

*Edición Especial*

REVISTA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE



# Bits DE CIENCIA

EDICIÓN N°20 | SEGUNDO SEMESTRE 2020

## PANDEMIA Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Datos y pandemia  
en Chile  
/ Jorge Pérez

Desafíos de la enseñanza y  
aprendizaje en la educación  
superior postpandemia  
/ Magdalena Claro

Aplicaciones de trazabilidad como  
apoyo a la gestión de la pandemia  
/ Alejandro Hevia, Alejandro Jara, Alejandro Jofré,  
Alejandro Maass, Pablo A. Marquet, Diego Seco

# Contenidos

## Pandemia y transformación digital

1

### Editorial

/ Federico Olmedo

2

### Gobernar el nuevo mundo de los datos

/ Claudio Gutiérrez

8

### Datos y pandemia en Chile

/ Jorge Pérez

14

### Las aplicaciones de trazabilidad de contactos y notificación de exposición como apoyo a la gestión de la pandemia

/ Alejandro Hevia, Alejandro Jara, Alejandro Jofré, Alejandro Maass, Pablo A. Marquet, Diego Seco

24

### Entrevista a Marcelo Arenas

/ Federico Olmedo, Ana Martínez

30

### Transformación digital: una revolución con sentido

/ Leonardo Soto, Francisco Otundo

38

### Desafíos de la enseñanza y aprendizaje en la educación superior postpandemia

/ Magdalena Claro

44

### Las conferencias científicas en la era de la pandemia

/ Gonzalo Navarro

48

### Análisis de Internet en pandemia

/ Javiera Bermúdez, Javier Bustos, Maite González, Diego Madariaga, Javier Madariaga, Gabriela Mendoza, Alonso Reyes, Juan Manuel Sáez, Lucas Torrealba, María José Vilches



#### COMITÉ EDITORIAL

María Cecilia Bastarrica  
Claudio Gutiérrez  
Alejandro Hevia  
Ana Gabriela Martínez  
Jorge Pérez  
Jocelyn Simmonds

#### EDITOR GENERAL

Federico Olmedo

#### EDITORIA PERIODÍSTICA

Ana Gabriela Martínez

#### EQUIPO DCC

Paulette Filla  
Karin Riquelme

#### DISEÑO

Puracomunicación

#### FOTOGRAFÍAS E IMÁGENES

Comunicaciones DCC

Revista BITS de Ciencia del Departamento de Ciencias de la Computación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile se encuentra bajo Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir-Igual 3.0 Chile. Basada en una obra en [www.dcc.uchile.cl](http://www.dcc.uchile.cl)



#### Revista Bits de Ciencia N°20

ISSN 0718-8005 (versión impresa)  
[www.dcc.uchile.cl/revista](http://www.dcc.uchile.cl/revista)  
ISSN 0717-8013 (versión en línea)

#### Departamento de Ciencias de la Computación

Avda. Beauchef 851, 3º piso,  
edificio norte. Santiago, Chile.  
837-0459 Santiago

[www.dcc.uchile.cl](http://www.dcc.uchile.cl)

56 22 9780652

[bitsdeciencia@dcc.uchile.cl](mailto:bitsdeciencia@dcc.uchile.cl)

/dccuchile

*El contenido de los artículos publicados en esta Revista, son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no reflejan necesariamente el pensamiento del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile.*



# Editorial

**FEDERICO OLMEDO**  
Editor General  
*Revista Bits de Ciencia*



Sin duda, la pandemia por el COVID-19 nos ha tomado por sorpresa y nadie esperaba que pudiese afectar la vida de todxs de la forma en que lo ha hecho. Ha mostrado lo vulnerable que seguimos siendo como sociedad y ha causado un daño irreparable a muchísimas personas.

De manera paralela, la pandemia nos ha impuesto una cantidad enorme de desafíos científico-tecnológicos de la noche a la mañana y ha traído a (re)flotear un número de preguntas que se vuelve indispensable abordar a la brevedad. Es por eso que hemos decidido lanzar otro número especial de la Revista, esta vez dedicado enteramente a la pandemia y al proceso de transformación digital que ésta desencadenó.

Discutiremos el rol que el manejo de los datos ha tenido en la gestión de la pandemia, analizaremos qué hemos apren-

dido de esta experiencia y argüiremos la necesidad de una gobernanza de datos integral y transversal.

Analizaremos también los distintos procesos de transformación digital que estamos viviendo a causa de la pandemia. Abordaremos, por ejemplo, los desafíos que ha impuesto migrar a una educación online, a una banca remota o a congresos virtuales. Finalmente, trataremos de responder hacia dónde debería estar dirigida una revolución digital inclusiva y efectiva para todxs, y de qué manera la pandemia ha afectado los patrones de uso de Internet de nuestrxs estudiantes.

Esperamos que disfruten de este especial de la Revista y que cerremos el año de la mejor manera posible. Cualquier consulta o sugerencia, no duden en escribirnos a [bitsdeciencia@dcc.uchile.cl](mailto:bitsdeciencia@dcc.uchile.cl). ■



# Gobernar el nuevo mundo de los datos





**CLAUDIO GUTIÉRREZ**

Profesor Titular del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile. Investigador Senior del Instituto Milenio Fundamentos de los Datos. Licenciado en Matemáticas por la Universidad de Chile y Ph.D. Computer Science por la Wesleyan University. Líneas de investigación: fundamentos de los datos, bases de datos, lógica aplicada a la computación, semántica de la Web.

[cgutierrez@dcc.uchile.cl](mailto:cgutierrez@dcc.uchile.cl)



**RESUMEN:** Gobierno, gobernanza, datos. Tres nociones tan lejanas a nuestra experiencia diaria que intuyo que el grueso de los lectores dirá: "No me interesan esas divagaciones inútiles" y llegará hasta aquí. Antes, permítanme listar las conclusiones, cuyo argumento para cada uno de sus puntos desarrollare en este artículo.

Primero, los datos han pasado a constituir elementos fundamentales del mundo en que vivimos (esto significa que no podemos soslayar su presencia). Segundo, éste es un fenómeno nuevo, en el sentido que los marcos organizativos, sociales y políticos con que abordamos el mundo material se hacen insuficientes para abordarlo. Tercero, lo anterior repercute en muchas facetas de nuestra vida: relaciones sociales, educación, industria, comercio, salud, política, etc. Por todo lo anterior, y éste es el objetivo del artículo, se hace necesario determinar cómo decidiremos como sociedad la manera cómo abordaremos este nuevo mundo de los datos, esto es, su gobierno y gobernanza.

## Introducción: el abordaje de los datos hoy

Estamos viviendo una época donde existe una capacidad tecnológica tan grande para capturar datos, almacenar datos, procesar y transformar datos, comunicar datos, analizar datos, que los datos se han transformado en una mina de oro para los "emprendedores". Hoy es moda hablar de *big data*; florecen los emprendimientos de datos; estamos llenos de diplomados y magíster en "*data science*"; quien quiera tener un trabajo decente, en casi en cualquier área debe incluir en su CV una línea que indique que tiene experiencia en el mundo de los datos.

La aproximación a los datos ha sido hasta hoy muy similar a la conquista de las riquezas de América, el *rush* del oro en California, o el petróleo en el medio oriente. Una carrera por un bien "*natural*" que está ahí y hay que "explotar". Quien lo haga primero, de la manera más eficiente, "triunfa" (como las hoy empresas más rentables Google, Amazon, Facebook, Microsoft, etc.). El resto funcionamos como materia prima.

En este cuadro uno puede hacerse unas preguntas aparentemente ingenuas, motivadas por otras explotaciones intensivas de materias primas. ¿Es infinito ese recurso? ¿A quién pertenece? ¿Quién lo regula? ¿Es sustentable? ¿Puede provo-

car daños? ¿Cómo nos afecta su desarrollo? etc. Todas preguntas que tienen que ver con lo que se conoce como "gobierno" o "gobernanza".<sup>1</sup> Estas cuestiones no han importado hasta ahora mucho a esos conquistadores de la riqueza de datos.

Pero son preguntas muy relevantes a la hora de abordar una actividad que parece tomar autonomía como los productos del hechicero de la leyenda. Pero, aclaro inmediatamente, el problema con los datos es mucho más fundamental que los grandes temas de explotaciones del petróleo, de los bosques, el mar o la energía nuclear, que giran en torno a la responsabilidad social. El gran tema de fondo con los datos no trata sólo, ni fundamentalmente, de que la falta de escrúpulos con un recurso lo podría acabar (como el petróleo, los bosques o los peces) o podría producir daños a la humanidad (como la energía nuclear o los plásticos). Esos son problemas importantes. Pero tenemos aquí otro problema, de órdenes de magnitud más complejo, que es el que quiero presentar en este artículo.

Resumo la tesis en un párrafo: los datos han pasado a ser parte sustancial del ecosistema que nos conforma como humanos (a diferencia del petróleo, de las mineras, de los bosques, las energías). Su poder incide sobre la cultura; sobre las instituciones; en la organización económica, social y política; en la educación y

en los hábitos; y finalmente, algo no menor, en los instintos y la biología de los humanos. Esto pues, los datos son lejos algo que va más allá de una simple materia prima a explotar, o de marcas y signos de fenómenos a manipular. Aclarar que hay datos y datos. Hasta ayer, los datos que lográbamos recolectar eran datos "*inofensivos*": pocos, irrelevantes, estáticos y monolíticos (cartas, llamadas telefónicas, fotografías, periódicos, libros, estadísticas varias, etc.). Hoy todo ello y miles de otras facetas nuestras y de la naturaleza, están en modo virtual. Y cada día con más alcance. Tenemos prácticamente una copia virtual (digital) de nuestro viejo y querido mundo material. Y además, las herramientas para jugar con él y transformarlo y experimentar a nuestro gusto. Por eso necesitamos que, cada una y cada uno de nosotros, entre todos, como sujetos, podamos decidir en cada momento qué hacer con ellos.

## De la administración al gobierno de los datos

Hay varias disciplinas que históricamente se han preocupado de los datos. Ellas ejemplifican de muy buena manera los enfoques tradicionales hacia los datos. La *estadística* analiza datos. Usa datos como entrada y su tarea es estudiarlos,

1 | Desde hace algunos años, las nociones "gobierno" y "gobernanza" tienden a oponerse: el término "gobierno" es reservado al viejo poder jerárquico, a la autoridad del Estado y a las concepciones centralistas, en tanto que, la "gobernanza" sugiere una nueva modalidad, horizontal, de la gestión del poder [1, 2].



analizarlos, etc. Sus productos estrellas son técnicas y métodos para recolectarlos de manera que tengan validez; para hacer inferencias a partir de ellos, etc. La disciplina de *bases de datos* históricamente se ha preocupado del almacenamiento, preservación, seguridad y disponibilización de los datos, y de la manera de consultarlos eficientemente. Sus productos estrellas son algoritmos y software para lograr eso. *Sistemas de información* (bibliotecología) se preocupa de estructurar los datos en su faceta semántica. Organizarlos y disponibilizarlos de acuerdo a las temáticas que involucran y los intereses de los usuarios. Finalmente, en *administración* (gestión) de datos, la idea es diseñar los procesos y flujos organizacionales para que la información circule de manera fluida en la organización o la empresa.

Todas ellas asumen los datos como datos, como recursos (naturales o producidos por los humanos), y trabajan a partir de su recolección. Como tradicionalmente los datos eran tratados como materias primas o como documentos de bóveda, había habido escasa o nula preocupación por el destino y el carácter de ellos. Los datos simplemente eran mudos y —literalmente— invisibles materiales de apoyo para el análisis y la toma de decisiones. Incluso muchas de las disciplinas de punta hoy, como *big data analytics*, *AI* y *machine learning* siguen esa lógica.

Cuando las personas, las redes sociales, el espacio público, las instituciones, las empresas, los gobiernos, comienzan a llenarse de datos (imágenes, sonido, videos, documentos, mensajes, señales de sensores, etc.), entonces comienza a aparecer el gran tema de cómo abordar nuestra relación con esas partículas que nos rodean e invaden. Y surgen las preguntas: ¿Quién es dueña o dueño de los datos y qué derechos le da esa propiedad? ¿Quién está autorizada o autorizado para recolectar esos datos y quién para usarlos? ¿Qué reglas existen para agregar a partir de, y usar, esos datos? ¿Cuáles son las reglas para los derechos sobre los productos de esos datos? etc.

Un dramático ejemplo de este hoyo negro es el que ocurrió con los datos de la pandemia. Ninguna de esas preguntas estaba clara. Es un caso de texto de ausencia completa de políticas de gobernabilidad de datos. Los ministros involucrados (Salud y Ciencia y Tecnología) entendían los datos del COVID como en el siglo XIX se entendía un reporte experimental, esto es, como un tesoro a resguardar del resto. No había ninguna claridad ni iniciativa sobre su destino, sobre quién y cómo accederlos, cómo enriquecerlos, cómo mejorar su recolección. Ningún esfuerzo de anonimización, y gran confusión sobre quiénes eran las y los titulares y qué derechos tenían sobre ellos. Suma y sigue. Ante este temor al vacío, se optó por mantenerlos encapsulados, embodegados, al margen de todo uso, salvo de quien en ese momento tenía el poder. (Y *bonus track* en el caso chileno: manipulación y engaño, aprovechando que nadie más tenía acceso a ellos).

Tener respuestas claras a esas preguntas y muchas otras significa tener políticas de gobierno (o gobernanza) de datos. Porque de aquí en adelante, los datos serán siempre parte de nuestro hacer. Nos interesa presentar aquí la dimensión pública del problema (el que más urge en mi opinión). Pero es importante aclarar: lo que desarrollaremos no importa sólo a aquel (hoy aún pequeño y extraño) grupo que se preocupa de los bienes públicos, de las políticas públicas. Estas preocupaciones que he indicado a nivel global, tienen carácter fractal: al interior de las organizaciones y empresas ocurre el mismo fenómeno, y a nivel de las personas también [3, 8].

## Los diferentes niveles de gobierno de datos

Decíamos que, históricamente, las disciplinas que tenían que ver con datos estaban centralmente preocupadas de su gestión y administración. La diferencia crucial entre administración/gestión y gobierno, es la que hay entre medios y



**Figura 1.** Ciclo de los datos.

fines, entre el ¿cómo? y el ¿para qué? y ¿hacia dónde? Como tradicionalmente los datos fueron esencialmente medios para tomar decisiones, los fines se subentendían. Ayer los datos sustentaban una investigación, un juicio, una afirmación; hoy los datos direccionan actividades humanas. Las compañías de redes sociales las usan para redireccionar a las personas y a la política; las compañías de juegos a la vida de los jóvenes; los gobiernos a los ciudadanos; las empresas a sus clientes; etc. Entonces se hacen relevantes las preguntas sobre qué hacer con los datos y quién lo decide, esto es, preguntas sobre su gobierno.

Antes de entrar en esas preguntas, recordemos esquemáticamente el ciclo de los datos, donde destacaremos cuatro hitos (ver Figura 1): generación o producción, almacenamiento, análisis y procesamiento, y utilización y consumo.

Estos hitos gruesos nos ayudarán a formular preguntas relevantes que surgen en el gobierno de datos y a reflexionar sobre quiénes debieran decidir sobre sus respuestas. Dejamos abiertos a la reflexión ambos temas, pues el objetivo de este artículo es simplemente despertar el interés de los y las lectoras por estos asuntos que hay que resolver en comunidad.



#### A. Datos personales (privacidad, propiedad, exposición)

Tradicionalmente, el acercamiento a los datos por parte del ciudadano común es el de un consumidor, especialmente de datos procesados en formato de información (o conocimiento en menor medida). Con el advenimiento de aparatos digitales diversos, comienza a recibir datos directamente (sin pasar por el sistema de significación) y hoy también se ha convertido en un productor de datos. El almacenamiento, que tradicionalmente era local (y luego subentendía la propiedad de los datos) comienza a ser un tema. Lo mismo el análisis, debido al uso de herramientas y software externos.

Entonces aparece la responsabilidad de gobernar, esto es, de dirigir ese flujo de recepción y envío de datos. Algunas preguntas que ayudan a conformar esas necesarias decisiones: ¿Qué datos produzco? ¿Qué datos consumo? ¿Qué y cómo interpreto datos que recibo? ¿Qué datos comunico? ¿A quién? ¿Qué nivel de exposición y privacidad quisiera? ¿Dónde, cuándo y cómo almaceno mis datos? ¿Qué propiedad tengo sobre ellos?, etc.

#### B. Datos en el espacio público

La creación de un espacio público (una plaza pública) de datos es algo que comienza a instalarse con la Web. Nuestra interacción a distancia con otras personas, con instituciones, con aplicaciones diversas, levanta los temas de privacidad, de propiedad, y de otros derechos. Ya no son sólo mis datos, sino que es mi "contribución" a estadísticas, a facetas del mundo.

Surgen las preguntas: ¿Cuáles son los temas de salud mental y conformación de identidad para los jóvenes? (tanto de la vigilancia del sistema como de su involucramiento en redes sociales). ¿Cómo proteger a las personas más vulnerables? ¿Cómo compatibilizar la necesaria vigilancia –por ejemplo contra el crimen– con la libertad de las personas? ¿Cómo regular mensajes políticos y la propaganda? Aquí es donde

*La aproximación a los datos ha sido hasta hoy muy similar a la conquista de las riquezas de América, el rush del oro en California, o el petróleo en el medio oriente. Una carrera por un bien "natural" que está ahí y hay que "explotar".*

se ajusta de muy buena manera el enfoque de los comunes (*commons*) para estos datos. Son espacios que necesitamos cuidar. Como escriben Heiss y Ostrom:

"Las preguntas esenciales de cualquier análisis de comunes son inevitablemente sobre equidad, eficiencia y sustentabilidad. La equidad refiere a asuntos de apropiación justa o igual, y contribución a, el mantenimiento de un recurso. La eficiencia habla de la producción, gestión y uso óptimo de los recursos. La sustentabilidad mira los resultados sobre el largo plazo." [4]

#### C. Gobierno de datos en empresas y organizaciones (gestión, gobernanza, socialización, ética)

Éste es un tema que ha generado mucha literatura en la última década. En las empresas es donde el nuevo rol que juegan los datos aparece más ligado a lo inmediato. En esta área es donde se acuña también la expresión "gobernanza" por oposición a "gobierno" (que sugiere algo más jerárquico), indicando con esto que las partes interesadas e involucradas son muchas, pues los datos están en todas partes (ésta es su novedad, que establece su complejidad, valor y genera los riesgos).

La gobernanza de datos en la empresa abarca decisiones sobre: la gente que es responsable por la calidad de los datos; las políticas y procesos asociados con la recolección, gestión, almacenamiento y reporte de los datos; y por supuesto, los sistemas tecnológicos que apoyan y proveen infraestructura para ellos. Aparecen en esta lógica cinco grandes dominios de toma de decisión en TI: principios; arquitectura; infraestructura; necesidades de aplicaciones comerciales; e inversión y

priorización. Éstos llevan a cinco dominios interrelacionados de toma de decisión: principios de datos, calidad de datos, metadatos, acceso de datos y el ciclo tradicional de datos [5, 6].

#### D. Gobierno de datos a nivel país (economía, política, soberanía, ética)

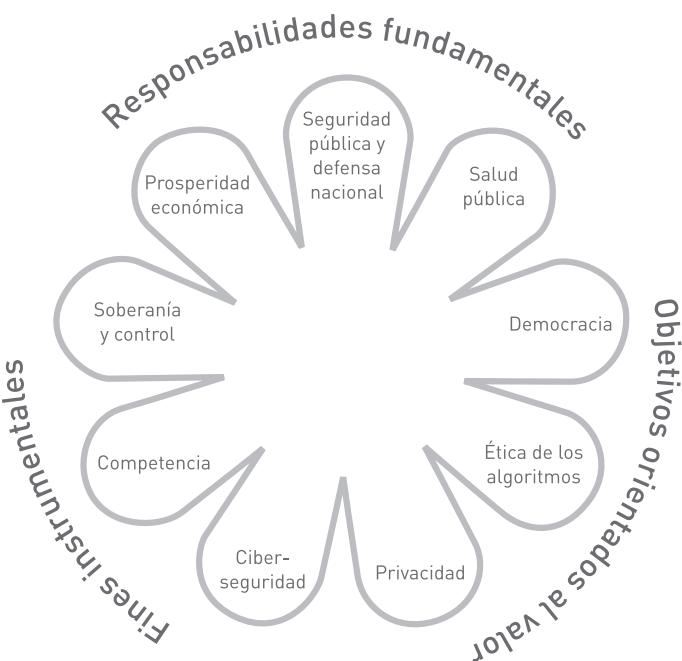
Éste es un tema muy reciente. Seguimos el enfoque del Centro Internacional para la Innovación en la Gobernanza de Canadá [7]. Allí se plantea que cualquier estrategia nacional de datos debe abordar tanto las dimensiones económicas como las no-económicas del aprovechamiento de los datos masivos (*big data*). Esto involucra numerosos objetivos que deben balancearse. Entre ellos: cosechar las ganancias de las potencialidades económicas de los datos; respetar, y realzar, sus elementos de privacidad fundamentales; preservar una sociedad abierta y la democracia; mantener la seguridad pública; desarrollar las instituciones (como redes de información y procesos de gobernanza) que mantienen o realzan la identidad del país; y preservar la soberanía del país (ver Figura 2).

#### E. Gobierno de datos internacional

Éste es un tema de alta relevancia que comienza a surgir con los conflictos entre Estados y grandes compañías. Pero eso es sólo la punta del iceberg de este nuevo espacio que se está instalando, donde realmente se juega el fondo de lo que estamos tratando. Los datos tienen la capacidad de sortear fronteras materiales, y de desestructurar el tiempo tradicional. Eso los hace muy apetitosos para algunos (las compañías transnacionales y el capital global) y muy complejos para los Estados tradicionales.



**Cualquier estrategia [de gobierno de datos a nivel país] debe abordar tanto las dimensiones económicas como las no-económicas del aprovechamiento de los datos masivos.**



**Figura 2.** Algunas de las principales dimensiones de un marco de datos país.

Fuente: Jim Balsillie.

## A manera de conclusión

La metáfora que los datos son el nuevo petróleo es muy limitada. El petróleo incide sobre el medio ambiente; los datos son parte del ecosistema humano, luego permiten incidir sobre el humano mismo directamente. Como escribe R. Medora, los datos "ejercen una única, perdurable y potente influencia sobre las vidas individuales, sobre las relaciones sociales, sobre la sociedad y el país" [7].

Por ello la responsabilidad sobre los datos no termina nunca. Comienza con las definiciones sobre su recolección; sigue con las maneras, lugares y tiempos de almacenamiento; continúa con los alcances de su agregación, procesamiento y análisis; y vuelve al ciclo con sus usos, transferencias y exposición. Así los datos redefinen el ambiente, nuestro hacer, crean un mundo nuevo.

