servidores **núcleos**



CRONOS

**NODO o SERVIDOR**

Computador muy potente con múltiples procesadores - multinúcleos

**NÚCLEO** Unidad mínima de procesamiento

8 núcleos  
PC última generación

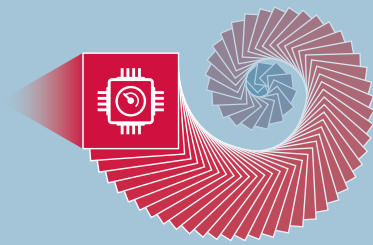
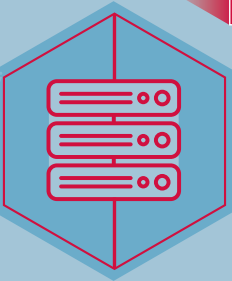


**CONEXIÓN DE RED** Velocidad para pasar información entre servidores



**1 Gbps**

Cable de red corporativa



**12.5 TeraFlops** 12.500.000.000 x seg.  
12,5 Billones de instrucciones por segundo

**FLOPS** Unidad de medida del rendimiento de un computador. Número de instrucciones por segundo que puede procesar una máquina.



## DE LA INVITACIÓN AL PAPER

El *proposal* fue el primer paso para enviar a los monitores de Apolo al ASC19, explica el profesor Juan David Pineda Cárdenas: "Esa propuesta tiene la forma de una publicación científica o *paper*, y se responden preguntas como la fortaleza del equipo, la distribución de funciones, el entrenamiento, el diseño del supercomputador y la tecnología que van a usar, entre otras". Los organizadores envían las aplicaciones que se deben considerar y en el *paper* los estudiantes responden "cómo atacaron esos problemas".

Las aplicaciones de 2019 fueron "inteligencia artificial, biología, cambio climático y las típicas pruebas que son los *benchmarking* y que consisten en determinar qué tanto provecho se le puede sacar a una máquina", añade el ingeniero. A lo anterior se sumará, ya en la competencia, lo que llaman "la aplicación misteriosa".

A la convocatoria se presentaron más de 300 universidades en el mundo, las menos de América Latina porque en la región todavía no hay avances significativos en esta área.

Una vez enviada la información en el *proposal*, el Centro de Cómputo inició la fase de entrenamiento del equipo "durante la cual los estudiantes siguen trabajando los problemas, optimizando el rendimiento, reuniéndose con los investigadores, hasta el día del concurso".

## PEQUEÑO PASO, GRAN PASO

Entre la aceptación del *paper* -lo que dejaba por fuera a 280 universidades, muchas de ellas muy prestigiosas- y el viaje mismo, pasó un mes, que tanto el grupo de monitores como los responsables del Centro de Cómputo y muchas dependencias de EAFIT tuvieron que aprovechar a marchas forzadas.

Había que acelerar el proceso de entrenamiento de los chicos en la administración de las aplicaciones, la



El Centro de Computación Científica Apolo está ubicado en el edificio de Ingenierías de EAFIT. Foto Robinson Henao.

familiarización con la arquitectura de los equipos, el manejo de datos, por el lado de los estudiantes; y la consecución de los recursos necesarios para desplazar a las seis personas, los cinco estudiantes y el *advisor* -figura de acompañamiento prevista en el desarrollo de ASC19-, el diligenciamiento de las visas y la asesoría que les prestó el Instituto Confucio, una dependencia de EAFIT afín a Dalian University of Foreign Languages, muy cercana a la universidad sede del concurso.

"Basados en las habilidades específicas, nos distribuimos las aplicaciones. Yo trabajé las de simulaciones climáticas y de genoma", explica Andrés Felipe Zapata. Las sesiones de trabajo con sus compañeros eran de cinco o seis horas, dos veces a la semana, con el objetivo de entender la herramienta, sus parámetros y las opciones de optimización de la máquina para aprovechar al máximo su arquitectura.

Manuela Carrasco Pinzón, hasta el momento del viaje la única del equipo que había salido del país, señala que, si bien no tenían la obligación de conocer asuntos sobre genoma o simulaciones climáticas, buscaron in-

---

**El primer filtro para llegar al reto final en China eliminó a 280 universidades, muchas de ellas muy prestigiosas a nivel internacional. Ya en el concurso mundial, el grupo de Apolo quedó en el "top 10".**

---

formación que les permitiera entender "un poco más el contexto en el que estábamos trabajando".

A las complejidades propias de esa preparación, los monitores sumaban la responsabilidad en el trabajo en Apolo y las asignaciones académicas de sus semestres, el séptimo y octavo. El ajetreo jugó en favor de los chicos: los trasnochos normales de esa altura del semestre en exámenes parciales los iban preparando para la intensidad de lo que les esperaba -y para los efectos del *jet lag* naturales en un viaje largo-

## EL SABOR DE LA DERROTA

Tras dos días de viaje, con escalas en Madrid para dormir y Shanghái, llegaron a la septentrional ciudad de Dalian, cerca a las fronteras de China con Rusia y Corea del Norte, el 20 de abril.

Los esperaba un hotel al frente del inmenso campus universitario donde otro gigantesco coliseo iba a ser la sede del *ASC19 Student Supercomputer Challenge*. Una vez se registraron, definieron como capitán de su equipo a Sebastián Patiño Barrientos, por ser el especialista en el tema de vanguardia del concurso: la inteligencia artificial.

La competencia empezó al día siguiente, a las ocho de la mañana. El primer reto era escoger "la máquina": "El primer paso es la planeación: ¿yo, qué juguetes le voy a meter a esa máquina? ¿cómo los voy a acomodar para que haga lo mejor y use mejor los 3.000 watts de límite de consumo

que tiene la competencia?", explica Andrés Felipe.

El siguiente problema a resolver era tenerlas desarmadas. "El reto era conectarlas, ponerles el canal de comunicación, pasar a la configuración porque todo está conectado pero no está funcional, poner a trabajar el sistema operativo, las aplicaciones y hacer la optimización", indica.

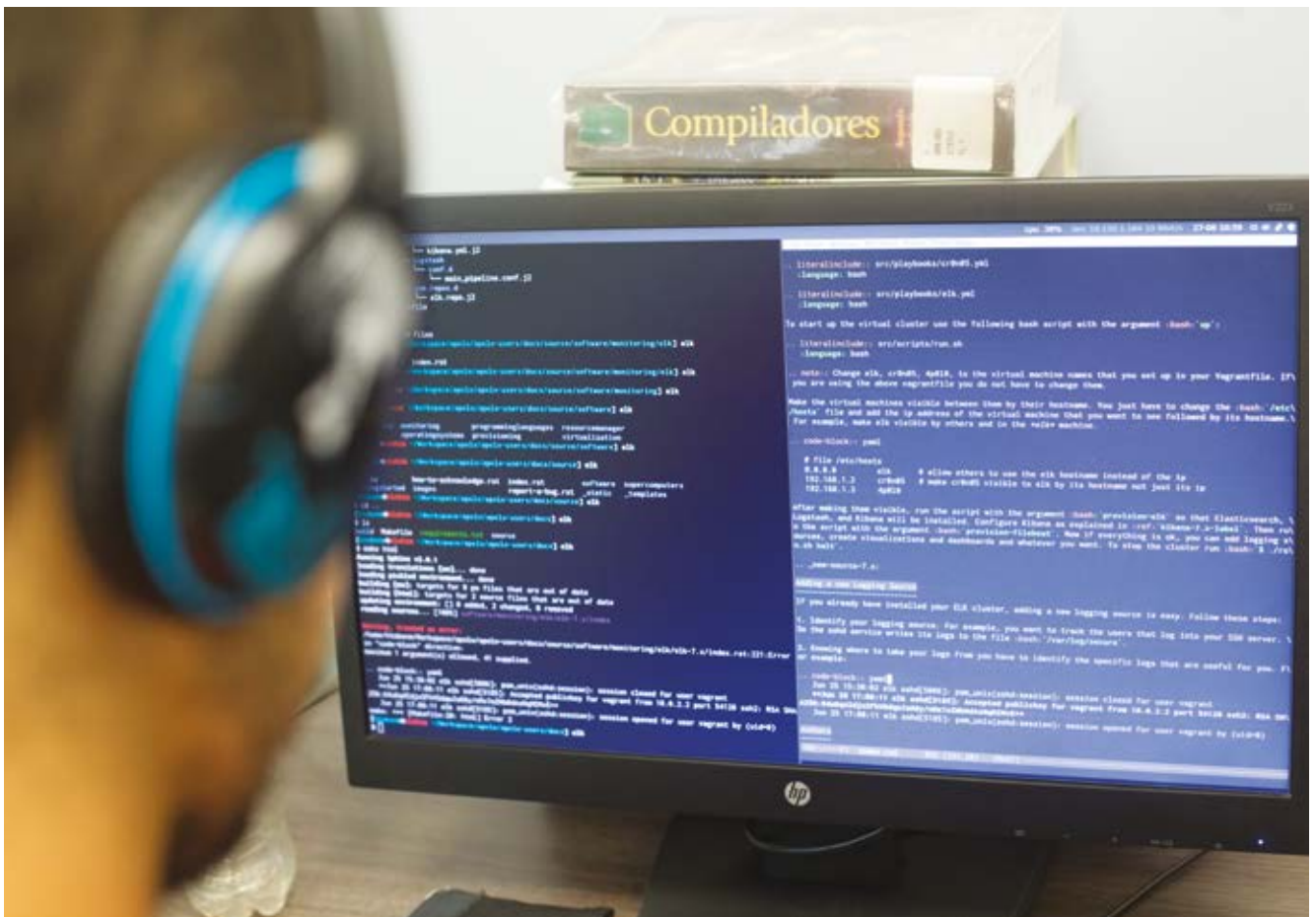
Para desarrollar esos pasos tenían dos días. Eso incluía instalar el *software* y las aplicaciones, una de las cuales es el *SLURM*, que es un manejador de recursos.

Juan David Arcila Moreno y Hamilton Tobón Mosquera eran los principales responsables del trabajo de configuración del equipo. "Al cabo de los dos días todavía teníamos problemas con la configuración", explica Juan David Arcila.

**"Digité mal unas teclas y todo apareció en chino!"** Hubo que llamar a un técnico para que resolviera el asunto: saber en qué parte de la pantalla decía "lenguaje":

Juan David Arcila.

Los miembros del equipo de EAFIT se prepararon en su labor cotidiana junto a investigadores trabajando con problemas reales.  
Foto Robinson Henao.





Desde su primera participación en la competencia en China, el equipo de EAFIT se dio cuenta de su capacidad para estar entre los mejores. Foto Robinson Henao.



### 2016, LA PRIMERA PARTICIPACIÓN EN CHINA

Los concursos de supercomputación se realizan en Estados Unidos, Europa y China. En las competencias occidentales los participantes tienen que conseguir a un patrocinador que les permita usar la máquina, mientras que los asiáticos las suministran en préstamo, además de diferencias de reglamentación que incluyen horarios y consumos de energía, asuntos críticos para el desempeño de los equipos.

El escollo de lograr el patrocinio de los supercomputadores se superó en 2015 para volver a Estados Unidos e ir a Alemania. El primer concurso en China se hizo en 2016. Pese a contar con el apoyo de la industria, los costos de desplazamiento son cuantiosos.

"En 2016 fuimos el primer equipo latinoamericano que logró participar en el concurso de la China. Allí estaba la gente de MIT, de Estados Unidos", afirma Johan Sebastián Yepes Ríos, actual analista en Apolo y entonces estudiante de Ingeniería: "La primera experiencia nos permitió darnos cuenta de que somos muy competitivos, que podemos hacer las cosas como las harían los chinos o japoneses", añade.

La invitación había llegado en 2015 cuando las delegaciones china y colombiana coincidieron en Estados Unidos y entre quienes formaron el primer grupo al Lejano Oriente estuvo Johan. Es otro mundo, confiesa: ni saber inglés es suficiente, ni los ademanes, ni los números sirven. "En el aspecto técnico, lo mayor dificultad que tuvimos fue enfrentarnos a unas máquinas y una arquitectura con las cuales no habíamos interactuado, apenas las conocimos cuando llegamos", añade.

Hamilton Tobón recuerda que esas dos primeras jornadas tenían la posibilidad de trabajar hasta las ocho de la tarde y que, pese a ello, no pudieron lograr la configuración que esperaban. "Si hasta esa hora no se alcanzaba a hacer algo, ¡ipaila!", dice.

Esas dos primeras jornadas enfrentaron problemas que sus rivales no tuvieron: ellos veían las máquinas por primera vez, estaban configurando máquinas nuevas (tanto que Inspur, el fabricante, todavía no las había sacado al mercado) y, a diferencia de los demás, no habían tenido entrenamiento en ese aspecto. Baste con decir que, en enero, los equipos chinos estuvieron entrenando oficialmente la configuración de máquinas.

"Esos equipos se entrenan exclusivamente para este *challenge*. Nosotros trabajamos como soporte de investigaciones. Es muy distinto", dice Juan David Arcila.

La fase de configuración fue caótica: Arcila recuerda que el primer día de trabajo "no sabíamos mucho de la configuración y estábamos explorando. Yo, de pronto, digité mal unas teclas y todo apareció en chino!" Ni la colaboración del traductor inglés-chino que la Universidad les había proporcionado



## Las dos primeras jornadas afrontaron problemas que sus rivales no tuvieron: veían las máquinas por primera vez y configuraban máquinas nuevas, tanto que el fabricante ni las había sacado al mercado.

sirvió para resolver el problema. Hubo que llamar a uno de los técnicos de alto perfil de la firma Inspur para que resolviera el asunto: saber en qué parte de la pantalla decía "lenguaje".

### CON UN ROCKSTAR DEL SUPERCÓMPUTO

El tercer día se debía hacer una de las competencias más esperadas: el *benchmark* de HPL -cuántas operaciones por segundo puede hacer una máquina-, que se hace con el inventor de la aplicación, el ingeniero estadounidense Jack Dongarra, el *rockstar* del supercómputo a nivel mundial.

