

# SISTEMAS

Tarifa Postal Reducida Servicios Postales Nacional S.A. No. 2017-086 4-72, vence 31 de Dic. 2021



## El poder de los algoritmos

### Retos y oportunidades



ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS DE SISTEMAS

Calle 93 No. 13 - 32 of. 102  
Bogotá, D.C.  
[www.acis.org.co](http://www.acis.org.co)

# ANÁLISIS ESPACIAL, CIENCIA DE DATOS Y BIG DATA

Utilice la **ubicación** como el hilo conectivo para descubrir patrones ocultos, mejorar el **modelado predictivo** y crear una **ventaja competitiva**.



Conozca  
la solución



# En esta edición

## Editorial

4

**Algoritmos, poder y responsabilidad del ingeniero**

DOI: 10.29236/sistemas.n161a1

Nuestro país requiere desarrollar políticas con visión de largo plazo y con participación de todos los sectores y actores.

## Columnista Invitado

8

**Una mirada profunda**

DOI: 10.29236/sistemas.n161a2

El poder de los algoritmos, o al menos lo que en el pasado se ha creído, ha debido reevaluarse continuamente. Ni la época actual ni las futuras tienen por qué ser excepciones en este sentido, a pesar de la aparente omnipotencia de los previsible desarrollos.

## Entrevista

14

**Los algoritmos en esta era digital**

DOI: 10.29236/sistemas.n161a3

Su impacto en la economía, la política y otros aspectos que rodean al ser humano, analizado por Alejandro Sánchez.

## Investigación

24

**El poder del algoritmo y la vida social**

DOI: 10.29236/sistemas.n161a4

Estamos en un mundo cada vez más movlizado desde el contexto digital y, por tanto, es tarea de todos poder entender que los algoritmos forman parte de la realidad que nos rodea.

## Cara y Sello

48

**El poder de los algoritmos**

DOI: 10.29236/sistemas.n161a5

¿Estamos preparados para este nuevo reto?

## Uno

62

**Los conflictos híbridos y el poder de los algoritmos**

DOI: 10.29236/sistemas.n161a6

Reflexiones y retos para una sociedad digital e hiperconectada.

## Dos

73

**Cada vez más rápido**

DOI: 10.29236/sistemas.n161a7

Acelerando algoritmos con técnicas de paralelismo.

Publicación de la Asociación Colombiana de  
Ingenieros de Sistemas (ACIS)  
Resolución No. 003983 del  
Ministerio de Gobierno  
Tarifa Postal Reducida Servicios Postales  
Nacional S.A. No. 2015-186 4-72  
ISSN 0120-5919  
Apartado Aéreo No. 94334  
Bogotá D.C., Colombia

**Dirección General**

Jeimy J. Cano Martínez

**Consejo de Redacción**

Francisco Rueda F.  
Gabriela Sánchez A.  
Manuel Dávila S.  
Andrés Ricardo Almanza J.  
Emir Hernando Pernet C.  
Fabio Augusto González O.  
Jorge Eliécer Camargo M.  
María Mercedes Corral S.

**Editor Técnico**

Enrique González Guerrero

**Editora**

Sara Gallardo Mendoza

**Junta Directiva ACIS**

2020-2022

**Presidente**

Luis Javier Parra Bernal

**Vicepresidente**

Sandra Lascarro Mercado

**Tesorero**

Jaime García Cepeda

**Vocales**

Dalia Trujillo Penagos  
Jorge Fernando Bejarano Lobo  
Rodrigo Rebolledo Muñoz

**Directora Ejecutiva**

Beatriz E. Caicedo Rioja

**Diseño y diagramación**

Bruce Garavito

Los artículos que aparecen en esta edición no reflejan necesariamente el pensamiento de la Asociación. Se publican bajo la responsabilidad de los autores.

**Octubre - Diciembre 2021**

Calle 93 No. 13-32 Of. 102  
Teléfonos 616 1407 – 616 1409  
A.A. 94334  
Bogotá D.C.  
[www.acis.org.co](http://www.acis.org.co)

# NASCO

NACIONAL DE COMPUTADORES S.A.

APOYA ESTA PUBLICACIÓN

TEL: 6 06 06 06- CR 15 No 72-73



**Confía en 4-72,**  
el servicio de envíos  
de Colombia

Línea de atención al cliente:  
**(57 - 1) 472 2000 en Bogotá**  
**01 8000 111 210 a nivel Nacional**

.....  
[www.4-72.com.co](http://www.4-72.com.co)

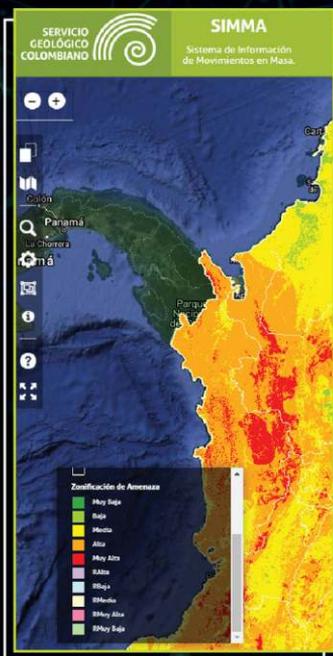


<https://miig.sgc.gov.co>

## MOTOR DE INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA

Conocimiento de geociencias acumulado en 100 años de la existencia de la entidad.

- Información en temas como: Geociencias Básicas, Recursos minerales, Amenazas Geológicas, Recursos hidrocarburíferos, Tecnologías nucleares y Caracterización de materiales geológicos
- Archivos nativos de forma gratuita
- Otorga licencia de uso
- Facilita la consulta y descarga de información pública llegando así a muchos



<https://simma.sgc.gov.co>

## SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA - SIMMA

Registros de Inventario  
Registros de Catálogo

Estudio Zonificación de Amenaza

Se generan a partir de la siguiente información:

- Temática Zonificación de Susceptibilidad
- Temática Geología para ingeniería
- Temática Unidades geomorfológicas
- Temática Uso del suelo
- Temática Coberturas de la tierra
- Temática Amenaza por flujos

Diferentes escalas

Conceptos técnicos, Guías metodológicas,  
Visitas de emergencia

# Algoritmos, poder y responsabilidad del ingeniero

DOI: 10.29236/sistemas.n161a1



*Nuestro país requiere desarrollar políticas con visión de largo plazo y con participación de todos los sectores y actores.*

Enrique González Guerrero

La velocidad con la que ha crecido el impacto de los algoritmos en el mundo moderno parece ser más alta que la de las máquinas en las que estos operan. Cada vez es más evidente la tendencia actual que nos lleva a pensar que los algoritmos, en especial los relacionados con la inteligencia artificial, nos ha-

cen todo poderosos. Tal vez este poder lo tenemos hace varias décadas, pero no éramos conscientes de esto. Cuántas veces el uso de algoritmos básicos, como un ordenamiento por burbuja, ha hecho posible que nuestros sistemas informáticos funcionen y muevan al mundo. La diferencia ahora es que

los algoritmos de aprendizaje de máquina representan un paso muy importante en el inevitable camino en el que las máquinas superarán a los humanos, no por su potencia física, sino por su inteligencia.

En efecto, los algoritmos hoy parecen más poderosos que nunca. Sin embargo, las claves para que el aprendizaje de máquina sea tan poderoso para impactar positiva o negativamente, por fortuna, aún depende de nosotros, del uso que hacemos de ellos. Una primera clave de muchos algoritmos radica en el sustento matemático que garantiza su correcta operación, pero que evidencia también sus limitaciones. Un segundo aspecto base es la necesidad de contar con experiencia que sustente el proceso de aprendizaje. Hoy en día, los datos son el alimento de los algoritmos y, si no hay un buen conjunto de datos de entrenamiento, no hay algoritmo que sirva. Un tercer elemento indispensable es la necesidad de contar con infraestructuras de cómputo de alto desempeño, capaces de reducir los tiempos de aprendizaje y de ser amigables con el medio ambiente. Si bien, cada vez los ingenieros y analistas de datos tenemos más control sobre estos tres elementos claves, a veces olvidamos un cuarto ingrediente, el más importante, nuestra capacidad para adquirir, analizar y comprender el conocimiento ligado al dominio de aplicación. Es un hecho que está en nosotros, gracias a este conocimiento, usar con criterio

y responsabilidad el poder de los algoritmos.

El impacto que ya están generando los algoritmos de la inteligencia artificial, no solo sobre la economía, sino también en todos los aspectos de nuestra sociedad, es visible a través de muchos ejemplos en todos los dominios y sectores. Algunos de los artículos de este número profundizan sobre estos impactos.

Si bien los beneficios que se derivan del uso de los algoritmos son grandes, inmensa es la preocupación sobre los efectos negativos que potencialmente pueden tener.

Quién negaría la utilidad de los vehículos autónomos, pero al mismo tiempo quién no se preocuparía ante la posibilidad de que estos vehículos inteligentes puedan causar la muerte de una persona o producir pérdidas de empleos. Por tal motivo, se ha generado una gran discusión ética de dimensión mundial.

En las últimas semanas ha habido un hito importante, se ha concretado el documento con las recomendaciones sobre la ética de la inteligencia artificial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO-. Si bien no es vinculante para los 193 países miembros, sí nos da las bases para hacer un uso responsable del poder de los algoritmos. Si vamos a usarlos, deberíamos enmarcar lo que hacemos a la luz de estas directrices.

Dado que los ingenieros de sistemas somos actores centrales en el desarrollo y uso de los algoritmos, es indispensable que conozcamos más sobre ellos. Este número de la revista *Sistemas* espera poder brindar una mirada que nos permita entender mejor cuál es su poder y cuáles sus limitaciones, pero sobre todo tener mejores elementos de juicio para su uso adecuado.

Nuestro columnista invitado Rodrigo Cardoso nos invita a que realicemos una mirada profunda sobre el poder de los algoritmos, y sobre la necesidad de reevaluar continuamente el potencial que tienen. A través de un análisis del desarrollo histórico de los algoritmos podemos apreciar cómo han evolucionado y, al mismo tiempo, ser conscientes de que aún faltan muchos más avances por venir.

En la entrevista a Alejandro Sánchez, con diecisiete años de experiencia en cargos de gerencia y liderazgo y trabajando actualmente en el área de *Machine Learning Delivery* de Mercado Libre, se abordan los impactos más significativos de los algoritmos en la economía del país. Temas tan importantes como las afectaciones sobre el empleo y la transformación de la sociedad son discutidos desde la perspectiva de la ética empresarial.

El tradicional foro convocado para cada número fue denominado “El poder de los algoritmos: ¿estamos

preparados para este nuevo reto?” reunió a expertos con una mirada desde lo empresarial, el sector público y la academia. La pregunta, sobre si estamos preparados en Colombia para usar los algoritmos y potenciar el desarrollo social y económico de nuestro país fue abordada mediante el análisis de cinco dimensiones: las limitaciones de los algoritmos, la educación tanto de nuestros ingenieros como de la población en general, nuestras empresas, el potencial impacto social y su uso en un marco ético que va más allá de lo legal. Las conclusiones del foro en relación con la pregunta motivadora es que nos falta mucho para estar preparados. En todos los aspectos analizados hay avances, pero no son suficientes para hacer de los algoritmos una herramienta efectiva que haga tangibles los beneficios y las posibilidades de estas tecnologías.

Para profundizar sobre temas específicos tenemos tres artículos. Andrés Almanza analiza las implicaciones que están teniendo los algoritmos en la vida de las personas, naciones y negocios, y cómo sus efectos vienen creando temas que se instalan en las agendas globales, como la desinformación, las adiciones a los medios sociales y los procesos electorales de las sociedades. Por su parte, Jeimy Cano realiza una revisión básica de los conflictos híbridos y cómo los algoritmos apalancan sus acciones y objetivos para mantener el dominio de actores que buscan su propio

beneficio. Finalmente, Juan Felipe Ramos, Juan Sebastián Gómez y Nicolás Cardozo, desde una perspectiva más técnica, nos enseñan sobre la forma de mejorar el tiempo de ejecución de algoritmos óptimos aplicando técnicas de paralelismo a los algoritmos para aprovechar al máximo las capacidades de multiprocesamiento de las máquinas modernas.

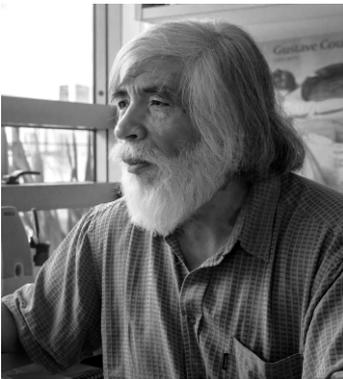
Las nuevas tecnologías derivadas de los algoritmos de aprendizaje de máquina ya están logrando un nivel de madurez que les da la capacidad de impactar en todos los sectores de la sociedad y la economía. Sin embargo, es importante señ-

lar que su capacidad es limitada, solo podemos desarrollar Inteligencia Artificial (IA) de uso específico, capaz de realizar tareas muy particulares; aún estamos muy lejos de poder construir una inteligencia general. Para potenciar su uso, nuestro país requiere desarrollar políticas con visión de largo plazo y con participación de todos los sectores y actores. Desde ya, nosotros los ingenieros, tenemos que educarnos para usar los algoritmos en forma creativa y responsable. En el mundo de hoy, todo producto informático, para ser competitivo, debería incluir y dar valor soportándose en el poder de los algoritmos. 🌐

**Enrique González Guerrero.** Ingeniero Eléctrico y Magíster en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de los Andes. En Francia obtuvo un D.E.A. en Robótica de la Universidad Paris 6 y un Doctorado en Informática de la Universidad de Evry. Investigador y profesor de la Pontificia Universidad Javeriana desde 1999. Su trabajo se ha enfocado en la integración de los Sistemas Distribuidos y la Inteligencia Artificial, generando conocimiento y herramientas para el desarrollo de aplicaciones basadas en agentes racionales, la robótica cooperativa y la interacción humano-robot. Ha sido líder de varios proyectos financiados por Colciencias o SGR. Los modelos y las herramientas generados son una base para análisis y síntesis de sistemas complejos que incorporan racionalidad basada en técnicas de inteligencia computacional como redes neuronales, lógica difusa, algoritmos genéticos, SVM, entre otras. En los últimos años ha centrado su trabajo en la aplicación de la robótica a la educación y al cuidado de adultos mayores. Durante seis años fue presidente de la Sociedad Colombiana de Computación -SCo2-. Actualmente, desarrolla proyectos de innovación, transferencia y emprendimiento aplicando la inteligencia artificial y los sistemas multiagentes en problemáticas industriales y sociales.

# Una mirada profunda

DOI: 10.29236/sistemas.n161a2



*El poder de los algoritmos, o al menos lo que en el pasado se ha creído, ha debido reevaluarse continuamente. Ni la época actual ni las futuras tienen por qué ser excepciones en este sentido, a pesar de la aparente omnipotencia de los previsibles desarrollos.*

Rodrigo Cardoso Rodríguez

En la última mitad del siglo XIX, los matemáticos se esforzaron en definir axiomatizaciones para diferentes teorías, lo que permitiría demostrar con rigurosidad verdades de esas teorías. En el primer cuarto del siglo XX, K. Gödel mostró que esto era parcialmente posible para teorías tan sencillas y útiles como la lógica de primer orden, pero imposible para otras tan prácticas como la aritmética.

En 1938 A. Turing definió una noción de algoritmo que, partiendo de lo probado por Gödel, evidenció

propiedades indecidibles, i.e.; no era concebible un método, un algoritmo que las demostrara. Concretamente, Turing mostró la indecidibilidad del problema de la parada; es decir, en un programa de computador es imposible diseñar un algoritmo que permita inferir si al ejecutarse va a detenerse o no, esto último está planteado aquí en términos actuales, considerando que, para la época de Turing, ni siquiera estaba claro qué sería un computador. La idea de computador y de algoritmo planteada por la famosa máquina de Turing es una versión

abstracta de lo que es un computador moderno. Hoy, ante otras plataformas de cálculo más poderosas, el modelo de Turing todavía se puede considerar pertinente y vigente.

¿Qué es un algoritmo? Para un programador es un conjunto de instrucciones que se dan a una máquina para cumplir una tarea. Algunas propiedades: (1) cada instrucción debe ser bien definida y efectivamente realizable; (2) puede tener o no datos de entrada, pero sí datos de salida; (3) debe terminar después de un número finito de pasos. La condición (3) es la que Turing mostró indecible, en general. Aunque puede flexibilizarse cuando se consideran programas que no deberían terminar, como un sistema operacional, siempre es posible concebir que, aún en estos casos, hay comandos que permiten terminar la ejecución del programa de forma normal y controlada.

Al desarrollarse los primeros computadores se insistió en que cualquier problema decidable, para el que existiera un algoritmo solución, debería poderse implementar en la práctica. Una vez más se descubrió que se estaba pensando con el deseo. Incluso, se mostró que había funciones definibles, pero no calculables. El estado del arte en los años sesenta llegó a ser bastante incierto, porque se cuestionó si las soluciones sí resolvían los problemas correspondientes. Más aun, en el supuesto de que una solución

hiciera lo que debería hacer, había que hilar más fino, porque la dificultad en solucionar los problemas depende de aspectos como la cantidad y la calidad de los datos, así como de la plataforma de cómputo en que se implemente la solución.

Para salir del atolladero de saber si un programa hacía lo que se suponía que hiciera, se estableció con claridad el concepto de corrección de un algoritmo. Típicamente se establece un lenguaje lógico que permite especificar el problema, planteando cómo es el estado de las cosas antes de correr un programa y cómo se espera que sea después. Así, una especificación es esencialmente un par de aserciones sobre el mundo del algoritmo: la pre y poscondición. No es la única forma de especificar, pero cualquier otra debería poderse entender así. El problema se resolvió formalmente con teorías en las que trabajaron, especialmente T. Hoare, E. W. Dijkstra y D. Gries. Sin embargo, hoy en día los programadores prácticos difícilmente demuestran la corrección de sus productos, aunque hay que reconocer que hacerlo podría ser más complicado que programar en sí. De todas maneras, cualquier programador serio sabe que debe poder argumentar coherentemente sobre la corrección de sus soluciones, así lo haga de manera informal. Pero se puede decir que este 'hueco' en la praxis de la programación es clave para que existan personajes que programan mucho mejor que otros y,

en consecuencia, deben tener más éxito en su trabajo.

En cuanto al lío de saber si una solución correcta es buena -léase práctica-, se debió establecer una noción de complejidad para los algoritmos. Era necesaria una teoría que fuera, en lo posible, independiente de detalles de implementación técnica que, con los desarrollos del *hardware*, pudieran ser irrelevantes. Entonces se llegó a plantear la complejidad de una solución cuyo uso de recursos, como tiempo y espacio, es dependiente del tamaño de los datos de entrada. Y así se llegó al consenso de que una dependencia polinomial en lo temporal es eficiente, pero una más cara que lo polinomial, por ejemplo, exponencial, es mala. La notación que se usa para esto se tomó prestada del cálculo de funciones de variable real. *Grosso modo*, se habla de una complejidad  $O(R(n))$  cuando el uso del recurso se comporta, para  $n$  grande como la función  $R(n)$ .

En su tesis de doctorado en 1971, S. Cook describió formalmente esta teoría de complejidad, pero su contribución más importante fue la definición de la clase de problemas **P**, **NP** y **NP-completos**. Una curiosidad de sus definiciones es que los problemas de decisión -solo hay que contestar "sí" o "no" para solucionarlos- representan el corazón de la dificultad de las soluciones. Y entonces, **P** es la clase de los problemas de decisión solucionables en tiempo polinomial y **NP** es la cla-

se de esos problemas verificables en tiempo polinomial. Los problemas **NP-completos** son una subclase muy especial; si hay una solución polinomial para un problema **NP-completo**, también habrá una para cualquier problema en **NP**. Cook mostró que su teoría valía la pena exhibiendo varios problemas **NP-completos**, comenzando por el problema SAT. Éste consiste en plantear una fórmula de lógica proposicional (solo variables booleanas, sin cuantificadores) y responder si hay una manera de definir sus variables de modo que la fórmula sea verdadera.

Después de Cook, la algorítmica se desarrolló mostrando algoritmos polinomiales mejores -en lo posible, óptimos- y descubriendo problemas importantes que fueran **NP-completos**. Mejorando algoritmos polinomiales hasta encontrar cotas inferiores se establecen límites a la búsqueda de soluciones. Por ejemplo, en el caso de los algoritmos de ordenamiento, usando comparaciones se sabe que, si deben ordenarse  $n$  elementos, una solución  $O(n \log n)$  es óptima. Por otra parte, tener presente una lista de problemas **NP-completos** en el dominio del discurso de un programador, previene que éste se involucre en buscar soluciones que los mejores no han podido desarrollar; además, es posible dudar que algún día alguien lo haga.

Esto de conocer problemas **NP-completos** para no resbalarse en

tratar de solucionar uno de ellos, cae en el terreno de saber si es cierto o no que  $P=NP$ . Para mostrar la igualdad, bastaría que un problema  $NP$ -completo tuviera una solución polinomial, lo que conllevaría a que todo problema también la tuviera. Pero, desde que se planteó la duda, nadie ha podido demostrarlo; es quizás el problema abierto más importante de la informática hoy en día, y bien podría ser indecidible, de manera que nunca se pudiera demostrar. La mayoría de los informáticos creen, sin demostrarlo y sin esperar que nadie lo demuestre, que  $PNP$ . Hay, incluso, enunciados "plausibles" que serían falsos si fuera cierto que  $P=NP$ . Pero, a la fecha, no hay demostraciones de la desigualdad ni de la igualdad. Sí es verdad que muchos de los algoritmos que resultan prácticos tienen complejidades polinomiales, pero con exponentes más bien pequeños. Para ilustrar esta idea, los mejores algoritmos para decidir si un número entero  $n$  es primo demoran  $O(n^7)$ ; para  $n$  grande, que es cuando se quisiera usar un computador, ese tiempo es todavía demasiado oneroso para ser práctico.