Un mundo nuevo, creado por nosotros, que hay que aprender a gobernar si no queremos que quienes tienen hoy poder sobre el ciclo de los datos lo hagan a su manera, tomando sobre nuestras vidas decisiones que corresponden determinarlas soberanamente a cada país, a cada comunidad, a cada persona. ■

## REFERENCIAS

- [1] Dany-Robert Dufour. Gobernanza Versus Gobierno. Cuadernos de Administración, Universidad del Valle, no. 41, enero-junio, 2009.
- [2] Renate Mayntz. "From Government to Governance: Political Steering in Modern Societies". *International Summer Academy, From Government to Governance: The Case of Integrated Product Policy*. Alemania. Septiembre, 2003.
- [3] Anne Young y Kevin McConkey. Data governance and data quality: Is it on your agenda? *Journal of Institutional Research*, vol. 17, no. 1, p. 69–77. 2012.
- [4] Charlotte Hess y Elinor Ostrom. *Understanding Knowledge as a Commons From Theory to Practice*. Introduction, p. 6. MIT Press. 2006.
- [5] Vijay Khatri y Carol V. Brown. "Designing data Governance". *Communications of the ACM*, vol. 53, no. 1. Enero, 2010.
- [6] Ibrahim Alhassan, David Sammon y Mary Daly. "Data Governance Activities: An Analysis of the Literature". *Journal of Decision Systems*. vol. 25, no. 1, p. 64–75. 2016.
- [7] Rohinton P. Medhora. "Data Governance in the Digital Age". Centre for International Governance Innovation. Data Governance in the Digital Age. [www.cigionline.org](http://www.cigionline.org). p. 2–5. 2018.
- [8] Rene Abraham, Johannes Schneider y Jan vom Brocke. "Data Governance: A Conceptual Framework, Structured Review, and Research Agenda". *International Journal of Information Management*. vol. 49, p. 424–438. 2019.



# Datos y pandemia en Chile





Foto:IMFD

### JORGE PÉREZ

Profesor Asociado del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile e Investigador del Instituto Milenio Fundamentos de los Datos. Sus intereses incluyen: datos Web, teoría de redes neuronales profundas, y el análisis de texto en medicina y política. Ha publicado en eventos como SIGIR, SIGMOD, VLDB, WWW, ICLR, IJCAI y NeurIPS. Su trabajo ha recibido el premio al mejor artículo en cinco conferencias internacionales. En Twitter lo encuentras como @perez.



Desde la llegada de la pandemia del COVID-19 a nuestro país, la relación entre datos, información oficial, y decisiones técnicas y políticas fue tensa. Llegamos al punto que, al momento de escribir este artículo, las autoridades a cargo de las decisiones iniciales respecto de la pandemia se encuentran enfrentando una investigación de la fiscalía nacional. La razón de la investigación es su presunta responsabilidad en muertes por COVID que podrían haberse evitado. La arista principal de esta investigación es un posible ocultamiento de información clave que habría impedido la toma de decisiones correctas y oportunas. Independiente del desenlace de esta investigación, el hecho es que tanto desde el punto de vista técnico como político, el manejo de la información durante la pandemia ha dejado mucho que desear.

En este artículo me centraré principalmente en cómo la información en torno al COVID ha moldeado las acciones de la autoridad y del mundo científico. Éste es un relato bastante personal y subjetivo a partir de mi experiencia "metido en los datos" de COVID desde marzo de 2020. El objetivo del artículo es principalmente entender qué aprendizajes podemos sacar de las situaciones desde el punto de vista técnico de cara a lo que todavía nos

*Como es la autoridad la que decide qué cuenta, es muy tentador dejar datos fuera de estos conteos si no se alinean al discurso político oficial.*

espera en esta pandemia. Pero no es sólo la pandemia actual y sus repercusiones, de este episodio también podemos obtener aprendizajes importantes para situaciones similares que se podrían dar en el futuro. Dado lo personal del relato, invito al lector a contrastar lo que acá expongo con hechos y opiniones de otras fuentes.

## Cifras versus datos desagregados: desechando la oportunidad de cooperar

Los estamentos técnicos del Ministerio de Salud de Chile tienen una larga tradición de uso y publicación de datos clínicos estadísticos. En marzo de 2020, el Departamento de Epidemiología y el Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS) tomaron el control de la comunicación de la información relacionada con la pandemia. Crearon un sitio web en donde comenzaron a publi-

car información detallada de cada caso de COVID en Chile, incluyendo la edad, sexo, lugar de atención, y comuna de residencia de cada persona contagiada, además de una indicación de la severidad en la que estaba afectada su salud a causa del COVID. Si bien la publicación no era óptima (los datos se entregaban en un documento en formato pdf<sup>1</sup>), los datos estaban disponibles y varios comenzamos a recopilarlos pues entendíamos que serían valiosos en el corto plazo. Este tipo de publicación es lo que la gente de computación e informática llama "datos desagregados" (también llamados "microdatos" en el área de estadística y economía).

Lamentablemente esta apertura duró sólo unos pocos días. Desde el 18 de marzo de 2020, los datos pasaron a publicarse en forma "agregada" en una tabla que indicaba sólo la cantidad de contagiados por región. Pasamos de contar con datos detallados para tomar decisiones y hacer proyecciones, a contar con cifras macro que esencialmente permiten hacerse una idea global de la situación. Aún no está claro por qué se decidió cambiar la forma de publicación, pero el hecho es que hasta el momento de escribir este artículo no hay datos desagregados de público acceso con el nivel de detalle que contábamos a inicios de marzo.

Con esta decisión, la autoridad política y sanitaria estaba esencialmente dejando fuera la posibilidad de que terceras personas pudieran apoyar, cooperar, evaluar el desempeño de servicios públicos y auditar las decisiones que nos afectarían a todos y todas. Si bien ha habido esfuerzos para lograr poco a poco más apertura en cuanto a datos disponibles, todos estos



1 | <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2020/03/2020-03-13-Casos-Confirmados-Covid-19.pdf>.

esfuerzos han sido más dolorosos y lentos de lo que se podría esperar. Esto contrasta con varios países de la región (ver el caso de Colombia, Argentina y México) los cuales utilizaron sus plataformas oficiales de datos abiertos para publicar información detallada y desagregada de los casos contagiados (y a veces también sospechosos) de COVID-19.

La publicación de datos de manera agregada en la forma de cifras macro tiene varios efectos perjudiciales. Por un lado, aumenta la presión sobre los profesionales que calculan y publican las cifras pues son ellos quienes deben atender todos los requerimientos por parte de otros estamentos que necesitan datos para su gestión. Con datos desagregados públicos, cada estamento sería responsable de sus propios cálculos adaptados a su realidad y necesidad. Contar con cálculos adaptables a cada realidad es imprescindible en un país como Chile en el que hay gigantes desigualdades territoriales en acceso a servicios de salud y personal capacitado. Esta presión nos hizo rápidamente caer en un círculo vicioso en donde estamentos de la sociedad civil exigían más cifras lo que ponía más peso en las personas encargadas de generarlas con la subsiguiente baja en la calidad y periodicidad de publicación de reportes. Fue así como algunos reportes que se producían diariamente, pasaron a producirse un par de veces por semana hasta que simplemente dejaron de publicarse. El caso más emblemático de esto fue el "Reporte de Situación Epidemiológica<sup>2</sup>", un informe con varias cifras agregadas que se publicó diariamente hasta el 27 de abril, luego bajó su periodicidad hasta que a mediados de mayo simplemente dejó de publicarse. Algunas cifras publicadas en este reporte, notoriamente las que tenían que ver con trazabilidad de casos reportados, no volverían a aparecer en ningún otro reporte hasta varios meses después.

## *Algunos reportes que se producían diariamente, pasaron a producirse un par de veces por semana hasta que simplemente dejaron de publicarse.*

El segundo efecto de no compartir datos detallados desagregados es que la autoridad pasa a ser la única encargada de mantener la consistencia en las cifras que calcula y entrega. Errores, retrasos e inconsistencias causan confusión y minan la confianza de los consumidores de esas cifras. Finalmente, como es la autoridad la que decide qué cuenta, qué suma o qué promedia, es muy tentador dejar conjuntos de datos fuera de estos conteos si es que los datos de alguna forma no se alinean al discurso político oficial. De esta forma, el manejo y comunicación de datos se convierte en una herramienta principalmente discursiva y se corre el riesgo de traicionar el fin último para el que se debieran usar los datos: en este caso lidiar con el COVID usando todas las herramientas técnicas posibles y basándose en información oportuna y de calidad. Esta tentación por decidir qué contar y qué no, fue increíblemente problemática desde el inicio de la pandemia hasta uno de los momentos políticos más álgidos: la salida de quien hasta ese momento fuera el ministro de Salud de Chile.

En lo que sigue me centraré en dos situaciones técnicas que se desprenden de este último problema.

## **La semántica de los datos agregados jugando una mala pasada**

Uno de los primeros problemas que ocurren cuando lo que se entregan son cifras calculadas sin dar a conocer los datos base, es que quien calcula y publica la cifra es quien le da la semántica. Es decir,

quien calcula decide el significado de lo que está publicando. Y jugar con semántica puede causar confusiones gigantescas. Una cifra crítica en los primeros días fue la de "pacientes recuperados". En este caso la autoridad de salud entregaba un número cerrado que indicaba cuántos pacientes se encontraban recuperados del COVID-19. Pero ¿qué quería decir la autoridad cuando decía "recuperado"?; ¿cuál era la semántica de esa cifra? Cualquier persona que haya estado enferma y se haya recuperado de la enfermedad, le daría una interpretación sumamente natural al número. Pero la autoridad de salud calculaba el número que reportaba simplemente restando de todas las personas contagiadas, las que habían empezado su enfermedad dos o más semanas antes de la fecha actual. Es decir, sin importar que una persona con un cuadro grave de COVID-19 estuviera internada en un hospital y conectada a un ventilador mecánico, si su enfermedad había comenzado hace más de dos semanas, era contada como un recuperado.

Razones técnicas para dar esta cifra pueden haber. Lo que se argumentó en su momento fue que lo que se contaba era a los "no contagiados" porque se creía que una persona con COVID sólo podría contagiar a otras durante los primeros 14 días de su enfermedad. Independiente de si hay consenso o no de este período, lo cierto es que la palabra "recuperado" le entregaba una semántica poco clara a la cifra que se estaba publicando e hizo por mucho tiempo creer a la opinión pública en algo que no era exactamente lo que se estaba reportando.

Un caso similar ocurría con la cantidad de "exámenes PCR realizados" que se

2 | <http://epi.minsal.cl/informes-covid-19/>.



## Uno de los problemas cuando se entregan sólo cifras calculadas, es que quien calcula y publica la cifra es quien le da la semántica.

publicaba diariamente. ¿Qué significa "realizar un examen"? Para una persona común que sólo está habituada a la palabra examen cuando se toma una muestra de sangre u orina, la realización del examen coincide con la toma de la muestra. Sin embargo la cifra entregada por la autoridad era la cantidad de muestras procesadas en el laboratorio en un día. Otra vez un problema de semántica. En este caso la semántica podría esconder varias otras cifras relevantes. Por ejemplo, si lo que se informa son las muestras procesadas, sería interesante saber cuánto tiempo tardó en ser procesada esa muestra desde la fecha en que la muestra fue obtenida. Esta información era virtualmente imposible de obtener desde las publicaciones del Ministerio de Salud, pero las estimaciones decían que una cantidad considerable de muestras podrían tardar más de dos semanas en recibir un veredicto.<sup>3</sup>

Combinando las dos cifras anteriores podemos obtener conclusiones que hasta parecen contradictorias. Por ejemplo, si un paciente presuntamente contagiado de coronavirus recibe el resultado de su examen como positivo dos semanas después de que se tomó la muestra, al momento de recibir el resultado ese paciente ya está "recuperado" según las cifras oficiales (porque su enfermedad comenzó más de dos semanas antes). O sea, para efectos de las cifras, ese paciente nunca estuvo "activamente contagiado" de COVID-19. Lo que parece irrisorio es un artefacto de la semántica que la autoridad le puso a cada una de las cifras que entregaba.

## Fallecidos por COVID-19 y las confusas metodologías de cálculo

Saber cuántas personas mueren producto de la pandemia es una forma de cuantificar el impacto que realmente está teniendo en la sociedad. Varios países a los que la pandemia llegó antes que a Chile habían mostrado una alza en el número de fallecidos totales (independiente de la causa), alza que en algunos casos era extrema comparada con promedios históricos de fallecimientos. Si bien determinar el exceso real de muertes en un período de tiempo es un problema extremadamente complejo, cuando el número de muertes en un período de tiempo es muy alto es difícil desconocer el exceso, independiente de que puede haber discusión sobre la magnitud de éste.

La periodista Alejandra Matus fue la primera en denunciar un presunto exceso de muertes que no estaba siendo razonablemente reportado por las autoridades de salud. En el momento de estas declaraciones, las muertes COVID reportadas por la autoridad eran relativamente pocas y no explicarían la supuesta alza de muertes. La conclusión sería entonces que habría muertes producidas directa o indirectamente por COVID que no estaban siendo reportadas por la autoridad. En ese momento el ministro de Ciencia, Andrés Couve, salió a desmentir públicamente a Matus, criticando su metodología para calcular el exceso. Pero la discusión parecía totalmente anacrónica: tanto Matus como Couve argumentaban sin mostrar ninguna cifra base, sólo con cifras agregadas. Es decir, ninguna

persona (que no fueran ellos) podría corroborar o refutar las aseveraciones de ambos. Unos días después Matus hizo públicos sus datos y expuso sus cálculos y metodologías al escrutinio público. Los datos que supuestamente usó Couve, no los pudimos ver públicamente sino hasta el escándalo que terminó con la salida de quien hasta ese momento era el ministro de Salud.

Las discrepancias y polémicas en los fallecimientos por COVID continuaron por varias semanas. Otra vez el problema era la falta de datos base que permitieran entender cuándo una persona fallecida tenía (o no) COVID como causa principal de muerte. Uno de los momentos más complejos fue cuando a inicios de junio de 2020 se agregaron alrededor de 700 fallecidos por COVID al conteo oficial. Esta alza fue explicada por un "cambio de metodología" y durante esa semana se explicaron tres métodos distintos para contar fallecidos por COVID. Uno de estos métodos, y que fue el que supuestamente se usó para los reportes diarios de fallecidos, estaba basado en búsqueda de palabras clave dentro de los certificados de defunción ingresados al Registro Civil. Pero la búsqueda de palabras clave es un proceso muy poco preciso y demasiado propenso a errores, sobre todo cuando se busca en texto libre escrito por personas.

Estas metodologías estaban lejos de seguir estándares internacionales y contrastaban radicalmente con el hecho de que en Chile el DEIS es el organismo encargado de contar fallecidos y establecer causas de muerte. Este organismo dependiente del mismo Ministerio de Salud está compuesto por un grupo de profesionales entrenados y especializados en el tema. Por qué no simplemente confiar en estos profesionales y usar su conteo. A mediados del mes de junio de 2020, se dio a conocer a la opinión pública que los fallecidos con COVID como causa princi-

3 | <https://docs.google.com/document/d/1ZGexVNZrNPHRzVPjIRM1t3FLmHrJE1m28Fid1T3sXEM/edit>.



pal de muerte calculado por el DEIS era casi el doble de las muertes reportadas oficialmente (3.841 versus 7.144 al día 18 de junio de 2020). Si bien la diferencia se explicaba por las metodologías distintas, la polémica fue suficiente para implicar la renuncia del ministro de Salud de ese momento.

Al momento de escribir este artículo todavía existen discrepancias entre el valor de fallecidos con COVID como causa principal reportados por el DEIS y la cifra oficial que diariamente se entrega a la ciudadanía. Esto porque la autoridad ha insistido en contabilizar como fallecidos por COVID sólo a fallecidos que cuentan con una muestra de test PCR positiva. Es decir, aunque el diagnóstico clínico indique que la causa principal de muerte es COVID, si la persona fallecida no tiene una muestra PCR positiva, no se informa oficialmente en la cuenta diaria de fallecidos.

Cabe destacar que desde junio el DEIS es el único organismo del Ministerio de Salud que entrega pública y periódicamente

datos desagregados y anónimos, en su caso, datos anónimos de personas fallecidas y sus causas de muerte.

## Qué podemos aprender para el futuro

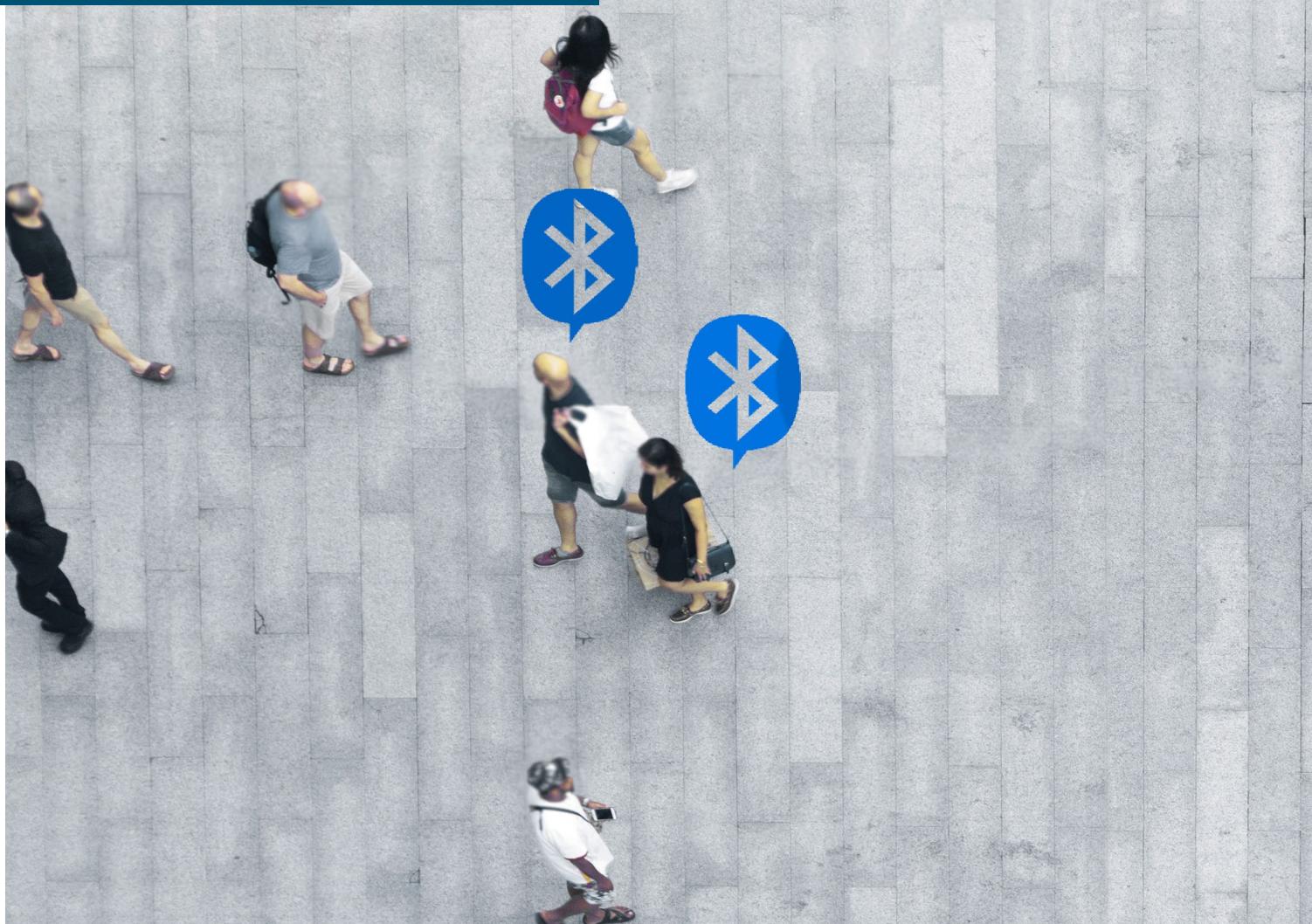
Lo que describo en esta nota son sólo algunos ejemplos de los problemas que surgen cuando no hay público acceso a datos base desagregados que nos permitan auditar y así tener confianza en las cifras reportadas. No contar con estos insumos esenciales desde el inicio de la pandemia dejó fuera a muchos actores que podrían haber cooperado en la toma de decisiones basadas en evidencia. Por otro lado los problemas semánticos y metodológicos de las cifras agregadas causaron más de una confusión en la opinión pública. Estas confusiones inciden en el comportamiento de cada persona, y en una pandemia el comportamiento tanto individual como colectivo

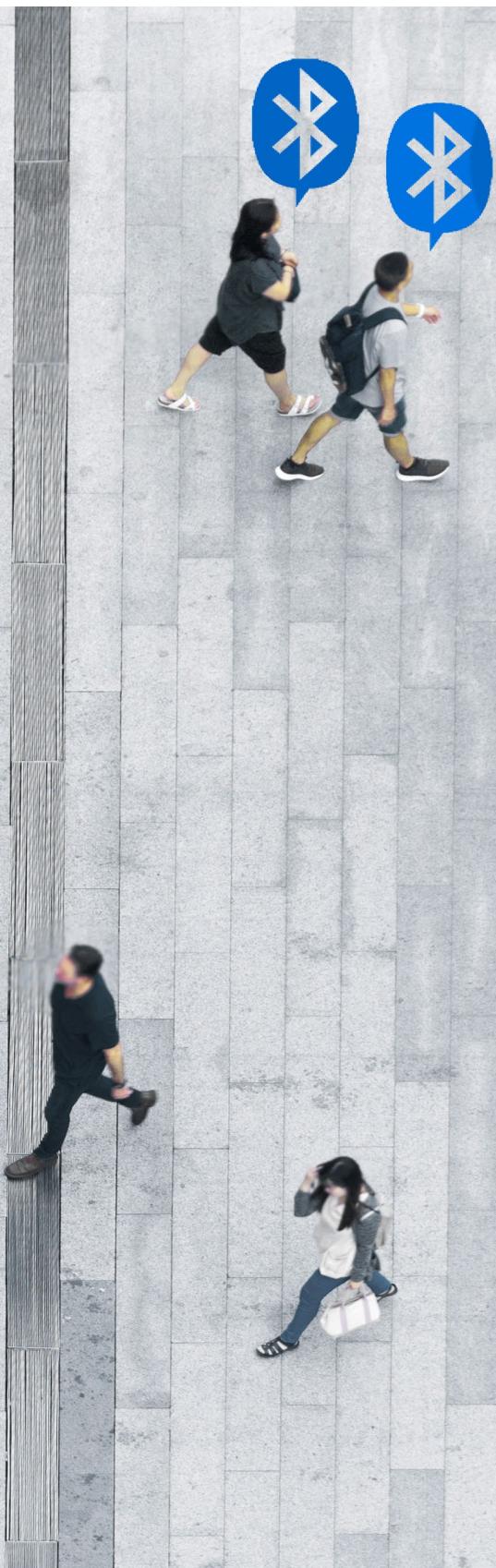
afecta directamente en cómo evoluciona la enfermedad.