El *benchmark*, que era una demostración de la capacidad de cómputo de las máquinas, fue un desastre: "El mejor puntaje fue de 50 teraflops y el

de nosotros fue de 0.0036", indica Andrés Felipe. Menor que la capacidad de procesamiento de cualquier computador personal.

Sin embargo, y para que quedara constancia de que intentaron poner la máquina a punto, entregaron los resultados, por lo cual su desempeño, siendo el peor entre los 20 competidores, no quedó en ceros.

Hamilton es más gráfico: "Casi me pongo a llorar porque HPL demuestra, diciéndolo a la manera paisa, lo verraco que es usted. Entonces, ese resultado fue como ¿qué estamos haciendo en China? La cosa es que el resultado lo publicaban en un tablero donde estaban a la vista los resultados de todos los equipos".

Pero, así como recuerda su reacción, también trae la que tuvo el profesor Juan Guillermo Lalinde, su *advisor* en la prueba: "Recuerden, muchachos, que estar entre los mejores 20 equipos del mundo dice que ustedes son muy competitivos", explica Hamilton. "Eso nos subió un poco la moral y a pesar de ese 'taconazo' que nos pegó HPL nos supimos parar".

A las palabras de aliento del profesor Lalinde, director Científico de

La fotografía apasiona tanto a Juan Pablo Alcaraz como las ciencias de la computación. Él es otro de los estudiantes que trabaja con el supercomputador Apolo. Foto Robinson Henao.



Apolo, se unieron las de Dan Old, el periodista más prestigioso de la revista *HPCwire*, especializada en el tema de supercomputadoras, para quien la actitud de los muchachos frente a los problemas que tenían que resolver fue clave para asegurarles el éxito.

"Después de HPL el golpe fue muy duro, todos estábamos a punto de llorar. Si eso me pasa en Colombia, empaco y me voy para mi casa", dice Manuela Carrasco, que en ese momento estaba pendiente del trabajo de simulación con CESH sobre condiciones climáticas.

Ese tercer día no terminó tan mal como presagiaba. Gracias a la experiencia que tenían en la presentación del *proposal*, pudieron correr con buen suceso la aplicación CESH, lo que les permitió terminar en el puesto diez, pero con la advertencia de que hubo equipos que ni siquiera pudieron correrla.

Una tercera aplicación, que se debía correr en grupos de cinco equipos, apenas si tuvo la atención de Apolo, cuyos integrantes estaban dedicados a resolver los problemas de rendimiento de su clúster, que es otro nombre que le dan a la "máquina".

"Los capitanes hicimos el grupo en WeChat (el WhatsApp de los chinos) y empezamos a planear. Un grupo tomó la iniciativa para empezar a investigar cómo trabajar la aplicación, pero nosotros estábamos peleando con la configuración del clúster", explica Sebastián Patiño. Finalmente, no participaron en la prueba.

---

**Ganaron tres premios: por ser finalistas, por la popularidad en Twitter y el premio al *benchmark* de la aplicación del genoma, reconocimiento del que solo tuvieron noticia en la premiación.**

---

## TRAS LA NOCHE MÁS OSCURA, SALE EL SOL

Los problemas de la máquina los fueron resolviendo en las siguientes noches, apelando al conocimiento, al sentido común y a la experiencia, lo que permitió que para el cuarto día de concurso ya tuvieran la máquina en condiciones de operar "con el máximo de jugo posible" para las siguientes pruebas: la aplicación misteriosa y WTDBG2, de genoma o biología computacional, además del *software* de Inteligencia Artificial.

Con un poco más de viento en la espalda, el cuarto día de competencia se anunciaba más llevadero: "Andrés y yo nos dedicamos a trabajar la aplicación del genoma, Juan David y Hamilton corrieron la aplicación misteriosa que era un HPL de conductividad (*fluidity*) y Sebastián se quedó en su salsa, la inteligencia artificial", explica Manuela.

Juan David afirma que "empezamos a revisar la aplicación misteriosa. Era para analizar materiales, usaba soluciones de ecuaciones diferenciales para mirar la conductividad de





**Si los equipos chinos estaban tan familiarizados con las máquinas y sus rendimientos, Manuela y Andrés lo estaban con el comportamiento de la aplicación del genoma y por eso estaban seguros de que su estrategia iba a funcionar.**

esos materiales". La razón por la cual les parecía "sencillo" es que su labor en el Centro de Computación, Apolo consiste en trabajar con científicos que traen las aplicaciones donde correrán las simulaciones: "El mero hecho de trabajar en la universidad y con los investigadores nos preparó para hacerlo con cualquier tipo de aplicación y eso fue muy valioso", añade Andrés Felipe.

### ESFUERZOS REPARTIDOS

El reto del cuarto día de competencia era administrar los recursos instalados en la máquina para sacar adelante la simulación con la aplicación del genoma, correr la de conductividad y hacer la prueba de inteligencia artificial, todo sin pasar de los 3.000 watts establecidos como límite de potencia.

Tenían tres ventajas: ya sabían hasta dónde podían exigirle a la máquina, contaban con SLURM como herramienta de administración de las aplicaciones y tenían experiencia corriendo WTDBG2.

"Eran cinco nodos: dos se fueron a trabajar en la aplicación misteriosa, otras dos para el genoma y la quinta la íbamos a dejar trabajando en IA", explica Manuela.

La situación era que la aplicación misteriosa estaba gastando muchos recursos y la del genoma usaba menos, pero debía "tirar" 29 pruebas, en tanto que inteligencia artificial solo necesitaba poderse ejecutar en la tarjeta gráfica.

"El poder de los procesadores no se estaba usando. Ahí tomamos la decisión de tirar todo el clúster a las de genoma y, terminada la prueba, les dejamos la

máquina a la aplicación misteriosa que estaban manejando Juan David y Hamilton", dice Manuela.

Si los equipos chinos estaban tan familiarizados con las máquinas y sus rendimientos, Manuela y Andrés lo estaban con el comportamiento de la aplicación del genoma y por eso estaban seguros de que esa estrategia les iba a funcionar.

"Yo creo que fue la decisión más importante que tomamos porque si seguíamos como íbamos no acabaríamos ninguna de las dos. Ellos quitaron la aplicación misteriosa, nosotros tiramos el trabajo del genoma y, al final, alcanzamos a darle más poder de cómputo a Juan David y Hamilton", asegura.

Pero estaban decidiendo sobre tiempo, capacidad de tratamiento de datos y consumo. "Llegó un momento en que me preguntaron si estaba segura de que iba a terminar la prueba y contesté que terminaba justo antes de las seis, cuando apagaban los equipos".

La aplicación misteriosa terminó de correr a las 5:58 de la tarde.

Los resultados ya se dijeron: ganaron tres premios, uno por ser finalistas, otro por la popularidad en Twitter y el premio al *benchmark* de la aplicación del genoma, un reconocimiento del que solo tuvieron noticia al día siguiente, durante la premiación. Y fueron el primer equipo latinoamericano Top 10 en un *ASC Student Supercomputer Challenge* en la China.

Pero esa noche celebraron, con algunos cocteles en un bar de estilo mexicano en China, la victoria de haber sido superiores a lo que ellos mismos esperaban. Y eso no tiene simulación. ■




Andrés Felipe Zapata, integrante del equipo que estuvo en China, combina sus estudios de Ingeniería de Sistemas con su gusto por la guitarra.  
Foto Robinson Henao.



# Juan Diego Jaramillo, toda una vida “poniendo a temblar” la ciencia

**JONATHAN ANDRÉS MONTOYA CORREA**

Periodista del Área de Información  
y Prensa de EAFIT



Juan Diego es ingeniero civil, y magíster y doctor en Ingeniería (Estructuras) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde 1991 se desempeña como docente e investigador en EAFIT. Foto Robinson Henao.

**Responder a los niños por qué tiembla la tierra, viajar por países con alta sismicidad, construir una mesa para simular temblores y acompañar a la ciudad en el estudio de su topografía y capacidad de respuesta frente a un eventual terremoto. Ese es parte del legado de Juan Diego Jaramillo Fernández, reconocido con el Premio Anual de Descubrimiento y Creación, Categoría Trayectoria de Investigación.**

**19** de septiembre de 1985. Juan Diego Jaramillo Fernández tenía programado su examen final de la maestría en Ingeniería (Estructuras) a las 8:00 a.m. en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sin embargo, a las 7:19 un terremoto de magnitud 8.1 -el más fuerte registrado hasta el momento en la historia de los movimientos telúricos de dicho país- sacudió las zonas centro, sur y occidente, y cambió de manera drástica los planes que tenía para ese día.

Efectivamente no presentó la evaluación, pero las que sí lo pusieron a prueba fueron las siguientes dos semanas -quince días exactos, como él mismo recuerda- llenas de recorridos por una ciudad colapsada realizando tareas de reconocimiento y mediciones, evaluando daños y participando en la toma de decisiones junto a sus docentes y compañeros.

25 años más tarde, la historia se repetiría y esta vez con dos sismos, pues mientras realizaba una de sus investigaciones, como parte de su período sabático en el Instituto de Geología de



Sus investigaciones más recientes se han enfocado en conocer en detalle cómo son los sismos. Antes lo hizo en el tema de la ingeniería estructural. Foto Robinson Henao.

---

## Ha sido consultor para centrales hidroeléctricas, es miembro del Grupo de Sismología de Medellín y del Air Earth Engineering Research Institute de la Universidad de Berkeley (California) y ha acompañado al Servicio Geológico Colombiano en diversos proyectos.

---

la Universidad de Canterbury (Nueva Zelanda), ocurrieron los terremotos de Christchurch en septiembre de 2010 (con magnitud de 7.0) y en febrero de 2011 (de 6.3).

No es una casualidad gratuita porque Juan Diego, docente eafitense con casi 30 años de vinculación a la institución, siempre ha viajado "a los países donde tiembla", pues es allí donde puede poner en práctica sus conocimientos en ingeniería sísmica. Esa es su verdadera pasión, lo único que sabe y a lo que quiere dedicarse durante los años que le queden de vida.

Lo dice con la misma determinación que, asegura, tomó la decisión de cursar el pregrado en Ingeniería Civil en la Universidad de Medellín a finales de la década de los setenta: "Nunca lo dudé y si volviera a nacer volvería a elegir la misma carrera. Tuve mucha suerte porque a esa edad muchas veces no se tienen los elementos para tomar una decisión de vida tan importante como esa, pero yo lo tuve claro y cuando me presenté a la universidad sabía que si no era Ingeniería Civil entonces no había otra opción para mí".

## SU GRAN PREGUNTA: ¿POR QUÉ TIEMBLA LA TIERRA?

Desde ese momento y hasta hoy ya son casi 40 años de trayectoria dedicados a este campo. Y aunque sus investigaciones puedan variar en un nombre, una palabra o un concepto, en esencia la pregunta de investigación ha sido la misma y se ha convertido en su único proyecto de vida: ¿por qué tiembla la tierra?

Se trata del mismo interrogante que ha llevado a sus estudios de maestría y doctorado en ingeniería con énfasis en estructuras en la Universidad Nacional Autónoma de México, a sus sabáticos en Nueva Zelanda, al Grupo de Investigación en Mecánica Aplicada de EAFIT, a sus clases de posgrado y a los laboratorios, y que es capaz de explicarle tanto a un niño como a su madre Luz Elena, de 85 años.

Y es que otra de las facilidades de Juan Diego es que le apasiona tanto su profesión que es capaz de contarla como un cuento y en ese camino se han atravesado otras actividades como la docencia o la participación en los programas de Universidad de los Niños de EAFIT.

Es por esa trayectoria y dedicación que la institución lo reconoció este año con el Premio Anual de Descubrimiento y Creación 2018, Categoría Trayectoria de Investigación, que se entregó en mayo como parte de las actividades de conmemoración del aniversario 59 de la Universidad y la celebración del Día del Profesor.

## LA INVESTIGACIÓN, PASIÓN QUE JALA Y EMPUJA

No las cosas eléctricas sino las mecánicas. Esas eran las que le gustaba escudriñar, destapar, desbaratar, para conocer en profundidad su funcionamiento, sus piñones, engranajes, poleas, palancas, cuerdas, pitas o vigas, o los mecanismos que les permitían jalar o empujar. Así podía pasar horas





El profesor afirma que luego de su jubilación, en un par de años, es muy probable que lo continúen viendo tratando de resolver problemas de su campo de estudio. Foto Robinson Henao.

---

**Sus investigaciones más recientes han estado centradas en conocer en profundidad cómo son los sismos, cómo se mueve la tierra, en qué dirección y cómo se puede cuantificar para llegar a una estimación precisa.**

---

en su antigua casa de la calle 33A, en el barrio Laureles, hasta que su papá Rodrigo, también ingeniero, lo llamaba a su segunda actividad favorita: reparar el carro.

Con esa influencia, una casa llena de electrodomésticos para desbaratar y de libros de física y matemáticas, un hermano ingeniero y otra hermana economista, la academia y la investigación no solo eran una opción en su futuro, eran el camino que quería seguir. Y así lo hizo.

Su recorrido podría dividirse en dos grandes momentos. Una primera parte estuvo enfocada únicamente en el tema de ingeniería estructural: "Es decir, si yo sé cómo se mueve la tierra, entonces ¿cómo debo diseñar un edificio para que soporte ese movimiento en forma adecuada? A eso me dediqué cerca de 10 años".

Y como parte de esa labor, Juan Diego ayudó a crear en EAFIT el Laboratorio de Investigación en Ingeniería

Sísmica (hoy Laboratorio de Ensayos) que incluye la Mesa Vibratoria, una plataforma metálica de seis metros por seis metros, apoyada en un gato hidráulico, que simula temblores y le permite a estudiantes y a empresas probar diferentes tipos de estructuras. Se trata de una idea que nació durante su primer sábado en la Universidad de Canterbury (Nueva Zelanda) en 1999, donde pudo conocer esta misma experiencia en el Laboratorio de Estructuras de esa institución.

"Este simulador es muy interesante -afirma- porque encima de él ponemos o construimos estructuras y luego las instrumentamos para ver cómo responden a cierto sismo que programamos en un computador. Es como un paciente en cuidados intensivos, solo que las máquinas en vez de arrojarnos signos vitales nos censan velocidades, desplazamientos, deformaciones, distorsiones, entre otros elementos".