Uno de los papas de la informática, D. Knuth, planteó en 2014 su creencia personal de que SAT debe tener una solución polinomial. Esto, que a muchos parece un disparate, cuestiona en realidad el modelo de complejidad que se ha venido usando. Entre otras cosas, Knuth argumenta que, si hubiera una solución polinomial para SAT, podría

ser,  $O(n^{366})$ : una complejidad supeuestamente eficiente, pero decididamente impráctica.

Cuando se cuenta con una máquina rápida y con buena capacidad de memoria, es concebible que la corrección de un algoritmo se pueda establecer ejecutando, literalmente, todos los casos posibles que puedan darse. Esta es la idea básica de la técnica que se conoce como "chequeo de modelos", con técnicas planteadas en los 80s por E. Clarke y A. Emerson y llevadas a la praxis con éxito, en casos en que es posible aprovechar tanto los progresos del *hardware* como el análisis sistemático de los posibles casos de entrada. Una posibilidad menos explorada, pero prometedora es la verificación estadística, en la que se ensayan casos de prueba representativos para certificar la corrección con un grado de certeza deseado.

Los algoritmos de aproximación se contentan con soluciones no necesariamente exactas. Por ejemplo, en lugar de un óptimo, calcular un valor cercano. También podrían considerarse dentro de esta clase los algoritmos probabilísticos, que dan soluciones correctas con una probabilidad de acierto. Por ejemplo, generar números primos grandes, útil en ciertos algoritmos criptográficos, puede hacerse muy eficientemente y con una altísima probabilidad de corrección, sobre todo, si se compara con métodos exactos como los arriba comenta-

dos. Y, siguiendo por este camino, las técnicas de desarrollo de redes neuronales responden a aplicaciones de la estadística que, sin tener que pensar por qué el programa es correcto, se enfocan en enseñar a la red a comportarse de la manera en que se espera que lo haga, en cuanto a la relación de entrada-salida.

Por otra parte, la globalización de la información y la posibilidad de resolver problemas usando sistemas distribuidos, paralelismo y redes han dado lugar a avances muy significativos en el desempeño de soluciones de problemas importantes. Modelos de cómputo como *MapReduce* y sus sucesores dan lugar a algoritmos para el análisis de datos que permiten la búsqueda y el filtrado de manera eficiente, como los empleados en buscadores usuales en internet.

De hecho, la combinación de enfoques tecnológicos puede dar lugar a algoritmos potentes y eficientes para resolver problemas que, incluso hasta hace poco tiempo, se consideraban inabordables. Por ejemplo, hace 50 años se pensaba que una máquina nunca podría jugar ajedrez con la solvencia en que los buenos jugadores lo hacían. Hace ya 22 años que una máquina logró vencer al campeón mundial de entonces, G. Kasparov. Actualmente, AlphaZero, un programa basado en redes neuronales que juega ajedrez y go, es mejor que cualquier jugador humano. Como curiosidad,

aprende a jugar desde cero, solo conociendo las reglas, y jugando contra él mismo, en un período de aprendizaje de apenas un par de días. Semejantes resultados hacen que el ajedrez de humanos contra máquinas no tenga sentido, aunque todavía puedan ser interesantes los juegos entre humanos, para los que esta clase de programas resulta de gran valor al analizar partidas. Por supuesto, también son interesantes los enfrentamientos entre máquinas.

En este punto del desarrollo de la informática, se están aplicando con éxito diferentes técnicas que hace unos años se consideraban como cuestiones académicas dentro de la llamada inteligencia artificial. En los años en que emergieron estas técnicas su aplicación era experimental y costosa; pero, al reconocer su aplicabilidad en dominios que reportan grandes beneficios - comercio, publicidad, elecciones populares... - se ha llegado a la formación de grandes multinacionales de la informática (Google, Microsoft, Facebook, ...), gigantes tecnológicos que no conocen fronteras ni de países ni de aplicación de sus algoritmos.

Cada día se encuentran noticias sobre desarrollos en computación cuántica. Esta clase de tecnología, todavía muy experimental, podría en el futuro llegar a ser tan corriente como hoy lo son las técnicas de inteligencia artificial de hace treinta años. Si esto sucediera, las nocio-

nes de complejidad algorítmica mencionadas deberían reevaluarse. Y el mundo cambiaría en forma sustancial. Basta mencionar un ejemplo, si se pueden factorizar eficientemente números grandes -cosa que se esperaría poder hacer con computadores cuánticos-, los sistemas de seguridad de todo el planeta se verían seriamente afectados, porque la criptografía actual sería fácilmente vulnerable.

¿Cómo puede seguir todo esto? Se puede ser optimista en el uso exitoso de algoritmos en muchas áreas de conocimiento. Pero claro, también resulta de doble filo pensar en los usos malos que ya se descubren, en especial, en lo que res-

pecta a la tecnología aplicada a las redes sociales y sus consecuencias. Se puede pensar en regular estos usos, pero la dificultad evidente es que se estaría hablando sobre cómo regular el poder de quien posee la tecnología o simplemente en un avance que otros no tienen. Lo que sí parece una constante en el tiempo es que no ha funcionado pensar en una algorítmica omnipotente para la tecnología del momento; siempre ha aparecido algo que no se puede hacer. Pero también es cierto que la ciencia y la tecnología se superan continuamente y los límites concebibles se corren hacia adelante, a veces de forma insospechada. 🌐

**Rodrigo Cardoso R.** Ingeniero de Sistemas y Computación y Matemático de la Universidad de los Andes (1977), Dipl. Informatiker de la Technische Universität München (1983). Trabajó como ingeniero en el sector privado y en el sector público, pero se desempeñó principalmente como Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes, en el área de Fundamentos de Informática. Autor de "Verificación y Desarrollo de Programas" (Ecoé-Uniandes, 1993) y diseñador de cursos y textos de matemáticas discretas y análisis de algoritmos para programas de pre y posgrado. Fue representante por Colombia y Presidente del Centro Latinoamericano de Estudios para Informática (CLEI). En la actualidad es Director Regional para Suramérica-Norte de ICPC, la organización de maratones de programación más relevante a nivel global.

# Los algoritmos en esta era digital

DOI: 10.29236/sistemas.n161a3

*Su impacto en la economía, la política y otros aspectos que rodean al ser humano, analizado por Alejandro Sánchez.*

Sara Gallardo M.

Los diecisiete años de experiencia de Alejandro Sánchez en cargos de gerencia y liderazgo en proyectos de construcción de software, soluciones de datos, arquitectura de TI y transformación digital en el sector público y privado, sumados a la docencia y su doctorado en curso en la Universidad Nacional, los aplica hoy en el área de Machine Learning Delivery de Mercado Libre.

“En mi día a día cuido mis datos evitando, por ejemplo, suministrarlos en páginas en las que puedan ser usados por algoritmos cuyo objetivo sea el spam o el fraude. Los algoritmos, las máquinas y los robots bien aplicados contribuyen a la calidad de vida y a una realidad mixta entre las personas y la inteligencia artificial”, asegura el entrevistado.

“Haber sido arquitecto de aplicación en la primera app digital para solicitud de crédito de vivienda <https://viviendadigital.bancodebogota.co/> es algo que me llena de satisfacción, porque sin duda contribuye a cumplir el sueño de vivienda propia de muchas personas. Esta aplicación que diseñé y construí con mi equipo, tuvo reconocimiento en la revista 'The Banker', por la posibilidad de llevar a cabo una solicitud del producto desde cualquier dispositivo móvil, sin necesidad de presentar documentación física<sup>1</sup>”.

Sánchez tiene muy claro estar viviendo en una era digital con mu-

<sup>1</sup> <https://www.larepublica.co/finanzas/banco-de-bogota-fue-reconocido-por-the-banker-como-el-mejor-banco-de-2019-2960794>



chos beneficios para la humanidad y el planeta, pero también con los riesgos de la deshumanización por no darle la relevancia necesaria a las emociones, la empatía y la comunicación asertiva. Aspectos que, según él, deben considerarse en los algoritmos, los datos y, en general, en la inteligencia artificial.

**Revista Sistemas: Las circunstancias actuales han generado en la sociedad múltiples cambios y exigencias. Desde esa perspectiva ¿cómo define el poder de los algoritmos?**

Poder es tener la capacidad para hacer algo y algoritmo se refiere a un conjunto finito de acciones o instrucciones que permiten obtener un resultado o resolver un problema a partir de una entrada. Consideran-

do las definiciones anteriores, el poder de los algoritmos está en la posibilidad de repetir un conjunto finito de acciones para resolver un problema recurrente o automatizar tareas repetitivas, que de forma manual nos llevarían horas o incluso años a los humanos, quienes podríamos tener también mayor probabilidad de equivocación o fallo.

En las circunstancias actuales, no sólo disponemos de una enorme cantidad de datos, sino que los compartimos a través de búsquedas en Internet, las redes sociales o la adquisición de productos y servicios desde la comodidad del hogar u oficina. Es por eso que ya no sólo está automatizado el proceso de compra en línea de un producto,

sino los algoritmos que son capaces de hacernos recomendaciones enfocadas en nuestras preferencias y comportamientos de adquisición.

**RS: En su opinión ¿cuál es el impacto más significativo de los algoritmos en la economía del país?**

La automatización para reducción de costos. Si bien la automatización no es un concepto nuevo, el auge y la oportunidad por capacidad de procesamiento que tenemos con la computación en la nube<sup>2</sup> y la inteligencia artificial, facilita automatizar rápidamente ciertas tareas, habilitar y optimizar servicios, así como generar, usar y disponer datos para tomar mejores decisiones en tiempo real, aplicando algoritmos para análisis descriptivo, predictivo y prescriptivo.

La reducción de costos se puede ver en varios niveles; por una parte, desde la satisfacción del cliente a partir de una excelencia operacional que con datos en tiempo real proporciona un soporte efectivo y oportuno, durante y después de la

adquisición de un producto o servicio; en segunda instancia desde el valor de la fabricación del producto, porque la automatización disminuye su costo y tiempo de producción; y por último, desde el costo de adopción y adaptación de los algoritmos porque cada vez más organizaciones y personas los usan.

**RS: ¿Cómo afectan los espacios de trabajo? ¿Dan lugar al incremento de empleo?**

Las tareas repetitivas, manuales o rutinarias son la principal razón por la que se diseñan e implementan algoritmos que las automatizan mediante la ejecución de una serie de instrucciones que no implican pensar, pese a que los algoritmos exhiben cierto nivel de inteligencia al tomar decisiones basadas en los datos de entrada y resolver problemas complejos estos hacen parte de la inteligencia artificial débil o estrecha<sup>3</sup>.

Si queremos que el computador piense como nosotros, tendríamos que hablar de la inteligencia artificial general<sup>4</sup>, a la cual no hemos llegado aún. Cuando se habla de Machine Learning, ésta hace referencia a un nivel de inteligencia artificial estrecha en la que los algoritmos aprenden de los datos de entrada<sup>5</sup> e incluso se ve a la inteligencia artificial como una tecnología de predicción<sup>6</sup> que genera datos útiles para la toma de decisiones.

Por lo anterior, debemos adaptarnos y enfocarnos en el tipo de ta-

---

<sup>2</sup> Según informe de Accenture, referenciado en la Revista Forbes, Colombia es uno de los países latinoamericanos con menos porcentaje de negocios en la nube.

<sup>3</sup> <https://tienda.digital/la-inteligencia-artificial-debil-ia-debil-que-es-y-por-que-existe/>

<sup>4</sup> <https://telos.fundaciontelefonica.com/inteligencia-general-artificial-infografia/>

<sup>5</sup> Artificial Intelligence, Neil Wilkins

<sup>6</sup> Prediction Machines, The Simple Economics of Artificial Intelligence, Harvard Business Review Press

reas que no pueden realizarse por medio de un algoritmo y que posiblemente generarán más empleo y serán más requeridas en los espacios de trabajo; por ejemplo: empatía, liderazgo, intuición, creatividad y juicio. Según McKinsey, a finales de 2029 podría automatizarse el 20% de las actividades comerciales con la tecnología actual y, a mediados de la década de 2030, esta cifra podría llegar a un 30%. Según Deloitte, hay actividades con alta probabilidad de automatización (mayor al 90%) relacionadas con empleos como operadores telefónicos, secretarías y asesores financieros. Estas cifras llevan a pensar que los espacios de trabajo estarían orientados más a la fuerza de trabajo calificada y que posiblemente la no calificada sea más impactada por el desempleo.

### RS: En términos sociales ¿cuál es el impacto?

Sin lugar a duda, la capacidad que dan los algoritmos para aplicar de manera automática una serie de instrucciones y notificar un "me gusta" a una fotografía o un comentario publicado, hoy genera más impacto que si te lo dijeran personalmente, lo cual no es positivo para la interacción social con la que muchos pasamos la niñez y adolescencia. Mejorar aspectos de movilidad a través de algoritmos que consideren variables de congestión en tiempo real, por ejemplo, contribuye no sólo a saber cómo llegar, sino cuánto nos vamos a tardar.

Generalmente nos dicen que cuidemos nuestros datos y evitemos compartirlos con otras personas, pero el impacto también está en el alcance de los algoritmos y cómo usan éstos nuestros datos. Hoy son comunes noticias relacionadas con que redes como Facebook pueden ser empleadas para crear divisiones y expandir el odio<sup>7</sup>, o que parte de sus datos fueron usados para manipular procesos electorales.

### RS: Los beneficios que puedan producir los algoritmos ¿llegarán a todos los ciudadanos o solamente a la élite?

Sin duda los algoritmos pueden llevar beneficios a todos los ciudadanos. Si bien los computadores dominan muchos aspectos en nuestras vidas como las comunicaciones, los sistemas financieros, la atención médica y el control de tráfico aéreo, entre otros, tras bambalinas están los algoritmos aplicados a los datos de entrada, cuyas salidas son claves para la toma de decisiones.

Aún tenemos muchas oportunidades de beneficiarnos con la aplicación de algoritmos en diversas actividades; por ejemplo, la agricultura, no solo para tecnificar sus procesos, sino para facilitar la cadena de producción y distribución de productos, lo cual permitiría no sólo mayores ingresos a los agricultores, sino contribuiría a disminuir la

<sup>7</sup> <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59133089>

brecha de hambre y la seguridad alimentaria. Según la FAO, entre 720 y 811 millones de personas enfrentaron hambre en 2020 en el mundo<sup>8</sup>.

**RS: ¿Cómo afectan las relaciones interpersonales? ¿Llegará el momento en que el mejor amigo sea un algoritmo?**

El mundo digital no sólo diversificó la manera en la que interactuamos con los demás, ahora resulta normal escuchar que una pareja se conoció por Internet e iniciaron una relación, proceso en el que sin duda los algoritmos fueron claves para detectar cosas en común y acercarlos. Pero aún hay muchos desafíos, como el de lograr una conexión más humana y enfocada a la relevancia de las relaciones interpersonales; por ejemplo, en abril de este año Facebook anunció cambios en su algoritmo para dar más visibilidad a publicaciones de amigos cercanos en lugar de las páginas de fans.

No necesariamente un algoritmo será nuestro mejor amigo, pues un amigo es capaz de estar contigo en muchas situaciones, apoyándote y recurriendo a cosas tan humanas como la empatía. El algoritmo puede ser el mejor aliado en una situación o problema particular: determinar la ruta más rápida para llegar al hospital, identificar clientes potenciales, automatizar una tarea que llevaría meses hacerla, encontrar nuevos planetas<sup>9</sup>, etc. Estoy de acuerdo con Stephen Covey sobre

el hecho de que “la tecnología reinventará los negocios, pero las relaciones humanas seguirán siendo la clave del éxito”.

**RS: ¿El alcance de los robots podría dar lugar a la obsolescencia humana? Si los robots todo lo hacen ¿qué queda para el individuo?**

No hay lugar para la obsolescencia humana. En la actualidad, los robots reemplazan algunas tareas repetitivas y rutinarias, las cuales se complementan con las tareas humanas orientadas al juicio y la supervisión. La combinación de ambos tipos de tareas ofrece ventajas complementarias. Por ejemplo, dado que un robot aún no es capaz de llevar un paquete, lo siguen haciendo los humanos, pero se usan robots en el proceso de empaque y algoritmos para optimizar la ruta en el proceso de entrega del producto.

Con el auge de la inteligencia artificial, el uso e implementación de algoritmos la predicción y automatización permitirán agilizar procesos y servicios, dejando en los humanos tareas que requieren habilidades con las que no cuentan las máquinas y los robots tales como la empatía, liderazgo, intuición, creatividad y juicio. Hoy contamos no solo con las capacidades humanas, sino la inteligencia y posibilidades de los robots o máquinas. En

---

<sup>8</sup> <https://www.fao.org/hunger/es/>

<sup>9</sup> <https://olhardigital.com.br/es/2020/08/25/seguranca/algoritmo-encontra-50-novos-exoplanetas-em-banco-de-dados-da-nasa-e/>

lugar de reemplazarse unos a otros, se complementan y cooperan en diversos escenarios de nuestras vidas, lo que Sherry Turkle denomina horizonte robótico.

**RS: ¿Cuál es el efecto en lo político? ¿Podrían ser un mecanismo para controlar la corrupción o las malas decisiones del Estado? De ser así, ¿por qué y cómo?**

Sin lugar a dudas. En este punto es importante contar con los datos. Por ejemplo, para el caso de contratación, según Open Contracting Partnership<sup>10</sup>, Latinoamérica es un gran lugar para empezar, se cuenta con datos disponibles en portales abiertos que podrían ayudar a identificar períodos cortos de licitación, bajo número de ponentes, etc. (conocidos como banderas rojas o red flags en Inglés).

Con algoritmos que usan los datos disponibles como entrada, podríamos contar con mecanismos para detectar (no sólo históricamente sino en tiempo real), casos de corrupción y análisis de las decisiones del Estado. En este caso, los algoritmos permitirían diversos análisis que, complementados con el juicio y el análisis humano, agilizarán la detección temprana de casos y de posibles acciones.

Aquí juega un papel importante la calidad de datos porque de ellos dependerá la salida o resultados del algoritmo. Podrían aplicarse algoritmos de procesamiento de lenguaje natural para detectar pa-

trones de comportamiento y posibles alertas, incluso recomendaciones con inteligencia artificial.

**RS: En términos psicológicos ¿cuál es el impacto en el ser humano? ¿Cambiarán el sentido de la vida?**

Hoy nuestras emociones están influenciadas por las diversas redes sociales que usamos y las páginas web que visitamos. El número de *likes* para muchas personas puede definir su estado de ánimo. Los seres humanos somos emocionales por naturaleza y aunque cosas como los *likes* o las notificaciones que nos llegan nos afectan en menor o mayor medida a cada uno, finalmente terminamos dependiendo de cómo opera el algoritmo para notificar lo que publicamos tanto a nuestros contactos cercanos como lejanos.

Por otra parte, con los algoritmos es posible predecir el estado de ánimo y en sí la identificación de emociones a partir de lo que escribimos. Lo anterior hace referencia al análisis de sentimientos en los que se aplican algoritmos relacionados con lingüística computacional, procesamiento de lenguaje natural y análisis de texto. El cambio en el sentido de la vida lo vivimos a diario al recibir una notificación que cambia nuestra percepción de un amigo, un político o una empresa.

---

<sup>10</sup> <https://www.open-contracting.org/2019/06/27/examining-procurement-red-flags-in-latin-america-with-data>

La incapacidad para detectar casos de bullying en los algoritmos usados en las redes sociales podría cambiarle el sentido de la vida a una persona porque incluso se ha llegado a casos extremos como el suicidio.

**RS: Y con relación a la ética ¿basta con legislar al respecto?, o ¿se requiere algo más para lograr su uso responsable?**

No sólo se requiere legislación para su uso responsable, sino conocimiento de marcos éticos y compromiso de todos los actores que intervienen para su buen funcionamiento. Como usuario digital debo ser consciente de los riesgos que me traen comportamientos tales como hacer *clic* en un enlace que no conozco o usar una contraseña poco segura, acciones que pueden desencadenar la ejecución de algoritmos malintencionados que podrían robar nuestros datos e información para usarlos en forma fraudulenta.

La legislación nos da un marco de referencia para acelerar la operación con ética. Contar con marcos éticos disminuye la brecha entre la aplicación y la regulación, pero se requiere un compromiso de las empresas y la supervisión de los gobiernos para que se ejecuten acciones orientadas al monitoreo del cumplimiento de la legislación, además de la aplicación sin excep-

ción de sanciones cuando haya lugar. Lo anterior se requiere no solo a nivel de algoritmos, sino de datos e inteligencia artificial.

**RS: ¿Cuál es la responsabilidad ética de las empresas?**

Incluir como parte de su arquitectura de negocio y de TI el cumplimiento de los marcos de ética, así como métricas y lineamientos que permitan monitorear y evaluar su nivel de cumplimiento en cualquier proyecto de software o datos en la empresa donde precisamente los algoritmos serán parte de la documentación y codificación. También es su responsabilidad el uso adecuado de los datos o información de entrada y salida de los algoritmos a nivel de ciberseguridad, seguridad informática y seguridad de la información.