El COVID ha impactado fuertemente a nuestro país y mientras no exista una vacuna de amplio acceso en la población, las decisiones basadas en evidencia se vuelven críticas. Debemos aprender todos y todas que más transparencia en la entrega de información técnica es siempre mejor que menos transparencia. Es verdad que entregar información puede abrir espacio a críticas, pero las autoridades no deberían temerle a las críticas de sus ciudadanos, menos a las de sus científicos. Las críticas y las discrepancias nos permiten dudar, y el dudar y repetir un cálculo, nos permite asegurarnos de que no cometimos algún error, lo que nos lleva al final a tomar una mejor decisión. Más transparencia, aceptar críticas, estar dispuestos a dudar, y por sobre todo querer cooperar, son los aprendizajes que debemos sacar de cara a lo que se nos puede venir en el futuro. ■



# Las aplicaciones de trazabilidad de contactos y notificación de exposición como apoyo a la gestión de la pandemia





### ALEJANDRO HEVIA



PhD en Ciencias de la Computación por la University of California, San Diego, Estados Unidos. Académico del Departamento Ciencias de la Computación, Universidad de Chile. Director del Laboratorio de Criptografía Aplicada y Ciberseguridad, CLCERT, Universidad de Chile.  
[ahevia@dcc.uchile.cl](mailto:ahevia@dcc.uchile.cl)

### ALEJANDRO JARA



PhD en Ciencias (Matemática) por la Catholic University of Leuven, Bélgica. Académico de la Facultad de Matemáticas, Pontificia Universidad Católica de Chile. Director del Núcleo Milenio MiDaS.  
[aajara@mat.puc.cl](mailto:aajara@mat.puc.cl)

### ALEJANDRO JOFRÉ



PhD en Matemática Aplicada por la Université de Pau, Francia. Académico del Departamento de Ingeniería Matemática, Universidad de Chile. Investigador del Centro de Modelamiento Matemático, Universidad de Chile - UMI CNRS2807.  
[ajofre@dim.uchile.cl](mailto:ajofre@dim.uchile.cl)

### ALEJANDRO MAASS



PhD en Matemática por la Université Aix-Marseille, Francia. Académico del Departamento de Ingeniería Matemática, Universidad de Chile. Director del Centro de Modelamiento Matemático, Universidad de Chile - UMI CNRS2807.  
[amaass@dim.uchile.cl](mailto:amaass@dim.uchile.cl)

### PABLO A. MARQUET



PhD en Biología por la University of New Mexico, Estados Unidos. Académico del Departamento de Ecología, Pontificia Universidad Católica de Chile.  
[pmarquet@bio.puc.cl](mailto:pmarquet@bio.puc.cl)

### DIEGO SECO



PhD en Ciencias de la Computación por la Universidad da Coruña, España. Académico del Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación, Universidad de Concepción. Investigador del Instituto Milenio Fundamentos de los Datos (IMFD).  
[dseco@udec.cl](mailto:dseco@udec.cl)



## Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda como una de las estrategias centrales para contener la pandemia COVID-19, la de testeo, trazabilidad y aislamiento (TTA)<sup>1</sup>, la cual fue acogida por el Ministerio de Salud de Chile [1]. Aplicada de manera adecuada, esta estrategia permite romper la cadena de contagio al detectar tempranamente casos COVID positivos, identificar a sus contactos, y aislarlos de manera oportuna. Se trata de una estrategia clásica en epidemiología, cuya aplicación más tradicional se basa en disponer de trazadores que entrevistan a los casos confirmados para obtener información de las personas con las que han estado en contacto estrecho<sup>2</sup> durante los últimos días. Entre las principales dificultades para aplicar la estrategia de manera exitosa es conocida la necesidad de contar con un número elevado de trazadores con una capacitación adecuada<sup>3</sup>, además de ser un proceso sujeto a ineficiencias en la detección de contactos, debido principalmente a que las personas entrevistadas pueden olvidar algunos de los contactos que tuvieron durante el período de tiempo en el cual podrían haber transmitido la enfermedad y, además, debido a que pueden haber transmitido la enfermedad a personas desconocidas, al compartir espacios comunes como el transporte público. Por otro lado, el número requerido de trazadores depende de la carga de la enfermedad en el tiempo y espacio, lo que genera complicaciones adicionales en países de gran extensión territorial y donde la epidemia no se desarrolla de forma sincrónica. Es en este

**Esta tecnología no ha sido creada como un reemplazo a la trazabilidad manual, sino como un complemento.**

contexto donde los sistemas de información pueden servir de ayuda para mejorar la eficacia y eficiencia de la estrategia.

En Chile, el principal sistema de información en la gestión de la pandemia ha sido Epivigila, sistema desarrollado por el equipo de la Dra. Carla Taramasco (Universidad de Valparaíso) entre diciembre de 2013 y noviembre de 2015. Se trata de un sistema de registro y vigilancia de los casos de enfermedades de notificación obligatoria, como es el caso del COVID-19. Dada la magnitud de la pandemia, este sistema se ha ido reforzando durante el desarrollo de la misma, además de avanzar hacia una interoperabilidad que facilite su integración con otros sistemas de apoyo en la gestión de la pandemia. Un ejemplo de dichos sistemas es el Monitor Esmeralda, desarrollado por el Servicio de Salud de Iquique, con el objetivo de facilitar el seguimiento de los casos en todos sus estados hasta el término de la cuarentena.

En este artículo nos centramos en una tecnología complementaria a las anteriores denominada *trazabilidad digital de contactos y notificación de exposición*, conocida también internacionalmente como *digital contact tracing*, o bien *exposure notification*. Ella busca identificar potenciales contagios vía contactos estrechos, o simplemente notificar de tal contacto directamente a la persona expuesta.<sup>4</sup> Esta tecnología se basa

en el uso de dispositivos que detectan usuarios que estuvieron en contacto con casos confirmados, por tanto automatizando el proceso de trazabilidad, mejorando sus ineficiencias e incrementando su alcance, o bien, automatizando el proceso de alerta (o notificación) de exposición al usuario. Antes de entrar en los detalles, es importante destacar que esta tecnología no ha sido creada como un reemplazo a la trazabilidad manual, sino como un complemento, debido principalmente a las limitaciones que también revisaremos en este artículo. También se debe resaltar que, si bien todavía no hay estudios concluyentes que muestren su eficacia, es una apuesta a nivel mundial cuyos resultados posiblemente se verán a posteriori.

A nivel general, las tecnologías de *trazabilidad de contactos o notificación de exposición* se pueden clasificar en centralizadas versus descentralizadas [4]. El término hace referencia a dónde se almacena la mayor cantidad de la información y se realiza su procesamiento. En una aproximación centralizada, los dispositivos son principalmente generadores de información que transmiten a servidores centralizados, los cuales se encargan de todo el almacenamiento y procesamiento, enviando como resultado de vuelta las alertas oportunas. Por otro lado, en una aproximación descentralizada gran parte de la información se almacena en los propios dispositivos, que también

1 | La estrategia se conoce internacionalmente como *contact tracing*, definida como el proceso de identificación, evaluación y manejo de personas que han estado expuestas a una enfermedad para prevenir la transmisión posterior.

2 | La CDC (Centers for Disease Control and Prevention) lo define como alguien que ha estado a menos de 2 metros de una persona contagiada durante al menos 15 minutos, contando desde 2 días antes del inicio de síntomas (o 2 días antes de la toma de muestra para asintomáticos).

3 | <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/php/principles-contact-tracing.html>.

4 | La terminología utilizada ha variado en el tiempo. Las primeras referencias fueron a *digital contact tracing* y *proximity tracing* por analogía a la trazabilidad. La refocalización en alertar a los usuarios más que trazar los contagios hizo surgir los términos *proximity alerting* o *exposure alerting*. Finalmente, *exposure notification* se ha popularizado al ser la terminología utilizada por Google y Apple [2]. Para una discusión, ver [3].



juegan un rol más activo en el procesamiento y generación de alertas.

Una segunda clasificación se basa en la tecnología empleada para detectar los contactos, siendo las alternativas predominantes el GPS y el Bluetooth (BLE). La primera alternativa se basa en comparar las ubicaciones geográficas de los usuarios, mientras que la segunda se basa en el intercambio dispositivo-a-dispositivo de datos vía una señal de Bluetooth.

En cuanto a los dispositivos en los que se pueden implementar dichas aproximaciones, también existe cierta diversidad. Por legibilidad del artículo, y debido a su mayor generalidad y uso, nos centraremos en aplicaciones instaladas en teléfonos inteligentes (apps). Otras alternativas que se han empleado son pulseras (*smart bands*) y dispositivos electrónicos portátiles simples (*wearables*). Estas últimas alternativas tienen una mayor aplicabilidad en monitoreo de contactos en empresas del sector privado, a diferencia de las basadas en apps, las cuales son de más amplia aplicabilidad. Tampoco discutiremos aquí los sistemas basados en el monitoreo de infraestructura existente, como cámaras de circuitos cerrados de televisión (CCTV), recolección de señales de Bluetooth por sensores ubicados en centros comerciales o la vía pública, o análisis de patrones de uso de tarjetas de crédito, credenciales de salud o transporte [5], en las cuales mediante algoritmos de inteligencia artificial se puede identificar a las personas que han estado en contacto.

#### Aproximación centralizada basada en GPS

Los usuarios, a través de una app instalada en su teléfono inteligente, generan registros de ubicaciones recorridas durante un período de tiempo, las que transmiten a un repositorio centralizado. Cuando un usuario es diagnosticado como COVID-positivo, esos registros se comparan con los usuarios que han estado en la misma área durante el mismo período de tiempo en función

de estos datos de ubicación, notificando las alertas de exposición a aquellos usuarios que cumplen dicha condición. Esta aproximación tiene la ventaja de ayudar a identificar posibles áreas de transmisión del virus por lo que, si esta solución es utilizada por un gobierno, los funcionarios de salud pública cuentan con información adicional para el rastreo manual de contactos. En contra, su potencial impacto en la privacidad de las personas ha sido ampliamente cuestionado pues la autoridad puede obtener no sólo información de contacto de los usuarios, sino potencialmente un registro geolocalizado de los lugares donde el usuario ha estado.

#### Aproximaciones basadas en Bluetooth

En este caso, cuando dos teléfonos inteligentes con la app instalada se encuentran próximos (lo cual se detecta a través de la intensidad de la señal de Bluetooth) intercambian un identificador de proximidad. Cada teléfono inteligente se encarga de almacenar los identificadores de todos los otros usuarios que estuvieron cerca. Dependiendo de cómo se generan los identificadores y cómo se comparten con la autoridad, este enfoque da pie a dos aproximaciones, una centralizada y una descentralizada (ver Figura 1).

En la primera, los identificadores típicamente creados por la autoridad sanitaria en forma centralizada, son comunicados a cada teléfono inteligente, el cual los va emitiendo en los encuentros. Cada teléfono almacena los identificadores de sus contactos y, ante una notificación de infección, comunica a la autoridad la lista de todos los identificadores que ha escuchado. De esa manera, la autoridad puede luego identificar a todos los teléfonos cuyos dueños han sido expuestos al virus.

En la segunda variante, cada teléfono inteligente escoge en forma interna una lista de identificadores aleatorios y variables en el tiempo, los cuales intercambiará con otros teléfonos, en forma indepen-



diente de la autoridad central. Luego, en caso de ser notificado como COVID-positivo, el teléfono comparte públicamente (en un servidor público) la lista de todos los identificadores que ha enviado hacia otros. Al compartirla, otros usuarios de la app pueden consultar por estos identificadores en forma pública y determinar si han sido expuestos: basta verificar si han recibido dichos identificadores desde otros teléfonos. Este análisis se realiza en cada teléfono inteligente, en forma distribuida, generando una alerta local al usuario en caso de haber sido expuesto bajo este criterio. Si bien esta aproximación no puede generar conocimiento acerca de zonas de potencial contagio, es mucho más respetuosa con la privacidad de las personas, lo que tiene un efecto positivo en su adopción.

A nivel internacional se pueden encontrar ejemplos de las aproximaciones anteriores. Sin embargo, la evolución temporal de las mismas parece marcar una tendencia hacia soluciones descentralizadas. En los primeros meses de la pandemia, varios gobiernos orientales como China, Corea del Sur y Singapur, implementaron soluciones centralizadas, varias de ellas basadas fuertemente en GPS. En Europa, en un primer momento países como Francia y Reino Unido también optaron por una aproximación centralizada usando Bluetooth. Sin embargo, éstas últimas recientemente han migrado hacia soluciones descentralizadas debido a dificultades técnicas de sus apps y a la baja adopción por parte de los usuarios. Otros países como Alemania, Austria e Italia apostaron directamente por soluciones descentralizadas, siendo el caso alemán el más exitoso en cuanto a adopción por parte de la población. Una primera revisión de las decisiones adoptadas por diversos países se puede encontrar en [6]. Un acuerdo entre Apple y Google permitió que ambas empresas liberasen un API para el desarrollo de la aproximación descentralizada en sus dispositivos el 20 de mayo de 2020 [2]. Éste se considera un hito importante para el éxito y mayor adopción de la

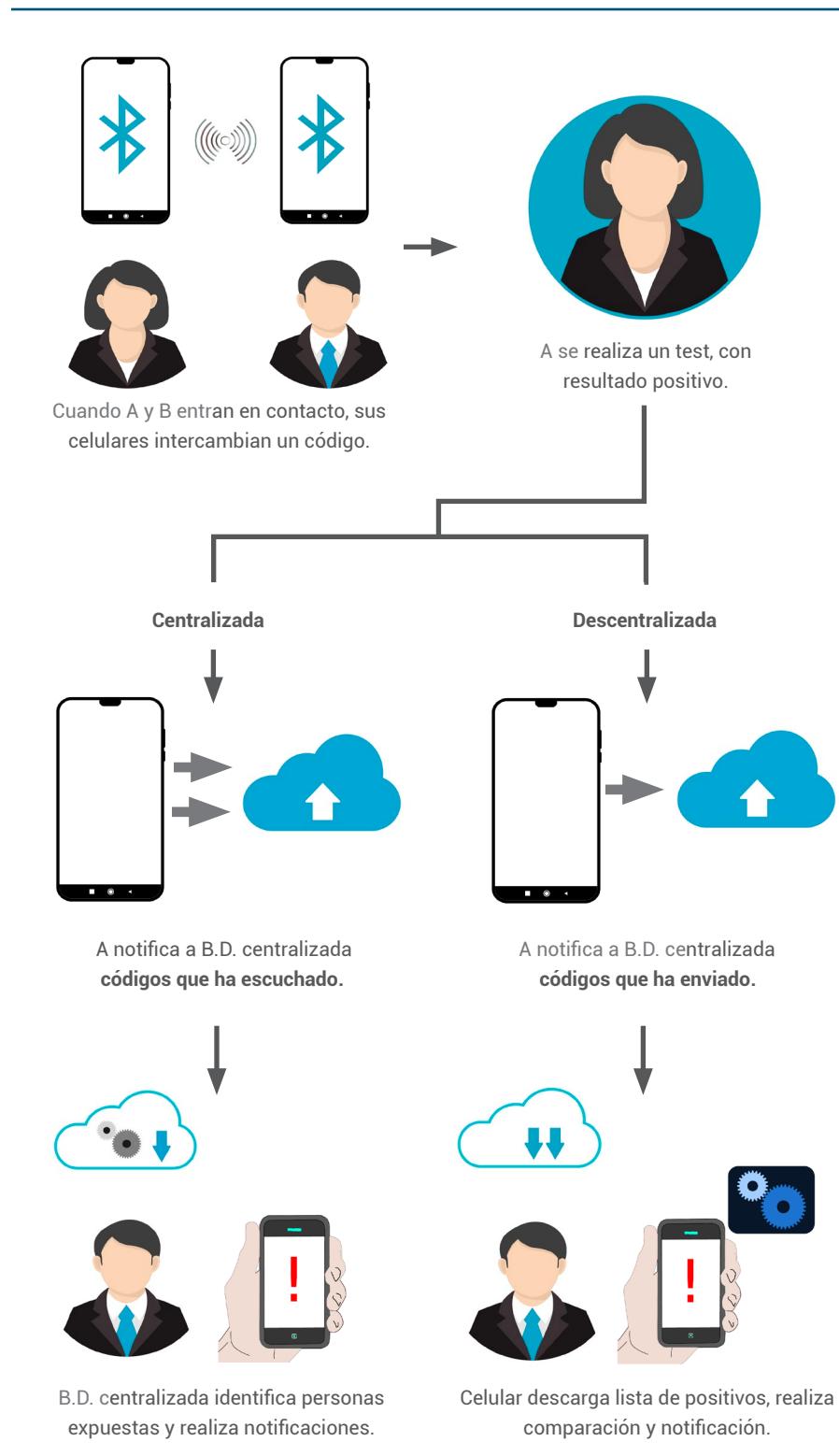


Figura 1. Funcionamiento de aplicaciones basadas en Bluetooth.

Fuente: Adaptada de <https://www.bbc.com/news/uk-northern-ireland-53253628>.

## ***Si bien [una] aproximación [descentralizada, basada en Bluetooth] no puede generar conocimiento acerca de zonas de potencial contagio, es mucho más respetuosa con la privacidad de las personas.***

aproximación descentralizada. En el continente americano, varios países como Uruguay, Brasil y Canadá han apostado por esta aproximación. En Estados Unidos, la decisión se está tomando a nivel estatal, siendo ya varios los estados y universidades que han apostado por esta alternativa.

En el resto del artículo analizamos algunas de las dimensiones principales de estas aplicaciones, comenzando por una que consideramos fundamental: la privacidad.

---

### **Privacidad**

---

En principio, todas las aplicaciones basadas en apps buscan automatizar la trazabilidad de contactos, identificando a individuos que han estado en contacto estrecho con otros individuos infectados a fin de aislarlos y reducir subsecuentes contagios. Sin embargo, el proceso para lograrlo difiere en las distintas aproximaciones y, en particular, las características y escala de la información recopilada por la autoridad puede ser fundamentalmente distinta. Por ejemplo, las aplicaciones basadas en GPS no sólo pueden revelar un encuentro cercano entre dos individuos, sino la ubicación geográfica de este evento. Más aún, dependiendo de la aplicación, patrones de movimiento geográfico detallado de usuarios identificados (patrones de viajes, lugares más visitados) pudieran ser accesibles a la autoridad central, dando espacio para potenciales violaciones de la privacidad de los usuarios e incluso vulneraciones de derechos civiles. En países democráticos, esto ha motivado fuertes cuestionamientos a algunas de dichas aproxi-

maciones, notablemente las basadas en GPS y en infraestructura de monitoreo (ej. cámaras en lugares públicos).

Intuitivamente, un sistema basado en apps para identificar usuarios expuestos y detener la cadena de contagios capaz de respetar la privacidad de los usuarios potencialmente expuestos no parece fácil de lograr. Sin embargo, esto es precisamente lo que hace el enfoque descentralizado usando Bluetooth, originalmente propuesto por DP3T, un consorcio académico internacional [7], y luego adoptado por Google y Apple. En este enfoque, el teléfono de un usuario infectado voluntariamente colabora revelando la lista de identificadores por sí emitidos en los encuentros con otros teléfonos, de manera que cada uno de los otros teléfonos inteligentes, al recibir esta lista puede evaluar local y privadamente su nivel de riesgo (esto es, si los ha visto, cuántos de ellos, etc.). El usuario expuesto es quién debe tomar la decisión de actuar, no la autoridad. El sistema privilegia entonces el consentimiento del usuario expuesto respecto a la decisión a tomar (aislarse, hacerse un test, o compartir su información con la autoridad) por sobre la habilidad de la autoridad de determinar proactivamente la red de contactos de un usuario infectado. Esta decisión ha sido justificada en base a que tal red de contactos conlleva información privada no del usuario infectado, sino de los potencialmente expuestos, afectando la privacidad de éstos últimos [8]. Google y Apple, al apoyar este enfoque incluso agregan condiciones que cualquier aplicación de la autoridad sanitaria debe cumplir, como ser de carácter voluntario (*opt-in*) con posibilidad de revocar consentimiento en cualquier momento, y no recopilar información identificable de cualquier

usuario sin su consentimiento (nombre, identificador del teléfono), entre otras [2].

La aproximación centralizada usando Bluetooth precisamente intenta darle a la autoridad sanitaria la habilidad de armar la red de contactos sin depender de la voluntad del usuario potencialmente expuesto. Países como Francia o Reino Unido inicialmente buscaron construir aplicaciones con este enfoque. Sin embargo, en poco tiempo migraron al enfoque distribuido, no debido al potencial de abuso por parte de la autoridad, o al riesgo de filtración de datos sensibles de los ciudadanos, sino probablemente debido a las dificultades derivadas de no contar con funcionalidades técnicas cruciales en los teléfonos, las cuales Google y Apple sólo otorgan a aplicaciones compatibles con su enfoque. Por ejemplo, aplicaciones no compatibles con la API de Google y Apple tienen alto consumo de batería, lo cual limita seriamente su uso prolongado.

El factor privacidad de estas apps no sólo es teórico. La experiencia internacional en países donde el uso de estas apps es voluntario parece indicar que apps percibidas (correcta o incorrectamente) como no respetuosas de la privacidad de sus usuarios logran bajas tasas de adherencia por parte de la población. Este punto se discute en más detalle después.

---

### **Consideraciones éticas**

---

Si bien el concepto de pandemia implica inevitablemente un sentido de urgencia, las aproximaciones desarrolladas para el control de la misma deberían estar regidas por un marco ético [9]. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud publicó un informe [10] con principios éticos, así como consideraciones y requerimientos técnicos que están de acuerdo con dichos principios. Se trata de un conjunto de 17 principios, entre los que nos permitimos destacar los más



## *En las aplicaciones basadas en GPS [...] los patrones de movimiento [...] pudieran ser accesibles a la autoridad central, dando espacio [...] a vulneraciones de derechos civiles.*

relacionados con el contenido de este artículo. *Evaluación*, las tecnologías son novedosas y deben ser evaluadas rigurosamente y por agencias independientes para determinar su efectividad. *Uso voluntario*, los gobiernos no deberían imponer el uso de las tecnologías, por lo que las campañas para lograr una amplia adopción y adherencia son fundamentales. *Preservación de la privacidad*, tal como ya se ha mencionado en este artículo, la OMS indica que hay un consenso en que las aproximaciones descentralizadas mejoran la privacidad. Sin embargo, alientan el resguardo de la misma sea cual sea la aproximación empleada. *Sociedad civil y compromiso público*, enfatiza el rol de la sociedad civil para que gobiernos y empresas se responsabilicen del funcionamiento de las tecnologías. Estos principios ponen de manifiesto la necesidad de una responsabilidad colectiva, como sociedad, en armonía con el respeto de los derechos individuales, como es el caso de la privacidad.