## Juan Diego ayudó a crear en EAFIT el Laboratorio de Ingeniería Sísmica (hoy Laboratorio de Ensayos) que incluye la Mesa Vibratoria, una plataforma que simula temblores y permite probar diferentes tipos de estructuras.

Sin embargo, explica que, aunque continúa usando con frecuencia este dispositivo, sus investigaciones más recientes han estado concentradas en conocer en profundidad cómo son los sismos, cómo se mueve la tierra, en qué dirección y cómo se puede cuantificar para llegar a una estimación precisa. "En el mundo esa es una lucha que lleva unos 100 años y en mi vida ha ocupado los últimos 10 o 12 años", señala.

Estos dos componentes de su carrera también le han permitido poner sus conocimientos y experiencia al servicio de la ciudad y la región, gracias a proyectos como la Microzonificación Sísmica de Medellín, en el que fue el responsable de liderar la instalación y operación de la Red Acelerográfica de Medellín, con la que se busca estudiar el efecto de la topografía en la respuesta sísmica del Valle de Aburrá.

Así mismo, se ha desempeñado como consultor de estos temas para centrales hidroeléctricas, miembro del Grupo de Sismología de Medellín y del Air Earth Engineering Research Institute de la Universidad de Berkeley (California), y ha acompañado al Servicio Geológico Colombiano en diversos proyectos.

### SIEMPRE CON UN PROBLEMA EN LA CABEZA

Cuando Jacobo Jaramillo estaba en sus primeros años de colegio en el Columbus School y le pidieron compartir con la clase a qué se dedicaban sus padres, él dijo que su papá, Juan Diego, leía y estudiaba. Y esa es, para el docente, la mejor definición de lo que han sido sus recién cumplidos 60 años de vida. Su otra pasión, su familia conformada por su esposa Geraldine y sus hijos Ana María y Jacobo, es otro de los renglones más importantes.

Y aunque se encuentra a tan solo dos años de alcanzar su jubilación, el retiro no está en sus planes. Por el contrario, aunque reconoce que le gustaría dar un paso al lado para las nuevas generaciones de ingenieros que vienen detrás, aclara que todavía siente que tiene mucho para aportar en temas de consultoría.

"Por eso es muy probable -concluye- que los próximos años me encuentren de la misma manera que estoy ahora, en un escritorio, con una hoja, un lápiz, un problema en mi cabeza, y toda la intención de resolverlo". ■



La Mesa Vibratoria es una plataforma que permite tomar los "signos vitales" de una estructura sometida a las mismas presiones de un sismo, para estudiar su comportamiento. Foto Robinson Henao.

# Un matemático con perfil social

Andrés Mauricio Villegas es ingeniero matemático de EAFIT de la primera promoción en 2007. Investiga en uno de los centros de ciencias actuariales más importantes del mundo, en Australia. La Universidad le otorgó el reconocimiento Egresados que Inspiran en la categoría de Ciencia, Tecnología e Innovación.

**ANA MARÍA JARAMILLO VILLEGAS**  
Colaboradora

Andrés dice que quiere seguir trabajando en una universidad y que es afortunado de hacerlo en el campo de la actuaría porque mantiene un contacto directo con la práctica. Foto Robinson Henao.



En 2003, la empresa Electricadora del Tolima fue declarada en quiebra. Durante los años siguientes, sus casi 500 jubilados debieron empezar un proceso de transición. En aquella época, Andrés hacía la práctica en Suramericana, la compañía que asumió a los pensionados. Conocer los rostros de aquellos mayores marcó su camino. "Tuve que ir a entrevistarlos para ver qué edad tenían y si había beneficiarios. ¡Eran muchos viejitos! Ahí entendí que los muertos que yo contaba no eran números sino personas reales".

Al verlos confirmó también algo que ya sabía y es que la esperanza de vida se ha incrementado de manera drástica: de 46 años en 1950 a 72,6 años en 2019, según el promedio mundial que entrega Naciones Unidas (en América Latina y el Caribe ese promedio es mayor: 75,2 años).

El envejecimiento poblacional se ha convertido en un reto crucial en sectores como el de las pensiones, en el cual trabaja Andrés. ¿Cuáles deben ser las tarifas de los seguros? ¿Cuáles las reservas financieras de las compañías? ¿Cómo repartir, en el tiempo, el dinero del asegurado? ¿Cuántos años se proyecta que vivirán?

Andrés se dedica a estas preguntas. Su área de investigación es la actuaría, una disciplina que usa la probabilidad y la estadística para definir, analizar y resolver las implicaciones financieras del riesgo y la incertidumbre. Con este conocimiento asesora a la Federación de Aseguradores Colombianos (Fasecolda) en el diseño de las tablas de mortalidad para el sistema de pensiones en Colombia.

Además, realiza proyectos con el sector asegurador de Estados Unidos y Reino Unido para entender las causas de muerte durante los últimos 50 años y analizar cómo esto afectará el futuro. Para llegar ahí, el camino fue sinuoso.

## UN NERD ATÍPICO

Luego de hacer el doctorado en Ciencias Actariales en la Escuela de Negocios Cass, de la Universidad de Londres, comenzó a buscar trabajo en cualquier parte del mundo. "Si uno es un académico tiene que estar abierto, no hay muchas universidades en el mundo que tengan actuaría". Se presentó en Francia y en Australia y la rapidez de los últimos hizo que se concretara su vida allí.

Actualmente, es docente de la Escuela de Riesgos y Estudios Actariales (School of Risk And Actuarial Studies) e investigador asociado del Centro de Excelencia en Investigación para el Envejecimiento Poblacional (Cepar) de la Universidad de Nueva Gales del Sur (UNSW), en Sydney, Australia.

El objetivo del Cepar es afrontar de manera interdisciplinaria la pregunta por el reto que significa el envejecimiento de la población mundial. Por eso, allí confluyen expertos de muchas disciplinas. Economistas que, por ejemplo, abordan los mercados laborales de la tercera edad; médicos que se preguntan por la incidencia de las enfermedades mentales y crónicas; y comunicadores que estudian cómo los medios han transformado la imagen que tenemos de los mayores.



Actualmente trabaja en el Centro de Excelencia en Investigación para el Envejecimiento Poblacional (Cepar) de la Universidad de Nueva Gales del Sur en Sydney, Australia. Aquí, en una conferencia en EAFIT. Foto Robinson Henao





## ACTUARÍA

Disciplina que usa la probabilidad y la estadística para definir, analizar y resolver las implicaciones financieras del riesgo y la incertidumbre.

Su familia afirma que lleva una vida balanceada entre la universidad, el trabajo y la diversión. Foto Robinson Henao.

---

**“Cuando uno trabaja con números, como los que me corresponden, es muy fácil que se le olvide que son personas”.**

---

Desde la orilla de las ciencias actuariales, los investigadores abordan cómo diseñar sistemas de pensiones que sean más eficientes.

Aunque Andrés está en una de las mejores escuelas del mundo, para su hermano Juan Guillermo Villegas, profesor de ingeniería industrial de la Universidad de Antioquia y egresado de Ingeniería de Producción de EAFIT, él no es un *nerd* estándar: “No está metido todo el día en los libros. Admiro cómo balancea la vida, se divierte, hace otras cosas. Trabaja duro, pero se la goza también”. Y es que para trabajar en un entorno tan formal como el de las aseguradoras

o las compañías financieras no tiene problema en vestirse de color rosa o en llevar los tenis sin medias.

Su hermano mayor estudió ingeniería de producción, su padre fue profesor universitario de bibliotecología y su madre trabajó en la oficina de atención al cliente de una aseguradora. Entre libros, estudiantes, números y seguros, Andrés, con apenas 35 años, ya es hoy un académico de las matemáticas y la estadística, en la que es considerada por algunos como una de las ciencias más prometedoras.

Su vida en Australia transcurre entre dar clases, hacer investigación,

tener estudiantes de doctorado y maestría, jugar balonmano en el equipo de estudiantes, y compartir con sus amigos y esposa, María Alejandra Echeverri, una diseñadora de vestuario, también colombiana.

Aunque su mente vive inmersa en los riesgos, su vida cotidiana no es como la del protagonista de *Mi novia Polly*, quien usa la probabilidad hasta para decidir con qué mujer quiere mantener una relación a largo plazo. Él, en cambio, confiesa que no vive asegurado: “Quizás si tuviera hijos lo haría, por ahora creo que las pensiones y el seguro de invalidez son los únicos que vale la pena tener en mi caso”.

## CAMBIO DE PLANES EN SU VIDA

Andrés hizo parte de la primera promoción del pregrado en Ingeniería Matemáticas de EAFIT. Siempre quiso "resolver un problema específico con las matemáticas" y por eso se decidió por ingeniería.

Durante la universidad pensó que haría estudios de posgrado en finanzas cuantitativas. Al terminar la carrera aplicó a varios doctorados en Estados Unidos y no pasó. "Yo quería irme, tenía armada la vida, pero se me desbarataron los planes", afirma.

Aunque nunca le gustaron las fábricas, se fue para Bogotá a hacer una maestría en ingeniería industrial y a fortalecer sus competencias investigativas. Estando allí trabajaba para Suramericana y comprendió que muchas de las técnicas matemáticas que se usaban en finanzas eran las mismas que se empleaban en actuaría solo que las preguntas y los problemas que se resolvían eran distintos.

El atajo por Bogotá lo hizo cambiar de opinión. Supo que no se doctoraría en finanzas cuantitativas: "Creo que no sería feliz hoy en día investigando para la banca porque esa investigación es utilizar técnicas para que alguien haga plata".

Lo que a él realmente le interesan son las diferencias socioeconómicas en la mortalidad. Es decir, entender por qué las personas con mayor nivel educativo o de ingresos tienden a tener un vida más larga y saludable que quienes tienen un estatus socioeconómico menor. Aunque ese fue su tema de doctorado, en la vida real las tablas de mortalidad no tienen en cuenta dicha variable. Es un problema que apenas se está empezando a estudiar y que tendría implicaciones financieras importantes a la hora de diseñar programas de pensiones que sean equitativos dentro de los diferentes grupos poblacionales. "Por ahora no existe la información para hacer esa diferenciación -explica- y en muchos sistemas los pobres se mueren más rápido, entonces terminan subsidiando a los ricos".

---

## El centro de investigación en el que trabaja afronta de manera interdisciplinar la pregunta por lo que significa el envejecimiento de la población mundial.

---

### LO QUE CUESTIONA DEL SISTEMA

Andrés Mauricio Villegas es crítico frente al mundo en el que se mueve y plantea que, para abordar temas como los anteriores, el sistema académico actual no favorece las preguntas arriesgadas.

Este asunto llama la atención de Andrés: "No me gusta el hecho que investigar hoy en día se esté volviendo un negocio. Eso lleva los incentivos a otro lugar, es decir, escribir artículos académicos no para hacer avanzar un problema o la ciencia, sino para que te paguen más. El problema es que muchas de las soluciones que los investigadores nos planteamos requieren tiempo y la obligación de publicar te limita para tomar riesgos".

A pesar de estas restricciones que impone la vida académica, la libertad de cátedra lo seduce lo suficiente como para no dejarse "robar" por la empresa privada: "Quiero seguir en la universidad, soy afortunado de trabajar en actuaría porque mantengo un contacto claro con la práctica, pero también puedo decir cosas que podrían ser políticamente incorrectas". Y es que cuando se trabaja para compañías con tantos intereses económicos, los asuntos éticos o de regulaciones con fines sociales, a veces no son bien recibidos y Andrés lo sabe.

Por ahora no volverá a Colombia y se concentra en crear una buena red profesional internacional. Sin embargo, mantiene un fuerte vínculo con el país: participa en congresos, acompaña estudiantes con docentes colombianos y asesora a Fasecolda. "Estando afuera también se hacen cosas por el país -manifiesta-. Si se mantiene la conexión, incluso se puede hacer más que estando aquí". ■





Monitorear la energía de las olas y los procesos subaéreos en Minuto de Dios daría luces sobre la tendencia erosiva actual en la zona. Foto Cortesía.



# La costa

sigue retrocediendo  
en Urabá

**El mar ya se ha llevado viviendas en algunos puntos de Minuto de Dios, un pequeño poblado costero de la región. Lo que está ocurriendo allí representa los peligros de la erosión marina en la zona. Un investigador de EAFIT estudia esa problemática que, en Colombia, tiene 86 puntos en jaque por ese fenómeno.**

**JESSICA SERNA S.**  
Colaboradora



**E**n un lapso de tres décadas, la línea de costa en Minuto de Dios, una vereda de unos 500 habitantes del departamento de Córdoba en límites con Antioquia, retrocedió en promedio 1,7 metros por año debido a la erosión. Así lo indica un estudio del docente e investigador eafitense Juan Felipe Paniagua Arroyave, quien advierte que si el fenómeno continúa avanzando a ese ritmo, un centenar de casas de este sector podrían desaparecer en el año 2060.

La investigación da pistas sobre los cambios que ha generado la erosión en la costa de Urabá y de los riesgos que podrían presentarse en municipios de la región que tienen acantilados similares a los de Minuto de Dios, como los vecinos San Juan de Urabá y Arboletes, donde incluso estaría en peligro el atractivo turístico conocido como “volcán de lodo”.

Las afectaciones también serían palpables en la vía que conecta a Arboletes con Montería: el docente advirtió que en 2060 el mar estaría a solo 50 metros de esta carretera. De hecho, en zonas como Puerto Rey, a 900 metros del foco de estudio, la líder comunitaria Bertha Bertel dice que es cuestión de meses para que el mar entre en contacto con el asfalto.

Minuto de Dios está localizado en el municipio Los Córdoba, sus habitantes se dedican principalmente a la pesca y por temporadas al cultivo de plátano, yuca y maíz. Jesús Olaya Herrera, residente del sector, cuenta que hace dos años y medio compró un par de viviendas cerca a la playa con la esperanza de que en poco tiempo los entes gubernamentales adecuaran espolones para frenar la fuerza del mar, pero aún no los han instalado.