Promover, exigir y medir valores éticos a cada uno de sus directivos y empleados es crucial, así como considerarlos dentro de sus principios y cultura. La ética debe ser considerada desde la fase de concepción o descubrimiento de cada proyecto a nivel de datos, algoritmos y prácticas, independientemente del paradigma tecnológico bajo el que se vaya a abordar. Por fortuna, la dinámica digital ha hecho que de manera temprana contemos con marcos éticos y recomendaciones (por ejemplo: Marco Ético sobre para la Inteligencia Artificial en Colombia<sup>11</sup> y Recomendaciones sobre la Ética de la Inteligencia Artificial de la UNESCO).

---

<sup>11</sup> <https://inteligenciaartificial.gov.co/marco-eticos/>

**RS: Los algoritmos se soportan en datos a menudo sensibles y obtenidos obligando a las personas a autorizar su uso para recibir un servicio. ¿Esto es ético?**

No es ético cuando la única opción es aceptar los términos y condiciones impuestos para recibir un servicio permitir la posibilidad de decidir cuáles datos o qué información pueden usar y cuál no. La autorización de uso de los datos generalmente carece de una buena experiencia de usuario porque son letra menuda que no es fácil de comprender.

Como usuario digital siempre recuerdo una frase dada en el documental *The Social Dilemma* de Netflix: “Si no pagas por el producto, entonces tú eres el producto”.

La pandemia nos demostró la importancia de ser digitales y de los procesos de transformación digital, por lo que muchas empresas empezaron a ofrecer sus productos y servicios rápidamente; ahora es tiempo de actuar sobre el uso de los datos capturados y gestionados porque, así como pueden ser usados para los fines inicialmente contemplados, pueden ser usados para otros fines tanto en las empresas que los usan y custodian, como por terceros.

**RS: En la medida en que la persona aceptó los términos de uso ¿quién es el responsable si algo sale mal?, ¿la empresa, el desarrollador, otro?**

Todos tienen responsabilidad, pero en mayor grado la tiene la empresa y el desarrollador porque el uso adecuado de los datos y salidas del algoritmo debieron contemplarse durante toda la fase de construcción de un producto y su operación. Desde el momento que confío mis datos a una empresa o software, es responsabilidad de ella su uso adecuado porque se convierten en custodios de la misma.

Sin duda es una responsabilidad compleja para la empresa, desde las implicaciones de ciberseguridad, código seguro y uso adecuado de los datos, pero la debe asumir con sus equipos de desarrollo. Si bien es imposible contemplar todos los escenarios de fracaso en las pruebas de software antes de llevarlo a producción, hoy se cuenta con marcos de trabajo orientados a una excelencia operacional que, a través de tácticas como el monitoreo y las alertas, pueden encontrar eventos o incidentes no deseados tempranamente.

**RS: A sabiendas de que los algoritmos no son infalibles y siempre hay un margen de error ¿podemos darles responsabilidades de vida o muerte?**

Las tienen desde hace mucho tiempo y fueron cruciales para grandes logros de la humanidad, llevar al hombre a la luna, por ejemplo. Hoy los algoritmos de *machine learning* contribuyen para que los investigadores puedan comprender virus como el COVID-19, encontrar las zo-

nas con más altas tasas de contagio, predecir la capacidad requerida de Unidades de Cuidado Intensivo (UCI) y a mayor escala de los sistemas de salud, con el fin de disminuir el número de muertes. Los algoritmos también ayudan a identificar patrones del virus en las primeras etapas y de esa manera, predecir casos que pueden agravarse en el futuro.

Si bien hay casos en los que los algoritmos no tienen los resultados esperados como el que se menciona en el artículo “El fracaso mundial de las IA para atrapar al coronavirus”, esto corresponde más a la calidad de los datos de entrada que

produce resultados erróneos (lo que se conoce popularmente en inglés como *garbage in, garbage out*, si la calidad de los datos de entrada no es buena, el resultado de los datos de salida tampoco lo será). Los algoritmos son usados para diagnosticar enfermedades como el cáncer, a partir no sólo de datos estructurados, sino no estructurados como las imágenes. Hoy hay campos como el *computer visión*, cruciales para comprender muchos asuntos de vida o muerte de forma confiable aprovechando el auge del IoT (Internet de las Cosas por sus siglas en inglés) y más allá de su aplicación en vehículos autónomos. 🌐

**Sara Gallardo M.** Periodista comunicadora, universidad Jorge Tadeo Lozano. Ha sido directora de las revistas *Uno y Cero*, *Gestión empresarial* y *Acuc Noticias*. Editora de *Aló Computadores* del diario *El Tiempo*. Redactora en las revistas *Cambio 16*, *Cambio* y *Clase Empresarial*. Coautora del libro “Lo que cuesta el abuso del poder”. Ha sido corresponsal de la revista *Infochannel* de México; de los diarios *La Prensa de Panamá* y *La Prensa Gráfica de El Salvador* y corresponsal de la revista *IN de Lanchile* e investigadora en publicaciones culturales. Se ha desempeñado también como gerente de *Comunicaciones y Servicio al Comensal* en *Inmaculada Guadalupe* y amigos en *Cía. S.A. (Andrés Carne de Res)* y editora de *Alfaomega Colombiana S.A.*; asesora en escritura y producción de libros; es editora de esta revista.

*Welcome*

C L O U X T E R

At

*Las*

**VEGAS**

AWS RE:INVENT

# El poder del algoritmo y la vida social

DOI: 10.29236/sistemas.n161a4

Andrés R. Almanza J.

*Estamos en un mundo cada vez más movilizad desde el contexto digital y, por tanto, es tarea de todos poder entender que los algoritmos forman parte de la realidad que nos rodea.*

## Resumen

El presente documento recoge algunas ideas en relación con el progreso de los algoritmos como fuente significativa de impacto en la sociedad, desde el uso de estos en la vida cotidiana a través de las redes sociales, hasta la forma en cómo los gobiernos, estados y naciones los usan para movilizar a las organizaciones. Este artículo no está diseñado para explorar todos los aspectos del poder de los algoritmos, sino para dar algunas luces sobre aquello que está sucediendo en el desarrollo de una vida digital tan acelerada como la que tenemos en la actualidad.

## Palabras clave

Redes sociales, desinformación, manipulación, algoritmos,

## Introducción

Las dinámicas complejas que actualmente vive la humanidad a raíz de la pandemia producida por el COVID-19, ha transformado todos los aspectos de la vida, en lo cotidiano y lo que no lo es; ha acrecentado y acelerado las dinámicas y complejidad que el mundo esperaba, pero no con saltos cuánticos, a los que la sociedad en todas sus dimensiones ha visto impactos y efectos inesperados, para los cuales no existía preparación.

La incertidumbre es una tendencia que hoy por hoy ha tomado fuerza y se convierte en una herramienta que modelará no solo el 2021, sino los años venideros de acuerdo con el reciente reporte del CIDOB (Soller, 2020), al resaltar que los movimientos que verá el mundo en todas sus dimensiones.

Los algoritmos siempre han sido una parte esencial de nuestra vida profesional, personal y social; en todas las verticales e industrias de la edad moderna, han facilitado el desarrollo de la ciencia naturales, sociales y las humanidades y, de paso, han ayudado a enriquecer la vida con conocimiento. Así mismo, han permitido que la tecnología lleve más allá de los límites el desarrollo. (Abiteboul. S., Doweck. G., 2020)

En consecuencia, este documento, pretende revisar algunos reportes en relación con las implicaciones que están teniendo los algoritmos

en la vida de las personas, naciones y negocios, y cómo sus efectos vienen creando temas que se instalan en las agendas globales, como la desinformación, las adicciones a los medios sociales y los procesos electorales de las sociedades.

## El poder de un algoritmo

Hablar del poder de las máquinas es hablar sobre cómo la tecnología ha evolucionado en el tiempo; es hablar del desarrollo en sí mismo y de lo que ha traído para las sociedades y como fin último a las personas.

La actualidad está modelada por servicios digitales basados en algoritmos, que no son otra cosa que capacidades computacionales, hoy más potentes (inteligentes) que procesan datos, con un impacto en todos los aspectos de la vida de las personas (Ausiello., G., Rosella. P., 2013).

Los algoritmos han venido cambiando las dinámicas sociales y culturales en las últimas décadas (Beer.D., 2016) y en los tiempos acelerados como los actuales, han aumentado su nivel de presencia y exposición.

La vida como la conocemos está influenciada por la vida digital, los servicios digitales y el consumo de la información, y la tecnología es una forma de materializar los intereses de un conglomerado; por tanto, no podría existir la tecnología sin una necesidad y ésta no podría ser

materializada sin datos para procesar (Sadowski. J., 2020).

Para este documento se han declarado frentes en que los algoritmos han tenido una notoria presencia. La desinformación, la vida social de las personas y la manipulación de los medios sociales.

### **Democracias expuestas a la manipulación digital**

Manipulación social hostil, es considerado el término que desde el 2016 engloba a la desinformación, la propaganda, la manipulación de la información y las noticias falsas (Mazarr. M., et al., 2019), que han mostrado el poder de los algoritmos detrás de las intenciones, de estados, naciones, organizaciones, grupos políticos y otros como formas de crear nuevos conflictos acordes con sus propios intereses.

Los medios sociales están jugando un papel importante en compartir este tipo de información, por su poder expandido alrededor del mundo; estas tecnologías han creado

grandes beneficios para la humanidad y también grandes desafíos.

Las “cyber troops”, definidas como los gobiernos o partidos políticos han desarrollado la manipulación de la opinión pública en el contexto digital (Bradshaw, S., et al., 2020)

En el informe titulado “La industrialización de la desinformación” (Bradshaw, S., et al., 2020), son tres las principales tendencias que existen:

1. Continúan y continuarán siendo usadas estas tendencias de manera global.

Se ha logrado identificar que son cerca de 81 países según monitoreo oficial los que usan este tipo de tácticas, comparado con años anteriores que solo estaban registrados 70 (Figura 1).

2. Se intensifica el trabajo económico y el combate contra el fenómeno.



**70**  
**81 countries**  
use social media to  
spread computational  
propaganda and  
disinformation

Figura 1 Cantidad de actores. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>



almost  
**US\$10M**

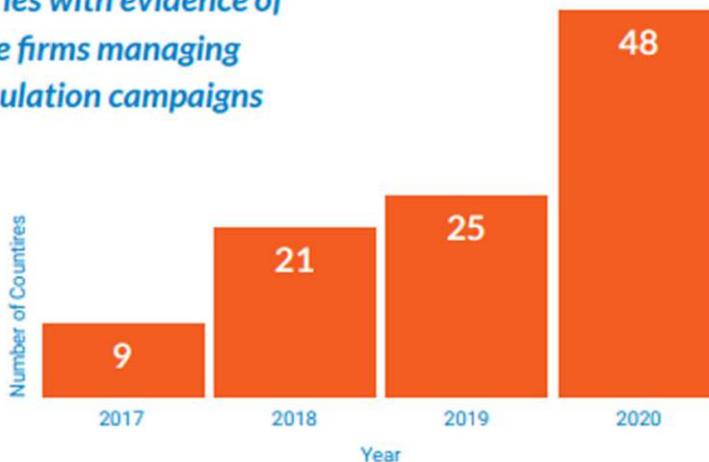
spent on political  
adverts by cyber  
troops operating  
world wide

Figura 2. Monto invertido. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

Se tiene evidencia de que todas las compañías hacen esfuerzos por limitar, controlar, y reducir en sus plataformas este tipo de actividades. Según datos del informe, se registra que Facebook ha eliminado entre 2019 y 2020, más de 10,800 cuentas, 12,500 páginas, 603 grupos, 1556 cuentas de Instagram, y más de 290.000 cuentas de Twitter. De la misma manera se reportan cerca de \$US 10 millones de dólares gastados en esto, según cifras de Facebook (Figura 2).

3. Creciente y significativo negocio. Cada vez más existen empresas que se forman para la prestación de los servicios de manipulación de compañías políticas; existen firmas privadas -alrededor de 48 en todo el mundo-, las cuales usan desde bots, microsegmentación de público, creación de cuentas marionetas (que no se consideran falsas). El negocio puede estar alrededor de \$US60 Millones de dólares de inversión para lograr el objetivo del servicio (Figura 3).

**countries with evidence of  
private firms managing  
manipulation campaigns**





US \$60<sup>M</sup>

spent by state actors on contracts with private firms for computational propaganda services

Figura 3. Presencia empresas. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

El uso por parte de las agencias de gobierno crece; el informe evidencia que, por lo menos, en 62 países se usa este tipo de situaciones para direccionar la intención del público; aspectos como la propaganda computacional es el instrumento mayormente usado. En esta categoría se encuentran desde ministros digitales, campañas militares o actividad de las fuerzas de policía.

Los partidos políticos no se quedan atrás, según el informe hay evidencia de que en, por lo menos 61 países de los 80 revisados, algunos partidos políticos utilizan este tipo de estrategias digitales, en la mayoría de los casos para afectar a contendores políticos.

Si bien el informe está centrado en lo que hacen los gobiernos y los partidos políticos en los países estudiados, no significa que otros actores no usen las redes sociales para realizar este tipo de situaciones (gráfica 4).

La gráfica 4, muestra que en países de la región LATAM, Colombia Bra-

sil, Argentina y Ecuador tienen el mismo comportamiento, y que las agencias del gobierno, los partidos políticos y contratistas privados están haciendo uso de este tipo de herramientas.

En este mismo sentido las estrategias, técnicas y tácticas usadas son muy variadas, se adaptan de acuerdo con las necesidades del momento; sin embargo, se han identificado tres tipos de estrategias:

1. Cuentas. Es común observar el uso de cuentas de perfiles falsos como reales, y en ellas se pueden dar dos modelos: cuentas automáticas y cuentas cuyo contenido es curado, a través de las cuales se distribuye el mensaje para producir desinformación. El tercer mecanismo, son cuentas que previamente han sido hackeadas o robadas (Figura 5).

Para el caso de los países de la región LATAM, se encuentra todos los tipos, desde Bots, Humanas y Robadas o Hackeadas (Figura 6).

Country	Government Agencies	Politicians & Parties	Private Contractors	Civil Society Organisations	Citizens and Influencers
 Angola					
 Argentina					
 Armenia					
 Australia					
 Austria					
 Azerbaijan					
 Bahrain					
 Belarus					
 Bolivia					
 Bosnia & Herzegovina					
 Brazil					
 Cambodia					
 China					
 Colombia					
 Costa Rica					
 Croatia					
 Cuba					
 Czech Republic					
 Ecuador					

Gráfica 4 Países. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

2. Mensaje y adherencia. Existen muchas formas de transmitir el mensaje y su atracción o repulsión a través de los distintos medios, identificando cuatro tipos de mensajes, propaganda a favor del gobierno o partido político, ataques a

los opositores, supresión de la participación a través del acoso, mensajes para dividir y polarizar a la población (Tabla 1).

Según los datos evidenciados se encuentra que en todos los países



Figura 5. Tipos de cuentas usadas. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

los tipos de mensajes son usados, dejando en primer lugar los que atacan a la oposición, seguidos de los que apoyan al gobierno, luego los que buscan silenciar y, por último, los que suelen dividir (Figura 7).

Según el estudio, se puede evidenciar que los países de la región LA-TAM, usan todos los tipos de mensajes (Figura 8).

3. Técnicas y tácticas. Las estrategias de comunicación han sido clasificadas en cuatro tipos: creación de desinformación, estrategias basadas en datos, acoso, doxing (divulgación) y trolling (bombardeos) y denuncia masiva de contenidos (Tabla 2).

Los datos, confirman que de los países revisados todos usan por lo menos algún tipo de estas técnicas

**Tabla 1**  
Tipos de mensajes

Tipo de mensaje	Descripción
Propaganda pro (gobierno, partido político)	Se utiliza el poder computacional para dar apoyo al gobierno o al partido político
Ataque a los opositores	Se usa regularmente con la difamación, o cualquier tipo de mensaje que afecte a la parte contraria.
Supresión de la participación	Se usa el acoso, los señalamientos para hacer que las personas que no están en la misma línea dejen de participar.
Mensajes de división y polarización	Mensajes que buscan que la población general tome una de las dos ideas que se plantean, que se dividan e incluso haya conflictos por ello.

Nota: Elaboración propia

Country	Bots	Human	Hacked or Stolen
 Angola			
 Argentina			
 Armenia			
 Australia			
 Austria			
 Azerbaijan			
 Bahrain			
 Belarus			
 Bolivia			
 Bosnia & Herzegovina			
 Brazil			
 Cambodia			
 China			
 Colombia			
 Costa Rica			
 Croatia			
 Cuba			
 Czech Republic			
 Ecuador			

Figura 6. Países y tipos de cuentas. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

(Ver figura 9); así mismo, la región LATAM muestra que en sus países este tipo de estrategias son ampliamente usadas (Ver figura 10).

4. Organización, capacidades y presupuestos. Estos grupos tienen unas estructuras, presupuestos y capacidades bien definidas. Sin

embargo, varían dependiendo del país en donde se desarrollan. En cuanto a los presupuestos, dado que es un negocio lucrativo, se observa que hay rubros importantes designados para ello, y la capacidad está muy asociada a los criterios anteriores, dividida en tres grupos (Tabla 3).



Figura 7. Porcentajes de tipos de mensajes. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

La figura 11, muestra algunas muestras de países con alta, media y baja capacidad. Cabe resaltar que, de los estudiados, Venezuela es el único país considerado con alta capacidad para operar.

### Efectos de los medios digitales en la infancia y adolescencia en Colombia

En los tiempos actuales de penetración de los medios digitales en

las vidas de todas las personas, en especial las poblaciones de niños, niñas y adolescentes (NNA) cobra importancia revisar el efecto que el consumo de contenidos tiene en este grupo de población, más vulnerable.

En los últimos años se vienen haciendo cuestionamientos a las plataformas y medios digitales, redes sociales y otros, sobre el poco o nu-

**Tabla 2**  
Técnicas, tácticas y estrategias

Técnicas y tácticas	Descripción
Creación de desinformación	En esta categoría están todos los tipos de “noticias falsas” noticias falsas.
Estrategia basada en datos	Usado para perfilar y segmentar a la población con mensajes políticos específicos.
Bombardeo, Acoso, divulgación	Redes creadas para estar en continua operación y crear en los blancos definidos efectos.
Denuncias masivas	A través de redes creadas se busca reportar que algún tipo de contenido no es adecuado, buscando que los medios sociales lo pongan fuera de línea

Nota: Elaboración propia

Country	Pro-Government	Attack Opposition	Distracting	Suppressing	Polarization
 Angola					
 Argentina					
 Armenia					
 Australia					
 Austria					
 Azerbaijan					
 Bahrain					
 Belarus					
 Bolivia					
 Bosnia & Herzegovina					
 Brazil					
 Cambodia					
 China					
 Colombia					
 Costa Rica					
 Croatia					
 Cuba					
 Czech Republic					
 Ecuador					

Figura 8. Uso de tipos de mensajes por países. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

lo control que tienen sobre el nivel de contenidos difundidos en las redes sociales; en la más reciente situación se encuentran las denuncias realizadas contra la red social Facebook, en particular con Instagram por los peligros y la poca im-

portancia que se le presta al tema en cuestión.

En una reciente investigación del Washington Post, titulada “The Facebook Files” (WSJ), que contempla un compendio de documentos y

**Tabla 3**

Clasificación de capacidad.

Tipos de capacidad	Descripción
Alta capacidad	Disponen de grandes cantidades de recursos, humanos, financieros, que también involucra investigación y desarrollo de nuevas tácticas
Mediana capacidad	Una capacidad estratégica para coordinar esfuerzos, con menos recursos.
Baja capacidad	Grupos pequeños, que son activados en procesos temporales como los electorales, y que sus actividades finalizan luego de ese momento.

Nota: Elaboración propia

testimonios, se revelan detalles importantes sobre los efectos de los contenidos en dichos grupos poblacionales, sobre todo cuando un ex-empleado decide denunciar la situación, pues según sus declaraciones "...Facebook prioriza repetidamente los beneficios sobre la seguridad de los grupos poblacionales" (Hao. K, 2021)

Está claro que la historia de las redes sociales no está terminada y no es neutral (Frenkel. S., Kang. C. 20-21). En esta línea la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC, 2020), ha publicado su informe sobre la relación de los medios audiovisuales en dichas poblaciones, el cual tiene una caracterización importante en relación con la



Figura 9. Uso de estrategias. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

Country	Disinfo'	Mass Reporting	Data-Driven Strategies	Trolling	Amplifying Content
 Angola					
 Argentina					
 Armenia					
 Australia					
 Austria					
 Azerbaijan					
 Bahrain					
 Belarus					
 Bolivia					
 Bosnia & Herzegovina					
 Brazil					
 Cambodia					
 China					
 Colombia					
 Costa Rica					
 Croatia					
 Cuba					
 Czech Republic					
 Ecuador					
 Egypt					
 El Salvador					

Figura 10. Países que usan las técnicas. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

definición de la población de (NN-A), su demografía. El estudio resalta la forma de consumo de información a través de los distintos medios visuales. Para el efecto de esta investigación se revisan los que están asociados a los ecosistemas digitales.

El estudio define la población de estudio en relación con la edad de

los 6 a los 17 años, distribuidos en tres categorías, (Figura 12).