En Estados Unidos, la National Security Commission on Artificial Intelligence elaboró un *white paper* que da recomendaciones para poner las libertades civiles en el centro y para tratar de evitar que la tecnología produzca más sesgos e injusticias [11].

En Chile, el Centro Nacional en Sistemas de Información en Salud (CENS) elaboró una *Guía de Buenas Prácticas y Recomendaciones para el uso de Telemedicina durante la Epidemia de COVID-19 en Chile* [12]. Si bien el foco de dicha guía no es la trazabilidad, sí reconoce en su sección 6 una serie de reco-

mendaciones éticas y legales a tener en cuenta en el contexto de la pandemia. Por otro lado, la telemedicina puede ser un fuerte aliado en la mejora de estrategias de TTA.

## **Adopción, adherencia y efectividad**

Como toda solución diseñada para ser empleada por la población en general, la adopción y adherencia a la misma son factores determinantes en su efectividad. En el contexto de las apps descritas en este artículo, la adopción se refiere al número de personas que las instalan, mientras que la adherencia se refiere al número de personas que las utilizan con regularidad. La experiencia internacional, en particular en occidente, ha mostrado una mayor adherencia en la estrategia descentralizada, lo cual probablemente está asociado a su mayor respeto por la privacidad. La estrategia centralizada, en la cual se almacena información relativa al movimiento de las personas, está muy asociada a problemas de confianza sobre todo en cuanto al no uso de la información para el monitoreo de las personas, incluidas las COVID-positivo, siendo éste uno de los principios éticos señalados por la OMS y otras organizaciones de derechos civiles [10, 8].

Si bien la privacidad se puede considerar que es un factor importante en la adopción y adherencia, existen otros asociados a barreras tecnológicas como versión mínima de sistema operativo,

consumo de batería, o usabilidad de la aplicación, en particular entre sectores de la población de mayor edad. Todos estos factores limitan el alcance que puede lograr la adherencia de estas soluciones. Por ese motivo es importante estudiar la efectividad que puede lograr la solución en función de la adherencia de la misma.

Si bien la tecnología es todavía joven y no existen estudios definitivos sobre su efectividad, sí hay algunos estudios y simulaciones preliminares acerca de la misma [13, 14]. Uno de los primeros estudios en abordar el tema [13], afirmaba que bajo ciertas condiciones, la pandemia se podía contener si un 56% de la población adoptaba esta tecnología. Esta afirmación fue, en palabras de los propios autores, malinterpretada como que la tecnología sólo sería un aporte en la contención de la pandemia si se alcanzaba un 60% de adherencia [14]. Sin embargo, el modelo de los autores muestra que la solución es un aporte en la reducción de contactos potencialmente contagiosos incluso a niveles tan bajos de adherencia como 20%.<sup>5</sup>

Otra arista importante a considerar es la penetración potencial en diferentes sectores o rangos etarios de la población y el efecto que eso podría tener. Al 4 de septiembre de 2020, la tasa de incidencia acumulada es más alta en el grupo de 30 a 39 años (3.379 por cada 100.000 habitantes), seguida por los grupos de 20 a 29 (2.974 por cada 100.000 habitantes), 50 a 59 años (2.930 por cada 100.000 habitantes), y 40 a 49 años (2.881 por cada 100.000 habitantes). Los dos primeros son grupos claramente tecnológicos, los que no tendrían problemas de adopción de tecnologías. Por tanto, si bien se puede esperar una adherencia desigual entre grupos etarios, la tecnología podría ser un aporte en los grupos que presentan mayor prevalencia.

5 | Reportes preliminares recientes sobre la aplicación Suiza (SwissCovid) indican efectividad comparable al asociado a trazabilidad de contactos manual asumiendo disponibilidad de testeo eficiente e infraestructura de trazabilidad manual [15].



Finalmente, pensando en la efectividad, se debe señalar que una de las limitantes de esta tecnología es que identifica muchos falsos positivos, por lo que su uso es más eficiente cuando el número de personas infectadas diarias no es muy alto. Por ese motivo, están siendo más empleadas como apoyo a la estrategia de salida de la pandemia, la cual tiene que ser acompañada con una buena capacidad de testeo de casos expuestos.

## Código abierto

Uno de los mensajes importantes de las secciones anteriores es que, dado que el uso de la tecnología debe ser voluntario y la efectividad mejora con el nivel de adopción, las soluciones deben ir acompañadas de medidas que promuevan la misma, principalmente en base a la confianza en la tecnología.<sup>6</sup> En ese

sentido, muchas de las soluciones están optando por publicar las apps como código abierto.

Hace unos años, esto podría parecer una decisión sorprendente, sin embargo no es más que el reflejo de la evolución que ha tenido el uso del código abierto. El informe OSSRA que realiza la empresa Synopsys, y en el que se analizan riesgos y la seguridad de las soluciones de código abierto empleadas por empresas de diferentes sectores, muestra varios indicadores importantes para sustentar esta afirmación. Por ejemplo, en el informe 2020 se refleja que el 70% del código auditado es código abierto (con respecto al 36% del primer informe) y que el 99% de las bases auditadas contenían algún componente de código abierto.

En esa línea, el publicar las apps como código abierto hereda los beneficios de dicho paradigma. Mejora la transparencia y confianza, al tener una amplia

comunidad que puede auditar el uso exacto que se hace de los datos. También puede mejorar la seguridad de las soluciones desarrolladas dado que las vulnerabilidades se suelen exponer, y por tanto corregir, más rápido. Por último, también se puede mencionar que permite la colaboración y compartición de costes entre diferentes países; así como la interoperabilidad.

## Más allá de la API de Google-Apple

Actualmente, las soluciones basadas en la API de Google y Apple se encuentran más avanzadas y pueden lograr un nivel de adopción más alto en el corto plazo. Sin embargo, partiendo de la misma base y posiblemente utilizando técnicas criptográficas más sofisticadas, se pueden desarrollar soluciones que, pre-

<sup>6</sup> | Las mejores prácticas han sido recogidas en diversas iniciativas, notablemente [16].



## [Con el fin de promover la confianza] muchas de las soluciones están optando por publicar las apps como código abierto.

servando la privacidad de los usuarios puedan resolver algunos de los problemas abiertos, como por ejemplo, mejorar la seguridad ante ciertos ataques [17], o proveer información epidemiológica más detallada, posiblemente otorgando beneficios en el largo plazo (ver por ej. [18, 19, 20, 21]). Además del valor académico de dichas soluciones, no se debe ignorar el argumento de estar mejor preparado para nuevas pandemias en el mundo globalizado e interconectado en el que vivimos.

Una solución atractiva en esta línea de dar un paso más es SafetyScore [21]. La principal característica diferenciadora de esta solución es que no se queda únicamente en los contactos directos, sino que realiza propagación de información a contactos indirectos (segundo grado y mayor), lo que le permite realizar un cálculo de la exposición al riesgo más preciso. Si bien ésta es una característica atractiva, también supone consideraciones de privacidad y robustez más avanzadas que deben ser abordadas. Para ello, la arquitectura propuesta sigue un esquema distribuido similar a blockchain y utiliza algoritmos criptográficos para revelar la identidad de los usuarios.<sup>7</sup> Además, también permite calcular para cada persona un indicador de riesgo en función de sus contactos, lugares visitados (geo-regiones) y sus diagnósticos médicos, el cual puede ser utilizado para determinar las medidas de autocuidado que debe tomar cada persona. En las simulaciones realizadas por los propios autores, SafetyScore puede ser hasta tres veces más efectivo para prevenir contagios que soluciones basadas en la API de Google y Apple.

El CMM de la Universidad de Chile ha realizado varias simulaciones<sup>8</sup> para evaluar la efectividad que tendría una plataforma similar a SafetyScore en el Gran Santiago. Los resultados obtenidos muestran que, combinando la tecnología con una política de distanciamiento social, se puede lograr una reducción significativa en el número de infectados, poniendo en aislamiento simultáneo únicamente a una pequeña parte de la población (aquellas personas cuyo indicador de riesgo supera un determinado umbral). También se destaca que la capacidad de testeo y entrega oportuna de resultados es importante para la eficacia de la aplicación, cuyo impacto se ve reducido por retrasos en la entrega de los resultados de los tests.

## Lecciones preliminares

En este artículo se revisan algunas de las principales aplicaciones de trazabilidad de exposición y cómo pueden ayudar en la gestión de una pandemia como la causada por el SARS-CoV-2. Si bien todavía es pronto para juzgar su aporte [22], sí existen resultados preliminares prometedores. Además, es importante rescatar algunas otras lecciones aprendidas. En primer lugar, es interesante destacar cómo han ido evolucionando, desde una etapa inicial basada en un esquema centralizado que recopilaba información georeferenciada muy valiosa pero poco respetuosa de la privacidad, a la situación actual donde se está apostando más fuertemente por soluciones descentralizadas que llegan

a un compromiso de capturar menos información a cambio de un mayor respeto a la privacidad de las personas. Esto genera mayor confianza, lo que se traduce en una mejor adopción por parte de la población. Además, los grupos de mayor prevalencia actualmente en Chile son los segmentos de 30 a 39 años y 20 a 29, grupos claramente tecnológicos donde se puede esperar una alta adherencia. Las estrategias centralizadas pueden tener una oportunidad de éxito mayor en el sector privado, en particular en ciertos rubros donde los empleados están más acostumbrados a diferentes medidas de monitoreo durante la jornada laboral. También se rescatan diferencias entre las estrategias de implantación en los diferentes países, donde algunos realizaron pilotos en regiones bien acotadas (por ejemplo islas), mientras que otros lanzaron la aplicación directamente en todo el país. Esto pone de manifiesto la necesidad de probar los sistemas en crisis de verdad para poder ganar experiencias reales.

Por último, nos permitimos cerrar el artículo con dos invitaciones, una a la comunidad académica para involucrarse en el proceso de implantación de este tipo de soluciones, revisando/colaborando con los proyectos existentes (muchos de ellos de código abierto), explicando el funcionamiento de las mismas para generar mayor confianza, o realizando simulaciones y estudios que permitan evaluar su aporte real. Una segunda invitación a la sociedad en su conjunto para tener la mente abierta a la tecnología, incluso si es nueva y su evaluación completa será muy a posteriori. Nos encontramos en el momento de probar paradigmas y generar comunidades donde el uso de las aplicaciones es para el bien común, no sólo para fines individualistas, como muchas aplicaciones actuales. ■

7 | El diseño de SafetyScore, si bien es público, no ha sido peer reviewed todavía.

8 | Presentación disponible en: <https://github.com/Instituto-Milenio-de-Datos/modelamiento-covid>.

## REFERENCIAS

- [1] Subsecretaría de Salud Pública, División de Planificación Sanitaria, Departamento de Epidemiología. Protocolo de coordinación para acciones de vigilancia epidemiológica durante la pandemia COVID-19 en Chile: Estrategia nacional de testeo, trazabilidad y aislamiento. Reporte técnico. 2020. Disponible en: <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2020/07/Estrategia-Testeo-Trazabilidad-y-Aislamiento.pdf>.
- [2] Apple Newsroom. Apple and Google partner on COVID-19 contact tracing technology. Mayo 2020. Disponible en: <https://www.apple.com/newsroom/2020/04/apple-and-google-partner-on-covid-19-contact-tracing-technology>.
- [3] Harper Reed. Digital Contact Tracing and Alerting vs Exposure Alerting. Abril 2020. Disponible en: <https://harper.blog/2020/04/22/digital-contact-tracing-and-alerting-vs-exposure-alerting/>.
- [4] Mark Zastrow. Coronavirus contact-tracing apps: can they slow the spread of COVID-19? Nature. Mayo 2020.
- [5] New York Times. New Covid-19 Outbreaks Test South Korea's Strategy. Septiembre 2020. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2020/09/02/world/asia/south-korea-covid-19.html>.
- [6] Patrick Howell O'Neill, Tate Ryan-Mosley, and Bobbie Johnson. A flood of coronavirus apps are tracking us. Now it's time to keep track of them. *MIT Technology Review*. Mayo 2020.
- [7] DP3T Consortium. DP3T - Decentralized Privacy-Preserving Proximity Tracing. Mayo 2020. Disponible en: <https://github.com/DP3T/documents>.
- [8] Daniel Kahn Gillmor. ACLU Principles for Technology-Assisted Contact-Tracing. Abril 2020. Disponible en: [https://www.aclu.org/sites/default/files/field\\_document/aclu\\_white\\_paper\\_-\\_contact\\_tracing\\_principles.pdf](https://www.aclu.org/sites/default/files/field_document/aclu_white_paper_-_contact_tracing_principles.pdf).
- [9] Jessica Morley, Josh Cowls, Mariarosaria Taddeo, y Luciano Floridi. Ethical guidelines for COVID-19 tracing apps. *Nature*. Mayo 2020.
- [10] Health Ethics Governance, WHO Global. Ethical considerations to guide the use of digital proximity tracking technologies for COVID-19 contact tracing. Reporte técnico. 2020. Disponible en: [https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-Ethics\\_Contact\\_tracing\\_apps-2020.1](https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-Ethics_Contact_tracing_apps-2020.1).
- [11] Eric Horvitz, and Mignon Clyburn, and José-Marie Griffiths, and Jason Matheny. Privacy and Ethics Recommendations for Computing Applications Developed to Mitigate COVID 19. Reporte técnico. 2020. Disponible en: <https://epic.org/foia/epic-v-ai-commission/NSCAI-contact-tracing-white-paper.pdf>.
- [12] Equipo CENS. Guía de Buenas Prácticas y Recomendaciones para el uso de Telemedicina durante la Epidemia de COVID-19 en Chile. Reporte técnico. 2020. Disponible en: <https://cens.cl/guia-buenas-practicas-telemedicina/>.
- [13] Robert Hinch, Will Probert, Anel Nuray, Michelle Kendall, Chris Wymant, Matthew Hall, Katrina Lythgoe, Ana Bulas Cruz, Lele Zhao, Andrea Stewart, Michael Parker, Daniel Montero, James Warren, Nicole K Mather, Anthony Finkelstein, Lucie Abeler-Dörner, David Bonsall, y Christophe Fraser. Effective Configurations of a Digital Contact Tracing App: A report to NHSX. Reporte técnico. 2020. Disponible en: [https://github.com/BDI-pathogens/covid-19\\_instant\\_tracing](https://github.com/BDI-pathogens/covid-19_instant_tracing).
- [14] Patrick Howell O'Neill. No, coronavirus apps don't need 60% adoption to be effective. *MIT Technology Review*. Junio 2020.
- [15] Marcel Salathé, Christian L. Althaus, Nanina Anderegg, Daniele Antonioli, Tala Ballouz, Edouard Bugnion, Srdjan Čapkun, Dennis Jackson, Sang-Il Kim, James R. Larus, Nicola Low, Wouter Lueks, Dominik Menges, Cédric Mouillet, Mathias Payer, Julien Riou, Theresa Stadler, Carmela Troncoso, Effy Vayena, y Viktor von Wyl. Early Evidence of Effectiveness of Digital Contact Tracing for SARS-CoV-2 in Switzerland. Septiembre 2020. Disponible en: [https://github.com/digitalepidemiologylab/swisscovid\\_efficacy/blob/master/SwissCovid\\_efficacy\\_MS.pdf](https://github.com/digitalepidemiologylab/swisscovid_efficacy/blob/master/SwissCovid_efficacy_MS.pdf).
- [16] Andrew Trask, Cari Spivack, Clara Fischer, Dana Lewis, Harper Reed, Martin Hacker, Scott Leibrand, Sebastian Presiner, y Tina White. Data Rights for Exposure Notification. Abril 2020. Disponible en: <http://exposurenotification.org/>.
- [17] Rosario Gennaro, Adam Krellenstein, y James Krellenstein. Exposure notification system may allow for large-scale voter suppression. Reporte técnico. Agosto 2020. Disponible en: <https://preview.tinyurl.com/yxmx4c9p>.
- [18] Justin Chan, Shyam Gollakota, Eric Horvitz, Joseph Jaeger, Sham Kakade, Tadayoshi Kohno, John Langford, Jonathan Larson, Sudheesh Singanamalla, Jacob Sunshine, y otros. Pact: Privacy sensitive protocols and mechanisms for mobile contact tracing. 2020. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2004.03544>.
- [19] Gennaro Avitabile, Vincenzo Botta, Vincenzo Iovino, y Ivan Visconti. Towards defeating mass surveillance and SARS-CoV-2: The Pronto-C2 fully decentralized automatic contact tracing system. Reporte técnico. 2020. Disponible en: <https://eprint.iacr.org/2020/493>.
- [20] Wasilij Beskorovajnov, Felix Dörre, Gunnar Hartung, Alexander Koch, Jörn Müller-Quade, y Thorsten Strufe. Contra corona: Contact tracing against the coronavirus by bridging the centralized-decentralized divide for stronger privacy. Reporte técnico. 2020. Disponible en: <https://eprint.iacr.org/2020/505>.
- [21] Tav, Luke Robinson, Tom Salfield, Alice Fung, y Oliver Zahn. SafetyScore: Containing epidemics through privacy-preserving network-level tracing. Reporte técnico. Mayo 2020. Disponible en: <https://safetyscore.app/whitepaper>.
- [22] Charlotte Jee. Is a successful contact tracing app possible? These countries think so. *MIT Technology Review*. Agosto 2020.



Entrevista |

# Entrevista a Marcelo Arenas

Director Instituto Milenio  
Fundamentos de los Datos



Foto: IMFD



Por Federico Olmedo  
y Ana Martínez.



Marcelo Arenas es director del Instituto Milenio Fundamentos de los Datos (IMFD), y desde esa posición formó parte de la Mesa de Datos que el Gobierno conformó en abril de 2020 para el asesoramiento técnico en el manejo de la pandemia por COVID-19. En la siguiente entrevista recogemos su lectura sobre lo ocurrido en los últimos meses, poniendo especial énfasis en el manejo de datos relativo a la pandemia.

**Marcelo, ¿nos podrías explicar qué es el Instituto Milenio Fundamentos de los Datos?**

El IMFD es un instituto interdisciplinario que realiza investigación en diversos temas relacionados con datos. Para poder abordar problemas complejos, en parti-

cular, el impacto que los datos tienen hoy día en la sociedad, contamos con investigadores del área de computación y estadística —que son fundamentales—, pero también necesitamos una mirada desde las ciencias sociales; sin ellos nos quedariamos cortos. Por eso en el IMFD participan también investigadores de ciencias

políticas y de comunicaciones. Hay muchas otras áreas que también deberían estar presentes, pero lamentablemente los recursos son limitados.

**¿Y con qué objetivo se fundó la Mesa de Datos?**

Lo que se veía más urgente cuando empezó la pandemia era tener modelos predictivos... tener alguna idea de lo que iba a pasar. Y para generar esos modelos había un problema de datos: se necesitaban datos que estuvieran limpios, integrados, bien modelados, etc. La Mesa de Datos nació entonces con ese objetivo, técnico, bien definido. Y como mesa técnica tenía tres partes. Había una primera parte que generaba los datos; ahí estaba el Departamento de Epidemiología y el Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS). Luego había una parte intermedia, el IMFD, que se iba a encargar de desarrollar una plataforma para tomar esos datos, modelarlos, anonimizarlos y publicarlos. Y la tercera parte, los consumidores de los datos, eran varios grupos de modeladores: el Centro de Modelamiento Matemático, la Fundación Ciencia y Vida, el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería y en menor medida, el IMFD. Pero el objetivo principal del IMFD era disponibilizar los datos del Ministerio de Salud para los grupos que iban a hacer el modelamiento matemático de la epidemia.

**¿Sólo para esos grupos o al público en general?**

Al público en general. Si bien lo que en ese minuto urgía era tener buenos datos que nos dijeran hacia dónde iba esto, el objetivo era que esos datos, anonimizados y desagregados, fueran puestos a disposición de todo el mundo.

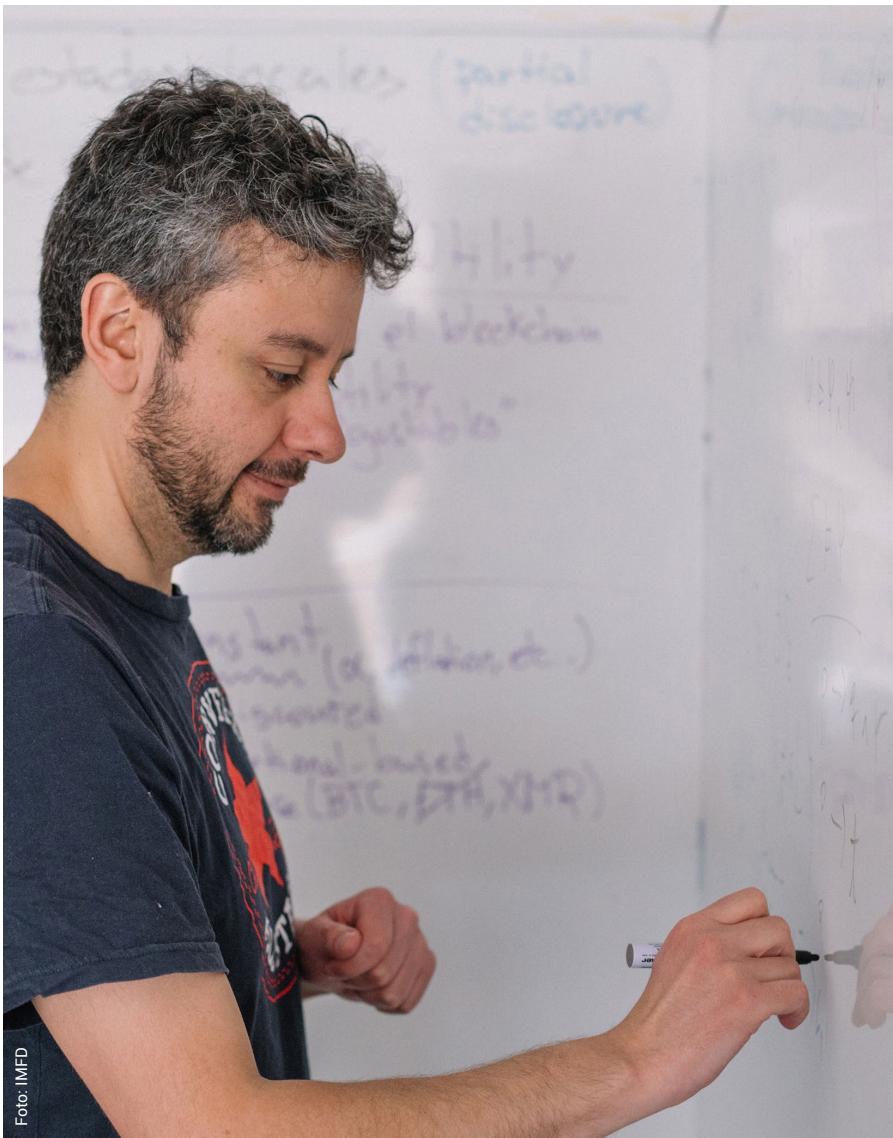


Foto: IMFD



**¿Y qué nos perdemos si esos datos no están, o si los tenemos pero están agredados?**

Lo explicaría de la siguiente forma. Cuando una persona llega al consultorio se le pregunta “¿desde cuándo tiene usted síntomas?”. Por ley, los médicos deben declarar esa información en Epivigila, que es un sistema centralizado para llevar cuenta de los pacientes con COVID y otras enfermedades transmisibles. Ahí se registra también todo lo que viene después: cuándo se realiza el examen, el resultado del examen, cuándo llega el resultado, etc.