Una de sus cabañas ya fue socavada y al frente de la otra acomodó placas de concreto para evitar que el agua entre. “El mar sí hace mucho daño, sobre todo cuando llueve”, dice el habitante y señala el caso de Punta Rey, una península a la que se podía llegar caminando hace 40 años y hoy es una isla.



En límites entre Antioquia y Córdoba el suelo marino cercano a la costa tiene una especie de película de lodo que se forma por el agua turbia con alta concentración de sedimentos que descargan los ríos y cuando la roca erosionada cae al mar. Foto Cortesía.

---

**El investigador califica como “dramática” la situación en esa parte de la costa: “La gente dice que cuando las olas están muy grandes, las casas tiemblan”.**

---

El profesor Paniagua explica que aún faltan estudios más detallados para entender cómo funciona y cuáles son las causas del retroceso de la línea de costa en este sector del sur del Caribe, pero su investigación es un campanazo de alerta sobre la problemática. Incluso, señala que el fenómeno podría avanzar de manera más rápida debido al cambio climático, pero advierte que no hay suficientes datos sobre el incremento del nivel del mar en el país para llegar a esa conclusión.

## MÉTODO PARA UNA SITUACIÓN "DRAMÁTICA"

Para su análisis, el investigador se basó en dos fotografías aéreas, una tomada en 1938 por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y otra capturada en 2009 durante la Expedición Estuarina del golfo de Urabá, que formó parte del programa Expedición Antioquia 2013, de la Gobernación departamental.

En un Sistema de Información Geográfica (SIG) llamado ArcGIS, calculó la línea de costa de la fotografía antigua en las coordenadas de la Proyección Magna Colombia Oeste y después la comparó con la posición en la foto más reciente.

Este trabajo le permitió hacer predicciones que muestran que en 2060 el retroceso de los acantilados blandos en Minuto de Dios puede ser de 85 metros con una liberación acumulada de aproximadamente 530.000 metros cúbicos de sedimentos.

En el caso de Punta Rey la tasa de erosión es de 25 metros por año porque en el período de tiempo analizado 1,5 kilómetros de costa quedaron sumergidos. "Es una manifestación dramática porque una cosa es ver las fotos y otra es escuchar a la gente decir que cuando las olas están muy grandes sienten que las casas tiemblan", señala el ingeniero civil.

La problemática de Minuto de Dios también se da en otros lugares del país. En 2018, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible presentó el Plan Maestro de Erosión Costera de Colombia, en el que indicó que hay 86 puntos que registran este fenómeno y advirtió a manera de diagnóstico que "casi 40 instituciones participan en el rompecabezas de la protección contra la erosión costera, pero ninguna es responsable en su totalidad".

El documento explica que hay un débil cumplimiento de las normas de ordenamiento territorial, no hay claridad sobre los roles y competencias "ni tampoco un esquema de financiamiento específico" para mitigar la problemática.



El pequeño poblado de Minuto de Dios amenazado por el mar. Foto Cortesía.

## LA MISIÓN DE INVESTIGAR EL MAR

Juan Felipe Paniagua conoció el mar a los 13 años, cuando visitó por primera vez una cabaña de su padre en el municipio de Necoclí. Desde ese momento lo consideró "un paraíso perdido, como el potencial desperdiciado" y en 2009, cuando regresó como auxiliar de investigación, hizo la promesa de que haría lo posible por entenderlo.

El camino en la investigación lo hizo a pulso. Desde su paso por el colegio sintió fascinación por expresar fenómenos mediante ecuaciones y símbolos, y debido a su buen desempeño académico ganó la Beca LG Quiz que le permitió estudiar Ingeniería Civil en EAFIT.

El mar apareció como una forma de recuperar su niño interior. El profesor Iván Darío Correa le prestó un libro relacionado con costas y más tarde lo invitó a vincularse al Grupo de Investigación en Ciencias del Mar que él dirigía. A partir de ahí empezó a construir su línea de investigación académica.

En la Expedición Estuarina, la función de Juan Felipe fue organizar las fotos que tomaba el profesor Correa y recolectar muestras de arena. Durante dos semanas recorrieron la costa del Urabá en lancha, junto a investigadores de las universidades de Antioquia y Nacional, para adelantar

la cartografía de la región y estudiar el impacto ambiental.

El proyecto incluyó la toma de una fotografía aérea entre el municipio de Arboletes (Antioquia) y Sapzurro (corregimiento de Acandí, Chocó) que fue en la que se basó el proyecto de maestría en Ciencias de la Tierra de Juan Felipe. Tuvo una segunda parte que implicó regresar en 2012 para verificar algunos puntos, entrevistar a los residentes y tomar información de los acantilados de Minuto de Dios, Punta Rey, Arboletes y El Tié (Turbo): uso un martillo que, dependiendo del rebote, indicaba la resistencia de la roca.

El método se aplicó en acantilados cerca de Necoclí, pero no en los demás en inmediaciones de Arboletes, dado que las rocas son muy blandas debido al ambiente: "Es lo que llamamos meteorización, están al sol y al agua, se secan, se humedecen, se resquebrajan, se oxidan... pierden su capacidad de resistencia mecánica".

Entender mejor esos procesos daría luces para tomar decisiones responsables. Por ejemplo, "si demostramos que la mitad del retroceso se da por procesos subaéreos, es decir, por lo que sucede encima de los acantilados, ¿para qué gastar plata en obras de defensa?".





### Investigador

#### Juan Felipe Paniagua Arroyave

Ingeniero civil y magíster en Ciencias de la Tierra de la Universidad EAFIT. Doctor en Ciencias Geológicas de la Universidad de Florida con enfoque en ingeniería costera y oceanográfica. Es docente y líder de la línea de investigación en evolución de ambientes litorales en el Grupo de Investigación en Ciencias del Mar, de la Escuela de Ciencias de EAFIT.



## UN ESTUDIO DE FÍSICA DE LAS OLAS

Entender cómo se mueve el agua en los bajos del cabo Cañaveral (costa este de Estados Unidos) fue el propósito de un monitoreo oceanográfico realizado por un equipo de investigadores de la Universidad de Florida entre septiembre de 2013 y octubre de 2016. Allí participó Juan Felipe Paniagua, quien desarrolló su proyecto del doctorado en Ciencias Geológicas becado por el Programa Fulbright y asesorado por los profesores Peter Adams y Arnoldo Valle-Levinson.

Para el estudio utilizaron dispositivos llamados acoustic Doppler current profilers (perfiladores de corrientes acústicos por efecto Doppler) que son una especie de cajas con micrófonos y parlantes que emiten sonidos en determinadas frecuencias y, a la vez, captan su rebote y calculan cuánto tiempo tardan las ondas sonoras en regresar. Así indican qué tan rápido y en qué dirección se está moviendo el agua. Además, en algunos casos cuentan con sensores de presión que aportan información sobre qué tan grandes y largas (duración) son las olas.

Fueron 13 jornadas de muestreo en las que instalaron entre 6 y 10 de estos dispositivos en diferentes sitios del cabo. Los aparatos podían dar un dato cada medio segundo y tomaron información en períodos que iban desde 2 semanas hasta 3 meses.

Una de las hipótesis de la investigación es que esas "rampas submarinas" de arena que son los bajos "funcionan como escudos que concentran la energía de las olas y las disipan para defender el cabo".

Con la información recolectada en los bajos denominados Shoal E, Shoal D y The Bull, el investigador publicó tres artículos científicos en los que expone que no todas las olas se refractan al llegar al cabo, sino que depende de qué tan grandes y largas sean. También que el nivel del agua, que cambia con las mareas, determina cómo responde el bajo a la llegada de las olas de infragravedad y que los fondos de arena, al parecer, responden a las estaciones climáticas.

Los habitantes de Minuto de Dios afirman que el mar hace mucho daño, sobre todo cuando llueve. Foto Cortesía.

**Entre las posibles causas de la erosión en el litoral del Urabá está la mala gestión de las aguas residuales, la extracción de arena en las playas y la calidad de las rocas, de acuerdo con análisis que desde finales de los años 80 ha hecho el profesor Iván Darío Correa, mentor de Juan Felipe Paniagua.**

## ES MUCHO LO QUE FALTA INVESTIGAR

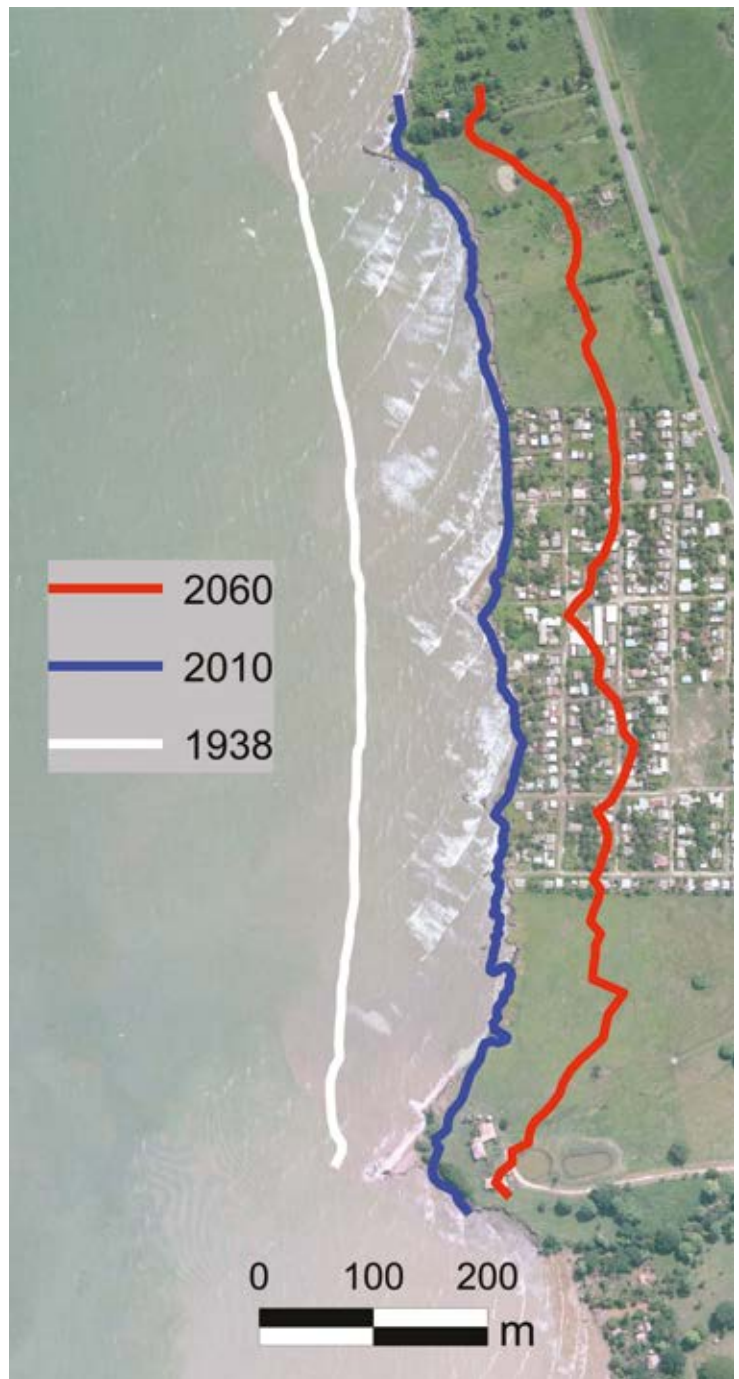
Para entender la particularidad de la zona limítrofe entre Antioquia y Córdoba (el municipio de Arboletes y la vereda Minuto de Dios), Paniagua explica que está ubicada en una terraza marina emergida, “que es como si fuera una mesa en roca”, que está levantada por razones aún no cuantificadas. La primera posibilidad, dice el académico, es que se debe al movimiento de placas tectónicas, la otra (en conexión con la primera) es que por debajo hay diapiros o bolsas de lodo que están bajo presión y deforman lo que hay encima.

El docente opina que hacen falta investigaciones que permitan levantar líneas base científicas y para eso, considera, son necesarias expediciones interdisciplinarias y monitoreos diarios y a largo plazo con los cuales puedan adelantarse análisis en términos de meses y años.

En algunos estudios, cuenta el ingeniero, se ha identificado que el retroceso de la línea de costa no es continuo sino por episodios que están relacionados con cambios de temporadas de lluvias a secas y viceversa. En ese sentido, una de las limitantes de su trabajo es que no existen registros fotográficos anuales para observar las tendencias.

En la comparación de las fotografías de 1938 y 2009 el oceanógrafo también halló que entre Bahía Colombia, que es el delta del río Atrato en jurisdicción del municipio de Turbo, y Punta Caribaná, que pertenece al también municipio de Necoclí, “hay más terrenos ganados que perdidos” por los depósitos de arena que descargan los ríos al golfo de Urabá. “En general, la erosión parece estar entre los deltas, es decir, entre las desembocaduras de los ríos, pero justo donde desembocan hay acreción” (ganancia de suelo).

Otro ángulo para explorar la problemática es el análisis del movimiento de las ondas marinas, que el investigador analizó durante su doctorado en la Universidad de Florida, donde estudió los bajos del cabo Cañaveral. “Estos fenómenos no son ajenos a Colombia. Las olas que vimos en Estados Unidos las podemos ver aquí y en África, lo que buscamos es identificar puntos que sean transversales para estudiarlos”. ■



Comparativo del retroceso costero en Minuto de Dios, la zona objeto de la investigación. Foto Cortesía.





En la Escuela Pílon, el personal técnico del Metro de Medellín puede simular los procedimientos de tensión y compresión, dos fenómenos físicos que se presentan en los cables reales del metrocable.  
Foto Robinson Henao.

# Un metrocable más seguro gracias a la Escuela Pílon

Una versión más pequeña de las pilonas que sirven de soporte al sistema metrocable de Medellín es el lugar en donde se capacitan ahora los técnicos que mantienen seguro el viajar por los aires de las comunas de la ciudad. El trabajo en aulas y espacios ya rinde frutos.