Lo primero que resalta el estudio es que, en los hogares colombianos de dichas poblaciones, el acceso a los contenidos se puede realizar de distintas maneras. Indica también que hay un nivel alto de exposición a los contenidos, sin diferencia de estratos socioculturales de la po-

HIGH CAPACITY					
Country	Recent Activity	Status	Coordinated Cybertroop Team	Resources Spent	Coordination
China	✓	Permanent	✗	💰	Centralised
Egypt	✓	Permanent	✗	💰	Decentralised
India	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Iran	✓	Permanent	✗	💰	Centralised
Iraq	✓	Permanent	✗	💰	Somewhat Centralised
Israel	✓	Permanent	✗	💰	Centralised
Myanmar	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Pakistan	✓	Permanent	✗	💰	Decentralised
Philippines	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Russia	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Saudi Arabia	✓	Permanent	✗	💰	Centralised
Ukraine	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
United Arab Emirates	✓	Permanent	✗	💰	Centralised
United Kingdom	✓	Permanent	✗	💰	Decentralised
United States	✓	Permanent	✗	💰	Decentralised
Venezuela	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Vietnam	✓	Permanent	✗	💰	Somewhat Centralised

MEDIUM CAPACITY					
Country	Recent Activity	Status	Coordinated Cybertroop Team	Resources Spent	Coordination
Armenia	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised
Australia	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised
Austria	✗	Temporary	✗	💰	Decentralised
Azerbaijan	✓	Permanent	✗	💰	Somewhat Centralised
Bahrain	✗	Temporary	✗	💰	Centralised
Belarus	✓	Permanent	✗	💰	Somewhat Centralised
Bolivia	✓	Temporary	✗	💰	Somewhat Centralised
Brazil	✓	Permanent	✗	💰	Somewhat Centralised
Cambodia	✓	Permanent	✗	💰	Somewhat Centralised
Cuba	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Czech Republic	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised
Eritrea	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Ethiopia	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Georgia	✓	Temporary	✗	💰	Centralised
Guatemala	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Hungary	✓	Temporary	✗	💰	Centralised
Indonesia	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised
Kenya	✓	Temporary	✗	💰	Somewhat Centralised
Kazakhstan	✓	Permanent	✗	💰	Centralised
Kuwait	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised
Lebanon	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised
Libya	✓	Temporary	✗	💰	Somewhat Centralised
Malaysia	✗	Permanent	✗	💰	Centralised
Malta	✓	Permanent	✗	💰	Centralized
Mexico	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised
Nigeria	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised
North Korea	✓	Permanent	✗	💰	Centralized

LOW CAPACITY						
Country	Recent Activity	Status	Coordinated Cybertroop Team	Resources Spent	Coordination	
Angola	✗	Temporary	✗	💰	Decentralised	
Argentina	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Bosnia & Herzegovina	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Colombia	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Costa Rica	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised	
Croatia	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Ecuador	✓	Temporary	✗	💰	Centralised	
El Salvador	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Germany	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised	
Ghana	✓	Temporary	✗	💧	Centralised	
Greece	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Honduras	✓	Temporary	✗	💧	Centralised	
Italy	✓	Temporary	✗	💰	Somewhat Centralised	
Kyrgyzstan	✗	Temporary	✗	💰	Somewhat Centralised	
Macedonia	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Moldova	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised	
Netherlands	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Orman	✗	Temporary	✗	💧	Somewhat Centralised	
Qatar	✓	Temporary	✗	💧	Centralised	
Serbia	✓	Permanent	✗	💰	Centralised	
South Africa	✓	Temporary	✗	💰	Centralised	
Spain	✓	Temporary	✗	💰	Decentralised	
Sudan	✓	Temporary	✗	💧	Centralised	
Sweden	✓	Temporary	✗	💧	Decentralised	
Tunisia	✓	Temporary	✗	💰	Somewhat centralised	
Uzbekistan	✓	Permanent	✗	💰	Centralised	
Zimbabwe	✓	Temporary	✗	💧	Centralised	

Figura 11. Capacidades distribuidas por países. Fuente: <https://demtech.oii.ox.ac.uk/wp-content/uploads/sites/127/2021/02/CyberTroop-Report20-Draft9.pdf>

blación en estudio. Se establece que hay una disponibilidad de 3.4 tipos de dispositivos distintos; el 83% de los (NNA) mencionan disponibilidad de un teléfono inteligente en el hogar (Figura 13).

El consumo de los contenidos y el uso de Internet en estos grupos poblacionales está distribuido de acuerdo con las edades, siendo los adolescentes los que más uso de Internet tienen (Figura 14).

El uso de las redes sociales es la tercera actividad que más realizan los (NNA), con un 55% y dentro de dicho consumo las redes sociales usadas son, Facebook, Instagram, Twitter y TikTok (18%) Así mismo, se identifica que el acceso a los contenidos se registra en gran medida en los momentos de las comidas; chatear por celular el 38%; interactuar en redes sociales 30%, comportamiento más marcado en los grupos de adolescentes.

## LA POBLACIÓN BAJO ESTUDIO SE CARACTERIZA POR



Imagen tomada de: Colombia celebra este sábado el Día del Niño. HSBMOTICIAS.com

### NIÑEZ 6-9 AÑOS

- ✓ DESARROLLO AUTÓNOMO
- ✓ CONSTANTES CAMBIOS
- ✓ ADULTOS QUE GARANTICEN SU DESARROLLO
- ✓ DESARROLLO DE NUEVAS DESTREZAS DEPENDE DE FACTORES GENÉTICOS, NUTRICIONALES, SOCIALES



Imagen tomada de: <https://orinasosafuad.com.co/etiquetas-y-galerias-adolescencia/>

### PREADOLESCENCIA 10-13 AÑOS

- ✓ EXISTENCIA DEL EGOCENTRISMO
- ✓ CAMBIOS CORPORALES Y APARIENCIA FÍSICA
- ✓ CUMPLIR EXPECTATIVAS SOCIALES,
- ✓ PONE A PRUEBA LA AUTORIDAD Y LOS PARES COBRAN MAYOR IMPORTANCIA.



Imagen tomada de: <https://www.colombia.com/temas/aplicaciones/la-adolescencia-colombiana-no-se-levanta-de-la-cama-un-revisar-antes-su-ordenar-21200>

### ADOLESCENCIA 14-17 AÑOS

- ✓ DISTANCIAMIENTO AFECTIVO DE LA FAMILIA
- ✓ ACERCAMIENTO AL GRUPO DE PARES,
- ✓ PROPIOS JUICIOS Y VALORES
- ✓ PENSAMIENTO CRÍTICO
- ✓ INVOLUCRAMIENTO PARES INTENSO

Figura 12. Población de Estudio. Fuente:

[https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/INFORME%20FINAL%20CON%20SULTOR%20ESTUDIO%20DE%20INFANCIA%20DIC\\_2020.pdf](https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/INFORME%20FINAL%20CON%20SULTOR%20ESTUDIO%20DE%20INFANCIA%20DIC_2020.pdf)

En cuanto a consumo de plataformas digitales, se tiene que los menores entre 6 y 9 años consumen menos contenidos que las otras dos franjas poblacionales (Figura 15). Siendo Youtube, Netflix y Fa-

cebook las tres plataformas digitales principalmente usadas para interactuar con contenidos digitales.

El consumo del contenido en las distintas redes sociales ocurre en 6



Figura 13. Distribución de los medios disponibles. Fuente:

[https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/INFORME%20FINAL%20CON%20SULTOR%20ESTUDIO%20DE%20INFANCIA%20DIC\\_2020.pdf](https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/INFORME%20FINAL%20CON%20SULTOR%20ESTUDIO%20DE%20INFANCIA%20DIC_2020.pdf)

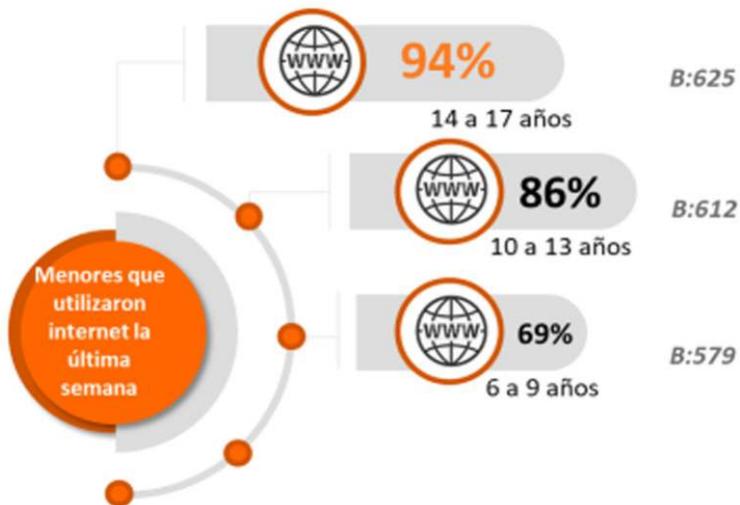


Figura 14. Distribución del uso de Internet. Fuente: [https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/INFORME%20FINAL%20CONSULTOR%20ESTUDIO%20DE%20INFANCIA%20DIC\\_2020.pdf](https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/INFORME%20FINAL%20CONSULTOR%20ESTUDIO%20DE%20INFANCIA%20DIC_2020.pdf)

de cada 10 niños, el aumento de la edad es un factor proporcional al aumento del consumo, comparado con el uso de Internet para hacer tareas, el cual es bastante bajo. De

los datos relevantes del estudio se destaca que este grupo poblacional en general ve en el acceso a Internet una forma de interacción; el 93% manifiesta disfrutar conectar-



Figura 15. Recordación de plataformas digitales. Fuente: [https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/INFORME%20FINAL%20CONSULTOR%20ESTUDIO%20DE%20INFANCIA%20DIC\\_2020.pdf](https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/INFORME%20FINAL%20CONSULTOR%20ESTUDIO%20DE%20INFANCIA%20DIC_2020.pdf)

se a internet; el 79% manifiesta que es un medio con el que tiene cercanía y solo el 34% manifiesta que confía en el contenido que ahí se encuentra. Sin embargo, el 53% manifiesta que está muy pendiente de lo que allí se publica.

El comportamiento de los (NNA) es muy variado, el estudio indica que hay múltiples comportamientos asociados al consumo de contenidos y resalta que, solo el 58% habla de los contenidos que consume, el 41% comparte contenidos, el 71% sigue a influencers, personajes y/o canales, el 57% piensa en lo que ve en Internet, solo el 41% encuentra relación entre lo que vive y los contenidos que ve en Internet, el 64% manifiesta que algunas veces no entiende lo que ve en Internet y solo el 27% manifiesta subir contenido.

Otro de los datos interesantes del estudio es el término “prosumo”, que se refiere a las personas con interés en producir y generar contenidos para los distintos medios de comunicación. En tal sentido, indica que los (NNA) no tienen la tendencia a ser prosumidores, sino más bien consumidores; no obstante, se empieza a ver la tendencia de algunos por empezar a explorar el prosumo como una forma de interacción con otros.

Lo importante que se debe contemplar no es solo el uso de las redes sociales, sino sus efectos; existe un lado oscuro de todo el uso de medios sociales, que puede ser a-

grupado en seis categorías importantes, como lo señala (Boroon. L., Abedin. B., 2021)

**Costos del intercambio social:** incluye tanto los daños psicológicos, como la depresión, la ansiedad o los celos, y otros costos como la pérdida de tiempo, energía y dinero.

**Contenido molesto:** incluye una amplia gama de contenido que molesta, molesta o irrita, como contenido perturbador o violento o contenido sexual u obsceno.

**Problemas de privacidad:** incluye cualquier amenaza a la privacidad personal relacionada con el almacenamiento, la reutilización o el intercambio de información personal con terceros.

**Amenazas de seguridad:** se refiere a daños por fraude o engaño, como phishing o ingeniería social.

**Ciberacoso:** incluye cualquier abuso o acoso por parte de grupos o individuos, como mensajes abusivos, mentiras, acecho o difusión de rumores.

**Bajo rendimiento:** se refiere al impacto negativo en el desempeño laboral o académico.

Resaltando que algunas de estas categorías tienen amplia incidencia en las poblaciones de (NNA), y que una educación y mayor consciencia de los peligros potenciales pue-

de aumentar la moderación de las personas en su uso e impactar a todo el ecosistema, para disminuir los efectos negativos, según los investigadores.

### La desinformación

Existen muchas clases de tratamientos de la información, que gracias al poder de los algoritmos se pueden presentar. Muestra tres categorías documentadas sobre el uso inadecuado de la información (UNESCO, 2020).

**Desinformación (disinformation):** Información que es falsa y se distribuye de manera intencional para crear daño a una persona, grupo, organización o país.

**Información maliciosa (mal-information):** Información basada en la realidad que es usada para crear

daño a una persona, grupo, organización o estado.

**Información errónea (misinformation):** Información errónea, que no tiene como propósito o no fue creada para hacer daño o mala intención.

Las tres fuentes relacionadas con el manejo de la información son cruciales, pues en la actualidad son factores esenciales para entender dentro de la potencia de los algoritmos. La figura 16 muestra lo anteriormente mencionado. A pesar de su distinción, las consecuencias sobre las sociedades pueden tener efectos similares y devastadores.

La manipulación social hostil es definida como "...la generación y difusión intencionada y sistemática de información para producir resulta-



Figura 16. Desorden de la información. Fuente:

[https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef\\_0000373349&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach\\_imp ort\\_73d03993-db18-4ae9-8f64-de9a0d729c22%3F\\_%3D373349spa.pdf&](https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000373349&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_imp ort_73d03993-db18-4ae9-8f64-de9a0d729c22%3F_%3D373349spa.pdf&)

dos sociales, políticos y económicos perjudiciales en un país objetivo, afectando a las creencias, actitudes y comportamientos” (Mazarr. M., et all, 2019).

Muchos especialistas lo consideran un fenómeno de atención en el radar y en los ojos de las agendas globales, como un problema y desafío que puede generar guerras.

La revolución digital en la que actualmente se desenvuelve el mundo, lo global de las comunicaciones, la velocidad y fluidez de la información, la dependencia en las tecnologías ha creado el ambiente perfecto para que la manipulación a través de la desinformación esté presente (Elonheimo. T., 2021).

En un estudio realizado por The Pearson Institute y The Associated Press-NORC Center for Public Affairs (Pearson Institute/AP-NORC.2021) de la desinformación en Estados Unidos, encuentra que más del 90% de las personas creen que es un gran problema y muchos culpan a las redes sociales, a las personas y los partidos políticos de propender por que esto suceda.

Los datos muestran que la población en general sí está preocupada por el tema y que pasa en sus círculos sociales; sin embargo, se detalla que no se ven como parte del problema (Figura 17).

Para la población de estudio son las redes sociales en sí mismas y

**Many Americans are concerned about exposure to misinformation.**

Percent of adults

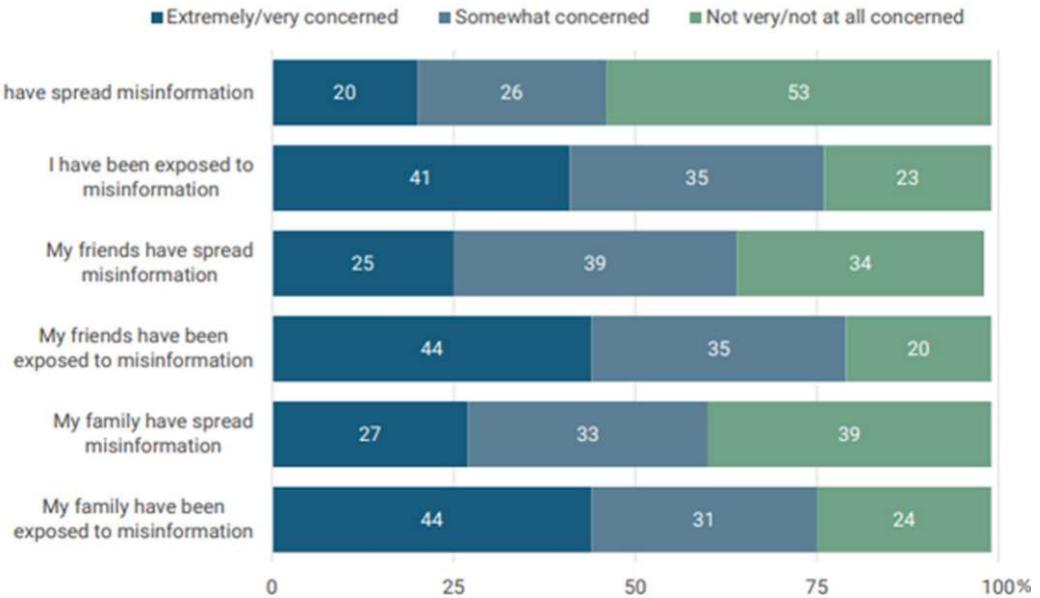


Figura 17. Preocupación por la desinformación. Fuente: [https://apnorc.org/wp-content/uploads/2021/10/misinformation\\_Formatted\\_v2-002.pdf](https://apnorc.org/wp-content/uploads/2021/10/misinformation_Formatted_v2-002.pdf)

## Most Americans say both social media companies and users are responsible for spreading misinformation.

Percent of adults

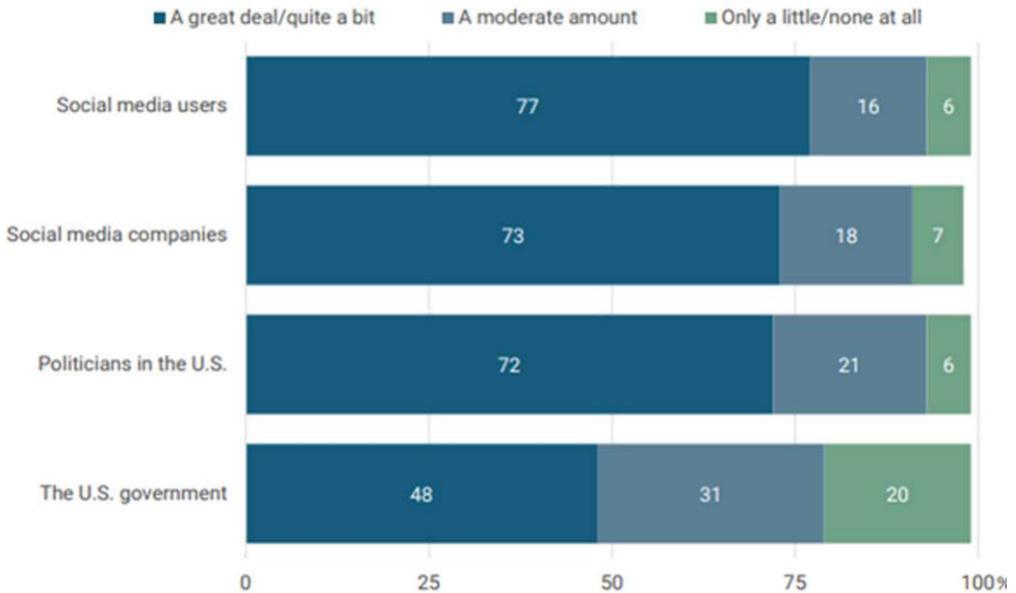


Figura 18. responsabilidad de la desinformación. [https://apnorc.org/wp-content/uploads/2021/10/misinformation\\_Formatted\\_v2-002.pdf](https://apnorc.org/wp-content/uploads/2021/10/misinformation_Formatted_v2-002.pdf)

las personas que las usan, las responsables por este fenómeno (Figura 18). En tal sentido se considera a las personas más responsables, que las compañías que prestan estos servicios.

Así mismo, al indagar por quiénes pueden ser responsables, la población en estudio considera que países como China, Rusia y otras naciones, están detrás de estos fenómenos que afectan a la sociedad en general (Figura 19). La desinformación es un fenómeno de vieja data, no obstante, las deepfakes y la facilidad de difundir el contenido en línea, lo hacen más propenso a que sean usados por los gobiernos

y cualquier tipo de entidades (MIT, 2020).

El estudio advierte que se trata de un problema que debe ser enfrentado desde el ambiente gubernamental por lo que afecta de una manera directa la vida de las personas, aun así, consideran que la educación individual es clave para ejercer control a este fenómeno.

La desinformación también adquiere fuerza y poder como una amenaza digital, que pasa de ser latente y distante, a presente y recurrente; que usa como herramientas y armas a las deepfakes, la manipulación de videos, de audios y

## About half of Americans say the Chinese and Russian governments are largely responsible for misinformation.

Percent of adults

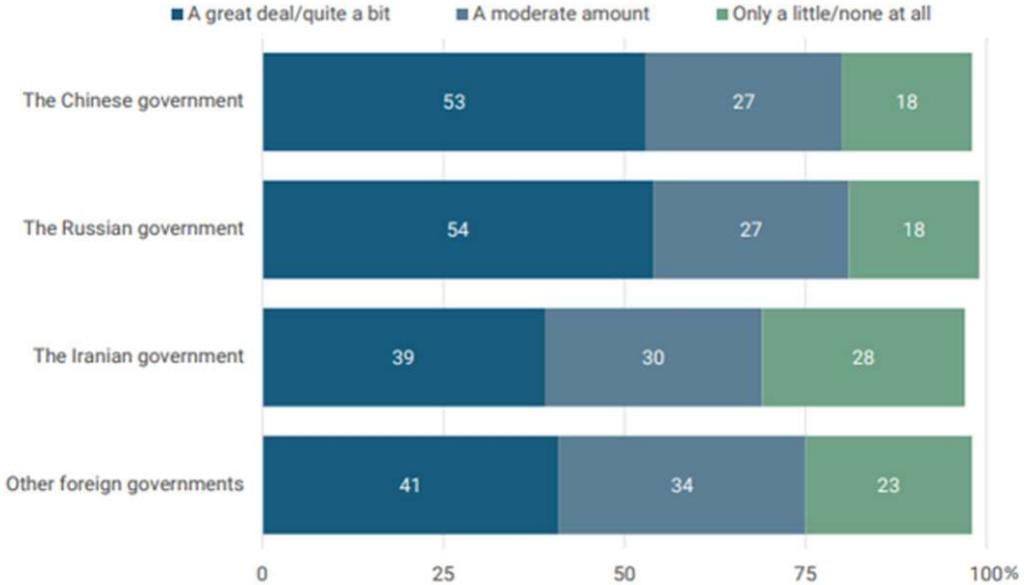


Figura 19. Responsabilidad de gobiernos. [https://apnorc.org/wp-content/uploads/2021/10/misinformation\\_Formatted\\_v2-002.pdf](https://apnorc.org/wp-content/uploads/2021/10/misinformation_Formatted_v2-002.pdf)

demás estrategias, que pueden crear inestabilidad en los estados, organizaciones y la población en general (Hill. M., 2021)

### Conclusiones

Los algoritmos definitivamente han ganado espacio en la sociedad y en su expresión máxima son las aplicaciones su forma material de expresarse y tienen una influencia significativa en la vida de todos.