Por ejemplo, algo que es fundamental para el modelamiento matemático es el acceso a la fecha de los primeros síntomas. Sin eso no podemos saber desde cuándo el infectado está contagiando.

Si uno podía tomar ese sistema y ver las fechas, podía calcular, por ejemplo, el tiempo entre los primeros síntomas y el resultado del examen PCR, y ese tiempo no es el mismo en todas las comunas, por supuesto. Ahí uno se da cuenta que hay comunas con sistemas sanitarios colapsados y otras que no. Cuando uno tiene la información desagregada, esas diferencias muestran las realidades comunales.

Sólo como dato, la comuna de San Ramón “no tuvo” pacientes COVID en todo marzo. Era impresionante ver cómo Santiago iba cambiando de colores, iban aumentando los casos en las distintas comunas, pero San Ramón que está al medio, seguía en blanco. Entonces uno dice: “¡Esto no puede ser! San Ramón tiene casos y no han sido detectados”.

**¿Y si efectivamente hubiese habido voluntad de hacer públicos esos datos, se sabe cómo hacerlo respetando la privacidad de los pacientes?**

Sí, se sabe cómo publicar datos. Epivigila tiene una cantidad enorme de información; si mal no recuerdo son más de 170 variables que se guardaban por pacien-

**Hay que entender que estos procesos de manejo de datos tienen una parte social muy importante [...] Es un proceso mucho más complejo que sólo el proceso técnico.**

te. Claro, si uno publica todo el historial de viajes de los últimos meses, y alguien realizó varios viajes, eventualmente se va a poder identificar a la persona... Pero publicar, por ejemplo, las fechas importantes por paciente sabemos que es seguro; uno puede mostrar que esa información no se puede desanonomizar. De hecho el IMFD desarrolló un sistema para llevar a cabo la anonimización de los datos, de manera automática.

**¿Cómo te sentiste viendo que éste era el momento en el que podías aportar a la sociedad como científico y el Ministerio de Salud no lo permitía?**

Por un lado hay mucha frustración, pero es una combinación de cosas. Finalmente nosotros –el IMFD– nos salimos de la Mesa de Datos porque no teníamos acceso a datos. No teníamos el insumo básico con el cual necesitábamos trabajar, y sin ese insumo no podíamos participar ni en las discusiones, ni en las decisiones.

También hay que entender que estos procesos de manejo de datos tienen una parte social muy importante. Dicho de otra manera, hay una parte que es culpa de nosotros. El pensar que simplemente vamos a llegar a un ministerio a solucionar los problemas es dar un salto muy anticipado. Es un proceso mucho más complejo que sólo el proceso técnico.

**¿No estás hablando de nada político, sino de algo social?**

Claro. Desde el Ministerio de Ciencia y desde la parte técnica del Ministerio de Salud vi la mejor disposición para tratar de ayudarnos. Pero finalmente esto se fue enredando en todo tipo de cosas extrañas; fue un proceso muy frustrante donde perdimos mucho tiempo en tér-

minos de lucha contra la pandemia. En abril seguimos teniendo números relativamente buenos –una oportunidad gigante para cerrar comunas y hacer cuarentenas estrictas–, pero en mayo la situación se nos escapó de las manos, se acabó la trazabilidad y los números se fueron al cielo. Puede ser que hubiéramos terminado igual, no sé. Pero sólo estadísticamente, llegar al séptimo lugar en el número de casos con una población que está como en el lugar 60, no tiene sentido. No deberíamos haber terminado en esa situación.

**Éstos son datos del Ministerio de Salud, pero todos los ministerios tienen sus datos y cada uno los maneja a su manera. Pareciera que falta una gobernanza de datos un poco transversal, ¿no?**

De hecho a ese término quería llegar en algún momento. La gobernanza de datos es un problema en este minuto. Y eso se ve muy claro en los ministerios, donde la gobernanza de datos es muy distinta en uno y en otro. Por ejemplo, el Ministerio de Transportes tiene una parte de telecomunicaciones, que es una industria completamente distinta, mucho más moderna y acostumbrada a manejar datos. Muy distinto a la cultura en un hospital donde, a pesar de que los datos son importantes, es mucho más importante estar atendiendo un paciente que, finalmente, manejar la información.

**¿Cómo evalúas la participación del ministro de Ciencia en todo esto? Al fin y al cabo él presidía la Mesa de Datos y él –más que nadie– debería haber velado por la toma de decisiones basada en evidencia.**

Varias cosas al respecto... Estoy completamente de acuerdo contigo en que más



## **La figura del ministro de Ciencia era muy nueva para este Gobierno, y para Chile en general.**

allá de su rol político, tiene un deber con las ciencias; tiene que ser independiente, llevar una opinión lo más técnica posible, decir con la evidencia en la mano "ésta es la realidad", y después la autoridad correspondiente tendrá que decidir en base a eso y muchas otras cuestiones.

Pero no todos los ministerios tienen el mismo peso. Hay ministerios que son políticos —muy cercanos a la presidencia— y hay otros que no. Y el primer problema que yo veía es que la figura del ministro de Ciencia era muy nueva para este Gobierno, y para Chile en general. Lo que me tocó ver a mí es que el Ministerio de Salud y el Gobierno tenían problemas para escuchar al Ministerio de Ciencia; no les gustaba la historia tan catastrófica que les contaba. De alguna manera lo dejó ver Andrés Couve cuando Jaime Mañalich se fue, al reconocer que habían cosas en la relación de ellos que podían haber sido mejores.

A mí me parece que el Ministerio de Ciencia ha tratado de ayudar, y hay que reconocer varias de sus iniciativas. Por ejemplo el desarrollo de laboratorios para PCR —transformar a las universidades en laboratorios, por así decirlo— fue un muy buen proyecto, con mucho impacto. Pero también hay una serie de iniciativas que no dieron los frutos que deberían haber dado, la Mesa de Datos es una de ellas en términos de su objetivo inicial.

**¿Por qué crees que el Minsal nunca escuchó lo que tenía para decir la comunidad científica? Me cuesta entender esa reticencia cuando hay tanto en juego...**

A mí también. Lamentablemente no es una realidad sólo de Chile y hemos visto varios gobiernos que son reticentes a escuchar. En Estados Unidos, por ejemplo, tienen un desastre. Para nadie es fácil escuchar críticas, pero si en algún momento uno se da cuenta que las

cosas no están saliendo bien, uno tiene que agachar la cabeza y decir "bueno, no está funcionando, es el momento de pedir ayuda o de escuchar a otros".

Y estoy de acuerdo en que esto se transformó en una especie de guerra de no escuchar. Y peor todavía, porque puedes terminar escuchando sólo a aquellos que van en tu dirección. En una situación como ésta definitivamente hay que escucharlos a todos, incluso a los que cuentan las peores historias.

**¿Cuál consideras que fue el peor error a nivel de manejo de la pandemia?**

El gran problema fue tener un discurso cambiante. Si uno mira Alemania, el discurso fue siempre el mismo: "Ésta es una situación difícil". En cambio, si tú en algún momento dices que es difícil, luego empiezas a hablar de nueva normalidad, después de que vas a abrir el país y empiezas a preparar el regreso de los colegios... Ese discurso ambiguo es un problema porque te encuentras con una realidad que no es así y hay que cambiarla en la otra dirección.

Por otro lado, el manejo de los datos no ha sido bueno y ha generado desconfianza. Jaime Mañalich decía que estaba cansado de dar explicaciones, ¡por supuesto! Si en todas las conferencias de prensa le volvían a preguntar cómo se calculaban los fallecidos porque na-





die lo entendía. El haber tenido datos más transparentes habría ayudado a comunicar mejor el mensaje: "La situación es difícil, lamentablemente se van a morir personas, pero ésta es la realidad que nos va a tocar vivir, y éstos son los números". En lugar de haber sido un insumo para tener mejores políticas, los datos se transformaron en un problema.

#### **¿Y qué países sí adoptaron un buen manejo de datos?**

Muchas veces llegaba el mensaje de que en Latinoamérica nos estábamos enfrentado a una infraestructura que no teníamos... que era propia sólo de países europeos o países como Estados Unidos. Sin embargo en lugares como Colombia o México tienen datos de lujo y han hecho muy bien ese trabajo. Por ejemplo en México tú puedes ver los pacientes desagregados, con las fechas, etc. Nosotros podríamos haber estado en una realidad mucho mejor.

#### **Cuando hayamos superado esto, ¿crees que vamos a mirar con otros ojos la toma de decisiones basada en datos?**

Ojalá que sí, que nos demos cuenta. Uno ve que hay organizaciones que se están tomando muy en serio el manejo de datos y su rol en la toma de decisiones, por ejemplo, con la construcción de infraestructuras de datos.

Creo que la pandemia nos va a ayudar en ese sentido; es una forma bien dramática de aprender... Pero también necesitamos una infraestructura y una gobernanza de datos mejor. Y eso porque ahora nos pasó en salud, pero más adelante nos puede pasar en otra parte.

En todo este proceso que nos ha tocado vivir aprendimos que no sólo tener datos de calidad es importante, sino que también necesitamos datos más transparentes, cuyos procesos de creación, limpiado y comunicación sean auditables. Si yo te digo "éstos son mis datos desagregados y esto es lo que

**Llegar al séptimo lugar en el número de casos con una población que está como en el lugar 60, no tiene sentido. No deberíamos haber terminado en esa situación.**

hago para calcular los fallecidos por COVID", tú puedes repetir exactamente el mismo cálculo. Podríamos no estar de acuerdo si hay que hacer el cálculo de ésta u otra manera, pero tú sabes que lo estoy calculando de esta manera y que lo calculé bien.

**Una cosa positiva que veo de la pandemia es que impulsó (o nos obligó a) una transformación digital que hubiera llevado años. ¿Crees que, por ejemplo, el teletrabajo o la educación online vinieron para quedarse?**

Creo que sí. También nos empezamos a dar cuenta que teletrabajar no significa sólo estar sentados frente a Zoom; hay tareas que funcionan mucho mejor cuando uno las hace en base a objetivos en lugar de en base a tiempo destinado. Va más allá de obligarnos a estar juntos a través de la tecnología, sino el obligarnos a ser más eficientes en términos del manejo de la tecnología.

En educación todavía lo veo menos. Es cierto, la democratización del conocimiento —que uno pueda tomar un curso, por ejemplo, con el mejor profesor de algoritmos del MIT— me parece increíble. Pero las clases a través de Zoom, o la plataforma que sea, me parecen complejas: veo a los alumnos cansados, a los profesores cansados...

**¿Qué tan bueno ha sido el rol de los científicos como comunicadores? ¿Han estado a la altura de las circunstancias?**

Es un rol fundamental que en general debiéramos tener en términos de difusión. Creo que hay gente que lo ha hecho muy bien. Se han dado el tiempo y el trabajo para ello. Un ejemplo que me gusta mucho es Ricardo Baeza-Yates.

Ha dedicado mucho tiempo y se ha vuelto una voz que uno puede escuchar... el mostrar porqué el cálculo de fallecidos no está bien hecho, o cómo interpretar ese resultado de una manera tan sencilla. Tú lo escuchas y dices: "Claro, tiene razón, esto hay que mirarlo de esta forma". Otro ejemplo que me gusta mucho es Jorge Pérez, ha hecho un aporte enorme a través de Twitter. Es algo que tiene que quedarse, no sólo con el COVID que es una cosa gigante y super importante, sino también con nuestros temas de investigación, tratar de explicar qué es lo que estamos haciendo, por qué lo estamos haciendo, etc.

**Y por último Marcelo, ¿qué has aprendido como científico de esta pandemia y qué crees que la sociedad en todo su conjunto ha aprendido?**

A nivel profesional lo que me ha llegado más es que en el IMF ya teníamos esta idea muy fuerte de que los problemas de datos hay que atacarlos de manera multidisciplinaria, y aquí quedó muy claro que eso es así. Nos quedamos completamente cojos si no los abordamos desde múltiples ángulos; se necesita gente del lado de computación, de estadística, de ciencias sociales, etc.

Como sociedad la lección más importante que creo que hemos aprendido es que somos bastante más frágiles en algunos sentidos de lo que pensábamos. Dado los avances médicos, tecnológicos, etc., nos costaba imaginar que una pandemia nos iba a poner en una situación como ésta, en la que llevamos meses y aún no tenemos idea hacia dónde vamos. ■



# Transformación digital: una revolución con sentido





**LEONARDO SOTO**

CEO en Continuum Global. Master of Business Administration (MBA) por la Universidad de Melbourne y por la Universidad de Chile. Ingeniero Civil Informático de la Universidad de Santiago de Chile.

[leo.soto@continuum.cl](mailto:leo.soto@continuum.cl)



**FRANCISCO OTONDO**

Líder regional de Marketing y Comunicaciones en Continuum Global. Master of Business Administration (MBA) por la Universidad de Melbourne y Magíster en Gestión para la Globalización por la Universidad de Chile. Periodista de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

[francisco.otondo@continuum.cl](mailto:francisco.otondo@continuum.cl)



Analizar qué ha sucedido con la banca, la salud y la educación en este período de pandemia con sus procesos de transformación digital. Estos tres sectores nos interesan porque, creemos, tendrán un gran impacto en la revolución que transformará nuestro continente en un polo de innovación y negocios tecnológicos para el mundo.

A 23 kilómetros de Padre Las Casas, en la Región de La Araucanía, se encuentra San Ramón, una localidad semiurbana de diez mil habitantes en un país de 18 millones de personas: Chile. Es de esos lugares tranquilos y parajes verdes del sur donde existe la falsa sensación de que nada pasa. Sin embargo, en mayo su historia saltó a las noticias nacionales y extranjeras. En medio de la región con el menor PIB per cápita del país, jóvenes que lograron entrar en la universidad debían subirse a los techos de sus casas para estudiar. Aperados de paraguas, frazadas, mate y café, enfrentaban la lluvia, el frío, el viento y el débil sol del otoño en los únicos lugares donde captaban conexión a Internet, recurso que se volvió clave para asistir a clases. Esto, después de que la pandemia provocada por el coronavirus obligara a los chilenos a encerrarse en sus casas y cerrar comercios, oficinas, restaurantes, bancos, colegios y, relevante para este caso, universidades.

"Acá en San Ramón hay muy mala señal y, por eso, no nos queda otra que subirnos a los techos a buscar una buena conexión. Estoy en mi primer año y yo pensaba que iría a clases con normalidad, pero con la cuarentena no se ha podido, así que debo ver cómo me conecto", contaba Paulina Romero, estudiante de 18 años de Química y Farmacia en la Universidad Autónoma, a AraucaníaDiario.cl, medio que reveló originalmente esta historia. "La señal no me permite conectararme a Zoom u otras plataformas, así que debo subir, conectar el teléfono o pedirle a mis compañeros que me manden las clases por WhatsApp. A veces, lo que hago es intentar conectararme con el computador, pero es imposible".



Historias como la de San Ramón son el reflejo de lo que ha sucedido con la transformación digital en Chile: ha avanzado, pero no ha llegado a todos.

Si hace unos años nos preguntábamos si las empresas y organizaciones deberían subirse a este carro, hoy no hay duda: la respuesta es sí.

La nueva cuestión tiene que ver con la manera en queremos subirnos a la transformación digital y quiénes deberían estar invitados a protagonizar este proceso en una época de cambios marcada por tres crisis, momentos que el filósofo italiano Antonio Gramsci define "cuando

el viejo mundo muere y el nuevo mundo lucha por aparecer": la crisis sanitaria producto del COVID-19, la económica que sigue a la anterior y la institucional que viene desde octubre de 2019 y se caracteriza por un proceso constituyente donde el próximo paso es la elección de los miembros de la Convención para modificar la carta fundamental.

En particular, queremos analizar qué ha sucedido con la banca, la salud y la educación en este período de pandemia que, al cierre de esta edición, aún no tiene para cuando terminar. Estos tres sectores nos interesan porque, creemos, tendrán un gran impacto en la revolución

que transformará nuestro continente en un polo de innovación y negocios tecnológicos para el mundo.

\*\*\*

En 2016, Leonardo Soto y Liliana Reyes, socios de Continuum, escribían que todas las empresas deberían transformarse en empresas de software. Tarde o temprano.

Definían la transformación digital como "procesos que buscan cambios profundos de efecto duradero en la organización para enfrentar los complejos desafíos planteados por el ritmo acelerado y la naturaleza global de los cambios en el mundo digital".

Este cambio partió en los países desarrollados. Ahí, vimos cómo las compañías de software arrasaron con los antiguos paradigmas: Netflix mató a Blockbuster y, aunque no se llevó la mayoría de los premios en la última versión de los Oscar, tiene contra las cuerdas a la producción tradicional hollywoodense de series y películas; Amazon mató a Borders, el mayor distribuidor de libros en Estados Unidos, y ahora va por el retail tradicional; y Pixar, donde el desarrollo computacional es una competencia central, amenazó a Disney... hasta que Disney la compró e, incluso, incorporó sus películas al catálogo de Disney+.

Llegó a Latinoamérica con ejemplos como CornerShop, Burn to Give, MercadoLibre, Fintual, Get on Board o PortallInmobiliario, por nombrar algunos. Todas son empresas que han logrado comerse un trocito del mundo, pese a todas las particularidades económicas, políticas y sociales de la región.

Lo lograron porque las tecnologías para armar este tipo de empresas estaban más maduras y los canales de promoción y distribución eran mucho más numerosos. Las herramientas de programación de software y los servicios basados en Internet facilitaron la crea-

## *Las compañías de software arrasaron con los antiguos paradigmas: Netflix mató a Blockbuster [...] ; Amazon mató a Borders, el mayor distribuidor de libros en Estados Unidos [...] ; y Pixar [...] amenazó a Disney... hasta que Disney la compró.*

ción de industrias que operan en mercados más amplios, con menores inversiones en infraestructura y empleados. A estos factores tecnológicos, que siguen desarrollándose, se suma un asunto de demanda: se calcula que habrá cinco mil millones de usuarios que tendrán smartphones en la próxima década.

En un escenario pre-coronavirus, ya entendíamos que las empresas que no supieran de software estarían condenadas a desaparecer. Así de simple. Esto explicó que empresas tradicionales también se subieran al carro de la transformación digital. Philips sumó la comercialización de su plataforma de gestión clínica a su negocio en equipos médicos. La logística de Walmart, una de sus ventajas competitivas, es software. El *revenue management* de las aerolíneas es parte vital de su supervivencia y es software. Y la minería lidera áreas de supercomputación y modelamiento para decidir dónde perforar.

En este escenario de transformación, nos encontró la pandemia provocada por el coronavirus. Si uno de los objetivos de fondo de estos procesos es aprender a transformarnos, aprender a cambiar, la pandemia se volvió un examen que mide cuánto de esta capacidad de aprendizaje reside efectivamente en las organizaciones latinoamericanas.

## Banca, una fórmula a prueba

La crisis sanitaria obligó a empresas, consumidores y trabajadores a adaptarse a una nueva normalidad marcada por

una utilización más intensiva del canal digital en reemplazo del presencial, la valorización de los medios de pago sin contacto, el uso del *delivery* como canal de distribución y la implementación del trabajo a distancia.

En ese contexto, la banca latinoamericana no ha debido hacer grandes ajustes a sus modelos... aún. Aunque las ganancias han sido menores que en otros años, es una industria que sigue con números azules. En Chile, los bancos obtuvieron 127 millones de dólares solo en junio de 2020; en Perú, el sistema acumuló 571 millones de dólares en los primeros cinco meses del año, y, en Argentina, ganaron 464 millones de dólares netos en abril.

En buena parte, los procesos de transformación digital que venían llevándose a cabo desde hace unos años han reducido el impacto de la crisis sanitaria en el sector. Sin embargo, todavía quedan desafíos pendientes, sobre todo, cuando se piensa en los grupos que ya estaban quedándose fuera de este proceso de cambio desde antes de la crisis: ¿Qué pasará con ellos después del coronavirus?

La epidemia ha mostrado el rol estratégico que está jugando la transformación en este sector y se puede evaluar en dos grandes sentidos. Primero, frente a los actores externos, como clientes y otros jugadores del mercado, donde ha destacado su rol como protagonista de la cadena de valor del e-commerce. Segundo, hacia el interior de las mismas organizaciones, como un elemento que potencia a los equipos y el cambio cultural.

"Hemos visto que los bancos están abriendo o mejorando los canales de



## **"Sin la pandemia, muchas de las universidades no habrían implementado estas soluciones sino en varios años más", Sebastián Ossés.**

ventas y generando productos para sus clientes. El proceso de transformación digital no se detuvo e, incluso, tuvo un impulso con la crisis sanitaria", afirma Ángel Valenzuela, líder de Banca en Continuum.

Pone como ejemplo al Banco Internacional, uno de los que tiene mayor tasa de crecimiento en el país, que lanzó su nuevo sitio web buscando diferenciarse de la competencia: "Imagínate que desarrollaron completamente remoto este nuevo canal de ventas durante la pandemia en poco más de seis meses".

Las billeteras digitales se transformaron en una punta de lanza para irnos deshaciendo del plástico a través de su uso en comercios físicos.

Esto se reflejó en el lanzamiento de productos como Fpay, de Falabella, el impulso que Santander le ha dado a Superdigital y el anuncio de BCI de entrar a competir directamente con la Cuenta-RUT de BancoEstado —la cuenta vista de mayor uso en el país— a través de su aplicación Mach.

Ángel Valenzuela destaca que los bancos también facilitaron que las personas pudieran obtener nuevos productos, renegociar sus créditos y financiarse sin acudir a las sucursales.