**DANIEL ROJAS ARBOLEDA**  
Colaborador



La relación entre el Metro de Medellín y la Universidad EAFIT se originó en el suelo, como todo lo que nace, se nutre y crece para evolucionar con el tiempo. El contacto entre las ruedas y el riel sugirió a ambas instituciones, hace 15 años, que tenían mucho para ofrecer la una a la otra.

Hoy, lo que ha sido un intercambio de esfuerzos, energía y saberes tomó vuelo y pasó de la tierra (una colaboración para modelar la interfase vía-vehículo) al cielo, con el laboratorio para cables aéreos y la Escuela Pilona, ubicada en la estación La Aurora del Metrocable Línea J, en la zona occidental de la ciudad, y desarrollada entre el Metro de Medellín y el Grupo de Investigación en Estudios de Mantenimiento Industrial (Gemi).

La escuela es un escenario destinado a la formación del personal de la empresa estatal encargado de operar y hacer mantenimiento al sistema de metrocable, cuyos primeros estudiantes (21 en total) egresaron a finales de mayo de 2019 para aportar valor y brindar soluciones reales a la operación de este medio de transporte.

Debieron pasar tres lustros, el mismo tiempo de existencia de la primera solución masiva de metrocable, denominada línea K (Santo Domingo Savio), para que el trabajo mano a mano entre la empresa y la academia permitiera materializar un espacio para la formación en el manejo técnico y operativo de los mecanismos encargados de hacer funcionar los soportes de línea, mejor conocidos como "pilonas".

Estas son las columnas que, por su altura y grosor, parecen sostener el mismo cielo en los barrios ubicados en algunas laderas de Medellín. Con alturas que van desde los 20 a los 40 metros, y diámetros cercanos a los 2 metros, estas moles de acero reposan sobre bases del mismo material reforzadas con concreto de alta resistencia.

El diseño, producción y preensamblado de la Escuela Pilona tuvo lugar en los talleres de EAFIT.  
Foto Robinson Henao.

**“La Escuela Pilona y el laboratorio taller para sistemas de transporte por cable aéreo hacen parte de la infraestructura instalada del Metro de Medellín como espacios para la formación y entrenamiento de su personal en los sistemas metrocable”.**

Leonel Castañeda Heredia, coordinador del grupo de investigación Gemi de EAFIT.



**“De la mano de la Universidad, el Metro ha podido desarrollar muchos procedimientos como la viga de los trenes o el estudio de la interfaz rueda-riel. Con eso aumentamos el valor de la empresa en conocimiento adquirido, gracias a esta muy buena relación de cooperación”.**

Mauricio Soto Garcés, jefe de Investigación, Desarrollo e Innovación del Metro de Medellín

## A HOMBROS DE GIGANTES

La fortaleza de los pilares garantiza que los sueños, proyectos, afanes, frustraciones y alegrías de unos 92.600 pasajeros viajen cada día de forma segura. Aunque el alcance de esta solución de movilidad es aún mayor, pues si se tiene en cuenta solo la línea más antigua del metrocable se puede hablar de casi 240.000 habitantes beneficiados en las comunas 1 y 2 de Medellín, Popular y Santa Cruz, respectivamente.

Francisco Toro, jefe de Infraestructura del Metro, explica que la escuela “surgió para hacer un montaje en el ambiente real de todos los componentes técnicos de una piona en los aspectos mecánico, eléctrico, electrónico y electromecánico. No solo ayuda a formar en el uso y conservación de sistemas y equipos sino que facilita la certificación en trabajo en alturas”.

En palabras de Toro, los conocimientos entregados al personal de Metro de Medellín cumplen una función triple:

1. Capacitar: cuando se encuentran en la parte inicial del proceso de formación y acaban de llegar a la empresa para desempeñar funciones de operación y mantenimiento del sistema de cables. Contempla los conocimientos teóricos básicos.
2. Entrenar: cuando se les enseñan los componentes que conforman el sistema de pilonas, así como los procedimientos en campo, las situaciones reales, el uso de las herramientas disponibles y el trabajo en alturas.



En la presentación formal de la Escuela Piona a la ciudadanía se hizo la graduación de los primeros técnicos capacitados en ella. Foto Robinson Henao.



3. Reentrenar: sucede al momento de un empleado retomar sus labores, luego de un período de vacaciones o solicitar que refuercen sus conocimientos en temas específicos relacionados con mantenimiento o con el funcionamiento de una pieza de la piona.

Como cualquier proceso en el que todos ganan, con la Escuela Piona se pretende incrementar la seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los sistemas de transporte por cable sin interrumpir su operación comercial, ya que hasta el primer semestre de 2019 esos procedimientos de capacitación se debían hacer a altas horas de la noche y en la madrugada, cuando las cabinas que llevan a los pasajeros no estuvieran en funcionamiento.

El objeto del proyecto, de acuerdo con Leonel Castañeda Heredia, profesor de EAFIT y coordinador del Gemi, fue crear una piona similar a las de los sistemas de transporte por cable de la empresa para fortalecer las habilidades del personal técnico del Metro. De ahí el nombre de Escuela Piona.

Al recordar el origen de la idea, el docente relata que "en 2017, EAFIT suscribe un convenio de ciencia y tecnología con el Metro de Medellín Ltda. con el fin de desarrollar un laboratorio taller para sistemas de transporte por cable aéreo. En junio de 2018, las entidades acuerdan hacer una adición al convenio para el desarrollo de la Escuela Piona".

## FORMACIÓN INTEGRAL

El nuevo sitio de entrenamiento y práctica se ubica en un área de 64 metros cuadrados. La piona de este laboratorio tiene 5 metros de altura (7 si se cuentan las plataformas en su extremo superior) y ha sido el primer momento de encuentro con las alturas de los grupos que ya recibieron capacitación.

Su construcción tardó un año y el Gemi estuvo a cargo de diseñarla, fabricarla y preensamblarla. No obstante, la construcción de la obra civil y el montaje mecánico en sitio corrieron por cuenta de Mysi SAS, empresa subcontratada por la Universidad.

Marta Liliana Giraldo Cardona, ingeniera de proyectos Mysi, fue la responsable de dirigir el montaje y brindar capacitación al personal técnico del Metro durante dos días, tanto en la parte teórica como en la inducción y capacitación en campo, con sistemas similares a los reales.

La ingeniera narra que "se ofreció una charla magistral sobre la composición mecánica del sistema y los elementos que lo conforman. Se les explicó en qué consistió la construcción de la fundación, se les habló

## PROYECTOS CONJUNTOS

Son numerosas las iniciativas en las que EAFIT y Metro de Medellín han colaborado desde hace 15 años. Estas son algunas:

- Modelamiento dinámico y geométrico de la interfase vía-vehículo (trenes).
- Sistema experimental de medición de cargas verticales de trenes.
- Actualización del *software* del SPD: plataforma tecnológica basada en sistemas inteligentes de transporte y en internet de las cosas para la implementación de sistemas estratégicos de transporte público.
- Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias.
- Evaluación de esfuerzos en la viga principal que conecta el conjunto de las ruedas con el compartimento de pasajeros.
- Estudio para la definición de parámetros y metodología para la recepción de *software* operativos.



### Investigador

#### Leonel Francisco Castañeda Heredia

Ingeniero mecánico y doctor en Ciencias Técnicas. Investigador Sénior de Colciencias. Coordinador del Grupo de Investigación Estudios en Mantenimiento Industrial (Gemi). Área de interés: diagnóstico técnico de sistemas complejos de ingeniería que operan en los diferentes sectores de la economía.



## Beneficios para todos

El hecho de formar a los empleados en el manejo, reparación y puesta a punto del sistema de cables a plena luz del día permite que:

- ✓ Haya más visibilidad para realizar los procedimientos.
- ✓ Se escapen menos detalles a los operarios durante los procedimientos.
- ✓ Exista más seguridad para el personal.
- ✓ Se mejore la formación técnica de los operarios.
- ✓ No exista presión del tiempo para hacer los procesos.
- ✓ No se deba detener el servicio del cable para la comunidad.
- ✓ Aumente la seguridad y la comodidad de los usuarios.

sobre el montaje del fuste (el cilindro grande) y de los balancines, encargados de tensionar el cable o mantenerlo comprimido contra la cabina".

Luego se amplió cada uno de esos conceptos y se llevó a los aprendices a poner en práctica sus nuevos conocimientos en la manipulación de herramientas, poleas y cables, cuyo mantenimiento o reemplazo son fundamentales debido a que, por ser elementos móviles del sistema y estar en constante fricción, tienen una vida útil más limitada.

Francisco Toro explica que "en general, la piona no tiene un desgaste muy alto y su vida útil es elevada, pues es una instalación física fija que tiene unos componentes en la parte superior que sostienen el cable en su rodamiento y le dan el movimiento dinámico. Algunos de esos componentes electromecánicos, mecánicos y eléctricos (balancines, rodamientos y sensores), sí sufren algún tipo de desgaste".

## DESARROLLOS CON SENTIDO

El mayor valor de la Escuela Piona, según Juliana Villegas Cuadros, jefe de Proyectos de la Vicerrectoría de Descubrimiento y Creación, es que permite "tener internamente la formación e identificación de oportunidades y mejoras asociadas al metrocable, con la posibilidad de poner en práctica los conocimientos".

Para ella, la relación entre EAFIT y el Metro de Medellín encuentra bases sólidas en procesos de investigación conjuntos que generan nuevo conocimiento, productos de desarrollo tecnológico, y formación de estudiantes de pregrado y posgrado, entre otros beneficios.

15 años de investigación conjunta cumplieron el Metro de Medellín y EAFIT, en una relación muy fructífera para ambas instituciones. A la izquierda, Tomás Elejalde Escobar, gerente del Metro, y a la derecha Juan Luis Mejía Arango, Rector de EAFIT. Foto Robinson Henao.





La Escuela Pilona fue construida en la estación La Aurora del metro cable, en el occidente de Medellín. Foto Robinson Henao.

## ¿QUÉ SE LOGRA CON LOS PROCESOS DE FORMACIÓN?

- Optimizar los procedimientos de mantenimiento.
- Mejorar el servicio del metro cable en sus diferentes líneas.
- Disminuir los tiempos de respuesta al hacer los correctivos.
- Acelerar el cambio de componentes vitales (balancines, poleas y bandas).
- Dotar a las personas del sistema de metro cables de conocimientos y habilidades.
- Reducir errores en el mantenimiento.
- Evitar fallas en el sistema.

Y es que la mayoría de las tecnologías desarrolladas entre ambas entidades ha permitido a la empresa, en concepto de Adriana García Grasso, directora de Innovación de la Universidad, "mejorar sus procesos, gracias a métodos de diagnóstico y soluciones que no exigen parar la operación, algo común en procedimientos de este tipo. Aquí se hace en tiempo real y se puede seguir funcionando. Eso tiene efectos importantísimos para la eficiencia del sistema".

No en vano, los empleados de Metro de Medellín quedaron satisfechos con la formación, mostraron gusto por el tema y se alegraron al no tener que colgar de arneses en medio del frío a altas horas de la noche.

Así lo cuenta Marta Liliana Giraldo, de Mysi SAS, quien añade que se trató de jóvenes sin mucha experiencia, pero ávidos de conocimiento, que se acercaron con calma a temas como carga y descarga de malacates, manipulación

de vigas, retiro y cambio de balancines y poleas, y reemplazo de sistemas de sujeción. Estas acciones no las hubieran podido hacer durante el día en una iniciativa de formación así.

Ella agrega que la Escuela Pilona le ha permitido también al Metro acercarse a la comunidad del sector de La Aurora, permite que esta entienda los procedimientos y comprenda muchas cosas sobre el mantenimiento del sistema.

"Fue muy enriquecedor porque los chicos estaban en prácticas y la gente de la comunidad los veía e iba aprendiendo ciertos procesos. Algunos solo se quedaban expectantes, pero hubo otros más curiosos que hicieron preguntas, interactuaron y entendieron que cuando el Metro pide un espacio para hacer mantenimiento no es porque quiera molestar sino por su propia seguridad, pues de eso depende la vida de todos", concluye Marta Liliana Giraldo. ■



# ¿Por qué un futbolista de élite vale lo que vale?

Los millones de euros que cuesta un jugador de máximo nivel no solo se tasan por el talento en la cancha o la especulación de un negocio de sumas astronómicas. En su tesis de doctorado, una investigadora de la Escuela de Administración da una explicación académica a esta pregunta que ronda a los aficionados del mundo.

**ALEJANDRO ARBOLEDA HOYOS**  
Colaborador

Foto Shutterstock.



**A** sus cortos 23 años de edad, James Rodríguez consiguió consagrarse como el goleador del Mundial de Fútbol Brasil 2014 al anotar seis goles con la Selección Colombia. Tras una destacada participación, en la que el equipo llegó hasta cuartos de final, el volante nacido en la ciudad de Cúcuta se convirtió en el futbolista colombiano más caro de la historia: el Real Madrid, de España, lo compró al AS Mónaco, de Francia, por 75 millones de euros, unos 286 mil millones de pesos.

El 3 de agosto de 2017, el club francés París Saint-Germain rompió todo récord histórico en el mercado de pases del fútbol al pagar 222 millones de euros, más de 847 mil millones de pesos colombianos, al Barcelona de España para comprar al jugador brasileño Neymar da Silva Santos. Esta descomunal cifra pagada por la cláusula de rescisión del jugador dimensionó la magnitud y el poder económico que hay involucrado en el mundo del mercado de fichajes de alto nivel.

Tanto James como Neymar requirieron el desembolso de esas cifras impresionantes para cambiar de equipos, pero el valor de sus fichajes no fue una cuestión de azar. Con la curiosidad e interés de definir cuáles eran las variables que más influyen en el valor de los jugadores de élite en el mercado, la amante del fútbol e investigadora de EAFIT, Maribel Serna Rodríguez, se dio a la tarea de hacer un estudio académico sobre el tema.

Desde que tiene memoria, Maribel ha sido fanática del Deportivo Independiente Medellín (DIM) y vestirse de azul y rojo para celebrar los goles del Poderoso ha sido una de las pasiones que combina con la investigación como docente del Departamento de Organización y Gerencia de EAFIT. Ella unió el gusto por el fútbol y la academia para definir el tema de su tesis doctoral en Administración Estratégica de Empresas que realizó en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

La docente vive el mundo universitario a través de cursos como Análisis de Datos y Estadística que utilizó también para resolver la curiosidad común que también ha tenido como hinchas: ¿cuáles son las variables que determinan el valor de mercado de un jugador de fútbol?