Al revisar estos informes en donde se evidencia la presencia de su es necesario repensar las formas en cómo se deben exponer las personas a su influencia, no se trata de que el algoritmo es el responsable del daño, sino del uso que se le da.

La desinformación es una industria formalizada, industrializada y muy profesional, producida a gran escala y que tiene claros actores, estrategias y propósitos claramente definidos (Bradshaw, S., et al., 2021).

Definitivamente los contenidos en estos espacios tienen gran presencia y efecto en la vida de las personas, especialmente en los (NN-A); la facilidad de uso, la amplitud del contenido y la posibilidad de acceso son elementos que en Colombia tienen relevancia a la hora del consumo del contenido. El Covid-19 es un factor fundamental que aceleró el consumo de contenidos en dichas poblaciones, convirtien-

do los contenidos digitales en permanentes y cotidianos; por tanto, se requiere de una educación en dichos aspectos (CRC, 2020).

El año 2016 se ha convertido en un punto de giro para entender la desinformación y el poder de los algoritmos como algo más complejo que ha tomado por sorpresa a gobiernos, entidades y organizaciones. La evolución de las técnicas, tácticas y estrategias de la desinformación, sumado a la evolución de las tecnologías como la inteligencia artificial traerán grandes desafíos en la sociedad (CBIN-SIHGTS, 2020).

Es importante considerar el diseño de los algoritmos y sus efectos en las personas, para prevenir propósitos nefastos (Nitzberg. M. 2021).

Definitivamente el presente y futuro de la confianza en las organizaciones está en una gran tensión, toda vez que la desinformación, los cambios en la información y los distintos intereses continúan siendo una constante. También es cierto que las personas necesitan encontrar mecanismos que les ayuden a estar alerta en medio del ruido digital actual (Sandal. G., 2021).

Definitivamente con el auge y aumento del uso del algoritmo como herramienta para crear nuevos y mejorados servicios que penetren más en la vida digital de los seres humanos, es necesario una mayor alfabetización digital, como meca-

nismo para contrarrestar el mal uso de dichos algoritmos.

Sin una conciencia ética de cómo se quieren usar los algoritmos, y cuál debe ser su para qué o razón, podemos sucumbir y quedar ciegos, ante su potencial y los usos que estos nos ofrecen (Cremer. D., 2020), sin dejar de lado la posibilidad de caer en las garras de un uso inadecuado de los mismos.

Hacer cada vez más escrutinio de los algoritmos, y que estos tengan más observabilidad será uno de los grandes desafíos en ambientes como los actuales, sometidos y gobernados cada vez más su poder y su uso. En la misma medida es necesario que todas las partes entiendan los impactos sociales que estos poseen y que debe ser materia de continuo estudio y verificación (Beer. D., 2017).

Definitivamente sin ser la única solución ni la más exacta posible, la educación en los datos (Carmi. E., 2019), el uso o lo que se llama la alfabetización digital a gran escala, podría ser una herramienta que ayude a contrarrestar los efectos complejos que están teniendo los usos inadecuados de los algoritmos y su exposición en la vida cotidiana.

En la era de la desinformación como nueva forma de conflicto (Mazzarr. M., 2019), es necesario hacer grandes esfuerzos por acompañar a todos los actores, y crear redes

de cooperación entre todas las partes, gobiernos, sociedad civil, empresas públicas y privadas, que permitan aprender el uso adecuado de la información y diseñar agendas de cooperación para enfrentar una compleja situación en nuestros tiempos.

## Referencias

- Abiteboul, S., & Doweck, G. (2020). *The Age of Algorithms*. Cambridge: Cambridge University Press. DOI:10.1017/9781108614139
- Beer, D. (2017) The social power of algorithms. *Information, Communication & Society*. 20(1). 1-13, DOI: 10.1080/1369118X.2016.1216147
- Boroon, L. & Abedin, B. (2021). The Dark Side of Using Online Social Networks: A Review of Individuals' Negative Experiences. DOI: 10.4018/JGIM.20211101.0a34. <https://www.igi-global.com/article/the-dark-side-of-using-online-social-networks/276942>
- Bradshaw, S., Bailey, H., & Howard, P. (2021). *Industrialized Disinformation: 2020 Global Inventory of Organized Social Media Manipulation*. Oxford, UK: Programme on Democracy & Technology. <https://demtech.oii.ox.ac.uk/research/posts/industrialized-disinformation/>
- Carmi, E., (2019). Educarnos en información, para evitar estar desinformados. *OpenDemocracy*. <https://www.opendemocracy.net/es/decocraciaabierta-es/educarnos-en-informaci%C3%B3n-para-evitar-estar-desinformados/>
- CBINSIGHTS. (2020). *Disinformation That Kills: The Expanding Battlefield Of Digital Warfare*. [https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights\\_Future-of-Information-Warfare.pdf](https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights_Future-of-Information-Warfare.pdf)
- CRC. (2020). "Infancia, adolescencia y medios audiovisuales en Colombia: apropiación, usos y actitudes". Comisión de Regulación de Comunicaciones. [https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/informe%20final%20consultor%20estudio%20de%20infancia%20dic\\_2020.pdf](https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/2021/informe%20final%20consultor%20estudio%20de%20infancia%20dic_2020.pdf)
- Cremer, D. (2020). *Leadership by Algorithm. Who Leads and who follows in the AI era?*. Hampshire, UK. Harriman House Ltd.
- Elonheimon, T. (2021). *Comprehensive Security Approach in Response to Russian Hybrid Warfare*. *Strategic studies quarterly* 13(5). [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/SSQ/documents/Volume-15\\_Issue-3/Elonheimo.pdf](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/SSQ/documents/Volume-15_Issue-3/Elonheimo.pdf)
- Frenkel, S., Kang, C. (2021). *The Ugly Truth. Inside Facebook's battle for domination*. New York, USA. HarperCollins Publisher.
- Hill, M. (2021). How deepfakes enhance social engineering and authentication threats, and what to do about it. <https://www.csoonline.com/article/3636992/how-deepfakes-enhance-social-engineering-and-authentication-threats-and-what-to-do-about-it.html>
- Hao, K. (2021). Claves del testimonio de la denunciante de Facebook en el Senado de EE. UU. *MIT Technology Review*. <https://www.technologyreview.es/s/13714/claves-del-testimonio-de-la-denunciante-de-facebook-en-el-senado-de-ee-uu>
- Nitzberg, N. (2021). Why 'Explicit Uncertainty' Matters for the Future of Ethical Technology. *MIT Sloan Management*.

<https://sloanreview.mit.edu/article/why-explicit-uncertainty-matters-for-the-future-of-ethical-technology/>

MIT. (2020). MIT Center for Advanced Virtuality. Tackling the misinformation epidemic with “In Event of Moon Disaster”.

<https://news.mit.edu/2020/mit-tackles-misinformation-in-event-of-moon-disaster-0720>

Mazarr, M., Bauer, R, Casey, A, Heintz, S. & Matthews, L. (2019). The Emerging Risk of Virtual Societal Warfare: Social Manipulation in a Changing Information Environment. Santa Monica, CA: RAND Corporation.

[https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR2714.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2714.html)

Pearson Institute/AP-NORC. (2021). THE AMERICAN PUBLIC VIEWS THE SPREAD OF MISINFORMATION AS A MAJOR PROBLEM. The Pearson Institute, The Associated Press-NORC Center for Public Affairs.

[https://apnorc.org/wp-content/uploads/2021/10/misinformation\\_Formatted\\_v2-002.pdf](https://apnorc.org/wp-content/uploads/2021/10/misinformation_Formatted_v2-002.pdf)

Sandal, G. (2021). Future of Truth in the Information Age? Future Platform.

<https://www.futuresplatform.com/blog/future-truth-information-age>

Sadowski, Jathan [2020], Too Smart. How Digital Capitalism Is Extracting Data, Controlling Our Lives, and Taking Over the World, Cambridge, MIT Press.

Soler, E. (2020). El mundo en 2021: diez temas que marcarán la agenda internacional. CIDOB Notes Internationals. 243.

[https://www.cidob.org/publicaciones/serie\\_de\\_publicacion/notes\\_internacionals\\_cidob/243/el\\_mundo\\_en\\_2021\\_diez\\_temas\\_que\\_marcaran\\_la\\_agenda\\_internacional](https://www.cidob.org/publicaciones/serie_de_publicacion/notes_internacionals_cidob/243/el_mundo_en_2021_diez_temas_que_marcaran_la_agenda_internacional)

UNESCO. (2020). PERIODISMO, “NOTICIAS FALSAS” & DESINFORMACIÓN.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373349>

WSJ. (2021). The Facebook Files. Washington Post.

<https://www.wsj.com/articles/the-facebook-files-11631713039>

**Andrés R. Almanza J., Ms.C, CISM.** Chief Growth Officer en CISOS.CLUB, Investigador en Ciberseguridad SegInfo y Liderazgo. Executive Certificate in Cybersecurity Leadership & Strategy by FIU University, Certificado como ISO 27001 Lead Implementer and 27005 Lead Manager from PECB, CISM, ITILv3, LPI, Certificado como Coach Profesional Internacional, Máster in Leadership and Organizational Development with Coaching, Executive Master's in Leadership Skills Developed in Harvard, & Coach, Profesional avalado por International Coach Federation; Profesional en Ingeniería de Sistemas, especialista en seguridad en redes y máster en Seguridad de la Información. Docente del programa de maestría de la Universidad Externado de Colombia y de la Universidad de las Américas en Ecuador. Creador de la Comunidad CISOS.CLUB, CISOS-COL y CISOS-LATAM (LinkedIn) y Miembro del Comité Editorial de la revista “Sistemas” de ACIS.

# El poder de los algoritmos

DOI: 10.29236/sistemas.n161a5

*¿Estamos preparados para este nuevo reto?*

Sara Gallardo M.

Ante la presencia incuestionable de los algoritmos en todos los espacios que conforman la cotidianidad del ser humano es urgente analizar la forma en que niños, adolescentes, jóvenes, adultos y ancianos se acercan a estos desarrollos tecnológicos.

En ese análisis es clave la gestión de los ingenieros de sistemas quienes, más allá de los bits y de los bytes, cifran su mirada en aspectos que superan la tecnología informática, acompañados por profesionales de otras disciplinas.

En ese marco conceptual los invitados al foro: Hugo Sin Triana, director CEA Alianza Caoba de la Ponti-

ficia Universidad Javeriana Bogotá; Luis Fernando Castillo Ossa, profesor en la Universidad de Caldas y Sergio Martínez Medina, director Ejecutivo de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) se ocuparon con detenimiento de las limitaciones de los algoritmos y su impacto en la educación y en el ambiente empresarial; también consideraron la inequidad, la desinformación e inestabilidad que pueden producir, además de los asuntos éticos que contempla el uso de tales herramientas tecnológicas.

El director de la revista Jeimy J. Cano recibió a los invitados y le cedió la palabra a Enrique González

Guerrero, quien en calidad de moderador abrió el debate con la primera pregunta:

*Si bien los algoritmos se basan en modelos rigurosos, en los problemas complejos, no es posible lograr un rendimiento del 100%; en efecto, no son infalibles y reproducen los sesgos presentes en los datos de entrenamiento. ¿Somos conscientes y estamos preparados para utilizar los algoritmos a pesar de estas limitaciones?*

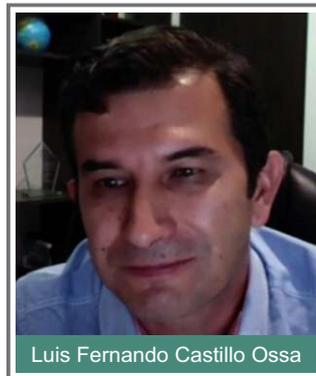
### Hugo Sin Triana

Si encontramos un algoritmo que proporcione el 100% de asertividad, lo primero que tenemos que hacer es descartarlo porque algo está mal. Quienes trabajamos en este campo debemos transmitir esa realidad, para señalar que esto no es perfecto, que los algoritmos tienen fallas y limitaciones. Es necesario que quienes entendemos las falencias las expliquemos. Y ahí es donde cometemos muchos errores en el uso del lenguaje apropiado para informar sobre los riesgos que tienen los algoritmos.

### Luis Fernando Castillo Ossa

En mi opinión hay tres pilares para tener en cuenta cuando hacemos referencia a la nueva era del poder en los algoritmos. El primero es garantizar que los datos que procesan no deben tener sesgo; el segundo es la trazabilidad en sus decisiones y el tercero es que tengan la propiedad de ser explicables. Esto puede causar el efecto eco que propicia la amplificación o resonancia de los datos, la toma de decisiones se da a partir de datos que no reflejan la realidad. En ocasiones los algoritmos son utilizados como cajas negras, este concepto indica que se usan por ejemplo librerías, sin tener conocimiento de la estructura interna y a partir de la entrada de datos, se dan resultados que se interpretan, pero se desconoce el detalle de la solución.

En la actualidad existe una sobrevaloración de la inteligencia artificial, desde mi visión particular a partir de años de estudio. En la IA ocurre un efecto mediático, toda vez que resulta más llamativo que cualquier aplicación lleve el título



de IA; no todo es inteligencia artificial, entonces debemos ponderar todos esos elementos, es decir, de una sobrevaloración, de unos algoritmos, de unas estrategias, de un procesamiento y consideraciones de ciencias de datos, incluida la estadística, pero que al final podamos llegar a clasificar que la solución se encuentra o no enmarcada en la inteligencia artificial.

### Sergio Martínez Medina



Hay retos fundamentales cuando el algoritmo, como pasa en algunas redes sociales, comienza a sustituir la libre elección de las personas y, eventualmente, comienza a inducir que la gente tome malas decisiones en los diferentes campos. En ese sentido, es importante contar con mecanismos colectivos para generar una autorregulación y evitar que los sistemas controlen o manipulen las preferencias de la sociedad.

Para avanzar en estos procesos y consolidar el desarrollo de las tecnologías emergentes es importante contar con equipos multidisciplinarios. Por ejemplo, en el diseño de los sistemas que sostienen la gestión pública es clave contar con un ejercicio formal de planeación que permita mitigar el riesgo del cambio tecnológico y que facilite implementar los sistemas para solucionar los retos que tienen las comunidades.

### Enrique González G.

*Hugo y ¿tú cómo lo ves? Quienes no son ingenieros ¿son conscientes de esas limitaciones en la toma de decisiones*

### Hugo Sin Triana

El tomador de decisiones no es consciente de esa limitación y eso genera dos tipos de problemas: el primero es que si como director de una unidad en una entidad gubernamental doy la instrucción de construir un modelo, por ejemplo, para la asignación de subsidios, le pido al equipo de analistas y científicos de datos que desarrollen este modelo pero además me comprometo con el Presidente, con el Alcalde con el jefe del jefe o el Ministro a obtener un resultado; así se genera un compromiso para disponer del instrumento para la asignación eficiente de los subsidios. El problema es que ese compromiso no necesariamente puede cumplirse, por varias razones, pero la principal es la inexistencia de los datos que permitan desarrollar el

modelo. Por lo tanto, se genera una expectativa (y compromiso) que no se cumple y seguramente un estrés innecesario al equipo de analistas y científicos de datos.

Pero existe el otro riesgo y es la vulnerabilidad que tiene el tomador de decisiones al no ser consciente de las limitaciones de los algoritmos y esa vulnerabilidad se puede explotar como servidor, funcionario, contratista o proveedor, induciendo al error al tomador de decisiones. Un resultado con baja asertividad puede ser tomado como algo verdadero por parte del tomador de decisiones porque es el “resultado de modelos analíticos”.

### **Enrique González G.**

*Luis Fernando, de acuerdo contigo, uno quisiera que todo modelo fuera de caja blanca, pero infortunadamente muchos algoritmos generan modelos de caja negra. Entonces ¿qué hacemos para tener un poco ese sentido de la explicabilidad, a pesar de que los mejores algoritmos son de caja negra?*

### **Luis Fernando Castillo O.**

Efectivamente Enrique, dada la etapa en que nos encontramos, nuestro esfuerzo mínimo debería estar en garantizar que en el sistema los componentes se encuentren correctamente acoplados y con conocimiento de los detalles de su implementación. Pero es en este punto donde existe por naturaleza propia el aprendizaje de máquina; a partir de los datos se encuentran

posibilidades o combinaciones estadísticas que avalan algunos resultados, pero esto no indica que los sistemas sean explicables para la toma de decisiones, y es allí donde existe una línea de trabajo interesante, porque precisamente tenemos a estudiantes explorando la aplicación de las redes causales que soporten la explicabilidad en las decisiones que arrojan estos algoritmos. Tenemos que llegar a determinar en detalle cómo es que se puede primero modernizar esa forma de explicar las decisiones, para que puedan impactar y se detalle el proceso; segundo, en relación con la caja negra a mí me preocupa la soberanía tecnológica, porque lo que estamos usando, no creando; estamos incluyendo en nuestros proyectos librerías ya sea de empresas o comunidades externas para reutilizarlas, pero sin saber su contenido, solo midiendo algunos parámetros. Es por esto que debemos tratar de no depender tanto de los desarrollos de terceros, nosotros debemos garantizar que no solo los datos, sino los algoritmos que hay detrás, además de saber qué atienden.

### **Enrique González G.**

*La analítica de los datos tiene impactos positivos y negativos, en tal sentido, ¿están nuestras instituciones educativas en capacidad de formar profesionales que realicen un uso adecuado de los algoritmos para potenciar el desarrollo social y económico que requiere Colombia?*

## Luis Fernando Castillo O.



Efectivamente, en mi caso como representante de la academia (soy docente de la Universidad de Caldas y Unal, Sede Manizales) identifico aspectos que debemos tener en cuenta para garantizar la formación adecuada de los profesionales, de acuerdo con la realidad que requiere el país y el mundo.

En el contexto particular de formar para el uso adecuado de algoritmos que potencian el desarrollo social y económico del país, se debe hilar muy fino toda vez que existe una primera etapa que es el uso de los algoritmos, lo cual es en ocasiones un aspecto muy técnico; definir capacitaciones en este sentido es algo que debemos hacer para evitar el desempleo tecnológico a causa de la desactualización. Sin embargo, se debe establecer un plan en diferentes niveles y a corto plazo.

A mediano plazo, las universidades también deben actualizar sus currículos para que se incorporen las nuevas necesidades de formación; y a largo plazo el gobierno ya haya dado una buena orientación para favorecer la preparación de jóvenes en pensamiento computacional y programación. Ya vimos cómo en las escuelas públicas se inicia un plan piloto para formar a los profesores orientado a que los chicos de esas escuelas puedan apropiarse ese conocimiento; en el caso de los colegios y mayores de 15 años hay dos rutas de formación en programación, Misión TIC que fortalecerían talento humano, tan requerido en este campo.

Pero lo más trascendental no es solo la parte técnica, sino cómo esto permea otros campos, porque la IA surgió de un campo interdisciplinar y es a partir de la interacción con otras áreas del conocimiento que se propiciaría la aplicación de soluciones en dominios sociales.

## Sergio Martínez M.

Es fundamental que la mirada sobre la educación y la formación de competencias digitales sea integral y no excluyente de la formación tradicional que tiene la ingeniería colombiana. En este contexto, hay que reforzar o en los casos que sea necesario construir unas competencias digitales transversales a todas las disciplinas de tal manera que, por ejemplo, los abogados, economistas o administradores tengan la posibilidad de aprender a

programar, diseñar aplicaciones de primer nivel o generar contenidos locales.

Esta visión también debe complementarse con la importancia de fortalecer las carreras tecnológicas, como es el caso de la ingeniería de sistemas, dado que siempre será necesario contar con el conocimiento formal, lo que va a permitir que las necesidades de niveles de programación o de solución a los retos técnicos sean soportados por especialistas. Al contar con una base de apropiación digital robusta, las oportunidades para los ingenieros de sistemas en la solución de los problemas de segundo nivel o de tercer nivel serán inmensas y una gran ventana de oportunidades en nuestro país.

Es clave que en Colombia comencemos a pensar en reformar a profundidad los esquemas educativos y en ese contexto, los niños colombianos deben adquirir conocimientos digitales desde el inicio de su ciclo de formación académica.

También considero que estas competencias digitales deben estar soportadas en una sólida formación de las ciencias básicas como las matemáticas, elemento esencial para desarrollar el marco lógico y después servir en la creación de sistemas, algoritmos o en general la programación.