"La expectativa de las transacciones en el e-commerce también se ha cubierto", explica el líder consultor. "Si lo miras en términos muy simples, el e-commerce requiere que funcionen tres grandes elementos: el comercio, el pago y el delivery. El pago ha estado a la altura pese a su explosivo crecimiento, lo que no ha pasado con otros actores, que han tenido problemas con el reparto, el inventario o la disponibilidad de sus canales digitales".

La adopción de tecnología para crear espacios remotos y distribuidos de trabajo también dio un salto importante durante esta crisis. Los bancos ya estaban preparados con sistemas interoperables, confiables y que aseguraban su funcionamiento continuo. Las circunstancias obligaron a botar las trabas culturales y perder el miedo que bloqueaba el trabajo a distancia.

Así como cayeron estas barreras, hay otras que siguen en pie y tienen que ver con la inclusión financiera, como veremos más adelante.

enfrentar tuvo que ver con la comunicación. El coronavirus planteó la necesidad de hacer trabajar en conjunto los niveles de atención de salud primaria y secundaria; los prestadores públicos y privados, y las organizaciones encargadas de enfrentar la pandemia, como los ministerios de Salud, Educación, Transporte o Interior con otras agencias estatales y varias instituciones intermedias, como gremios y colegios profesionales.

El personal de salud jugó un papel clave.

"Mostraron el compromiso necesario para enfrentar la pandemia", afirma Liliana Reyes. "Fueron capaces de recibir entrenamiento en dispositivos nuevos y de aprender a trabajar en equipo con personas con las que antes no habían trabajado".

Este grupo tuvo que lidiar con nuevos procesos y sistemas de información que no necesariamente estaban preparados para una alta demanda.

"No es lo mismo llenar un formulario manualmente para notificar un caso COVID y demorarte 15 minutos cuando tienes poco flujo de pacientes, que cuando tienes un alto flujo de pacientes y esos 15 minutos te duelen, porque sabes que podrías aprovecharlos en atender a otro", dice Soledad Paredes, consultora de Salud de Continuum.

La coordinación se vio favorecida por la existencia de un registro clínico electrónico en la mayoría de los servicios asistenciales. La herramienta fue clave para administrar la información como parte de los procesos de urgencia, atención ambulatoria y hospitalización, entre otros.

Sin embargo, se debieron ajustar los procedimientos de atención generando nuevos protocolos. Porque la transformación digital no es solo la adopción de herramientas o digitalización. El proceso vivido por los centros de salud también obligó un cambio de idiosincrasia:

## **Salud, un llamado de emergencia, baby**

Sin duda, uno de los sectores más presionado por la crisis del coronavirus es la salud. La naturaleza de la enfermedad obligó a movilizar y coordinar los servicios de urgencias, las unidades de tratamientos intensivos y las de cuidados intensivos del sector público y del privado junto a otras instituciones estatales, no gubernamentales y extranjeras para responder al incremento en la demanda. La pandemia también alteró la rutina de los pacientes que asistían a atenderse en centros médicos que, de pronto, se transformaron en lugares peligrosos como foco de contagio.

"Antes del coronavirus, sí había procesos de transformación digital ejecutándose, pero no tan masivamente ni con tanta visibilidad como ahora", explica Liliana Reyes, líder de Salud de Continuum.

La transformación digital acudió al llamado de emergencia de la salud. Uno de los principales desafíos que debió

personal médico y pacientes tuvieron que adoptar nuevos hábitos con la dificultad de tener que contratar un gran número de nuevos profesionales para hacer frente a la crisis.

"La implementación sin pandemia ya estaba en curso, pero claramente avanzaba a una velocidad menor debido a que este tipo de ajustes en la manera de entregar servicios implican cambios culturales y normativos", da a conocer Liliana Reyes.

La pandemia obligó a cambiar varios de estos aspectos. Incluso, algunos burocráticos. Por ejemplo, Fonasa aumentó la codificación de prestaciones cubiertas por telemedicina. Esto permitió que los pacientes recibieran este tipo de atención con cobertura y no sólo en modalidad particular.

Un desafío importante fue asegurar la continuidad de las consultas médicas diarias. Tanto las espontáneas como las de control.

"Se lograron multiplicar por 10 o más la cantidad de consultas diarias, aumentaron los centros de salud con una plataforma de atención remota, se implementaron sistemas informáticos para agilizar la notificación o registro de información que posteriormente se envía a otras instituciones y que, al realizar dicho registro manualmente, implica que el profesional de la salud pierda entre 15 y 20 minutos que pueden ser ocupados en atender a otro paciente", enumera la líder de salud de Continuum para ejemplificar algunos logros.

La crisis sanitaria hizo evidente que lo que más se necesita para implementar cambios que impacten positivamente la vida de los pacientes es voluntad y respaldo de instituciones como el Estado, que habiliten ese progreso a través de los ajustes que la regulación necesita.

¿Seguirá ese impulso después de la pandemia?

## Educación: edúquese lo más que pueda

La historia con que parte este artículo refleja uno de los desafíos más importantes para la educación universitaria en este período: rediseñar la experiencia de aprender hacia un modelo ciento por ciento en línea, mezclando lo síncrono y lo asincrónico. Y con la urgencia de hacerlo en tiempo récord.

Clases por Zoom, Skype o Meet o el uso de plataformas como Canvas se transformaron en asuntos del día a día de estudiantes y académicos.

"Algunas universidades ya estaban preparadas y manejaban plataformas virtuales como Moodle, Blackboard o Canvas para dar cursos online. Además, contaban con un staff medianamente preparado para llevar adelante un modelo de enseñanza virtual", explica Sebastián Ossés, líder de Educación en Continuum. "Sin embargo, hay diferencias notables entre la antigüedad de los sistemas que soportan el funcionamiento de las universidades, lo que tuvo un impacto directo en la velocidad de cambio de ellas como organización".

Las que mejor reaccionaron ya contaban con procesos más ligeros, una cultura ágil y sistemas más flexibles, escalables. Estos procesos ya integraban data, analíticas y una experiencia omnicanal tanto para la atención de personal interno como de alumnos que, al mismo tiempo, conviven con un ecosistema digital abierto.

Las que no contaban con sistemas de educación online o gestores de aprendizaje (*learning management systems, LMS*) tuvieron que implementarlos en este período a toda velocidad. Buscaron cubrir la necesidad de dictar clases en vivo y asincrónicas, comunicar a sus alumnos, evaluar en línea, verificar la identidad de sus estudiantes, emitir cer-

tificados y ejecutar actividades complementarias a las lecciones asíncronas.

"Las condiciones aceleraron radicalmente la implementación de estas soluciones. En algunos casos, sin la pandemia, muchas de las universidades no habrían implementado estas soluciones sino en varios años más porque requieren inversión, cambios en su infraestructura y alteraciones fuertes en su cultura de trabajo", explica Sebastián Ossés.

La capacitación masiva de docentes y empleados de las universidades en herramientas tecnológicas y procesos digitales para seguir funcionando fue un acierto. Sobre todo, en un ambiente donde muchos académicos pensaban —y piensan— que sus clases eran —y son— inviables sin la participación de sus alumnos reunidos en una sala.

Sin embargo, la educación superior también ha debido enfrentarse a un problema estructural: la brecha digital y la brecha social que caracterizan al continente. La historia que encabeza este artículo mostraba las dificultades que tiene acceder a Internet cuando estás en la periferia, lejos de los centros de poder. A este fenómeno, se sumó el impacto de la crisis económica que acompaña a la sanitaria: despidos, reducción de sueldos y suspensiones laborales impactaron en la economía familiar creando un efecto bola de nieve que deriva en el abandono de alumnos, la postergación de estudios y potenciales bajas importantes en las matrículas. Muchas familias tienen que decidir entre comprar un computador o comer. En ese contexto, muchos alumnos se las han ingeniado para estudiar desde sus celulares.

"Fue un acierto el esfuerzo de las universidades por flexibilizar pagos y facilitar recursos para que la educación pueda continuar. Hay casos donde proveyeron Internet, computadores, tablets y otros recursos para que alumnos puedan seguir estudiando desde sus hogares", explica Sebastián Ossés.



Para el líder consultor en Educación, "si bien hay muchas diferencias en cómo se ha adoptado este cambio, lo que más destaco es la reacción excepcional de las personas que trabajan en universidades. Estoy seguro que todos se han puesto la camiseta al 1000% con el fin de resolver en tiempo récord la continuidad educativa, guiando a docentes, apoyando a familias y a estudiantes, incluso, considerando las dificultades y diferencias en recursos, infraestructura y las mismas condiciones sanitarias. Todo, con el fin de hacer lo mejor posible para que la educación no se detenga".

## Desafíos en mundo postpandémico

Algunas imágenes que ha dejado la crisis son preocupantes y nos cuestionan sobre lo que estaba pasando sin pandemia y cuál será el escenario cuando ésta se acabe.

Conmovedoras fueron las largas filas de adultos mayores que vimos en las calles de las principales ciudades de Argentina, Chile, Colombia, México y Perú para cobrar sus pensiones. La situación dejó en evidencia que un grupo importante se está quedando abajo del carro digital en la banca.

En esa línea, quienes trabajamos en los bancos y en las empresas que colaboran con ellos deberíamos preguntarnos si nuestros propios prejuicios están dejando fuera del diseño de servicios digitales a estas personas. La exclusión de este conjunto es preocupante no solo porque parece un asunto de justicia, sino también de negocios, ya que conforman un segmento que crece y se consolida. El Banco Interamericano de Desarrollo llama a este fenómeno "la nueva economía plateada".

*Las largas filas de adultos mayores que vimos en las calles [...] para cobrar sus pensiones [...] dejó en evidencia que un grupo importante se está quedando abajo del carro digital en la banca.*



También está la duda sobre cómo las personas podrán bancarizarse desde sus casas sin la necesidad de una firma física. Porque la inclusión financiera es fundamental para mejorar sus vidas. Cuando están bancarizadas, tienen más oportunidades de salir de la pobreza, ya que pueden ahorrar e invertir en emprendimientos, educación, vivienda o salud. Aquí, la tecnología y utilización de nuevos medios de autenticación es clave.

Este sector también enfrenta el desafío de interconectarse con otros actores para ofrecer mejores productos y encontrar un modelo de negocios viable para esa interconexión. El *open banking* implica explorar nuevas fórmulas donde todos ganen –usuarios, bancos y fintechs– y hacer más grande la torta.

En salud, algunos profesionales clínicos y pacientes tenderán a retomar vie-

jas prácticas al volver a la normalidad. Sin embargo, los pacientes marcarán la diferencia: quienes recibieron servicios gracias a los avances que provocó la pandemia difícilmente querrán volver atrás. Y si los grandes hospitales y clínicas no desarrollan la telemedicina, habrá otros actores medianos y nuevos que lo harán. En Estados Unidos, las teleconsultas representaban menos del 1% del total de consultas médicas en enero, fueron más del 20%.

Sin la presión de la contingencia, se podrá revisar si este progreso realmente se dirigió hacia una transformación digital del sector o, simplemente, se trató de traspasar el proceso físico a sistemas de información sin repensarlo para un canal propiamente digital que reduzca las ineficiencias del trabajo manual.

La interoperabilidad de los sistemas entre distintas organizaciones públicas y privadas también aparece como un desafío que beneficiará a los pacientes. La necesidad de contar con soluciones rápidas hizo que hospitales y clínicas adoptaran distintos sistemas que están fragmentando la información de los usuarios. Centralizar esos datos permite formar una red de salud unificada. Si esto se hiciera, los pacientes dejarían de cargar sus carpetas con una multitud de exámenes, informes y su historial clínico. Los médicos, como contraparte, tendrían en un lugar toda la información para dar diagnósticos más precisos y terapias más efectivas.

Relacionado con lo anterior, está el desarrollo de aplicaciones o portales donde los pacientes puedan administrar y compartir su información de salud de manera práctica, segura y confidencial. Esto los empodera, porque pasan a ser propietarios de datos que hoy residen en los centros médicos y les permite acceder a mejores tratamientos. Aunque existen proyectos en esta línea, por ahora solo funcionan en el contexto de

## *La crisis sanitaria hizo evidente que lo que más se necesita para implementar cambios que impacten positivamente la vida de los pacientes es voluntad y respaldo de instituciones como el Estado.*

determinados centros asistenciales, sin la posibilidad de utilizar la información clínica en otros lugares.

En esta pandemia, se han privilegiado las atenciones presenciales para urgencias y problemas respiratorios. Pero una gran parte de la población en Chile sufre enfermedades crónicas, como diabetes, hipertensión, hipercolesterolemia, entre otras. Estos pacientes han dejado de asistir a sus controles, por lo que desarrollar plataformas de seguimiento les permitiría continuar sus tratamientos, realizar controles y recibir recetas, con el objetivo de evitar descompensaciones o mayores problemas de salud en el futuro.

En educación, la pandemia podría actuar de trampolín para iniciar la transformación digital de muchas instituciones de educación superior, que se deberían abrir al mundo online y global. En América Latina, esto no sólo dependerá de las universidades, sino también de la apertura de regulaciones locales y ministeriales para cada país.

Uno de los desafíos más urgentes tiene que ver con la consolidación de sistemas de aprendizaje en línea síncronos y asíncronos que permitan dictar clases, hacer tareas en clases y realizar actividades grupales fuera de clases. La alternativa parece ser una buena manera de enfrentar las brechas históricas estructurales que se viven en educación. Es verdad que siempre los estudiantes han tenido dificultades para llegar a clases como la falta de transporte público o la mala infraestructura urbana cuando viven en la pobreza, por nombrar algunas, y que a esas se suman problemas como el acceso a Internet.

Pero también es verdad que la transformación digital es una herramienta para corregir estas inequidades.

En esa línea, implementar integraciones de tecnología y datos que mejoren la experiencia de los servicios universitarios basadas en la historia de los alumnos parece ser el siguiente paso de instituciones de educación superior hacia la omnicanalidad que hace un rato se consolidó en otros sectores de la economía. Esto es coherente con la implementación de procesos de admisión, evaluación y matrículas que integren plataformas para exponer la oferta educativa, sistemas de pagos y sistemas de información estudiantil.

Independiente del sector económico del que estemos hablando, lo que está detrás de estos desafíos como un llamado urgente, un asunto de justicia y, por qué no decirlo, un tema de negocios, es la inclusión de todas las personas en los procesos de transformación digital. Las grandes mayorías, pero también las minorías que históricamente han sido excluidas o han estado alejadas de los centros del poder.

Sobre todo, pensando en un futuro próximo que trae cambios a nivel local, pero también continental y global, hemos visto que las revoluciones que excluyen no siempre terminan bien. Y no queremos que la transformación digital sea una de ellas.

Por eso, ya no basta con decir que ésta es una revolución (que lo es). Lo que nos toca ahora es convertirla en una revolución con sentido. Y ese sentido lo dan las personas. ■



# Desafíos de la enseñanza y aprendizaje en la educación superior postpandemia\*



\* En este texto se utiliza el género masculino como forma no marcada para referirse a personas de distintos géneros. Esta decisión se basa sólo en la necesidad de simplificar las estructuras utilizadas con el fin de construir un discurso comprensible. A pesar de esta opción lingüística, se reconoce la diversidad de género y valora la importancia del lenguaje inclusivo.





**MAGDALENA CLARO**

Directora académica del Observatorio de Prácticas Educativas Digitales y Profesora Asistente de la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. También es investigadora en CEPPE-UC. Ha trabajado en proyectos nacionales e internacionales relacionados con tecnologías digitales en la educación, particularmente en relación con la definición, evaluación y desarrollo de las habilidades digitales de los estudiantes. Sus proyectos de investigación actuales se encuentran en el área de la inclusión digital, los efectos de Internet en las nuevas generaciones y las estrategias de enseñanza y aprendizaje en entornos digitales.

[mclarot@uc.cl](mailto:mclarot@uc.cl)



## Introducción

El reporte EDUCAUSE Horizon publicado de forma anual desde hace 15 años, busca dar cuenta de las principales tendencias, a partir de los cambios tecnológicos y prácticas emergentes que van dando forma al futuro de la enseñanza y el aprendizaje en la educación superior. El informe publicado en marzo de este año tuvo la particularidad de ofrecer escenarios sobre cómo podría desarrollarse el futuro para la educación superior, contemplando un escenario en que todo permanece esencialmente igual, otro de crecimiento y progreso, otro de colapso y finalmente uno de transformación con una institucionalidad de naturaleza completamente distinta [1]. A pesar de que el informe considera las distintas tendencias tecnológicas y entre ellas, la integración creciente de sistemas o entornos de aprendizaje digitales, en ninguno de los escenarios se proyectó la posibilidad de una pandemia como la actual, donde estos espacios se transformarían en la única alternativa para dar continuidad al proceso de enseñanza y aprendizaje. Si bien hace años Internet y las plataformas digitales se han ido incorporando de manera creciente como oportunidades para un aprendizaje más flexible en el espacio virtual, la pandemia presentó un desafío sin precedentes en la historia de la educación en el mundo: esto es, pasar abruptamente de un sistema organizado por siglos y casi enteramente desde el principio del encuentro cara-a-cara entre profesor y estudiantes en un aula física, a otro basado completamente en una modalidad virtual.

Dada la larga duración de la pandemia, una de las preocupaciones centrales de las instituciones de educación superior ha sido de qué manera este paso repentino a la modalidad virtual puede estar afectando la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje. La calidad de la enseñanza universitaria tiende a definirse actualmente como la capaci-

dad de los docentes de poner en el centro a la estudiante y lograr que todos desarrollen competencias y obtengan buenos resultados de aprendizaje [2]. Para ello, muchas universidades en el mundo han organizado centros de desarrollo docente, desde la noción de que una buena docencia no es una responsabilidad individual sino institucional, lo que requiere implementar políticas y procedimientos que apoyen y promuevan una buena enseñanza y evaluación en toda la institución [3]. Mover la enseñanza y aprendizaje a una modalidad virtual, involucra cambios estructurales a nivel de las condiciones tecnológicas y de capacidades, desafiando fuertemente a los centros encargados de capacitar a los docentes. El presente artículo revisa los principales cambios y desafíos educativos que ha implicado cerrar los espacios físicos de las instituciones por el COVID-19 y luego presenta una breve reflexión sobre las implicancias de estos cambios para el futuro de la enseñanza y aprendizaje en educación superior.

## Principales cambios y desafíos en la enseñanza y aprendizaje en educación superior

### Mayor relevancia de la diversidad social y socioemocional en el aula universitaria

Desde los años 1990, la educación superior en Chile se ha masificado de manera sostenida desde alrededor de un 20% a algo más del 50% (tasa bruta) [4]. Ello ha creado una mayor diversidad tanto en la naturaleza de los programas ofrecidos como en la población estudiantil, desafiando a las universidades (especialmente las públicas) a lograr una educación de calidad en el marco de esa mayor diversidad. Sin embargo, el aula virtual o educación remota en emergencia (como se ha llamado al tipo

de educación que se está impartiendo actualmente) ha vuelto más evidente las diferencias socioeconómicas de los hogares. Las diversas condiciones que tienen los estudiantes de espacio, infraestructura y tranquilidad para estudiar y concentrarse en el hogar se vuelven más visibles en la sala de clases virtual ya que generan diferencias en las posibilidades de participación en el aula. Adicionalmente, la pandemia evidenció la profunda brecha digital en nuestro país, es decir las diferencias de acceso a Internet y dispositivos para el aprendizaje. Los datos de la SUBTEL (Subsecretaría de Telecomunicaciones) indican que en marzo algo más de la mitad de los hogares en Chile no tenían conexión fija y mientras algunas comunas de la Región Metropolitana tenían más del 90% de conexión fija, otras no superaban el 20% de conectividad. Estas diferencias han implicado importantes esfuerzos de parte de las universidades para facilitar dispositivos y paquetes de datos a los estudiantes para poder participar de las clases en entornos digitales. A pesar de ello, la ausencia de conexión fija en el hogar hace difícil poder participar de todas las instancias de aprendizaje, en especial las de interacción sincrónica, dejando en desventaja a algunos estudiantes en relación a sus pares. Esto genera nuevas brechas que se suman a las ya existentes en las oportunidades de aprendizaje que entrega la experiencia universitaria.

Lo anterior ha desafiado a docentes universitarios a abordar de manera más directa la diversidad social en el aula, demandando habilidades sociales y relacionales que no han sido requeridas de la misma manera. Tradicionalmente, el valor del docente universitario ha estado puesto particularmente en su conocimiento experto y la capacidad para transmitirlo en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, como se señaló antes, en las instituciones del siglo XXI la calidad de la docencia se enfoca de manera creciente en la capacidad de desarrollar competencias en los estu-

**[La migración a las clases virtuales] ha desafiado a docentes universitarios a abordar de manera más directa la diversidad social en el aula, demandando habilidades sociales y relacionales que tradicionalmente no han sido requeridas de la misma manera.**

diantes, muchas de ellas transversales a toda la experiencia universitaria [3]. Si bien este foco en la formación de competencias ha significado mayores esfuerzos en desarrollar las capacidades pedagógicas de los docentes, al tratarse de la formación de jóvenes adultos, éstas se tienden a enfocar en la dimensión más cognitiva del aprendizaje y los problemas socioemocionales se delegan a los departamentos de asuntos estudiantiles. Este tiempo sin embargo ha demandado de parte de los docentes abordar una dimensión más socioemocional de la relación pedagógica con sus estudiantes, requiriendo abrir distintos canales de comunicación y buscando soluciones flexibles que compatibilicen el aprendizaje de los estudiantes con su bienestar psicológico y emocional. El problema es que no todos los docentes tienen estas capacidades, generando probablemente nuevas diferencias en las condiciones para el aprendizaje de los estudiantes.

#### Cambios en el modelo instruccional y el rol docente

Para lograr los objetivos de aprendizaje, un curso es diseñado a partir de determinados supuestos espaciales y temporales. Por siglos, éstos se basaban en el encuentro presencial entre docente y estudiantes dentro de una sala de clases y por un rango de tiempo determinado. Estos supuestos cambian radicalmente cuando se pasa de la enseñanza presencial a la virtual, en el sentido que el docente pierde el control de los tiempos y condiciones en que aprenden sus estudiantes. Los procesos de formación en línea son diferentes y se conciben bajo lógicas distantes a las tradicionales. En concreto, esto implica redise-

ñar el programa de estudio del curso, el syllabus y las secuencias didácticas planificadas (actividades y evaluaciones), considerando que los estudiantes trabajarán en ello desde contextos distintos y muchas veces en momentos diferentes. Ello significa diseñar el curso pensando en una secuencia de pasos, que combinen momentos autónomos asincrónicos con otros de encuentro sincrónico, y donde cada actividad se construye sobre la actividad previa. Por ejemplo, una secuencia didáctica puede consistir en presentar y explicar contenidos en un video, planteando preguntas para que cada cual reflexione de manera individual o grupal y luego ponerlas en común en un encuentro del curso por videoconferencia. Para que esa secuencia funcione y que todxs lxs estudiantes puedan seguirla de forma autónoma, requiere trabajar un diseño claro y con instrucciones explícitas para todos.