## SE LA JUGÓ POR LA ECONOMÍA DEL FÚTBOL

“Como una duda que siempre tuve al ser hinchas yo quería saber, por ejemplo, por qué cierto futbolista valía 100 millones de euros. Entonces me pregunté cómo se descomponen esos 100 millones entre variables y cómo puedo llegar a ese monto total partiendo de un ejercicio neto de valoración. Eso fue lo que se buscó en la investigación, proponer las variables que más influyen sobre dicho valor”, plantea Maribel.

Con el tema definido, la investigadora fue tan fiel a su trabajo como lo era para apoyar al DIM. Comenzó con una revisión bibliográfica que le permitió recopilar 361 *papers* de la literatura científica. De ellos seleccionó nueve artículos clave que se enfocaban en aspectos como la cantidad de goles marcados por el deportista, la liga en la que juega, posición en el terreno de juego, nacionalidad, desempeño en la última temporada y convocatorias a selecciones nacionales, hasta aspectos tan particulares como la pierna hábil que tenía, entre otros asuntos.

En ese rastreo de artículos identificó en total 45 variables que eran utilizadas por los autores y que se debían tener en cuenta al momento de valorar a un jugador en términos económicos. Y entre esas 45, ella definió seis variables como las más relevantes. Pero obtenerlas implicó una temporada, no deportiva sino investigativa, de análisis y lectura que incluyó la utilización de metodologías estadísticas.

### RECOPILAR DATOS, MÁS QUE UN SIMPLE CALENTAMIENTO

Al delimitar el campo futbolístico y académico de su estudio, la docente decidió enfocarse en las que son consideradas las cinco ligas más importantes del mundo, por una razón de peso: se supone que cuentan con los mejores jugadores y, por ende, tienen los fichajes más complejos. Entonces eligió estudiar datos asociados a futbolistas de la Premier League (Inglaterra), LaLiga (España), Serie A (Italia), Bundesliga (Alemania) y Ligue 1 (Francia).

Entre los datos sobre fichajes encontrados en los escritos académicos, la docente rescató una serie de variables tales como el cambio de equipo, en cuáles equipos nacionales e internacionales jugó, partidos disputados en su carrera, liga en la que actuaba, división que disputaba, experiencia, goles, desempeño en la última temporada, edad, nacionalidad, entre otras, como indicios de lo que se tendría en cuenta a la hora de definir el precio del futbolista en el mercado.

Para recopilar la información de esas 45 variables identificadas, la investigadora consultó información sobre transferencias y aspectos en la compra de jugadores en el portal alemán *Transfermarkt*, medio deportivo acreditado que publica valores del mercado y transacciones del mundo del fútbol, usando métodos estadísticos que, como en este caso, son útiles en el mundo del deporte.

Tras recopilar la información, Maribel se dio cuenta de que a la identificación de variables del fútbol y sus posibilidades debía aplicarle sus conocimientos académicos: utilizó metodologías estadísticas como el Bayesian Model Averaging (BMA) y el instrumental variable Bayesian Model Averaging (IVBMA) que permiten trabajar con la incertidumbre y tener mejores probabilidades en los resultados. Consideró que con ello lograba cubrir un vacío en el conocimiento, ya que ese método no se había usado en los artículos revisados.

# LO QUE DETERMINA EL VALOR DE UN FUTBOLISTA

La literatura científica especializada en el deporte plantea hasta 45 variables que influyen en el valor económico de un futbolista que juega en las principales ligas de Europa. El estudio académico de la profesora Maribel Serna Rodríguez, de EAFIT, ubica a estas 6 como las determinantes para tasar ese valor.

Desempeño en su última temporada

Haber integrado la selección de mayores de su país

VALOR DE MERCADO DEL FUTBOLISTA

Participación en la selección nacional Sub-21 de su país

Edad

Goles marcados durante su carrera

Edad al cuadrado (ítem de valor negativo, por lo que en economía se denomina rendimiento marginal decreciente\*)

\*Rendimiento marginal decreciente  
Concepto económico que da cuenta de la disminución de un producto o servicio a medida que se adicionan factores productivos a la creación del mismo.

Foto Shutterstock.

## LIGAS ESTUDIADAS



La metodología puede usarse para un estudio sobre el fútbol colombiano, pero se debe tener acceso a información precisa sobre los montos de los traspasos y a datos que los clubes, por lo general, mantienen en reserva.

## Los jugadores que hacen parte de la selección Sub-21 de su país logran uno de los indicios prometedores que definirá su futuro valor, según la investigación.

### JUEGO DE VARIABLES PARA DEFINIR EL PRECIO

Su disciplina tanto por el deporte como por la investigación académica le permitió llegar a una conclusión de interés para muchos hinchas: logró, con métodos estadísticos, identificar las seis variables definitivas para evaluar el precio de un futbolista dentro de las cinco ligas seleccionadas y desechar las que no eran representativas, según la muestra analizada.

De acuerdo con el estudio, para analizar compras de jugadores como James y Neymar, además de cualquier otro deportista de las ligas élite, se debe tener en cuenta estas variables:

- El desempeño en su última temporada.
- Integrar la selección de mayores de su país.
- La edad.
- La edad al cuadrado: ítem de valor negativo (por lo que en economía se denomina "rendimientos marginales decrecientes").
- Los goles marcados durante su carrera.
- La participación en la selección nacional Sub-21 de su país.

Al ver el asunto bajo una mirada académica pudo concluir que, por ejemplo, los jugadores que hacen parte de la selección Sub-21 de su país alcanzan uno de los indicios prometedores que definirá su futuro valor en el mercado.

Otra conclusión es que este tipo de jugadores maximizan su valor de mercado cuando tienen alrededor de 26 años. Estos hallazgos permiten tener a la mano pistas para entender cómo se puede medir el valor de cada futbolista y los millones de euros entregados por su fichaje.

### PITAZO FINAL

En el ámbito europeo, Pedro Bravo, presidente de la Asociación Española de Agentes de Futbolistas (Aeaf), planteó en 2017 que el precio del futbolista en el mercado actual –bajo su experiencia– lo definen parámetros como el número de veces que ha sido internacional, los premios individuales, el porcentaje de partidos jugados, la edad, el tiempo de vigencia del contrato, el número de campeonatos nacionales e internacionales jugados y ganados, el número de partidos ganados y la categoría de la que procede.

Aunque no pensaba que su trabajo del doctorado llegara tan lejos, Maribel reconoce que hubo un reconocimiento en el mundo deportivo y científico, ya que el estudio fue publicado en la revista académica de economía del deporte *Journal of Sports Economics* que hace parte de la organización North American Association of Sports Economists (Naase).

Ella es de esas investigadoras que no utiliza bata blanca, sino que lo hace desde las aulas y equipos digitales con datos y estadísticas. Su único uniforme es la camiseta del equipo azul y rojo que cultivó en ella el amor por el fútbol. ■

### POTENCIAL DEPORTIVO E INVESTIGATIVO

Además de responder a esa pregunta sobre lo que determina el valor de los futbolistas, la profesora Maribel Serna Rodríguez considera que estas variables pueden aportar a los futbolistas a identificar en qué pueden enfocarse para mejorar y potencializar sus talentos.

"En esos términos también se pueden trasladar los resultados de la investigación a las personas que practican este deporte y no solamente a los futbolistas más importantes –destaca la docente–, pues desde el proceso formativo se puede identificar qué determina el precio en estos mercados importantes en Europa, como en este caso".

La investigadora asegura que la metodología de este estudio también podría aportar al mundo del deporte en general. Permitiría empezar a comprender, por ejemplo, lo que ocurre en el fútbol femenino o en disciplinas como el ciclismo, baloncesto, béisbol, así como en diversas ocupaciones profesionales, por lo que implican los datos estadísticos para determinar valores de mercado y salarios.



#### Investigadora

##### Maribel Serna Rodríguez

Administradora de negocios de la Universidad EAFIT, doctora en Administración Estratégica de Empresas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Coordinadora del área de Análisis de Datos en el Departamento de Organización y Gerencia, de la Escuela de Administración.



# Cuatro visiones sobre el Bicentenario



El pasado 7 de agosto se conmemoraron los 200 años de la Batalla de Boyacá que dio lugar a la independencia definitiva del virreinato de la Nueva Granada del dominio español y al nacimiento del ideal republicano de nación.

**OCTAVIO GÓMEZ VELÁSQUEZ**  
Colaborador

Sergio Trujillo. Topaga - Paya, ca 1969, temple sobre papel. 30 X 45 cms.



Las imágenes que acompañan este artículo son de la exposición *Historia imaginada: el legado de Mario Posada*, pinturas que el fotógrafo le donó a EAFIT y que se exhibieron en la conmemoración del Bicentenario.

Con actividades académicas, publicaciones científicas y digitales, conciertos y exposiciones artísticas, la Universidad EAFIT conmemoró el Bicentenario de la Batalla de Boyacá. "Quisimos recuperar el sentido patriótico que acompañó el proceso de consolidación de la nación colombiana como república, sin patriotismos ampulosos y sobredimensionados", explica la profesora Liliana María López Lopera, jefa del Departamento de Humanidades de la institución.

Para la docente, rememorar este acontecimiento particular y otros procesos de la época permiten resaltar la importancia de la afectividad patriótica y el aporte a un ideal significativo en los estados modernos: el de la construcción nacional a través del robustecimiento de los sentimientos nacionales.

"Esto resulta particularmente importante en países como el nuestro -afirma-, donde los lazos étnicos y la experiencia histórica común no son suficientemente fuertes o resultan limitados y problemáticos para fundamentar los sentimientos de pertenencia nacional".

Las diferentes actividades realizadas en EAFIT durante el mes de agosto de 2019 fueron posibles gracias a la participación de la Rectoría de la Universidad, los departamentos de Humanidades y Música (ambos de la Escuela de Humanidades), el Centro Cultural Biblioteca Luis Echavarría Villegas, Editorial EAFIT, Extensión Cultural y el Departamento de Comunicación.

"Somos conscientes de que la recuperación de la tradición nacional y el cultivo de las emociones políticas, con la cual deben comprometerse los mantenedores de la cultura, como lo son las universidades, se materializa a través de la promoción de múltiples proyectos culturales, políticos, legislativos, científicos y sociales", concluye la profesora López Lopera.

Luis Rengifo.  
Generales  
estudiando un  
mapa, 1969,  
óleo sobre  
lienzo. 200 X  
300 cms.



1

## BOYACÁ, EL MODESTO PUENTE QUE SELLÓ LA INDEPENDENCIA DE AMÉRICA

La victoria de Simón Bolívar en la batalla del puente de Boyacá, el 7 de agosto de 1819, a pesar de ser una de las más modestas y limitadas por su despliegue militar, fue el punto de quiebre en la lucha de las élites españolas y americanas por el control de los países andinos.

Esa es la tesis que defiende el profesor José Luis Villacañas Berlanga, de la Universidad Complutense de Madrid, invitado por la Universidad EAFIT para la celebración del bicentenario de aquella batalla.

Villacañas recuerda que las tropas realistas eran la III División del Ejército de Fernando VII y apunta que, en realidad, solo eran nacidos en España los oficiales de alto rango, en tanto que la milicia era tan criolla como los libertadores, al punto que era difícil distinguirlos. La victoria, que costó la vida de un poco más de un centenar de bajas en ambos bandos, desbarató la unidad de los españoles que fueron retrocediendo hacia Cartagena –en sucesivos ataques de las tropas de Bolívar–.

Pero el gobierno de Fernando VII no se resignó a la pérdida de los inmensos territorios y en medio de las tensiones políticas que liberaba la Constitución de Cádiz comenzó a organizar la expedición para recuperarlos: "Se iniciaron los preparativos del Ejército de Ultramar, en un clima casi de completo caos, pues el ministro de Hacienda

Martín de Garay no había logrado en 1818 la reforma impositiva", escribe el profesor Villacañas.

"La Pepa" como se llamó popularmente a la Constitución de Cádiz (1812) fue el primer ordenamiento constitucional español, establecía la soberanía en la Nación (y no en el rey), la separación de poderes, el voto universal y la libertad de imprenta, entre otros mandatos que incluían la modernización de la hacienda pública.

La reforma de Garay pretendía mejorar los ingresos y con ellos facilitar la dotación de las tropas que regresarían a retomar el control en las provincias de Venezuela, la Nueva Granada, Ecuador, Perú y el Alto Perú donde, simultáneamente, las tropas al mando del mariscal Antonio José de Sucre consolidaban las victorias sobre los reductos realistas.

La suerte del Ejército de Ultramar quedó echada desde el comienzo: las tropas en su mayoría llegaron a las filas forzadas: los oficiales por las promesas de los beneficios y los soldados a cambio del perdón de condenas por delitos comunes. Pero, ya dispuestos para el viaje, las divisiones entre liberales (moderados y exaltados) y monarquistas terminaron en una guerra civil y las tropas que debían embarcar en 1821 se quedaron luchando en la península.

La del puente de Boyacá había sellado la suerte a ambos lados del Atlántico.

---

**Solo eran nacidos en España los oficiales de alto rango de las tropas realistas, en tanto que la milicia era tan criolla como los libertadores.**

---



# GAZETA EXTRAORDINARIA DE GUAYANA

DEL DOMINGO 19 DE SETIEMBRE DE 1819-9°.

*Acaba de recibirse correspondencia de la Capital de la NUEVA GRANADA, tan importante que exige GAZETA Extraordinaria.— De los Boletines que en ella insertamos el del N.º 4 está impreso en la misma Capital; y lo hubieran sido los demás, si no hubiese estado la salida del Correo, y si la Prensa libertada del yugo tiránico, no hubiese tenido en aquellos momentos otras muchas atenciones. Cualquiera persona instruido en los tipos, caracteres, papel, y tinta de la Imprenta de aquella Capital, no necesita de otra prueba de su libertad que la simple vista de las manillas en que ha venido impreso, y multiplicado el Boletín n.º 4.— Sin recurrir á los Partes Oficiales, ni á multitud de cartas particulares de Santafé de Bogotá, queda persuadido de que la Provincia de Cundinamarca ha dexado de ser hollada y profanada por los satélites y sanguisugas del Tirano.*

ESTADO MAYOR GENERAL.