Por último, hay que generar estrategias que motiven a nuestros jóve-

nes a estudiar ingeniería de sistemas, electrónica o de telecomunicaciones dado que el déficit de profesiones en estas áreas es cada día es mayor, y si no se corrige será muy difícil la inserción del país en la economía digital o de cuarta generación, toda vez que no tendremos el suficiente capital humano para suplir las necesidades que tiene y tendrá el aparato productivo de la nación.

### Hugo Sin Triana



Complementando lo que señala Sergio, se debe desarrollar en la población el pensamiento digital, que es la capacidad de absorber lo que está pasando con la evolución tecnológica, pero no solamente en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), sino también en las biotecnologías o la tecnología de materiales o neurotecnologías, entre otras, y es esa

fusión de tecnologías la que va a producir grandes cambios y grandes transformaciones. Tenemos entonces que prepararnos como sociedad para aprovechar esas oportunidades y gestionar el riesgo de lo que eso representa.

A nivel de educación avanzada, de posgrados se ha trabajado mucho y se ha logrado esa interdisciplinaria que necesitan este tipo de proyectos, yo he visto algunos en donde se trabaja desde diferentes dimensiones del conocimiento y es muy interesante, pero desde la perspectiva de lo que es la formación de base, lo que es la formación en el colegio, en la escuela, creo que nos falta muchísimo en eso. Sergio y Luis Fernando mencionaron al formulador de la política pública, y en ese sentido creo que tenemos un problema de visión a largo plazo. Se plantean y desarrollan programas de dos a cuatro años que son los ciclos políticos del país y durante esos periodos se logra hacer buenas cosas, pero con el cambio de mandatario nacional o territorial no se da continuidad a los programas exitosos ni a los programas que están sentando las bases de largo plazo. Se debe plantear política de Estado de largo plazo, y no solo política de Gobierno; hay que empezar con los niños a crearles este pensamiento digital, esa mentalidad digital, pero eso quiere decir que cuando sean jóvenes hay que continuar y hay que profundizar, y cuando ya están estudiando algún tipo de carrera hay que forta-

lecerlo y aplicarlo a diversas dimensiones socio económicas.

Pero no tenemos esa trayectoria, ese pensamiento de largo plazo, esa formulación de la política pública a largo plazo y ahí cometemos errores garrafales. Yo he estado en muchos de estos ciclos, en conectividad, en preparación de ingenieros y en otros temas, como servidor público, he tenido esa posibilidad de ver cómo es que lo hacemos mal. Por ejemplo, estamos hablando hoy de que la conectividad debe llegar a todos lados, pero eso mismo decíamos hace 15 o 20 años; es un *dejavu* total, no le damos continuidad a las políticas y ahí es donde la estamos embarrando.

### **Enrique González G.**

*De alguna forma todos vivimos también ese problema sobre qué cambia el Gobierno y entonces todo lo que hizo el anterior es malo, sin aprovechar lo bueno que había para darle continuidad. Infortunadamente, esta situación tiene que ver con la perspectiva electoral de hacer quedar mal al otro para parecer más y tener más votos.*

*En fin, yo creo en la educación; por ejemplo, ¿será que todas las personas deberían aprender a programar?; en algún momento se oyeron frases como esta para promover que todas las carreras tengan enseñanza en programación. Me pareció interesante, con una visión más amplia, que todas las carreras tengan pensamiento com-*

*putacional o mente tecnológica como lo dijo Hugo. Podría ser una forma un poco más adecuada de verlo y es una idea para pensar y desde ACIS promoverla. Podría ser interesante no que todos aprendan a programar, pero sí que todos aprendan a pensar con sentido digital y computacional, puede ser más importante sin importar su área de actuación, su profesión.*

***Pasemos a la tercera pregunta: la analítica de los datos tiene impactos positivos y negativos. ¿Están nuestras instituciones educativas en capacidad de formar profesionales que realicen un uso adecuado de los algoritmos para potenciar el desarrollo social y económico que requiere Colombia?***

### **Sergio Martínez M.**

Estoy convencido de que en el sector público la analítica de datos es el gran transformador de la gestión y será la herramienta fundamental para la transformación del Estado colombiano.

Para aprovechar este potencial considero que es importante arrancar con proyectos pilotos, controlados o en dimensiones acotadas a los retos que tienen las entidades públicas y posteriormente ampliar el alcance de estas iniciativas; por ende, será una tarea más sencilla para gestionar por parte de los administradores públicos.

En consecuencia, como ya lo indiqué se requiere transformar la edu-

cación para que se formen los profesionales especializados en analítica de datos, quienes van a solucionar los retos de política pública que tendrá la sociedad colombiana en los próximos años.

### **Hugo Sin Triana**

Nosotros si hemos visto una evolución desde la perspectiva del sector empresarial en Colombia en el uso de este tipo de mecanismos. Hay empresas que tienen mayor capacidad de inversión y han logrado crear dentro de sus organizaciones equipos de expertos, que han podido permear algo de la organización; siguen siendo de todas maneras ejercicios muy puntuales, en el sentido en que se ve beneficiado un área de la organización, pero no toda de manera transversal; eso está cambiando indiscutiblemente porque es un proceso como dice Sergio, pues no podemos tratar de agarrar todos los problemas de la organización y meterlos dentro del entorno analítico para ver qué solución.

En el sector privado he visto cosas interesantes, tanto en grandes como en medianas empresas, pero a las pequeñas les queda mucho más difícil llegar a beneficiarse de esto y ahí es donde uno podría eventualmente trabajar con clústeres de tal manera que la pequeña empresa se va beneficiando de todos estos elementos, porque hay un gran actor que jalona, cabeza del gremio o compañías que son el centro de un gran ecosistema.

En el sector público he visto también unas buenas intenciones y hay gente muy buena trabajando en el Estado, pero la aplicación es más bien poca. EL reto que plantea Sergio me parece muy interesante que por obligación todas las organizaciones tienen que abordar uno o dos problemas reales, utilizando ese tipo de técnicas, podría ser un camino adecuado, no lo había pensado la verdad. Lo que he podido ver es que el sector público está absolutamente quieto, existe la política porque están los conpes (Consejo Nacional de Política Económica y Social; existe el plan nacional de desarrollo, la necesidad de construir, pero como que no hay liderazgo al interior de las organizaciones; tal vez nos falta eso, alguien que, como Sergio dice, quiera hacer bien las cosas y sea capaz de correr el riesgo que esto representa en término de los resultados obtenidos.

Puede ocurrir, por ejemplo, que luego de hacer significativas inversiones para construir modelos analíticos avanzados, no se tengan resultados utilizables porque los datos requeridos no existen o son de muy mala calidad. Es uno de los problemas que hoy en día también enfrentan las compañías que pueden tener control de sus datos, pero para hacer estos modelos necesitan información exógena, el dato abierto de buena calidad que no está disponible, entonces hay también hay unas limitaciones en el sector empresarial.

Innovar en el Estado es complejo, porque la innovación tiene riesgos e independientemente de las medidas que se tomen siempre está presente el riesgo residual. Debemos tener esas personas capaces de correr riesgos, es una petición compleja para ciertos servidores públicos, porque es que el riesgo puede ser muy alto, pero si no corremos riesgos, no vamos a innovar y si no vamos a innovar no vamos a evolucionar, entonces en el sector público se necesita esa capacidad de innovación.

Y eso me lleva a las entidades de control, pues deben desarrollar mecanismos que permitan entender y valorar, desde la actividad de control, el riesgo de la innovación. Es muy difícil pedirle al funcionario público que se arriesgue, que innove, que tome ese reto que está planteando Sergio y le invierta una suma representativa de dinero para solucionar ese reto, y, como es un reto, puede que la solución no exista, por lo que se configuraría un posible detrimento patrimonial; eso es lo que los entes de control deben entender también para la gestión del riesgo en la innovación.

También existe la posibilidad de que los entes de control aprovechen estas tecnologías de analítica avanzada e inteligencia artificial.

Estoy seguro de que este tipo de tecnologías constituyen una gran oportunidad para optimizar su labor.

Entonces tenemos muchos elementos que son necesarios para que el sector público realmente aproveche al máximo esto, para que acelere la marcha: la política está, las buenas intenciones están allí, y sí se necesita algo de soporte normativo para poder avanzar en un proyecto de estos.

### **Luis Fernando Castillo O.**

Desde el punto de vista empresarial, yo sí he notado que las empresas se están preocupando por la captura del dato, de manera que sus procesos los puedan tener controlados, al menos tener información general o que ese dato produzca información.

Desde el punto de vista tecnológico hay un crecimiento en la incorporación de dispositivos IoT (internet de las cosas) para la captura del dato, y posterior uso de estos. Desde el punto de vista gubernamental también he notado que las políticas de open data se han ido fortaleciendo, pero siguen siendo elementos aislados sin una integración entre ellos.

Es importante estimular el uso y la explotación de datos propios para definir y hacer seguimiento a las políticas públicas que defina el Gobierno. Ahora hablamos en entornos más ambientales y sostenibles, eso es factible como una medida muy concreta para mejorar la eficiencia en políticas municipales. Sacar provecho de la información de los datos generados en el sector

público que pueden impactar la comunidad debe ser nuestro norte.

### **Jeimy J. Cano M.**

En Japón hace mucho tiempo y es un caso que fue documentado, a propósito de los temas de investigación y desarrollo, sobre el compromiso del Estado para dar solución a problemas concretos y específicos, como mencionaba Sergio.

El tema era reciclar las baterías, cualquier tipo de ellas, el reto se planteó en el año 1990 en el gobierno japonés. No tenían ni idea como lo iban a hacer, para lo cual se planteó un proyecto en este sentido.

El gobierno ordenó iniciar a recoger las pilas usadas ese mismo año, sin saber cuándo estaría listo el proceso de reciclaje. Este proceso de reciclaje tomó alrededor de 10 años su desarrollo y perfeccionamiento.

De ahí en adelante las cosas cambiaron sustancialmente, la industria creció, se reciclaron los diferentes materiales que componen las baterías, se disminuyó la contaminación por esta temática y se generaron otros efectos positivos, que de alguna manera se dieron por esa visión de largo plazo, como decía Sergio.

### **Enrique González G.**

*Existen muchos ejemplos en que los algoritmos han sido utilizados para generar inequidad, desinformación e inestabilidad en los países y a nivel global. ¿Estamos pre-*

*parados como sociedad para adoptar una postura crítica ante este tipo de usos incorrectos de la tecnología, mucho más allá de lo legal o de nuestra capacidad técnica?*

### **Hugo Sin Triana**

Definitivamente no y estamos lejos de estar listos como sociedad para tener ese criterio en la interpretación del dato, de la información o de lo que nos llega, y lamentablemente lo ve uno en las redes sociales, porque el nivel de agresividad y polarización que uno ve allí, señala precisamente que no estamos preparados como sociedad para tener ese criterio real, firme, filtrado que nos permita tomar decisiones adecuadas. He visto cómo a partir de la publicación de un dato se puede generar una polarización de extremos sin que se dé opción a la explicación o sustentación de lo publicado. Este tipo de comportamientos me mantienen alejado de las redes sociales.

### **Luis Fernando Castillo O.**

Considero dos elementos que me parecen cruciales, el primero es considerar si estamos preparados como sociedad para el uso correcto de tecnología y sobre cómo se garantiza la privacidad en el acceso a nuestros datos. El segundo aspecto tiene que ver con cómo utilizan los sistemas; es necesario implementar la evaluación de los criterios de seguridad y control de esas aplicaciones que utilizan nuestros datos, saber qué hay detrás de eso y cómo lo están usando.

### **Sergio Martínez M.**

El reto de nuestra época es la desinformación que se da a todos los niveles, tanto desde lo científico hasta lo político. Para enfrentar este reto, hay que generar los contenidos que le permitan a los agentes sociales informarse de manera adecuada y posteriormente tomar las decisiones de mejor manera.

Cuando se comienza a liberar conocimiento y comienzan a generarse contenidos por parte de la academia o la misma sociedad civil, se podrá contribuir a mejorar la información y así lograremos tener ciudadanos críticos que van a demandar conocimiento y por ende podremos sustituir los canales o redes que influyen de manera negativa en el comportamiento de las personas.

### **Enrique González G.**

Quedo con la sensación de que la palabra postura crítica no la dejamos muy en claro. Por ejemplo, hoy con tal de tener un servicio gratis todo el mundo hace clic y cede todos sus derechos, con tal de que sea gratis. Si tuviéramos un Facebook del Estado que sea gratis, pero que no abuse de nuestros datos sería buenísimo; pero eso va a ir en contra del capitalismo en el que vivimos, ¿a quién le conviene que el capitalismo no funcione? Ahí es donde falta la postura crítica, que posiblemente la podemos lograr mediante la educación, porque, en realidad, no se trata de poner leyes, regulaciones y filtros desde el Esta-

do. Por eso la aclaración cuando hice la pregunta, lo importante es que la gente sea consciente de las cosas y de esa manera ya no vamos a regalar el clic, para que hagan lo que quieran con nuestros datos, sino que lo vamos a pensar un poco más. De pronto cuando salgan ofertas y sean más respetuosos con ese tipo de información, pues vamos a escoger esas y no las otras.

Si alguien está abusando y nos damos cuenta de que está generando desinformación debemos ser capaces de vetarlo; ¿se imaginan que todo el mundo vete a uno de esos 'youtuber' perturbadores?, pues se acaba y muere en la red.

A este tipo de pensamiento es a lo que me refiero con posturas críticas y creo que es un proceso de educación; este podría ser un módulo del curso que estamos proponiendo y que todos deberíamos tener. Hay que entender el contexto digital y lo que significa el uso de estas herramientas, para ser más conscientes y poder tener esa postura crítica desde una visión de la educación. En esto también estamos en déficit.

El problema es que en el contexto en que nos encontramos, lo que produce dinero es lo importante; de ahí que, en todos los sectores (empresarial, político, religioso o de cualquier otro interés) prevalezca este aspecto sobre otros factores; generar desinformación es parte

del capitalismo salvaje que siempre hemos tenido.

En esta pregunta también nos rajamos, no estamos listos.

### **Hugo Sin Triana**

Me gustaría anotar algo sobre la privacidad de los datos que mencionaron Sergio y Luis Fernando y es que de todas maneras el concepto de privacidad ha venido evolucionando en las nuevas generaciones: privacidad versus exposición. Nosotros, nuestros padres y nuestros abuelos tenemos unos conceptos de privacidad muy rigurosos y hoy en día ese concepto de privacidad ha migrado completamente hacia una exposición excesiva, las personas publican todo en las redes, dónde estoy, qué hago, cómo tomo un vaso con agua... Este comportamiento facilita la explotación del dato privado; no somos críticos en proteger el dato privado porque ya no lo vemos privado, entonces eso también ha migrado y es parte de la evolución que tenemos que comprender.

### **Enrique González G.**

Me sumo a quienes no tienen Facebook, entré justo cuando la fundaron y una sola vez en toda mi vida he visitado dicha red, seguramente si me buscan me encuentran.

### **Luis Fernando Castillo O.**

Pero tengo una mala noticia ahora Facebook es de los viejitos e Instagram de los jóvenes. Lo que quiere decir que quienes estamos en Fa-

cebook estamos *out*. Se trata de una mentalidad distinta que se debe tener en cuenta. De ahí que a los jóvenes no les importe mucho el clic que hacen, porque mientras la gente sepa más de ellos es mejor y se sienten menos solos digitalmente.

### **Enrique González G.**

*El desarrollo de algoritmos es parte natural de la formación de los ingenieros en general. ¿Los estudiantes y profesionales son conscientes de las implicaciones e impactos éticos que tiene su trabajo soportado en algoritmos, en especial si estas herramientas no se usan correctamente?*

### **Luis Fernando Castillo O.**

Cuando entramos en consideraciones éticas, lamentablemente dada nuestra realidad como país, vemos una carencia ética en todos los niveles, lo cual implica que también en el desarrollo de nuestra profesión, como ingenieros o de los que hacen algoritmos allí, podría estar permeada por esta realidad.

Primer criterio ético que debe ser innegociable es la protección de los datos personales, y evitar la discriminación o falta de equidad por la aplicación de algoritmos en cualquier dominio.

Tal como lo indiqué al comienzo de esta charla, garantizar que el algoritmo no tenga sesgos en su diseño o en los datos que procesa, debería ser otra de las premisas.

Documentar las mejores prácticas de acuerdo con esos códigos éticos en la toma de decisiones; bajo ninguna circunstancia un algoritmo puede ser usado con implicaciones políticas, para polarizar o sectorizar a la población.

No sólo serán importantes las consideraciones técnicas en el ejercicio profesional y en la reclutación del talento humano, sino fundamentar en tales decisiones los valores éticos, para que nuestros productos tecnológicos no vayan en detrimento de la sociedad.

### **Enrique González G.**

*Enfatizo en tales asuntos y me pregunto ¿será que cuando los estudiantes salen graduados y son profesionales tienen conciencia de esas implicaciones, de esos posibles impactos? ¿O no los tienen, por más de que en la universidad nos esforcemos en enseñárselos?*

### **Sergio Martínez M.**

Sí, definitivamente la formación técnica debe estar complementada por una gran formación ética que promueva la integración de los procesos técnicos con una visión social y así asegure que las tecnologías sean el gran medio para transformar la vida de los colombianos y mejorar su bienestar social.

### **Hugo Sin Triana**

La responsabilidad desde la perspectiva de la formación que estamos dando nosotros en el aula, es poner el tema sobre la mesa y

hacer los debates y las discusiones de los aspectos éticos de lo que representa cualquier cosa, y no para que el docente oriente a una decisión o una postura de un estudiante, sino para que se tenga presente que en todo esto hay discusiones y aspectos éticos que hay que contemplar.

### Luis Fernando Castillo O.

El desafío que ahora tenemos y lo hemos discutido, no sólo es implementar aplicaciones que den solución a algún problema, sino que esa solución debe garantizar cumplir con aspectos éticos, respaldar la ética allí en esa toma de decisiones.

Esos sistemas deberían (bajo el marco de la IA, si la aplican) actuar en el entorno, en el mundo y de manera útil, poderosa y sólida para proporcionar soluciones a la sociedad.

### Jeimy J. Cano M.

Tengo un par de comentarios sobre esa pregunta. En este momento, el

Estado está trabajando en el tema de inteligencia artificial y su ética para lo cual ha convocado la misión de sabios de inteligencia artificial, lo que de alguna forma mantiene el tema sobre la mesa. Sin embargo, algunas publicaciones recientes particularmente del periodista Andrés Oppenheimer, en su libro “Sálvese quien pueda” detalla un análisis sobre cuáles son las profesiones más seleccionadas por los jóvenes en los países latinoamericanos y la balanza se inclina por las carreras de ciencias sociales.

Basado en este reporte, concluye de forma tajante este periodista que “no piensen que el próximo Steve Jobs va a ser latinoamericano”.

Así las cosas, lo importante es desarrollar una vista sociotécnica que nos permita tener una perspectiva integrada de cómo nosotros impactamos la realidad en todo lo que hacemos. Lo técnico y lo social para privilegiar el bien general sobre el bien particular. 🌐

**Sara Gallardo M.** Periodista comunicadora, universidad Jorge Tadeo Lozano. Ha sido directora de las revistas Uno y Cero, Gestión empresarial y Acuc Noticias. Editora de Aló Computadores del diario El Tiempo. Redactora en las revistas Cambio 16, Cambio y Clase Empresarial. Coautora del libro “Lo que cuesta el abuso del poder”. Ha sido corresponsal de la revista Infochannel de México; de los diarios La Prensa de Panamá y La Prensa Gráfica de El Salvador y corresponsal de la revista IN de Lanchile e investigadora en publicaciones culturales. Se ha desempeñado también como gerente de Comunicaciones y Servicio al Comensal en Inmaculada Guadalupe y amigos en Cía. S.A. (Andrés Carne de Res) y editora de Alfaomega Colombiana S.A.; asesora en escritura y producción de libros; es editora de esta revista.

# Los conflictos híbridos y el poder de los algoritmos

DOI: 10.29236/sistemas.n161a6

*Reflexiones y retos para una sociedad digital e hiperconectada.*

## Resumen

La nueva realidad de una sociedad digital y tecnológicamente modificada revela una dinámica social extendida y aumentada, capaz de cambiar y movilizar comunidades enteras para lograr cambios en las naciones. Esta realidad ahora es utilizada como pivote fundamental para crear conflictos asimétricos, diseñados para debilitar y comprometer los imaginarios y referentes de las personas, con el fin de ubicar allí agendas específicas para debilitar y desestabilizar el orden institucional. En este sentido, los algoritmos se convierten en armas de operación estratégicas e invisibles, las cuales son capaces de acelerar los procesos de transformación de tendencias y comportamientos de las personas, para cambiar la realidad de comunidades y naciones. En consecuencia, este artículo presenta una revisión básica de los conflictos híbridos y cómo los algoritmos apalancan sus acciones y objetivos, así como el detalle de los retos de ciberseguridad y ciberdefensa derivados de este nuevo escenario de confrontación.

## Palabras clave

Conflictos híbridos, operaciones cognitivas, ciberseguridad, ciberdefensa, algoritmos

## Introducción

El aumento de la conectividad y el uso intensivo de aplicaciones en el contexto digital crea un espacio de trabajo y colaboración que permite la interacción de diferentes actores en la dinámica social. Esta nueva red de relaciones sitúa, tanto a los individuos como a las organizaciones, en un escenario abierto y de tecnologías emergentes orientado a concretar iniciativas novedosas y disruptivas que cambian el *statu quo* de la práctica en diferentes sectores.