La necesidad de adaptar un curso que fue pensado para un formato presencial a un formato virtual, pone en tensión una dicotomía que se viene dando desde hace un tiempo entre el aula tradicional y el aula digital [1]. En el modelo de aula tradicional, gran parte del proceso se juega en el momento de encuentro sincrónico en el aula. Desde esta perspectiva, perder una clase significa restarse de la posibilidad de interactuar y acceder al conocimiento que domina determinado docente. Sin embargo esto ha sido radicalmente transformado por las posibilidades de registro y distribución de información y datos de las tecnologías digitales, permitiendo que los contenidos puedan ser revisados en distintos momentos y lugares, y reproducidos todas las veces que el estudiante lo requiera. Eso modifica el

valor del encuentro presencial y el rol docente. Así lo han entendido quienes han impulsado hace años lo que se llama la metodología Flipped Classroom o Clase Invertida [5, 6]. Básicamente, significa que los estudiantes se aproximan al contenido del curso fuera de la clase, generalmente a partir de la visualización de videos y revisión de documentos, y usan el tiempo de aula para trabajar y discutir el contenido revisado. Esto último puede ser a través de discusión entre pares, trabajo en proyectos, revisión de casos, entre otros. El modelo libera el tiempo de las clases presenciales para realizar actividades prácticas las que permiten que el estudiante aprenda haciendo y reciba retroalimentación inmediata de su profesor [7]. En este modelo el rol del docente se transforma al de un guía y facilitador del aprendizaje. En términos de la Taxonomía de Bloom [8] significa que los estudiantes realicen el trabajo cognitivo más básico (conocer y comprender) en sus casas, para luego realizar actividades con mayor exigencia cognitiva (analizar, evaluar y crear) en la sala de clases con apoyo del docente y en colaboración con sus pares. Ello permitiría desarrollar habilidades relevantes en la sociedad del siglo XXI que requieren de la interacción entre estudiantes y de la retroalimentación y guía docentes, y para lo cual queda poco tiempo cuando las clases se centran en la entrega de contenidos.

Si bien aprovecha las posibilidades de las tecnologías digitales, sigue organizándose en base a las posibilidades del encuentro presencial en la sala de clases y a la interacción directa de docentes y estudiantes. En la educación remota en emergencia, las posibilidades de uso del tiempo e interacción del encuentro sincrónico son más limitados. Incluso en escenarios de buena conectividad, los momentos de trabajo sincrónico son difíciles de coordinar e implementar, debido a las diferentes realidades en los hogares de los estudiantes que no fueron adecuadamente preparados. Es por ello que las recomendaciones que



## *Las diversas condiciones que tienen los estudiantes de espacio, infraestructura y tranquilidad para estudiar [...] se vuelven más visibles en la sala de clases virtual ya que generan diferencias en las posibilidades de participación en el aula.*

se han hecho en este contexto de pandemia favorecen actividades asincrónicas para que los estudiantes puedan estudiar a su propio ritmo (cápsulas de videos, foros, documentos compartidos, entre otros) y favorecer los momentos de encuentro sincrónico procurando un diseño cuidadoso de las actividades y tiempos enfocados en la interacción, para resolver dudas y profundizar en los aprendizajes. Asimismo, se ha planteado la importancia de ofrecer espacios para tutorías individuales y grupales, y de grabar las sesiones de videoconferencia para que puedan ser consultadas en otros momentos.<sup>1</sup>

La enseñanza remota en emergencia desafía fuertemente el rol de los docentes en aspectos fundamentales de la enseñanza, tales como lograr mantener el vínculo y comunicación con cada estudiante, conseguir que todos participen de las actividades de aprendizaje, o generar un andamiaje que permita guiar, acompañar y retroalimentar el proceso individual de aprendizaje de cada estudiante. Esto implica un fuerte trabajo en el desarrollo de capacidades pedagógicas de los docentes para el espacio virtual, donde el manejo pedagógico de tecnologías digitales que favorecen la interacción y monitoreo más personalizado de cada estudiante, se vuelven fundamentales. Ello ha supuesto nuevos desafíos a los centros de desarrollo docente de apoyar y realizar capacitaciones en línea, así como ofrecer asesorías individuales, tanto en el manejo de herramientas digitales y plataformas, como en los aspectos didácticos, metodológicos y psicológicos

que deben ser considerados al momento de rediseñar e impartir un curso en el espacio virtual y en el contexto actual. En algunos casos se han dispuesto además espacios para el aprendizaje y comunicación entre docentes de forma de intercambiar experiencias tanto en términos de sus buenas prácticas como de sus desafíos y preocupaciones.

Finalmente, los cursos en formato remoto en línea, han restado a los estudiantes de una parte fundamental de la experiencia universitaria, relacionada con la interacción con otros estudiantes. La vida universitaria incluye construir nuevos grupos de pertenencia y referencia por medio de participar en las diferentes actividades políticas, sociales, culturales y recreativas, que aportan también en su formación como personas y ciudadanos. Si bien se han organizado instancias y actividades de este tipo de forma virtual, las posibilidades de interacción son mucho más limitadas. Esto sin duda será un costo importante, sobre todo para los novatos que no alcanzaron a conocer a sus compañeros de forma presencial.

### **Desarrollo de competencias y desafíos evaluativos**

Como se ha descrito, el espacio digital favorece un aprendizaje activo y más autónomo de parte de los estudiantes y con ello el desarrollo de competencias, como el pensamiento crítico, la colaboración y la capacidad de resolución de problemas. Estas competencias se vuelven más relevantes en una sociedad crecientemente digital y basada

en el conocimiento, donde el principal desafío es pensar críticamente y resolver problemas de manera creativa en un contexto donde las personas acceden a una cantidad ilimitada de información y contenidos y el valor está en la producción de conocimiento [9]. En esta línea, el desafío evaluativo en educación superior es levantar evidencias sobre competencias más que la reproducción de contenidos, donde además las múltiples posibilidades de reproducción de las tecnologías lo hacen difícil de controlar y al mismo tiempo menos relevante. Para ello, este formato favorece evaluar menos y de forma más profunda y aplicada, dando cuenta de objetivos de aprendizaje vinculados a los verbos de 'aplicar' 'diseñar', 'crear', 'resolver un problema no previsto', 'analizar un caso de estudio', 'reflexionar y mejorar' y muchos otros que implican poner en práctica el conocimiento [3]. Esto implica un desafío importante, sobre todo para carreras con cursos numerosos, donde es difícil implementar pruebas basadas en problemas abiertos y sin respuesta única. Será importante levantar los aprendizajes y respuestas que han diseñado las distintas facultades y carreras en este tiempo de educación remota en línea, que para evitar problemas de copia y plagio, han debido repensar sus evaluaciones y enfocarlas de otra manera.

## **Implicancias para el futuro de la enseñanza y aprendizaje en educación superior**

Si bien la situación en que nos encontramos será temporal, sin duda determinará un antes y un después para nuestro país y su sistema de educación superior, como en todas las áreas de la vida

1 | Ver por ejemplo <https://avirtual.uchile.cl/orientaciones-para-docentes/>; <https://desarrollodocente.uc.cl/recursos/ensenanza-remota-x-covid19/>.



social. Como indica el informe Horizon [1], la mayor presencia y desarrollo de las tecnologías digitales en la sociedad vienen anunciando una mayor digitalización de las prácticas también en educación superior, que permite formatos educativos más flexibles y adaptables a las diferentes condiciones y situaciones de los estudiantes. Este proceso sin duda se ha visto acelerado por la pandemia, con lo que varios han anticipado un salto significativo en la digitalización

de las prácticas educativas sin vuelta atrás para el aula presencial tradicional.

Sin embargo, como se ha revisado brevemente en este artículo, la educación virtual supone un conjunto de condiciones y capacidades que una parte importante de estudiantes y docentes de nuestro país no tienen, lo que limita las posibilidades de abandonar el aula presencial. A pesar de ello, el mayor uso de tecnologías en este tiempo permi-

te avanzar hacia modalidades mixtas y potenciar modelo de clases invertidas, que favorezcan el desarrollo de las competencias que se vienen promoviendo en educación superior y que son fundamentales para ciudadanos y trabajadores en nuestra sociedad. La posibilidad de potenciar estos formatos más flexibles dependerá de la manera como se recojan los aprendizajes obtenidos en este tiempo y las decisiones que tomen a partir de ello las diferentes instituciones de educación superior. Los momentos de crisis tienden a potenciar la capacidad creativa de las personas y será clave recoger los aprendizajes y rescatar las respuestas y soluciones desarrolladas, de forma de diseñar una educación superior más pertinente y relevante para este siglo. Finalmente, será importante que los centros de desarrollo docente promuevan una reflexión sobre el valor específico que tiene el encuentro presencial en la sala de clases en un mundo que ofrece de manera creciente posibilidades de digitalización y virtualización. En definitiva, aprovechar esta experiencia para mejorar la calidad de la educación, complementando y potenciando las posibilidades que nos brindan tanto el espacio virtual como el presencial. ■

## REFERENCIAS

- [1] Brown M., McCormack M., Reeves J., Brook D. C., Grajek S. y otros. 2020 *Educause Horizon Report Teaching and Learning Edition*. pp. 2–58. EDUCAUSE. 2000.
- [2] Pleschová G., Simon E., Quinlan K. M., Murphy J. y Roxa, T. *The professionalisation of academics as teachers in higher education. Science Position Paper. Standing Committee for the Social Sciences*. 2012.
- [3] Biggs J. y Tang C. *Teaching for quality learning at university*. McGraw-Hill. 2007.
- [4] Consejo Nacional de Educación. Tendencias de Matrícula de Pregrado de Educación Superior. 2019. Obtenido desde: Tendencias de la Matrícula de Pregrado en la Educación Superior Chilena.
- [5] Fitzpatrick M. *Classroom lectures go digital*. *The New York Times*, 24. 2012.
- [6] O'Flaherty J. y Phillips C. *The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review*. *The internet and higher education*. 25, pp. 85–95. 2015.
- [7] Chao C. Y., Chen Y. T. y Chuang, K. Y. *Exploring students' learning attitude and achievement in flipped learning supported computer aided design curriculum: A study in high school engineering education*. *Computer Applications in Engineering Education*. 23(4), pp. 514–526. 2015.
- [8] Anderson L. W. y Bloom B. S. *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman. 2001.
- [9] OECD. *Adults, Computers and Problem Solving: What's the Problem? OECD Skills Studies*. OECD Publishing. 2015.



# Las conferencias científicas en la era de la pandemia





**GONZALO NAVARRO**

Profesor Titular del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile. Investigador Asociado del Instituto Milenio Fundamentos de los Datos y del Centro Basal de Biotecnología y Bioingeniería. Doctor en Ciencias mención Computación por la Universidad de Chile. Líneas de investigación: diseño y análisis de algoritmos, estructuras de datos compactas, bases de datos, búsqueda en texto.

[gnavarro@dcc.uchile.cl](mailto:gnavarro@dcc.uchile.cl)



La primera conferencia (que usaré como sinónimo de congreso) de mi área este año, la Data Compression Conference (DCC), en Snowbird, Utah, a fines de marzo, fue pillada por sorpresa por la pandemia. Les costó a los *chairs* convencerse de que no habría conferencia, y sólo atinaron a dejar disponibles videos con algunas presentaciones, o sólo las diapositivas.

La International Conference on Database Theory (ICDT), también en marzo pero en Dinamarca, reaccionó más rápidamente, posiblemente por estar en Europa, donde era difícil soslayar la seriedad de la pandemia. Un postdoc mío presentó un artículo y el público pudo verlo y hacer preguntas usando una variante de Zoom.

Para junio esta modalidad ya estaba bien establecida. Asistí virtualmente a Combinatorial Pattern Matching (CPM),

***"Sentí que poco se perdía [sin la presencialidad] en las charlas mismas. Aún así, la diferencia con lo que se consigue estando físicamente [en términos de discusiones con otros colegas y posibles colaboraciones] es sideral".***

planeada en Dinamarca, y al Symposium on Experimental Algorithms (SEA), planeado en Italia, en la misma semana.

Fue un poco agotador pasar una semana levantándome a las 2:00 AM para asistir a las charlas aunque, en principio, es el mismo efecto del *jet-lag* de cuando asistimos físicamente. La diferencia es que aquí el día sigue en el horario original y no facilita el adaptarnos al nuevo horario. A cambio, pude asistir a charlas elegidas de ambas conferencias simultáneas, lo que habría sido geográficamente imposible de lograr presencial-

mente. Sí preferí declinar ser *chair* de una sesión que arrancaba a las 3:00 AM, por la posibilidad de quedarme dormido.

El gran tema, claro está, es cuánto se pierde sin la presencialidad. Para ser honesto, sentí que poco se perdía en las charlas mismas, incluyendo el ciclo de preguntas y respuestas, que muchas veces es muy corto y poco interesante.

La verdadera pérdida comienza después. Esos irremplazables momentos en que se puede salir a caminar o a algún tour con colegas y alumnos, o simplemente sentarse en un hall a conversar, esos momentos que crean un ambiente relajado donde se intercambian ideas, nos enteramos de lo que están haciendo otros, surgen nuevos temas de trabajo en común, o simplemente se nos ocurren ideas para nuestro propio trabajo, todo eso desaparece.

En SEA, todo eso que ocurre alrededor de la conferencia fue reemplazado por unos pobres videos turísticos sobre la ciudad y sus alrededores. No se puede culpar a los *chairs*, pero en CPM fueron más imaginativos. Usaron una aplicación, Spatial.Chat, que simulaba un espacio donde estábamos representados por círculos con nuestra cara y nos podíamos mover en la "habitación", escuchando más alto a quienes teníamos más "cerca". Supongo que la idea era que se formaran grupos de conversación. Un buen intento, hay que reconocerlo. En mi caso, al menos, no sirvió de nada para reemplazar la interacción real.

Haber asistido virtualmente sí me dejó algunas nuevas ideas y posibles colaboraciones, de charlas en las que después





me escribí con los autores, y significó un empuje importante en un momento en que la cuarentena me tenía en un pozo de inspiración. Aún así, la diferencia con lo que se consigue estando físicamente es sideral. Y debe serlo mucho más para los alumnos e investigadores jóvenes, que pierden la posibilidad de tener un cara a cara con otros, un precioso rato recibiendo la atención personalizada de algún investigador senior mientras dan un paseo grupal, o escuchar a otros discutir ideas en los sillones de algún hall, participando ellos o no.

No todo es negativo, sin embargo. No siendo las buenas conferencias eventos con fines de lucro, el costo de inscripción en CPM y SEA fue reducido a cero, excepto para los autores (quienes deben financiar la publicación de las actas). Tampoco hubo gastos de traslado y estadía. La conferencia String Processing and Information Retrieval (SPIRE), planeada en Orlando para octubre, aplicó la misma política.

Considerando que poder asistir a conferencias es un preciado regalo para alumnos y académicos jóvenes, que no siempre cuentan con el financiamiento para inscribirse y asistir, la posibilidad de tener a la mano al menos la versión virtual en forma gratuita es algo simplemente maravilloso. Incluso para quienes tienen el financiamiento necesario, el desgaste que producen los constantes viajes y las responsabilidades docentes y administrativas hacen que, en la práctica, la mayoría tampoco asista a más de tres o cuatro conferencias al año. En cambio, salvo por un probable *jet-lag* virtual o topes de horario, es posible asistir a todas las conferencias relevantes que se van dando en el año, que en mi caso son unas diez, por ejemplo, y fácilmente hay otras veinte donde puede haber alguna sesión o charla invitada que me interese (y por la que no valdría la pena asistir a la conferencia completa).

Si algo bueno va a dejarnos esta pandemia, eso no sería que desaparecieran

***"Si algo bueno va a dejarnos esta pandemia, eso no sería que desaparecieran las conferencias presenciales, sino que incorporaran para siempre la posibilidad de asistir en forma virtual y gratuita para todos aquellos que, por una razón u otra, no puedan asistir físicamente".***

las conferencias presenciales, sino que incorporaran para siempre la posibilidad de asistir en forma virtual y gratuita para todos aquellos que, por una razón u otra, no puedan asistir físicamente. El experimento forzado de este año ha hecho que el mundo suba sus estándares de interacción virtual. Nos hemos dado cuenta de que podemos trabajar con otra persona, hacer clases razonables, y tener reuniones de todo tipo en una forma virtual que antes, simplemente, no se nos ocurría intentar. Creo que, de la misma forma, es perfectamente

práctico adaptar el formato presencial de las conferencias para realizar su transmisión en vivo y permitir alguna forma de participación del público virtual en la sesión de preguntas y respuestas. La tecnología existe, pero se usa poco, como si no se nos hubiera ocurrido antes.

Toda esa interacción que ocurre entre charlas, y que es la parte más viva de las conferencias, lamentablemente, seguirá siendo una prerrogativa de la presencialidad. ■





# Análisis de Internet en pandemia





## Equipo PePa Ping - NIC Labs



**JAVIERA BERMÚDEZ**  
Estudiante de pregrado



**JAVIER BUSTOS**  
Director NIC Labs



**MAITE GONZÁLEZ**  
Ingeniera de investigación



**DIEGO MADARIAGA**  
Estudiante de Doctorado



**JAVIER MADARIAGA**  
Estudiante de pregrado



**GABRIELA MENDOZA**  
Ingeniera de investigación



**ALONSO REYES**  
Estudiante de Magíster



**JUAN MANUEL SÁEZ**  
Estudiante de pregrado



**LUCAS TORREALBA**  
Estudiante de pregrado



**MARÍA JOSÉ VILCHES**  
Diseñadora multimedia



El presente estudio toma los datos recolectados por la aplicación PePa Ping<sup>1</sup>, construida para medir la calidad de servicio de Internet y que toma periódicamente datos de uso de aplicaciones, y cuyo análisis nos sirvió para medir la diferencia en la movilidad de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile durante la pandemia de COVID-19 el primer semestre de 2020.

## Monitoreo de redes

*“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre”*, declaró a fines del siglo XIX Lord William Thomson Kelvin, y su cita sigue aún siendo válida en nuestros días, especialmente en lo que a calidad de servicio de Internet se refiere. ¿Cómo se puede mejorar la calidad de Internet si no se mide?

En Chile se han realizado bastantes proyectos de mediciones de calidad como Adkintun [1], su versión Adkintun Mobile [2, 3] y Yafún [4], varios de ellos tratando de responder las mismas preguntas: *“Si queremos mejorar la calidad del Internet chileno ¿qué medir? y ¿cómo medirlo?”*. Es por esta razón que la medición constante (llamado *monitoreo*) de Internet ha sido un problema de estudio permanente desde inicios del siglo XXI.

El monitoreo de redes como Internet se puede dividir en dos grandes conjuntos: pasivo y activo. Según el RFC 7799 [5], los métodos pasivos tienen las siguientes características:

- i) están basadas únicamente en observaciones de un flujo de paquetes de interés no perturbado ni modificado,
- ii) depende de la existencia de uno o más flujos de paquetes para suministrar la información de interés, y
- iii) depende de la presencia del flujo de paquetes de interés en uno o más de los puntos de observación designados.

Por otro lado, los métodos activos (como los usados en speedtests) inyectan tráfico a la red hacia distintos puntos de interés y con eso realizan sus mediciones, algo no practicable en conexiones móviles con cuotas de MB de descarga mensuales.

Los sistemas operativos de dispositivos móviles no permiten, por seguridad, muchas cosas que los de computadores de escritorio sí permiten. Entre ellas, por ejemplo, está la habilidad de chequear el tráfico de salida y entrada al dispositivo. Para ello se utiliza entonces un esquema alternativo llamado “Auto-VPN”.

En una conexión normal a Internet, usuarios y empresas navegan la red para acceder a distintos servicios, como buscadores, redes sociales, o servicios propios de la empresa (por ejemplo, de finanzas). El usuario desde su casa no puede acceder a los servicios que son

propios de la empresa por razones de seguridad (ver Figura 1).

Una conexión VPN (por su nombre en inglés Virtual Private Network) es un túnel seguro usado para extender una red local (generalmente de una Empresa) hasta donde estemos ubicados. Toda la comunicación viaja encriptada por Internet, y para efectos prácticos uno estaría ubicado dentro de la red local empresarial y todo el tráfico de red se manejaría como tal (ver Figura 2).

Una conexión “Auto-VPN” entonces le hace creer al dispositivo que está enviando información a un servidor lejano, cuando en realidad se lo envía al mismo dispositivo antes que los datos vayan a Internet. Como el tráfico viaja (generalmente) encriptado lo único que uno puede “ver” son los encabezados de paquetes (usados para control y ruteo) y no el contenido, así que la verifica-

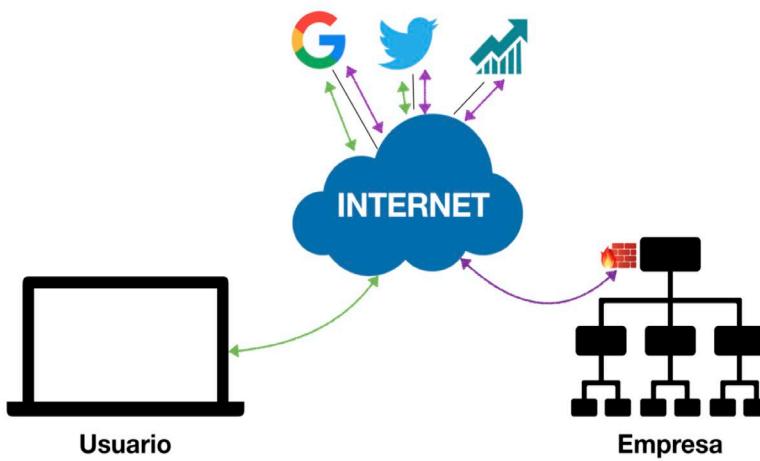


Figura 1. Conexión a Internet normal.



ción sería la misma que usan los proveedores de Internet (ISPs) para dirigir los datos. Este esquema ha resuelto el problema de monitoreo pasivo en dispositivos móviles, y ha sido utilizado en aplicaciones académicas de monitoreo como Haystack [6], PrivacyGuard [7] y PePa Ping [8]. En la Figura 3 se presenta el esquema que utiliza PePa Ping.

## Periodic Passive (PePa) Ping

Una de las principales preocupaciones a la hora de desarrollar un sistema de monitoreo de Internet, especialmente si se usará en dispositivos móviles, es la sobrecarga que puede producir en CPU y consumo de batería. Ésta es la razón de elegir un sistema de monitoreo periódico en lugar de uno basado en eventos. Con suficiente periodicidad podemos obtener una buena representación del tráfico de la red sin sobrecargar el dispositivo.