BOLETIN

Del Ejército Libertador de la Nueva Granada.

(N.º 3.)

Volvió el enemigo al Pueblo de Paypa después del suceso de las alturas de Vargas, y el Ejército ocupó nuevamente su posición de los Corrales de Boza. El día 3, S.E. con el objeto de reconocer la posición y fuerza del enemigo, ordenó un movimiento con todas las tropas sobre sus puestos avanzados.— Nuestra descubierta de Caballería arrolló completamente la que el enemigo en número de 100 hombres tenía situada en los Molinos de Boza.

El ejército Español evasó precipitadamente la Población, y tomó posición en una altura que está en la confluencia de los caminos de Tunja y el Socorro. Continuamos la marcha hasta el mismo Pueblo, y por la noche pasamos el Puente de Paypa, y campamos en la orilla derecha del Río Bogamoso.

El día 4, permanecieron los dos cuerpos en sus respectivos campos sin que el enemigo intentase el menor movimiento. Por la tarde toda nuestra infantería repasó el puente, y á las 8 de la noche contramarchó, y el Ejército se dirigió á la ciudad de Tunja por el camino de Toca, dejando el enemigo á la espalda. A las 9 de la mañana del 5 entró en el Pueblo de Cibuz, habiendo marchado seis leguas, y á las 11 S.E. con la caballería ocupó la ciudad, haciendo prisionera su guarnición, y no cayó en nuestro poder el Gobernador de la Provincia D. Juan Loiso con el 2º batallón de Numancia, porque aquella madrugada había marchado á incorporarse al Ejército, conduciendo tres piezas de artillería. A las dos de la tarde se reunió en toda la tropa en Tunja.— El enemigo, que no pudo observar nuestro movimiento hasta el amanecer del 5, se puso en marcha sobre la ciudad por el camino principal de Paypa, y en el llano de la Paja hizo alto á las 5 de la tarde, á la vista de un destacamento de Dragones, que después de la ocu-

pación de la ciudad se destinó á observarlo.— A las 8 de la noche continuó el enemigo su movimiento por el Paramo de Combita, y el 6 á las 9 de la mañana entró en el Pueblo de Motabita, legua y media de Tunja.— Nuestros Dragones marcharon toda la noche, molestando su retaguardia, y le hicieron multitud de prisioneros.

La ocupación de esta ciudad ha puesto en nuestro poder mas de 600 fusiles, un almacén de vestuarios y paños, los hospitales, botecines, mastranzas, y quanto posee el enemigo.

El Ejército ha reemplazado sus bajas, y se ha repuesto de sus fatigas— ha aumentado su entusiasmo con el de los habitantes de esta ciudad que lo recibieron con un júbilo inexplicable, y sin embargo de que el enemigo ha rehuido algunos cuerpos de infantería después de la Batalla del Pantano de Vargas, estamos casi ciertos de la victoria.

Quartel-general en Cefe, Tunja 6 de Agosto de 1819. 9°.— El General Cefe del Estado-Mayor-General— Carlos Soublette.

ESTADO MAYOR GENERAL.

BOLETIN

Del Ejército Libertador de la Nueva Granada.

(N.º 4.)

Batalla de Boyacá.

Al amanecer del día de ayer dieron parte los cuerpos avanzados de que el enemigo estaba en marcha por el camino de Samacá; el Ejército se puso sobre las armas, y luego que se reconoció que su intención era pasar el Puente de Boyacá para abrir sus comunicaciones directas, y ponerse en contacto con la capital, marchó por el camino principal para impedirlo, ó forzarlo á admitir la batalla.

A las dos de la tarde la primera División enemiga llegó al puente, quando se dejó ver nuestra descubierta de caballería. El enemigo que no había podido descubrir nuestras fuerzas, y que creyó que lo que se le oponía era un cuerpo de observación, lo hizo atacar con sus Cazadores, para alejarlo del camino, mientras que el cuerpo del Ejército seguía su movimiento. Nuestras Divisiones aceleraron la marcha, y con gran sorpresa del enemigo se presentó toda la infantería en columna sobre una altura que dominaba su posición. La vanguardia enemiga había subido una parte del camino persiguiendo nuestra descubierta, y el resto del Ejército estaba en el bajo á un quarto de legua del puente, y presentaba una fuerza de 3000 hombres.

El batallón de Cazadores de nuestra vanguardia desplegó una compañía en guerrilla, y con las demás en columna atacó á los Cazadores enemigos, y los obligó á retirarse precipitadamente hasta un paredón, de donde fueron tambien desalojados; pasaron el puente y tomaron posiciones del otro lado: entre tanto nuestra infantería descendía, y la caballería marchaba por el camino.

El enemigo intentó un movimiento por su derecha, y se le opusieron los Rifles y la Compañía Inglesa. Los batallones primero de Barcelona, y bravo de Paer, con el escuadron

de caballería del Llano-arriba marcharon por el centro. El batallón de línea de Nueva Granada, y los Guías de retaguardia se reunieron al batallón de Cazadores y formaban la izquierda. La columna de Tunja y la del Socorro quedaron en reserva.

En el momento se empeñó la acción en todos los puntos de la línea. El Señor General Anzostegui dirige las operaciones del centro y de la derecha: hizo atacar un batallón, que el enemigo había desplegado en guerrilla en una cañada, y lo obligó á retirarse al cuerpo del Ejército, que en columna sobre una altura con tres piezas de artillería al centro, y dos cuerpos de caballería á los costados aguardó el ataque. Las tropas del centro, despreciando los fuegos que hacían algunos cuerpos enemigos situados sobre su flanco izquierdo, atacaron la fuerza principal. El enemigo sacó un fuego terrible; pero nuestras tropas con movimientos los mas audaces y executados con la mas estricta disciplina envolvieron todos los cuerpos enemigos. El escuadron de caballería del Llano-arriba cargó con su acostumbrado valor y desde aquel momento todos los esfuerzos del General Español fueron infructuosos: perdió su posición. La compañía de Granaderos á caballo toda de Españoles) fué la primera que corajosamente abandonó el campo de batalla. La infantería trató de rehacerse en otra altura, y fué inmediatamente destruida. Un cuerpo de caballería que estaba en reserva aguardó la nuestra con las lanzas caladas, y fué despedido á lanzazos; y todo el ejército Español en completa derrota, y cercado por todas partes después de sufrir una grande mortandad, rindió sus armas y se entregó prisionero.— Casi simultaneamente el Señor General Santander que dirige las operaciones de la izquierda, y que habia encontrado una resistencia temeraria en la vanguardia enemiga, á la que solo le habia opuesto sus Cazadores, cargo con unas compañías del batallón de línea, y los Guías de retaguardia, pasó el puente y completó la victoria.

Todo el ejército enemigo quedó en nuestro poder; fué prisionero el General Barreyro, Comandante General del Ejército de Nueva Granada, á quien tomó en el campo de batalla el soldado del primero de Rifles, Pedro Martínez; fué prisionero su segundo el Coronel Ximenez, casi todos los Comandantes y Mayores de los cuerpos, multitud de subalternos, y mas de 1600 soldados: todo su armamento, municiones, artillería, caballería, &c. apenas se han salvado 50 hombres entre ellos algunos Gefes, y Oficiales de caballería, que huyeron antes de decidirse la acción.

El General Santander con la vanguardia, y los Guías de Retaguardia siguió en el mismo acto en persecusion de los dispersos hasta este sitio; y el General Anzostegui con el resto del ejército permaneció toda la noche en el mismo campo.

No son calculables las ventajas que ha conseguido la República con la gloriosa victoria obtenida ayer. Jamas nuestras tropas habían triunfado de un modo mas decisivo, y pocas veces habían combatido contra tropas tan disciplinadas, y tan bien mandadas.

Nada es comparable á la intrepidez con que el Señor General Anzostegui á la cabeza de dos batallones y un escuadron de caballería atacó y rindió el cuerpo principal del enemigo. A él se debe en gran parte la victoria. *El*

Como parte de la conmemoración del Bicentenario, EAFIT publicó este facsímil de la Gazeta Extraordinaria de Guayana que dio el parte de victoria de la Batalla de Boyacá.



2

## ¿LA CAÍDA DEL IMPERIO ESPAÑOL DESATÓ LA INDEPENDENCIA NACIONAL?

La independencia de las colonias españolas en América no fue el resultado de un proceso incubado a este lado del mundo, sino una las consecuencias de la caída del imperio español.

Esa es una de las hipótesis que se han venido afianzando en los estudios recientes sobre el bicentenario de la independencia americana que defiende la profesora Liliana López al decir que "la ruptura con la España fue la consecuencia de un evento de época y externo [...] no se trató [...] de unas colonias que se independizan sin destruir la metrópoli sino del colapso de un imperio que libera a las colonias".

Esta idea contradice la versión más difundida según la cual la independencia en Colombia fue el resultado de tres momentos: "La Revolución de los Comuneros en marzo de 1781 en la plaza mayor del Socorro; la traducción y publicación de los Derechos del Hombre realizada por Antonio Nariño en 1793 y el alzamiento del pueblo de Quito contra el gobierno español el 10 de agosto de 1809".

La profesora López recoge las visiones que presentaron sus colegas François Xavier Guerra, José Carlos Chiaramonte y Antonnio Annino, quienes han ofrecido lecturas novedosas sobre las independencias hispanoamericanas. Ellos coinciden en recoger, dentro del mismo proceso histórico, la Revolución Liberal en España con la emancipación en las colonias.

Entre 1808 y 1814 el esfuerzo militar español se concentró en expulsar a las tropas francesa de Napoleón y en devolver el poder a Fernando VII. En ese lapso se produjeron los alzamientos en las colonias americanas que terminaron por convertirse en las primeras formas republicanas.

Sin embargo, al regreso de la monarquía española no hubo un poder lo suficientemente fuerte para mantener



Sergio Trujillo.  
Combate de  
Paya junio  
27 de 1819,  
ca 1969, óleo  
sobre lienzo.  
200 X 297 cms.

unido al imperio y las élites americanas ya habían probado sus primeras formas de gobierno autónomo.

El profesor Chiaramonte destacaba la paradoja de que "las élites patrióticas y libertadoras se presentaran como americanos o como españoles-americanos, y nosotros las leamos como mexicanos, argentinos, peruanos o colombianos".

### Un discurso necesario

En ese contexto aparece, en febrero de 1819, el Discurso de Angostura, en el cual el libertador Simón Bolívar pone las que, en su consideración, deberían ser las bases de la república de Colombia.

La profesora Liliana López hace énfasis en que el Libertador entiende la necesidad de construir una república que recoja las experiencias de Grecia y Roma, así como de lo aprendido de la Francia revolucionaria y los Estados Unidos.

Bolívar, dice la filósofa Liliana López, sabía que las naciones americanas no tienen claro en su nacimiento el lugar que deben ocupar en la "familia humana" por lo cual debería partir de un principio de "pertenencia política".

Para esta investigadora, doctora en Humanidades, conmemorar este discurso "permite recordar la extraordinaria y difícil labor que tuvieron que afrontar los patriotas letrados y libertadores para crear e inventar la nación de ciudadanos en Hispanoamérica".

---

**Bolívar optó por un ideal de nación que mantenía la primacía de las dimensiones política y territorial sobre las identidades etnoculturales y etnoterritoriales.**

---

3

## LA HISTORIA ES CONSTRUIDA POR SUS TESTIGOS

Luis Perú de la Croix, en el *Diario de Bucaramanga*, escribió que fue Bolívar el autor de la historia de la muerte de Antonio Ricaurte en la explosión de una armería, “para entusiasmar a mis soldados, para atemorizar a mis enemigos y dar la más alta idea de los valerosos granadinos”.

La verdad es que Ricaurte murió en la retirada de San Mateo de un balazo y un lanzazo, y “lo encontré”, decía Bolívar, “tendido bocabajo, ya muerto”, relata la profesora Patricia Cardona –coordinadora del Doctorado en Humanidades de EAFIT–, en la ponencia titulada *El pasado como modelo a imitar. Relaciones entre historia y memorias, siglo XIX colombiano*, presentada en la Universidad dentro del acto académico de celebración del Bicentenario.

### Relatos que crean epopeya

La profesora propone tres formas de construcción de la memoria, aludiendo a igual número de libros sobre el relato de los días de la independencia de 1819.

El primero, de José María Espinosa, con *Memorias de un abanderado. Recuerdos de la Patria Boba, 1810-1819* (1876), el cual intentaba hacer una pintura de los hechos sucedidos en la primera guerra civil entre centralistas y federalistas, donde el autor fue abanderado del ejército de Nariño y en una época en la cual la guerra era una forma, con maneras “caballerescas”, de ejercer la política porque “es cierto que enfrente tenemos la muerte, pero detrás tenemos es ignominia”.

Las de Espinosa eran acuarelas donde el pintor no trataba de ser protagonista sino el delineador de grandes gestas políticas y militares.

La segunda era *Memorias del general José Hilario López*, antiguo presidente de la Nueva Granada. Escritas por él mismo (1857), en las que es actor principal y testigo. Para López, la guerra



Sergio Trujillo. Independencia, ca 1969, temple sobre papel. 30 X 45 cms.

es el camino a la gloria y afirmaba que el levantamiento de 1810 “hizo nacer en mí el deseo de ser uno de los que debía luchar contra los Españoles [sic]”.

Por eso, las memorias del general exaltan al héroe que se inmola en el altar de la patria y para ello usa el sacrificio de Policarpa Salavarrieta: “Ved que, aunque mujer y joven, me sobra valor para sufrir la muerte y mil muertes más, y no olvidéis este ejemplo”, porque el autor sabe que el relato construye la historia.

La tercera es *Memorias histórico políticas*, del general Joaquín Posada Gutiérrez, que es el fruto de su posición como testigo de la independencia y de las primeras décadas de vida independiente.