Esta mayor conectividad genera nuevos hábitos y habilidades en las personas, comoquiera que ahora pueden tener acceso a mayor información, mejores datos y abundantes comentarios sobre un tema en particular. La influencia que generan los individuos con sus publicaciones en los medios sociales crean una dinámica particular en la sociedad que ahora se movilizan por “me gusta” o “no me gusta”, revelando un nuevo escenario de tendencias y sentimientos que se traducen en comportamientos específicos individuales y comunitarios (Singer & Brooking, 2018).

La capacidad de movilizar sujetos e influir en sus decisiones, crear tendencias y persuadir a clientes se ha modernizado en el contexto de las redes sociales, creando prácticas - algunas legítimas y otras no tanto - que buscan conocer, entender y

motivar el comportamiento de las personas de formas inesperadas, con el fin de posicionar una idea, un producto, o un imaginario de manera sutil e imperceptible usando los mismos datos de la gente cuando navega por internet y, en general, cuando interactúa en cualquier medio digital, en donde sus rastros son analizados con propósitos específicos (Rose & MacGregor, 2021).

En este escenario diferentes actores de la sociedad se reinventan para trazar estrategias que permiten posicionar distinciones particulares, para lo cual se basan en el “poder” de los algoritmos, que en últimas se traduce en un uso intensivo y analítico de datos, para establecer patrones sobre gustos, preferencias, perspectivas, razones y, ahora sentimientos, y así, irrumpir en la dinámica social y cambiar su rumbo hacia agendas específicas, muchas de ellas con propósitos políticos, económicos y sociales legítimos ajustados a la Constitución y la Ley, y otros que privilegian beneficios para un particular o grupo especial con intereses poco transparentes.

En consecuencia este artículo, presenta una revisión básica de la manera como los algoritmos son usados para moldear la dinámica social, no sólo en aspectos conocidos como los hábitos de consumo o compra, sino en la transformación de los comportamientos sociales y

sus imaginarios, como una forma para debilitar una posición concreta, desvirtuar alguna tendencia o socavar el Estado de derecho de una nación y sus instituciones.

En esta línea, surgen los conflictos híbridos como esa nueva forma de confrontación que aparece por debajo del nivel de la fuerza, que actúan en la zona gris (ese espacio que media entre la competencia pacífica y el conflicto armado) y generan la incertidumbre y la desinformación como base para mantener una tensión permanente en un contexto social, siguiendo una agenda específica de un tercero, muchas veces desconocido.

### **Los conflictos híbridos**

El concepto de los conflictos ha venido evolucionando desde la forma como se crean las discordias, cómo se desarrollan los armamentos, cómo se negocian las treguas y la manera de mantener el dominio sobre un oponente. Los conflictos en sí mismos plantean situaciones hasta ahora simétricas en las que cada una de las partes involucradas desea defender su territorio o intereses, tanto como debilitar y dominar a su contraparte. En este ejercicio, que implica un desgaste natural en cada uno de los participantes, se consolida una ventaja cuando el contrario no logra descifrar su estrategia y lo mantiene confundido, engañado o distraído con eventos que no le permiten identificar la agenda de desestabilización que se ha trazado.

En el contexto de un conflicto cada uno de los participantes desarrolla y despliega capacidades claves que son la forma en la que plantean los diferentes movimientos para concretar su plan estratégico de debilitamiento de su adversario. Las capacidades utilizadas son las defensivas, ofensivas, disuasivas, diplomáticas y las de inteligencia. Cada una de ellas, tienen una especial forma de operar, y en la medida de su nivel de madurez, se podrá obtener una ventaja estratégica específica. Los detalles de cada una de ellas se enuncian en la Tabla 1.

A diferencia del conflicto regular en el que “los ejércitos regulares pertenecientes a un Estado-nación combaten de manera convencional y simétrica en frentes claramente definidos, con medios tecnológicamente avanzados para la época y sometidos a los usos y costumbres de la guerra comúnmente aceptados por los contendientes” (Colom, 2014, p.4), en el conflicto híbrido “se utilizan toda clase de medios y procedimientos ya sea la fuerza convencional o cualquier otro medio irregular como la insurgencia, el terrorismo e incluso otros más sofisticados mediante el empleo de las últimas tecnologías y en las que la influencia sobre la población resulta vital” (Sánchez, 2012, p.20-21).

Lo anterior establece que el conflicto híbrido es una forma de confrontación asimétrica e irregular que

**Tabla 1**

Capacidades claves en los conflictos

Capacidades Generales	Definición
<b>Defensivas</b>	Proteger e incrementar su posición estratégica en el dominio de operación.
<b>Ofensivas</b>	Debilitar, comprometer, dañar o dominar su contraparte.
<b>Disuasivas</b>	Desanimar a su contraparte para efectuar ataques en su contra.
<b>Diplomáticas</b>	Negociar a través de reglas y protocolos para cesar las hostilidades entre las partes.
<b>Inteligencia</b>	Recolectar y analizar información clave para generar ventajas estratégicas, tácticas y operativas frente a la contraparte.

Nota: Elaboración propia

trata de combinar distintos aspectos de los enfrentamientos cinéticos tradicionales, usando muchas de sus técnicas conocidas como la propaganda política, la inteligencia y las acciones desestabilizadoras como los ataques terroristas, con la novedad de la influencia y cambio de comportamientos de las personas a través de las redes sociales, utilizando como pivote estratégico la información, para desarrollar lo que se denomina *operaciones cognitivas* que terminen creando inestabilidad e incertidumbre en sus propios militantes, forjando un escenario de confusión y desconfian-

za que altere la institucionalidad y su dinámica interna, y por tanto, conlleve a su deterioro y degradación (Beauchamp-Mustafaga, 20-19).

En tal sentido, los algoritmos juegan un papel fundamental a la hora de entrar en la escena como “armas tecnológicas”, toda vez, que con los datos disponibles y la agenda específica es posible crear las condiciones necesarias y suficientes para que la confrontación planteada escale y avance a los niveles esperados, con el fin de posicionar un nuevo orden social, que le per-

mita al adversario concretar sus planes y lograr nuevas posiciones estratégicas que marquen la pauta en la población, más allá de lo que puedan decir o comentar las autoridades o instituciones gubernamentales.

### **El poder de los algoritmos y las operaciones cognitivas**

Como se puede observar, los algoritmos y sus capacidades analíticas especializadas son las nuevas herramientas del combate del siglo XXI, pues desde allí es posible encontrar patrones conocidos y crear nuevos, de tal forma que se posicione un mensaje en el imaginario de las personas. Algunas ideas y aplicaciones en los que los algoritmos se utilizan para concretar la modificación de los imaginarios de las personas o colectivos de personas se detallan a renglón seguido.

La *propaganda política* como estrategia tradicional utilizada en los conflictos regulares, en un escenario global e interconectado, adquiere una dimensión diferente, dado que no solamente podrá crear la inquietud y la duda entre las personas, sino que tendrá la capacidad de modificar la perspectiva de la acción humana y confundir la dinámica social basada en los fines de los adversarios. En este sentido, se presenta un resumen de las reglas propias de esta estrategia: (Blanco, 2021)

- Regla de la sorpresa - *La más eficaz mentira es una verdad a medias.*

- Regla de la simplificación y del enemigo único - *El mensaje debe ser claro y simple, asumible por todas las personas.*
- Regla de la exageración y la desfiguración - *Exagerar una noticia para obtener una ventaja política o de otro tipo.*
- Regla de la dosificación - *Mantener una presencia constante en los medios y mantener a la población en un permanente estado de excitación acumulando mensajes y acciones.*
- Regla de la orquestación - *Difundir un pequeño conjunto de ideas repetidas de forma constante y que los cambios en la comunicación no afecten el fondo de la misma.*
- Regla de la simpatía - *Las opiniones y argumentos no se combaten con la razón, sino con mensajes dirigidos directamente a los sentimientos.*

Por otro lado, podemos hablar de la *arquitectura de la persuasión*, toda una estructura conceptual que busca posicionar un mensaje que lleva a un efecto concreto en el comportamiento de la persona. Esta arquitectura se configura alrededor de una plataforma digital, cualquiera que esta sea, para conquistar una audiencia específica.

El despliegue de este ejercicio de persuasión tiene la siguiente dinámica: (Rose & MacGregor, 2021)

1. Definir la audiencia objetivo, sus características, tendencias y comportamientos.

2. Recolectar datos de la audiencia objetivo por diferentes medios (particularmente de la plataforma digital).
3. Realizar la analítica de datos en profundidad para identificar el pivote donde se puede ubicar la nueva idea o propósito.
4. Generar el mensaje personalizado con diferentes variantes que sean pertinentes para la audiencia seleccionada.
5. Configurar la logística para desplegar el (los) mensaje(s) de forma individual y personalizada que cree la sensación de confianza y calidad.
6. Amplificar el mensaje con diferentes variantes de contenido (preferiblemente de forma automática) para mantener la idea vigente.
7. Evidenciar cambios de comportamiento que sean los esperados por los adversarios.

La potencia de la aplicación de estas dos estrategias revisadas está en la mayor disponibilidad de datos expuestos por las personas, las capacidades actuales de los programas de seguimiento y el aumento del poder computacional disponible. En síntesis, las operaciones cognitivas serán cada vez más exitosas dado que hay: (Desouza et al., 2020)

- Una explosión del volumen y las diversas fuentes de datos disponibles sobre cada ciudadano.
- Un incremento de métodos computacionales emergentes para extraer información semántica,

realizar análisis de redes sociales y analizar grandes conjuntos de datos para establecer correlaciones y vínculos.

- Una creciente disponibilidad de programas abiertos y gratuitos para establecer preferencias de las personas basadas en su perfilación analítica.
- Un desarrollo acelerado de arquitecturas de persuasión que impulsan e inducen a las personas a desarrollar comportamientos específicos.
- Un diseño de campañas de modificación de conducta a gran escala y en tiempo real.

Este nuevo escenario de uso bélico de los algoritmos en el contexto de un conflicto híbrido, se realiza bajo la sombra de la dinámica social actual, que muchas veces puede llegar a ser indetectable hasta el cumplimiento de la misión que se ha trazado el adversario. Crear la confusión y la desinformación es la base para movilizar las acciones posteriores que terminen concretando los objetivos fundamentales de los conflictos híbridos: (LISA Institute, 2019)

- Erosionar la confianza de los ciudadanos en sus empresas e instituciones.
- Generar desconfianza en el sistema democrático, político y administrativo.
- Socavar la cohesión social o los modelos sociales de los Estados, de las comunidades políticas (como la UE – Unión Europea) o de las organizaciones in-

ternacionales (la OTAN – Organización del Tratado del Atlántico Norte, por ejemplo).

- Fragilizar el sistema de gestión o gobierno para que tenga menos capacidades.
- Convencer de la decadencia de un sistema político o empresarial (tanto a la población de la víctima como a su propia población).

### Los algoritmos y los retos para la ciberseguridad y ciberdefensa nacionales

Con esta nueva realidad de conflictos asimétricos e irregulares que ahora se desarrollan en medio de las dinámicas sociales e interacciones en internet, los Estados deben tomar sus precauciones para establecer acciones concretas que les permitan por lo menos entender estas confrontaciones, con el fin de encontrar las estrategias y medios más expeditos para navegar en los retos y riesgos que estos conflictos sugieren.

Generalmente los conflictos híbridos operan en lo que la literatura denomina la *zona gris*, ese espacio que media entre la competencia pacífica y el conflicto armado. Es una zona abstracta y difusa en la que el adversario busca configurar el entorno de manera acorde con su agenda e intereses, que en últimas se traduce en aumentar su cuota de poder relativo en una comunidad o nación (Jordan, 2020). Esta zona de operaciones funda un espacio de trabajo que resulta opa-

co a todas las directrices y regulaciones de los conflictos armados, dejando un sabor de “invisibilidad e impunidad” que no permite una actuación concreta por parte de los afectados.

Los algoritmos en este ejercicio de confrontación y desestabilización actual juegan un papel determinante dado que, es con datos, con posicionamiento de doctrinas particulares y acciones combinadas en el mundo real, como se logra crear las distracciones, los engaños y manipulaciones que terminan con un escalamiento del conflicto según lo tenga previsto el atacante.

De acuerdo con Jordan (2020) existen cuatro niveles de escalamiento del conflicto en la zona gris:

- Configuración del entorno:
  - Moldear el entorno para facilitar el ejercicio del poder sobre el rival. En este punto las operaciones cognitivas habilitan un espacio de modificación y manipulación que pueden llevar a la comunidad afectada al momento específico que se requiere para concretar la acción del adversario.
- Interferencia:
  - Desplegar actividades encubiertas realizadas por servicios de inteligencia o a través de terceros con el fin de dificultar la atribución, la disuasión y la respuesta. En este momento, se pueden utilizar diferentes servicios de información y monitoreo,

que con apoyo de un tercero es viable realizar una analítica especializada que termine con degradar el proceso de toma de decisiones creando polarización y desorden.

- Desestabilización:
  - Generar disfuncionalidades graves en el sistema político, social y económico del adversario, incrementando su desgaste y haciéndolo así más vulnerable a la coerción. Este es el punto para utilizar ciberataques a gran escala, afectaciones de los procesos democráticos, movilización digital de grupos políticos de oposición de carácter violento y/o revolucionario, y activación de mercenarios digital que enfilen sus baterías contra la infraestructura crítica cibernética del país.
- Empleo directo, limitado y puntual de la fuerza:
  - Materializar acciones bélicas tradicionales bombardeos a instalaciones sensibles, ataques aéreos focalizados contra objetivos específicos. En este punto las tecnologías como sistemas aéreos no tripulados (drones) se configuran en potenciales armas estratégicas que logren causar daños específicos con pocos rastros, dado la posible autodestrucción del dispositivo una vez cumple con su objetivo.

Frente a esta situación los Estados deben desarrollar estrategias es-

pecializadas frente a las capacidades desplegadas por los algoritmos y la combinación de acciones tradicionales, para lo cual es necesario concretar alianzas estratégicas que permitan avanzar en medio de la inestabilidad provocada y restaurar, hasta donde sea posible, la condición de “normalidad” que se tenía. En esta misma línea los algoritmos pueden y serán elementos fundamentales para concretar las acciones conjuntas que se logren realizar para neutralizar los efectos del conflicto híbrido que opera en la zona gris creada por el adversario.

De acuerdo con la Campaña de Desarrollo de Capacidades Multinacionales, en inglés *Multinational Capability Development Campaign* (MCDC) es posible establecer un marco de trabajo para enfrentar los conflictos híbridos. Dicho marco está asistido por tres fases particulares: (MCDC, 2019)

- Establecer los objetivos estratégicos:
  - Prevenir una agresión híbrida
  - Disuadir una agresión híbrida
  - Mantener la integridad
- Establecer los umbrales para la acción:
  - Los umbrales para la acción estarán determinados por el tipo y nivel de agresión o vulnerabilidad explotada, así como el impacto del éxito de las mismas.
- Diseñar e implementar la estrategia:

- Detectar, establecer y mantener una conciencia situacional sobre el conflicto híbrido para lo cual es necesario mantener un monitoreo permanente sobre aspectos conocidos y aplicados en este tipo de conflictos, así como descubrir aspectos emergentes que pueden llegar a comprometer la comunidad o el país.
- Disuadir, adelantar la disuasión de los ataques híbridos aplicando las condiciones y características de la disuasión tradicional, determinar los umbrales de las acciones disuasivas (comunicación, capacidad de afectación y credibilidad), encontrar un balance entre negación y sanciones, y el desarrollo de una disuasión a la medida del adversario.
- Responder, responder a los ataques híbridos implica considerar aspectos como:
  - ¿Se dará una respuesta a nivel nacional o será una acción multinacional?
  - El tipo de vulnerabilidad que se ha explotado.
  - La consideración de los riesgos por acción y no acción.
  - El nivel de poder que se tiene a la fecha.
  - El nivel de comunicación y coordinación desarrollado.

La implementación de un marco de defensa frente a los conflictos híbridos necesariamente deberá estar asistida por las capacidades de los algoritmos en muchos de sus pasos, comoquiera que la perspectiva cognitiva en la población obje-

tivo, es y seguirá siendo su fundamento. Así las cosas, en un ejercicio de acción conjunta los Estados podrán recurrir a las capacidades internacionales para articular una acción estratégica basada en una contraofensiva algorítmica que busque superar la influencia creada hasta el momento y fortalecer su práctica basada en ejercicios de simulación para crear un músculo de memoria que ofrezca las base de una respuesta conocida y articulada.

### Reflexiones finales

Los conflictos híbridos definidos como el uso sincronizado de múltiples instrumentos de poder (militares, políticos, económicos, civiles o de información) adaptados a vulnerabilidades específicas en todo el espectro de funciones sociales para lograr efectos sinérgicos representados en coerción y degradación del proceso de toma de decisiones del rival (Cullen & Reichborn, 2017), plantean un ejercicio bélico por debajo del nivel de la fuerza que determina la forma como se concreta o debilita la institucionalidad en una comunidad o país.

Comprender la dinámica de estos conflictos implica reconocer a la dinámica social en el contexto de internet, como la base de la nueva forma de manipular, confundir y modificar los comportamientos de las personas, y por lo tanto, la implementación eficiente y digital de la propaganda política tradicional

ahora en un escenario interconectado y global. De esta forma, los algoritmos se configuran como piezas claves del juego, comoquiera que habilitan el escenario de confrontación para avanzar rápidamente en su escalamiento.

Los algoritmos son la base de las operaciones cognitivas que permiten crear ambientes de información tóxica que se aprovechan de tres vulnerabilidades básicas: (Barojan, 2021).

- Las tecnológicas:
  - Sesgos en los algoritmos
  - Privacidad de los datos
  - Manipulación de las redes sociales
  
- Las cognitivas:
  - Sesgos cognitivos
  - Manejo de creencias
  - Bajo juicio crítico
  
- Las sociales:
  - Inequidad social
  - Tensiones económicas
  - Polarización política

La combinación de estas tres vulnerabilidades permite potenciar los efectos deseados por los conflictos híbridos, lo que necesariamente implica atender tres dimensiones al tiempo, creando desgaste e incapacidad de los Estados para superar los impactos de este tipo de confrontación (Jordan, 2021). En este sentido, los algoritmos y la capacidad de cómputo juegan un papel determinante para identificar tendencias y ubicar focos de expansión

de la operación cognitiva, y así aplicar con mayor claridad el marco de estratégico de defensa previamente mencionado.

Los algoritmos se convierten en piezas claves de la realidad social, económica, política, militar, tecnológica y ambiental dado su particular influencia y control de diferentes aspectos de la vida de una sociedad. Por tanto, sus diseñadores y programadores deberán salir de una realidad reducida en la que se produce una pieza de *software*, para interrogarse por las capacidades y alcances de su creación, sabiendo que hoy podrán ser utilizados para ubicar agendas con propósitos específicos o capitalizar iniciativas de orden nacional para construir mejores formas de defensa y anticipación frente a un enemigo que se esconde todo el tiempo en entre “me gusta” y los comentarios de la dinámica social digital creada por sus propios ciudadanos.

## Referencias

- Barojan D. (2021). Building Digital Resilience Ahead of Elections and Beyond. En: Jayakumar S., Ang B., Anwar N.D. (eds) *Disinformation and Fake News*. Palgrave Macmillan, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5876-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5876-4_5)
- Beauchamp-Mustafaga, N. (2019). Cognitive Domain Operations: The PLA's New Holistic Concept for Influence Operations. *China Brief*. 19(16). <https://jamestown.org/program/cognitive-domain-operations-the-plas-new-holistic-concept-for-influence-operations/>

- Blanco, J. A. (2021). ¿Son las fake news una amenaza? Global report. *Global Strategy*.  
<https://global-strategy.org/son-las-fake-news-una-amenaza>
- Colom, G. (2014). ¿El auge de los conflictos híbridos? Instituto Español de Estudios Estratégicos. *Documento de Opinión*.  
[https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_opinion/2014/DIEEEO12-2014\\_GuerrasHibridas\\_Guillem\\_Colom.pdf](https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2014/DIEEEO12-2014_GuerrasHibridas_Guillem_Colom.pdf)
- Cullen, P. & Reichborn, E. (2017). Understanding Hybrid Warfare. A Multinational Capability Development Campaign project.  
<https://bit.ly/38ohRlc>
- Desouza, K., Ahmad, A., Naseer, H. & Sharma, M. (2020) Weaponizing information systems for political disruption: The Actor, Lever, Effects, and Response Taxonomy (ALERT). *Computers & Security*. 88. 1-15.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167404819301579>
- Jordan, J. (2020). La escalada en las estrategias híbridas y en el conflicto en la zona gris. *Global Strategy*. Global Strategy Report No. 11.  
<https://global-strategy.org/la-escalada-en-las-estrategias-hibridas-y-en-los-conflictos-en-la-zona-gris/>
- Jordan, J. (2021). El conflicto en la zona gris: antagonismo por debajo del umbral de la guerra. *Global Strategy*.  
<https://global-strategy.org/el-conflicto-en-la-zona-gris-antagonismo-por-debajo-del-umbral-de-la-guerra/>
- LISA Institute (2019). Qué es la Guerra Híbrida y cómo nos afectan las Amenazas Híbridas.  
<https://www.lisainstitute.com/blogs/blog/guerra-hibrida-amenazas-hibridas>
- MCDC (2019). Countering Hybrid Warfare. *MCDC Countering Hybrid Warfare Project*.  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/784299/concepts\\_mcdc\\_countering\\_hybrid\\_warfare.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/784299/concepts_mcdc_countering_hybrid_warfare.pdf)
- Rose, J. & MacGregor, O. (2021). The Architecture of Algorithm-driven Persuasion. *Journal of Information Architecture*. 6(1). 7–40.  
<http://journalofia.org/volume6/issue1/02-rose>
- Sánchez, F. (2012). El conflicto híbrido ¿una nueva forma de guerra? En Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (2012). *El enfoque multidisciplinar en los conflictos híbridos*. Documentos de Seguridad y Defensa. No. 51. 11-21.  
<https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Enfoque%20multidisciplinar%20de%20conflictos%20hibridos.pdf>
- Singer, P. W. & Brooking, E. (2018). *Likewar. The weaponization of social media*. New York, USA: Harcourt Publishing Company. 🌐

**Jeimy J. Cano M., Ph.D, CFE, CICA.** Ingeniero y Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación por la Universidad de los Andes. Especialista en Derecho Disciplinario por la Universidad Externado de Colombia. Ph.D en Business Administration por Newport University, CA. USA. y Ph.D en Educación por la Universidad Santo Tomás. Profesional certificado como Certified Fraud Examiner (CFE), por la Association of Certified Fraud Examiners y Certified Internal Control Auditor (CICA) por The Institute of Internal Controls. Profesor Distinguido de la Facultad de Derecho, Universidad de los Andes. Es director de la Revista “Sistemas” de la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas –ACIS–.