Su autor quería dar una visión de las causas que llevaron “al naufragio de la República de Colombia, entre ellas la polarización política y militar, las ambiciones caudillistas, la pugnacidad que fraccionó a la Primera República”, en un relato que va desde 1821 hasta 1863 y cuyo objetivo es dejar una lección para las “generaciones venideras” sobre los errores que no se debería cometer: aborda el relato de las guerras civiles partidistas de esos 42 años.

---

**“Todos los pueblos comprenden la necesidad y la importancia de una gloriosa tradición nacional y cuando la tienen escasa, la magnifican. Y cuando no la tienen, la inventan”.**

---

Carlos Arturo Torres, a comienzos del siglo XX.

---

Sergio Trujillo.  
Fusilamiento  
de Manuela  
Ábrego, ca  
1969, temple  
sobre papel.  
30 X 45 cms.



***La vencedora* fue una contradanza interpretada por músicos criollos dirigidos por el coronel José María Cancino en el campo de la Batalla de Boyacá y es de las pocas de la época que se conservan.**

4

#### LA MÚSICA, OTRO RELATO DE LA GESTA LIBERTADORA

La contradanza, el pasodoble, el baile inglés *schottish* o *shottish* (o chotis), el vals o el bambuco, entre otros, fueron el germen de los bailes regionales colombianos, afirma el profesor Fernando Gil Araque, responsable del programa musical con el que la Universidad EAFIT conmemoró el bicentenario de la Batalla de Boyacá.

Gil, profesor del programa de Música, reconoce que el repertorio de obras que se conservan de la época de la independencia y de los años siguientes "no es muy abundante pero las composiciones que sobreviven cuentan sobre los aires de moda escuchados en la época".

"*El Papel Periódico Ilustrado* (1884) narra que *La vencedora* fue interpretada por músicos criollos dirigidos por el coronel José María Cancino en el campo de batalla (de Boyacá) y que *La Libertadora* fue compuesta para el baile de agasajo a Simón Bolívar en Bogotá" después de la victoria, afirma el profesor Gil.

La obra *Las cornetas* es un pasodoble que se usó, a manera de marcha, en los cambios de guardia en el Palacio de San Carlos, aún hoy es utilizado en la Casa de Nariño.

"*La guaneña* es un bambuco nariñense de tradición popular interpretado en la batalla de Ayacucho, por integrantes del batallón Voltígeros, en su mayoría de la región de Pasto", agrega el docente,

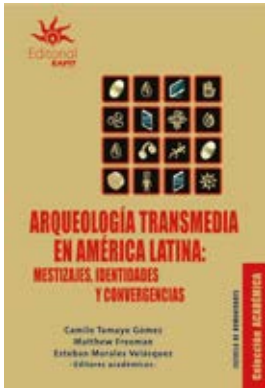
en referencia al programa preparado por su Departamento para la celebración.

Añade que los autores centenaristas (los compositores que vivieron y tuvieron una rica producción musical durante el primer centenario de la independencia) participaron activamente en esa conmemoración y enumera a Pedro Morales Pino (1882-1945) y a Gonzalo Vidal Pacheco (1864-1946), "quien compuso la marcha triunfal conocida como *Boyacá*. Obra conmemorativa presentada en el concurso del Ministerio de Instrucción Pública para conmemorar el primer centenario de la batalla de Boyacá. La obra utiliza paráfrasis [que consiste en reformular materiales musicales existentes en términos propios] del Himno Nacional, recurso utilizado por los compositores de la primera mitad del siglo XX".

En la actualidad, el chotis es una danza antioqueña, suerte de adaptación de los bailes campesinos con los bailes de salón que llegaron a la región en el siglo XIX. Como se mencionó, el *scottish* (escocés) fue un baile popular en el centro de Europa que en nuestro medio fue conocido como el "baile inglés".

Es importante recordar la llegada de mineros europeos desde 1825 y, de forma particular, de ingenieros y mineros británicos a diversos centros mineros de Antioquia, momento en el que se mezclaron costumbres y músicas locales con bailes del Viejo Continente. ■





**Arqueología transmedia en América latina: mestizajes, identidades y convergencias**

Editores académicos: Camilo Tamayo Gómez, Matthew Freeman y Esteban Morales Velásquez  
 Medellín, 2018  
 ISBN: 978-958-720-533-4  
 Rústica 16.5 x 24 cm  
 183 páginas

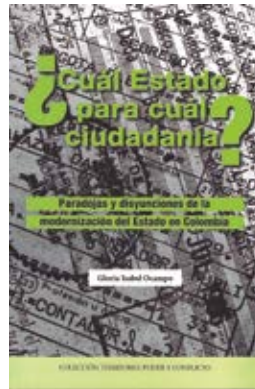
Pretende iniciar el análisis de la producción narrativa de ficción y no-ficción en Suramérica, bajo la premisa de que la narrativa transmedia ha existido siempre, sin desconocer que los medios con los cuales se cuentan las historias (de ficción como de no-ficción) están condicionados históricamente.



**Estadística descriptiva para datos categóricos**

Autores: Maribel Serna Rodríguez  
 Julián Alberto Pareja Vasseur  
 Medellín, 2018  
 ISBN: 978-958-720-483-4  
 Rústica 21x 27 cm  
 109 páginas

El libro busca ofrecer al público una guía para abordar la Estadística Descriptiva para datos categóricos utilizando como herramienta fundamental el software Excel. A lo largo del texto se documenta la recolección, organización, presentación e interpretación de los datos categóricos para la toma de decisiones. Por tanto, el principal objetivo del mismo es la presentación formal de una serie de herramientas que permiten resumir la información referente a este tipo de variables.

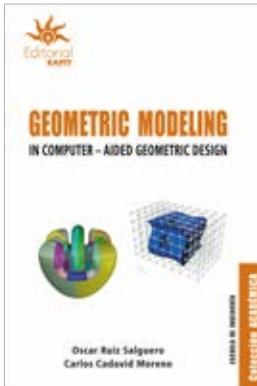


**¿Cuál Estado para cuál ciudadanía? Paradojas y disyunciones de la modernización del Estado en Colombia**

Autora: Gloria Isabel Ocampo  
 Medellín, 2018  
 ISBN: 978-958-644-235-0  
 Rústica 17 x 22 cm  
 270 páginas

En su libro, Gloria Isabel Ocampo se acerca, por medio de un detallado análisis etnográfico, al mundo político de Córdoba, contexto regional de políticos muy cuestionados como los Musa, Ñoños y Bulas, hoy en la picota de la opinión pública. Pero más allá de lo anecdótico, el análisis señala problemas importantes de orden estructural, evidenciando la manera como los poderes, realmente existentes en regiones y localidades, hacen que algunas políticas modernizantes, pensadas por tecnócratas del Estado central, terminen produciendo a veces efectos contrarios a los pretendidos por no tener en cuenta ni los contextos regionales y locales ni las costumbres y cultura de sus pobladores. Esta situación, ejemplificada en las estrategias públicas de vivienda y electrificación, obliga a repensar la manera como interactúan los niveles de poder de la Nación con los ámbitos locales y regionales de poder.

Fernán E. González



**Geometric modeling in computer  
- Aided geometric design**

Autores: Óscar Ruiz Salguero y Carlos Cadavid Moreno  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-431-5  
Rústica 16.5 x 24 cm  
128 páginas

This book presents conventions, mathematical concepts, definitions and applications central to the geometric modeling

of solids, shells and wires (engineering jargon) embedded in 3D space. Currently, software is available for geometric modeling of technical or natural scenarios. However, the models built frequently fail in supporting the subsequent engineering computing and simulations. Only after repeated iterations and re-designing, the models permit engineering / science simulations. This book endows the reader with the basic mathematical concepts needed to ensure that the geometric models indeed stand the stages of physics simulation, manufacturing, etc., and rapidly applies the concepts on engineering and science geometric models.



**Técnicas de modelos en el  
proceso de creación y diseño  
de producto**

Autora: Alejandra María Velásquez Posada  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-545-9  
Rústica 21x 27 cm  
95 páginas

Está dirigido a orientar a todas aquellas personas que requieran la fabricación de un modelo tridimensional como representación física de una idea o producto. Está enfocado en los profesionales de las áreas relacionadas con el diseño de productos, como los diseñadores industriales y los ingenieros de diseño de producto, así como en los técnicos y artesanos para la materialización de un concepto.



**Internacionalización  
empresarial. Casos  
de Medellín**

Editora: Sin Kit I  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-563-3  
Rústica 19.5 x 21.5 cm  
137 páginas

Usted... ¿es un emprendedor y tiene visión global? ¿No tiene idea de cómo abrir un negocio

o conquistar nuevos mercados? ¿Ya está vendiendo en el exterior, pero constantemente piensa en cómo hacer análisis comparativo, mejorar y transformar su negocio y vender más?

Si respondió "sí" a cualquiera de estas preguntas, bienvenido a un entorno que le permitirá conocer las percepciones, desafíos y posibles soluciones planteadas por los empresarios durante sus operaciones en los negocios internacionales.

Este libro contiene versión en español e inglés.



### ***Barrios que cuelgan de la montaña***

Autora: Natalia Castaño Cárdenas  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-557-2  
Rústica 28 x 18,5 cm  
128 páginas

Este libro es un viaje de reflexión personal y profesional de Natalia Castaño a través de la evolución de Medellín. Pero más importante aún es el retrato de algunos artistas que han escrito una parte central de nuestra historia. Natalia combina rigor académico y amor para indagar sobre el valor de los procesos culturales como mediadores vitales de la transformación de la ciudad.

*Alejandro Echeverri*



### ***El conocimiento cultural de las emociones en los encuentros de servicio***

Autor: Carlos Mario Uribe Saldarriaga  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-550-3  
Rústica 16,5 x 24 cm  
399 páginas

Indaga en la relación entre emociones, expresiones faciales y la cultura en ese tipo de encuentros, desde una concurrencia entre las orientaciones evolucionista y constructivista de esas emociones, haciendo énfasis en las representaciones descriptivas y, en especial, en el modelo cultural que determina dichas emociones.



### ***Texturas***

Editora académica: Sonia López

La experiencia investigativa del Centro de Estudios en Lectura y Escritura (Celee) de EAFIT ha permitido identificar que los docentes de la universidad asignan a los estudiantes ejercicios de lectura y de escritura de diversos tipos textuales, sin que unos y otros lleguen a acuerdos sobre lo que eso significa. A su vez, cada disciplina especifica sus requisitos de presentación de información, los cuales se llega a suponer que los estudiantes universitarios conocen por su experiencia en el bachillerato.

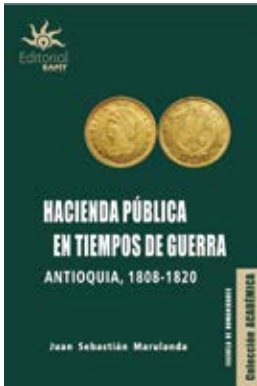


### ***Intersticios de la memoria***

Editoras académicas: Patricia Cardona Z. y Liliana María López Lopera  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-561-9  
Rústica 16,5 x 24 cm  
236 páginas

En un mundo en el que la aceleración y el cambio se imponen como condiciones del ser, es preciso hacer un alto en el camino e intentar volver la mirada sobre aquello que nos rodea, sobre las convicciones que demarcan nuestra vida y sobre las certezas a las que nos asimos con tanta fuerza.





***Hacienda pública en tiempos de guerra. Antioquia, 1808-1820***

Autor: Juan Sebastián Marulanda  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-562-6  
Rústica 16.5 x 24 cm  
194 páginas

¿Qué clase de rupturas y continuidades se presentan en la hacienda pública durante la transición de un gobierno colonial a un gobierno republicano? Esa es la

pregunta alrededor de la cual se estructura este trabajo. El marco espacial y temporal de la investigación es Antioquia, entre 1808 y 1820, provincia que, aunque periférica y modesta comparada con otras del imperio español, no estuvo por ello menos afectada por la coyuntura independentista.



***Actualidad de la filosofía política y otros ensayos***

Autor: Iván Darío Arango  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-501-5  
Rústica 15 x 21 cm  
175 páginas

La obra de Iván Darío Arango en el campo de la filosofía política muestra las características del buen trabajo filosófico: delicadeza en la exposición para

darle claridad a la escritura y cuidado en el razonamiento; conocimiento, uso y actualización de los pensadores clásicos. De modo más particular, en Arango es destacable la apertura constante a los aportes de las ciencias sociales –en especial, la sociología– y la conciencia de la propia situación histórica como colombiano. Sus obras recientes constituyen la mejor reflexión nacional sobre la democracia. Esta preocupación intelectual ilustra su personalidad y temperamento.

*Jorge Giraldo Ramírez*




***Contribuciones de la universidad a la agenda de La Habana***

Coordinador académico:  
Jorge Giraldo Ramírez  
Medellín, 2018  
ISBN: 978-958-720-555-8  
Rústica 16.5 x 24 cm  
316 páginas

Las negociaciones con agrupaciones armadas ilegales –habitualmente llamadas “de paz”– han sido una constante en la vida política colombiana al menos desde 1982. Si observamos que desde entonces todos y cada uno de los diez gobiernos nacionales promovió uno o varios intentos de diálogo y negociación, y si nos percatamos del uso político y legal el Artículo 22 de la Constitución Política, desde 1991, nos encontraremos con una auténtica política de Estado.

Foto: Proyecto Kratos EAFIT.  
Por tercer año consecutivo ganador de Sabana Hack, concurso de innovación para resolver desafíos con base en tecnologías.

**UNIVERSIDAD**  
**EAFIT**®



**En EAFIT conectamos  
propósitos con conocimiento**

Somos innovación, investigación, audacia, descubrimiento  
**iSomos la Universidad para toda la vida!**

Te esperamos en EAFIT  
Conócenos en [www.eafit.edu.co](http://www.eafit.edu.co)

Medellín | Llanogrande | Bogotá | Pereira | Virtual

Línea gratuita nacional: 01 8000 515 900 • (4) 448 95 00 • E-mail: [contacto@eafit.edu.co](mailto:contacto@eafit.edu.co)