# Cada vez más rápido

DOI: 10.29236/sistemas.n161a7

*Acelerando algoritmos con técnicas de paralelismo.*

## Resumen

El diseño de algoritmos es fundamental para la construcción de artefactos de software que son correctos y eficientes. La importancia de los algoritmos se ha visto resaltada en los últimos años, donde debido a los requerimientos de procesamiento de altos volúmenes de datos en dominios como la inteligencia artificial o el procesamiento en la nube con arquitecturas de BigData. Ya no es suficiente diseñar algoritmos con tiempos de complejidad teórica óptimos. Además, estos algoritmos deben optimizar al máximo el tiempo de ejecución de los procesos. Para responder a esta necesidad, la programación paralela se ha enfocado en el desarrollo de algoritmos que pueden ejecutar múltiples tareas de forma simultánea, cada una en una unidad de procesamiento distinta. En este trabajo, presentamos la forma de mejorar el tiempo de ejecución de algoritmos óptimos aplicando técnicas de paralelismo a los algoritmos para aprovechar al máximo las capacidades de multi-procesamiento de las máquinas modernas. Para hacer concreto este proceso, utilizamos el método de descomposición de raíz cuadrada sobre grandes volúmenes de datos. Los resultados obtenidos de nuestro experimento muestran una mejora de hasta 1.9x sobre la versión secuencial del algoritmo, confirmando los resultados teóricos del diseño del algoritmo.

## Palabras claves

Algoritmos, Paralelismo, Consultas en Rango, Descomposición de raíz cuadrada

## 1. Introducción

El diseño de algoritmos es fundamental para la construcción de artefactos de software que son correctos y eficientes. Los sistemas de software modernos (*e.g.*, sistemas de BigData o inteligencia artificial) requieren una alta capacidad de procesamiento de datos y operaciones complejas. Para poder construir estos sistemas es de suma importancia que los algoritmos utilizados sean diseñados de forma óptima (*i.e.*, en complejidad de tiempo y espacio), para si poder satisfacer las necesidades del sistema. La ley de Moore ya no es cierta. La capacidad de procesamiento de los computadores ya no se duplica cada dos años (Patterson & Hennessy, 2009). Por lo tanto, no podemos depender de las capacidades del software para lograr un mayor rendimiento de los sistemas en tiempo y espacio. En consecuencia, el uso de algoritmos óptimos ya no es suficiente para satisfacer los requerimientos de procesamiento de altos volúmenes de datos. Para alcanzar la eficiencia deseada, los desarrolladores de software deben diseñar nuevos algoritmos que puedan superar la barrera de memoria y energía existente actualmente (Wulf & McKee, 1995) (Knapp & H., 2005).

Una de las técnicas de diseño y aceleración de algoritmos que ha tomado mucha fuerza en los últimos 20 años está basada en los

modelos de programación en paralelo (Raube & Rüniger, 2013). La programación paralela es una técnica que se enfoca en diseñar algoritmos que permiten la ejecución de diferentes tareas simultáneamente. De esta manera, es posible acelerar la ejecución de algoritmos, o aumentar el procesamiento de datos (dentro del mismo tiempo de ejecución) sin requerir mayor capacidad de procesamiento, pero utilizando más unidades de procesamiento.

En este artículo exploramos la paralelización de algoritmos óptimos, ejemplificada por medio de un ejemplo concreto, la descomposición de raíz cuadrada para resolver problemas de consultas en rango. Nuestro diseño de algoritmos paralelos demuestra un beneficio de aceleración de hasta 1.97x para nuestro ejemplo concreto. Sin embargo, enfatizamos que estas técnicas son aplicables a diferentes algoritmos y los beneficios serán proporcionales dentro de otros dominios de aplicación mejorando así el tiempo de ejecución de los sistemas de software.

## 2. Descomposición de raíz cuadrada

El método de descomposición de raíz cuadrada (DRC), es un algoritmo que busca optimizar la complejidad temporal de las consultas y actualizaciones dentro de un conjunto de datos. Este tipo de proble-

mas se conocen como los problemas de consultas en rango (Yao, 1982). La idea detrás de este método es organizar los datos dentro de un arreglo, y descomponer el arreglo en bloques  $\sqrt{n}$  de tamaño  $\sqrt{n}$  donde  $n$  corresponde al tamaño total del conjunto de datos.

Como un ejemplo de DRC, consideremos un arreglo  $arr=[1,2,3,4,5,6,7]$  de nueve elementos. Vamos a ejecutar una serie de consultas y actualizaciones sobre  $arr$  basados en una operación de agregación para los elementos en un rango  $[l,r]$ , donde  $0 \leq l,r < 9$ . Para nuestro ejemplo, utilizaremos la suma (+) como función de agregación, pero otras operaciones podrían ser utilizadas.

DRC divide el arreglo  $arr$  en 3 secciones de tamaño 3 cada una, teniendo en cuenta que el tamaño  $n$  del arreglo es un cuadrado perfecto. Esta división se ve en la Figura 1. Como se muestra en la figura, el primer paso del algoritmo es utilizar la función de agregación entre todos los elementos de cada sección. Por ejemplo, la agregación del segundo bloque suma 11.

Para responder a las consultas en un rango  $l \leq r$ , existen dos casos dependiendo de los valores que tomen  $l$  y  $r$ . En el primer caso, los límites  $l$  y  $r$  corresponden exactamente a los límites de alguno de los bloques del arreglo. En ese caso, se puede resolver la consulta ejecutando la agregación para cada uno de los bloques en el rango. Por ejemplo, para resolver la consulta  $query(3,8)$  solo es necesario sumar los últimos dos bloques de  $arr$  de tal forma que  $query(3,8) = 11 + 15 = 26$ . En el segundo caso, si los valores de  $l$  y  $r$  no corresponden con los límites de algún bloque, por ejemplo en la consulta  $query(1,7)$ , debemos agregar los valores de los bloques totalmente contenidos dentro del rango, y luego debemos agregar los elementos que se encuentran fuera de esos bloques y en el rango. En nuestro ejemplo, esta consulta requiere agregar el valor del segundo bloque, 11, y operar sobre los elementos restantes de los otros bloques, el resultado se muestra en la siguiente Ecuación.

$$arr[1] + arr[2] + 11 + arr[6] + arr[7] = 26$$



**Figura 1.** Arreglo de datos a procesar por medio de consultas y actualizaciones

El Fragmento 1 de código muestra el segundo caso de las consultas para el problema de consultas en rango. En las Líneas 10-14 podemos ver el cálculo de la agregación (marcado como la función `fun` dentro del código) de los elementos de los bloques, y la agregación de los elementos fuera de estos bloques en el arreglo original.

Utilizando el método de DRC es posible mejorar el algoritmo para solucionar el problema de consultas en rango. La complejidad original del

algoritmo es  $O(n)$ , utilizando DRC, y teniendo en cuenta los dos posibles casos de consultas, es posible notar que el máximo número de operaciones a ejecutar por consulta es  $\sqrt{n}$  por lo tanto obteniendo una complejidad total para el algoritmo de  $O(\sqrt{n})$ .

### 3. Algoritmo paralelo para el método de raíz cuadrada

Tomando como base el método de DRC para los algoritmos de consultas de rango, podemos observar que la división del conjunto de da-

```
1 def query(array, chunks, l, r, fun, root, acc) do
2   tasks=[]
3   prev_root=root-1
4   chunk1=trunc(l/root)
5   chunk2= trunc(r/root)
6   case {rem(l, root), rem(r, root)} do
7     #...
8     {_,_} -> if chunk2-chunk1>1 do
9       last = root*chunk1+root-1
10      start2 = root*chunk2
11      tasks= tasks ++[operate(array, l, last, acc, fun)]
12                ++[operate(chunks, chunk1+1, chunk2-1, acc, fun)]
13                ++[operate(array, start2, r, acc, fun)]
14      IO.puts Enum.reduce(tasks, acc, fn x, acc-> fun.(acc, x) end)
15    else
16      if (chunk2-chunk1)==0 do
17        IO.puts operate(array, l, r, acc, fun)
18      else
19        last = root*chunk1+root-1
20        start2 = root*chunk2
21        tasks= tasks ++[operate(array, l, last, acc, fun)]
22                  ++[operation(array, start2, r, acc, fun)]
23        IO.puts Enum.reduce(tasks, acc, fn x, acc-> fun.(acc, x) end)
24      end
25    end
26  end
27 end

29 defp operate(array, l, r, acc, fun) do
30   Enum.slice(array, l..r)|> Enum.reduce(acc, fun)
31 end
```

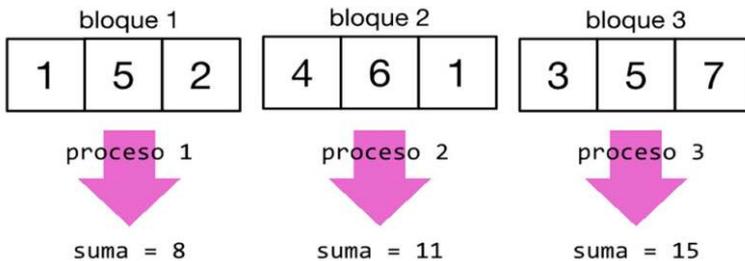
**Fragmento 1.** Consulta secuencial para DRC en Elixir

tos en bloques de tamaño  $\sqrt{n}$  expone una propiedad clave para la ejecución de algoritmos en paralelo, el paralelismo de tareas (Subhlok, Stichnoth, O'hallaron, & Gross, 1993). Es decir, al dividir el conjunto de datos en  $\sqrt{n}$  bloques independientes, tenemos la posibilidad de procesar cada uno de los bloques en paralelo. En nuestra implementación paralela de DRC, utilizamos esta propiedad en dos momentos distintos, que permiten acelerar la ejecución de las consultas.

Primero, la construcción inicial del arreglo, requiere dividirlo en  $\sqrt{n}$  bloques para luego aplicar la función de agregación para cada uno de los bloques. En nuestra implementación, estas operaciones se ejecutan en procesos (*i.e.*, hilos de ejecución o threads) independientes de forma simultánea, como se muestra en la Figura 2. para el arreglo de ejemplo presentado en la Sección 2. Paralelizando el pre procesamiento inicial del arreglo, es posible disminuir la complejidad de las operaciones ejecutadas secuencialmente (con complejidad

$O(n)$ , a el procesamiento de un solo bloque,  $O(\sqrt{n})$ .

El segundo momento en el que utilizamos el paralelismo de tareas es en el cálculo de las consultas. Como presentamos en la Sección 2, y como se muestra en el Fragmento 2 de código, el procesamiento de las consultas requiere, en el peor de los casos, la agregación de los bloques totalmente contenidos entre el rango  $[l,r]$ , la agregación de los elementos entre el límite izquierdo de la consulta y el primer bloque totalmente contenido en el rango y la agregación de los elementos entre el último bloque totalmente contenido en el rango y el límite derecho de la consulta. Este ejemplo se muestra entre las Líneas 10 y 12, donde los nuevos procesos para hacer el cálculo se lanzan por medio del llamado a `Task.async()` y el método `operate` ejecuta la agregación sobre los elementos del arreglo. Cada uno de estos cálculos requiere un máximo de  $\sqrt{n}$  operaciones y se ejecutan de forma simultánea dentro de cada uno de los procesos independien-



**Figura 2.** Paralelismo en las tareas. Tres procesos ejecutando la función de agregación simultáneamente

```

1 def query(array, chunks, l, r, fun, src, root, acc) do
2   tasks=[]
3   chunk1=trunc(l/root)
4   chunk2= trunc(r/root)
5   case {rem(l, root), rem(r, root)} do
6     #...
7     {_,_} -> if chunk2-chunk1>1 do
8       last = root*chunk1+root-1
9       start2 = root*chunk2
10      tasks=tasks++[Task.async(operate(array, l, last, acc, fun)]
11        ++[Task.async(operate(chunks, chunk1+1, chunk2-1, acc, fun)]
12        ++[Task.async(operate(array, start2, r, acc, fun)]
13      spawn(src, tasks, acc, fun)
14      {chunks, array}
15    else
16      if (chunk2-chunk1)==0 do
17        spawn_task(__MODULE__, :send, src, [{:answ, operate(array,
18 l..r, acc, fun)}}])
19        {chunks, array}
20      else
21        last = root*chunk1+root-1
22        start2 = root*chunk2
23        tasks=tasks++[Task.async(operate(array, 0, last, acc, fun)]
24          ++[Task.async(operate(array, start2, r, acc, fun)]
25        spawn(src, tasks, acc, fun)
26        {chunks, array}
27      end
28    end
29  end

31 defp spawn(src, array, acc, fun) do
32   spawn_task(__MODULE__, :send, src, [{:answ, Enum.reduce(array, acc,
33 fn x, acc-> fun.(acc, Task.await(x)) end)}}])
34 end

```

## Fragmento 2. Código paralelo para hacer consultas

temente. De esta forma, en teoría, podemos reducir el tiempo de ejecución hasta tres veces dado que se ejecutan las tres agregaciones en un mismo momento de operación.

Cabe notar que una de las condiciones para poder realizar la paralelización de esta forma, es que la función de agregación sea asociativa. De esta forma es posible operar cualquier de los resultados pre calculados, sin importar el orden en

el que sus procesos respectivos finalicen la ejecución.

## 4. Resultados

Para mostrar el beneficio del uso de la implementación paralela del algoritmo de DRC, diseñamos un experimento que consiste en realizar consultas sobre arreglos de distintos tamaños, demostrando la escalabilidad en tiempo de ejecución de nuestra implementación. Para el experimento exploramos arreglos de enteros de tamaños entre [1000,

1000000] elementos. Para cada uno de los arreglos realizamos 10 consultas del segundo tipo, donde los límites de las consultas no coinciden con los límites de los bloques.

Más aún, en nuestro experimento nos enfocamos en el peor caso de ejecución, en el cual los límites de la consulta hacen parte del primer y último bloques. Finalmente, nuestro experimento utiliza una función polinómica como función de agregación ( $fun = 5x + 2y - 1$ ), sin embargo, cualquier otra función asociativa podría ser utilizada (e.g., min, max, +, \*).

El experimento se ejecutó en una máquina con un procesador Intel Core i& de 2.8GHz con cuatro núcleos y 16GB de RAM, corriendo la versión 10.14.6 de macOS. El ambiente de ejecución esta compuesto por dos instancias de la máquina virtual de BEAM con la versión de Erlang/OTP 24 y la versión 1.12.1 de Elixir.

Haciendo un análisis de la ejecución del experimento, vemos que las consultas requieren la mayor cantidad de cálculos a realizar. Primero es necesario aplicar la función de agregación sobre los valores pre calculados entre los bloques 2 y  $\sqrt{n} - 1$ , para un total de  $\sqrt{n} - 2$  operaciones. Luego es necesario calcular los valores para los dos bloques restantes, requiriendo  $\sqrt{n} - 1$ , operaciones en cada caso (si ambos bloques son de tamaño máximo  $\sqrt{n}$ ). Luego el total de opera-

ciones requeridas en el caso secuencial es  $3\sqrt{n}$  (i.e. complejidad  $O(\sqrt{n})$ ) como se discutió en la Sección 2.

En el caso de la ejecución paralela, cada una de las tres operaciones discutidas anteriormente se puede ejecutar dentro de su propio proceso. Por lo tanto el total de operaciones observable correspondería a  $\sqrt{n}$  (con una complejidad del algoritmo de  $O(\sqrt{n})$ ); y el tiempo total correspondería a la operación más lenta ejecutando en cada uno de los procesos.

La Figura 3. muestra el resultado promedio de la ejecución de las 10 consultas (eliminando los valores atípicos causados por el warmup del sistema) de nuestro experimento. Los resultados obtenidos confirman los resultados analíticos descritos anteriormente. Como es posible ver de la figura, la ejecución en paralelo presenta un mejor rendimiento (en tiempo de ejecución) que el caso en que la ejecución es secuencial. La aceleración promedio en la ejecución de cada consulta, siguiendo la ley de Amdhal (Rodgers, 1985)  $\overline{Speedup}(n) = \frac{T(1)}{T(n)}$ ,  $n = 4$ , es de 1.09x, con una aceleración máxima de 1.97x.

Como podemos ver, la aceleración obtenida experimentalmente es menor que la aceleración teórica. La razón del comportamiento sub-optimo de los algoritmos paralelos, es el costo de generar y sincronizar los procesos.



**Figura 3.** Comparación de tiempo de ejecución entre la versión secuencial y paralela del algoritmo de DRC

## 5. Conclusión

Actualmente ya no es posible depender del hardware para escalar las operaciones ejecutadas por un sistema de software. Es imperativo desarrollar las técnicas que nos permitan mejorar el rendimiento de los sistemas de software modernos. Este trabajo muestra técnicas de computación en paralelo para mejorar la complejidad espacial y temporal de algoritmos óptimos. El objetivo de la aplicación y el diseño de nuevos algoritmos paralelos es incrementar el rendimiento, en tiempo de ejecución de los sistemas de software, para así poder satisfacer los requerimientos de procesamiento (volumen de datos a procesar y restricciones temporales) que imponen los sistemas de software moderno. La necesidad

de aplicar estas técnicas para diseñar nuevos algoritmos responde lograr sobrepasar los límites de memoria y energía que presentan los procesadores actuales.

Los resultados de nuestro trabajo muestran inclusive que, partiendo de algoritmos óptimos y utilizando técnicas de programación en paralelo es posible acelerar el tiempo de ejecución de dichos algoritmos, en especial cuando se trata del procesamiento de grandes volúmenes de datos, como por ejemplo en el caso de aplicaciones de BigData o inteligencia artificial. Como conclusión de nuestro trabajo resaltamos el importante rol que juegan los algoritmos para satisfacer los requerimientos de los sistemas de software.

## Referencias

- Raube, T., & Rünger, G. (2013). *Parallel Programming*. New York: Springer Heidelberg.
- Yao, A. C. (1982). Space-time tradeoff for answering range queries (Extended Abstract). *Proceedings of the Fourteenth Annual ACM Symposium on Theory of Computing* (págs. 128--136). San Francisco, California, USA: ACM.
- Patterson, D. A., & Hennessey, J. L. (2009). *Computer Organization and Design*. Morgan Kaufmann.
- Knapp, S. N., & H., J. W. (2005). SE2 when processors hit the power wall (or "when the CPU hits the fan"). *IEEE International Digest of Technical Papers. Solid-State Circuits Conference* (págs. 16-17). San Francisco: IEEE.
- Wulf, W. A., & McKee, S. A. (1995). Hitting the Memory Wall: Implications of the Obvious. *SIGARCH Computing Architecture News*, 20-24.
- Subhlok, J., Stichnoth, J. M., O'hallaron, D. R., & Gross, T. (1993). Exploiting task and data parallelism on a multicomputer. *ACM SIGPLAN symposium on Principles and practice of parallel programming* (págs. 13-22). ACM.
- Rodgers, D. P. (1985). Improvements in multiprocessor system design. *ACM SIGARCH Computer Architecture News*, 225-231. 🌐

**Juan Felipe Ramos.** *Juan Felipe Ramos es Ingeniero de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes. En la actualidad trabaja para el start-up Preki.*

**Juan Sebastián Gómez.** *Juan Sebastián Gómez es Ingeniero de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes. En la actualidad trabaja para el start-up Cleverlynk.*

**Nicolás Cardozo.** *Nicolás Cardozo es Profesor Asistente de la Universidad de los Andes desde el 2016. Especializado en el desarrollo de lenguajes de programación. Doctor en ingeniería de la Université Catholique de Louvain, Bélgica 2013 y doctor en ciencias de la Vrije Universiteit Brussel, Bélgica 2013; Maestro en ciencias de la Vrije Universiteit Brussel, Bélgica 2009; Ingeniero de sistemas y computación y Matemático de la Universidad de los Andes, 2008.*

# ¡ESCRÍBANOS!

## REVISTA SISTEMAS

Asociación Colombiana de Ingenieros de  
Sistemas (ACIS)

Diríjase a la editora de la revista:

**Sara Gallardo M.**

[saragallardo@acis.org.co](mailto:saragallardo@acis.org.co)



Calle 93 No. 13-32 Of. 102

Bogotá, D.C.

[www.acis.org.co](http://www.acis.org.co)