Usando un esquema de "Auto-VPN" desarrollamos desde el año 2019 un sistema de monitoreo **Periódico y Pasivo** llamado **PePa Ping**, un sistema capaz de tomar medidas periódicas similares a Ping (RTT, jitter y número de paquetes perdidos) a través de supervisión pasiva de conexiones activas y sin injectar ningún nuevo paquete en la red, contrario al estándar Ping y sus paquetes ICMP.

PePa Ping se ejecuta de forma periódica cada 15 minutos, para monitorear el tráfico de Internet durante 1 minuto. A lo largo de cada ejecución, PePa Ping recopila información de todas las conexiones TCP y UDP del dispositivo. Además, recopila información contextual que permite una mejor comprensión de las condiciones en las que las conexiones generaron el tráfico móvil.

La lista muestra lo que se recopila como información contextual:

**"Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre", Lord William Thomson Kelvin.**

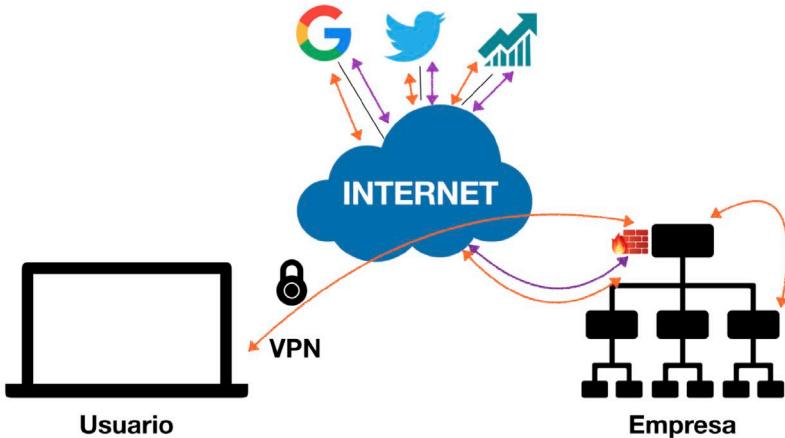


Figura 2. Conexión a Internet mediante VPN de empresa.

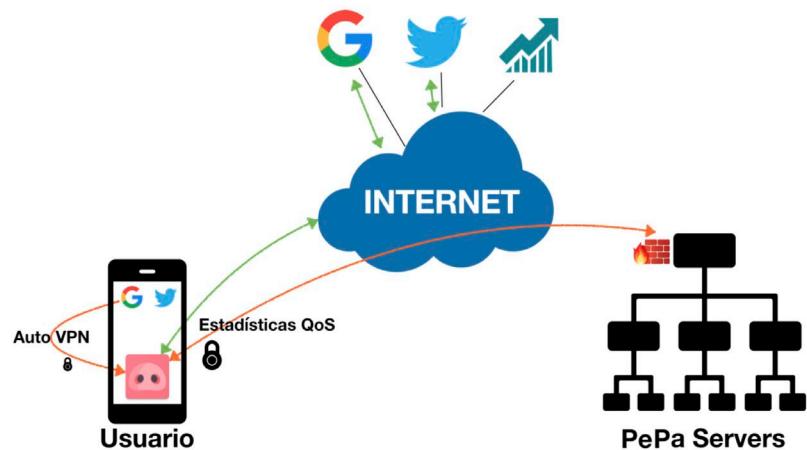


Figura 3. Conexión a Internet mediante Auto-VPN de PePa Ping.

- Tipo de conexión (WiFi o red móvil).
  - Tecnología de red (UMTS, LTE, etc.).
  - Indicador de intensidad de señal recibida (RSSI).
  - Localización de usuario: Altitud, Longitud, Latitud, Precisión.
  - Información de antena: Cell ID (CID), Location Area Code (LAC), Mobile Network Code (MNC), Mobile Country Code (MCC).
  - Sim ISP (proveedor de telefonía/internet).
  - Tiempo actual con precisión de segundos.
- Para mejorar la experiencia de uso, PePa provee además una grata interfaz de usuario, como se muestra en la Figura 4.



## Análisis de los datos

La pandemia del año 2020 nos sorprendió con el período de pruebas en usuarios reales de PePa Ping, en la cual distribuimos la aplicación principalmente entre estudiantes de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, para probar su desempeño *in situ*. Es por esta principal razón que, aunque nuestros datos pueden no ser representativos para todo el país, si lo pueden ser para el conjunto de estudiantes de la Facultad.

Es importante mencionar que, con el fin de mantener las **consideraciones éticas** de las mediciones de la red y la gestión de los datos de los usuarios, este estudio se llevó a cabo asegurando que los usuarios de la aplicación PePa Ping estén en pleno conocimiento de cómo se utilizarán sus datos y quién accederá a ellos y los utilizará. Para ello so-

licitamos a los participantes que nos otorguen permisos para utilizar la información recopilada para actividades de investigación relacionadas con el proyecto antes de instalar la aplicación. Las mediciones recopiladas están debidamente anonimizadas y sólo los investigadores afiliados a este proyecto pueden acceder a los datos.

A partir de los datos recolectados podemos hacer entonces un estudio de uso y movilidad de dispositivos móviles de nuestros estudiantes y notar el cambio que el COVID-19 generó en sus rutinas. Dado que los datos no están distribuidos de forma normal, no podemos usar el promedio de ellos como un buen estimador. Además, lo que nos interesa es ver tendencias temporales de los datos, por lo tanto calcularemos el total de *Kbytes* por usuario y por semana. A partir de ahí, estudiaremos cómo se desplazó la **mediana** de esos datos a lo largo del año.

### Demografía

Los primeros gráficos muestran que demográficamente nuestros datos corresponden con nuestros usuarios: estudiantes entre 20 y 25 años. Se evidencia en el uso de sus redes sociales favoritas (entre las cuales claramente **no está** Facebook ni Twitter, ver Figura 5) y el uso de su aplicación de *streaming* favorita (Twitch, donde se ven, entre otras cosas, eventos de juegos en línea, ver Figura 6). Notar que en los gráficos se acumulan los *Kbytes* semanales para mostrar además la proporción de uso de las distintas aplicaciones.

Como usuarios de aplicaciones de pedidos (*delivery*), nuestros jóvenes estudiantes bajan su uso durante la época de clases, salvo en el período de exámenes en el que probablemente sus necesidades alimenticias crezcan mientras el tiempo para cocinar decrece (ver Figura 7).

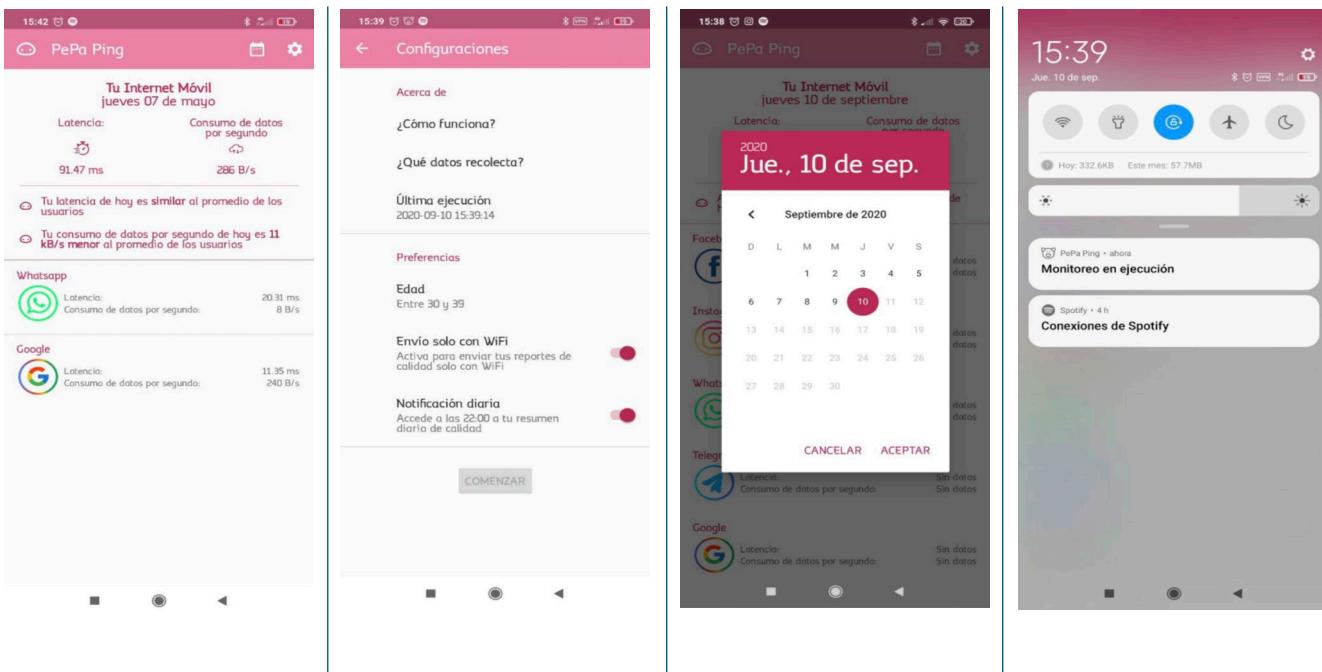


Figura 4. Interfaz de PePa Ping.



## Vida de estudiante

La Universidad de Chile utiliza como Sistema de Información Docente la plataforma U-Cursos. En ella los estudiantes encuentran sus horarios, calendarios de eventos, evaluaciones y foros de comunicación con compañeros y cuerpo docente. Su uso reflejado en la Figura 8 está dentro de lo esperado: muy bajo durante vacaciones, creciente hasta la primera evaluación, luego una baja, y vuelta a crecer para la segunda evaluación y mucho para examen y fin de semestre.

Debido a la pandemia durante el 2020 no se realizaron clases presenciales y la Universidad dejó libertad a los distintos departamentos para salvar la continuidad de enseñanza. Mientras algunos docentes lograron rediseñar sus cursos para educación online (cápsulas de video de cinco minutos, trabajo personal, lecturas, acompañamiento vía email o foros de U-Cursos y sesiones de consultas) utilizando entre otras la plataforma que la Universidad dispone para ello (EOL, <http://eol.uchile.cl>), otros optaron para realizar sus clases cuasinormalmente: esta vez frente a una cámara realizaban la docencia como si estuviesen en una sala de clases: clases expositivas de 1 a 1½ horas transmitidas por Zoom o Google Meet y consultas de los estudiantes recibidas por el mismo medio en vivo y en directo. La interacción en este segundo caso se ve claramente reflejada en la Figura 9, donde se presentan las semanas en que hubo clases y las semanas en que hubo descanso.

## Movilidad

PePa Ping captura datos ambientales cada vez que se activa, por lo tanto a partir de esa información se puede saber qué porcentaje de los usuarios estuvo en el mismo lugar durante el día, o en dos o más lugares. Note que si la persona se encontraba en el mismo lugar entre dos activaciones de PePa Ping, se considerará que no hubo desplazamiento.

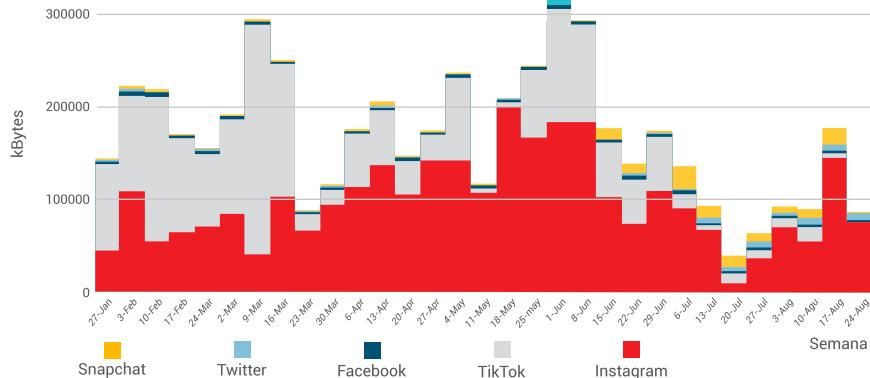


Figura 5. Mediana de uso de aplicaciones de redes sociales.

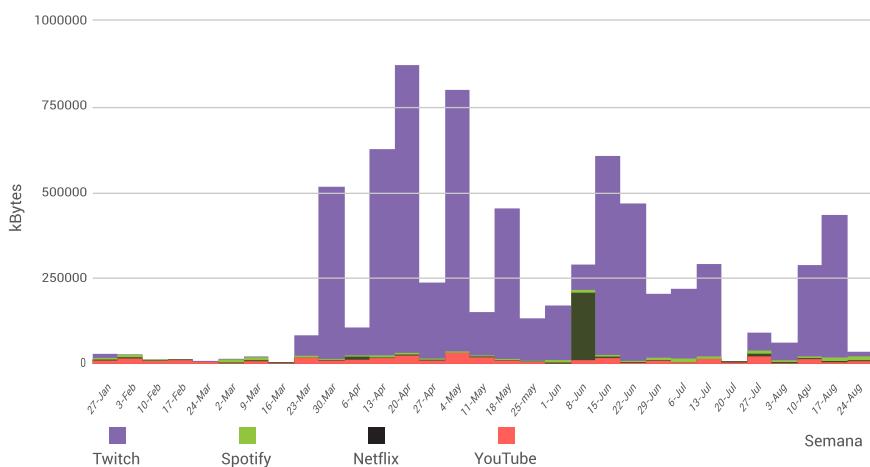


Figura 6. Mediana de uso de aplicaciones de streaming.

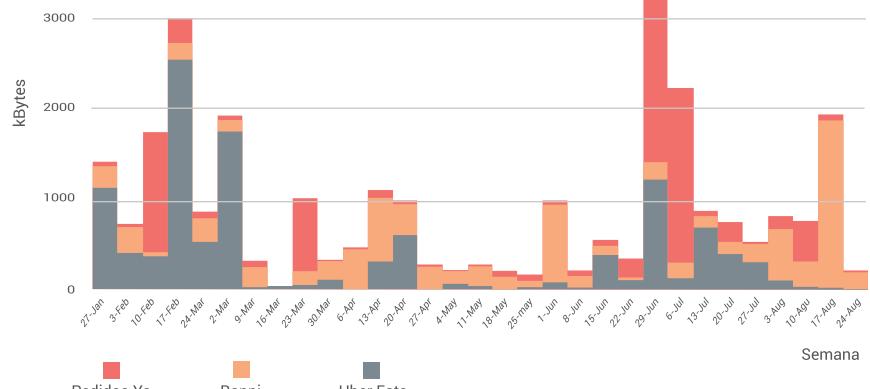


Figura 7. Mediana de uso de aplicaciones de delivery.



**El uso [de U-Cursos] está dentro de lo esperado: muy bajo durante vacaciones, creciente hasta la primera evaluación, luego una baja, y vuelta a crecer para la segunda evaluación y mucho para examen y fin de semestre.**

to aún cuando el usuario haya ido a otro lugar en el intertanto.

El análisis de movilidad se realiza, entonces, utilizando algoritmos de *clustering* de ubicación, y si los lugares están apartados por más de 200 metros se consideran como lugares distintos.

Los resultados de ejecutar esos algoritmos sobre nuestros datos se muestran en la Figura 10, donde se puede apreciar que al momento de empezar los confinamientos en Santiago debido a la pandemia por COVID-19 en Chile más del 75% de los usuarios redujeron su movilidad a un sólo lugar. Esa información se puede complementar con el análisis de uso de aplicaciones de transporte, especialmente TransApp que entrega información del transporte público de Santiago, y las cuales decaen intensamente después de la segunda semana de marzo (ver Figura 11).

## Conclusiones

El presente estudio toma los datos recolectados por la aplicación PePa Ping, analizando el uso de Internet por estudiantes de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y cuyo análisis nos sirvió para

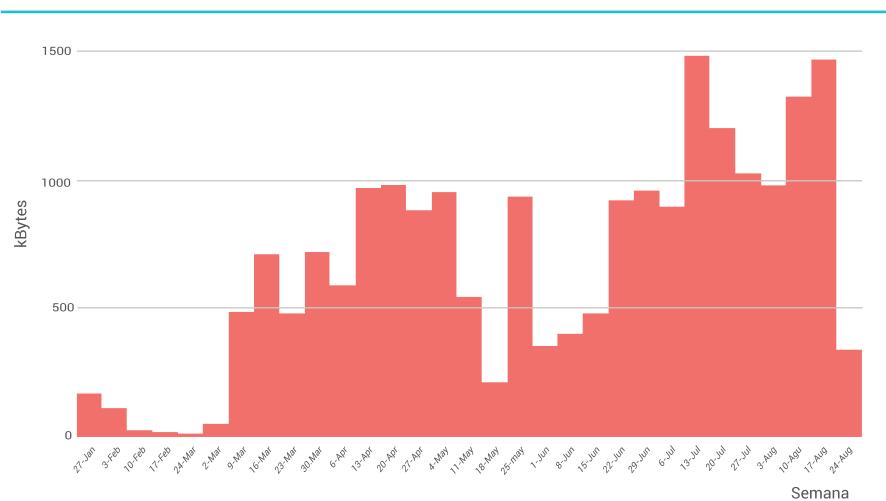


Figura 8. Mediana de uso de U-Cursos.

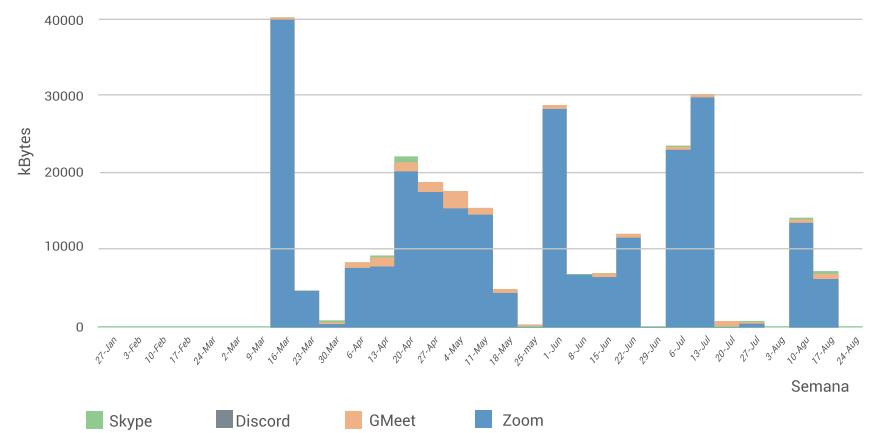


Figura 9. Mediana uso de aplicaciones de videoconferencia.

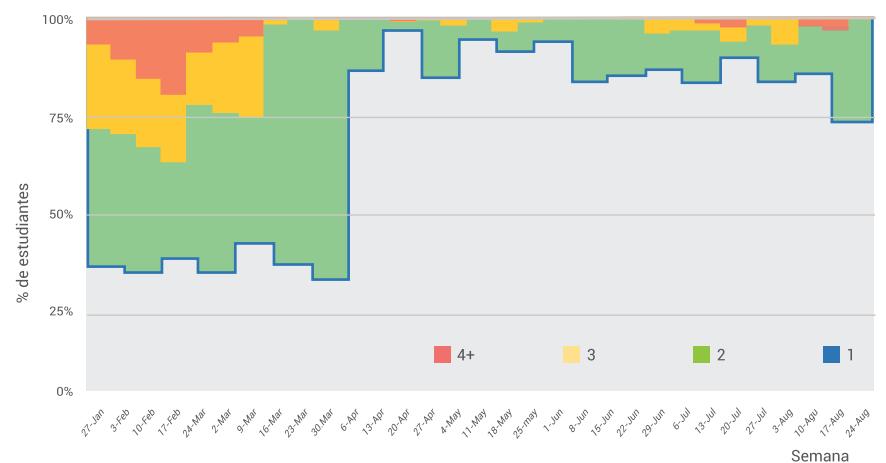
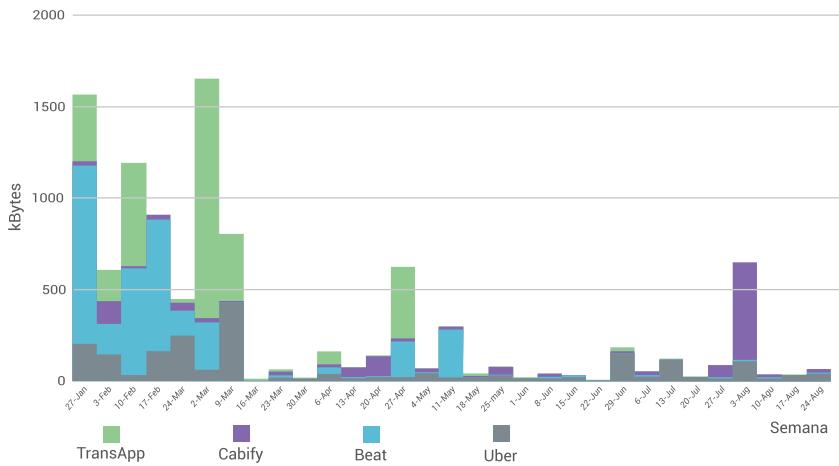


Figura 10. Porcentaje de la población ubicada en 1, 2, 3 y 4+ lugares.

**Al momento de empezar los confinamientos en Santiago [...] más del 75% de los usuarios redujeron su movilidad a un sólo lugar.**



**Figura 11.** Mediana uso de aplicaciones de transporte.

medir el impacto de la pandemia de COVID-19 en la movilidad de estudiantes, durante el primer semestre de 2020.

Los datos muestran claramente que la movilidad se redujo en más del 75% de los casos.

Para apoyar el proyecto PePa Ping considere instalar la aplicación actualmente disponible para dispositivos Android (próximamente en iOS), para aportar a la investigación de la calidad de Internet móvil en el país. Más información acerca de PePa Ping puede encontrar en el enlace <http://www.niclabs.cl/pepa>. ■

## REFERENCIAS

- [1] "Adkintun: SLA monitoring of ISP broadband offerings". J. Bustos-Jiménez, V. Ramiro, F. Lalanne, y T. Barros. *Proceedings of 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*. IEEE. Páginas 1445–1449. 2013.
- [2] "Adkintun Mobile: Towards using personal and device context in assessing mobile QoS". F. Lalanne, N. Aguilera, A. Graves, y J. Bustos. *Proceedings of International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing*. IEEE. Páginas 49–54. 2015.
- [3] "Crowd-measuring: Assessing the quality of mobile Internet from end-terminals". G. Hourton, G. Del Canto, J. Bustos-Jiménez y F. Lalanne. *Proceedings of 6th International Conference on Network Games, Control and Optimization*. IEEE. Páginas 145–148. 2012.
- [4] "Analyzing the Robustness of the Chilean Optical Network". I. Bachmann, J. Bustos-Jiménez, J. Piquer, C. Saint-Pierre, M. Rivas y M. Valenzuela. *Proceedings of ACM SIGCOMM 2nd Workshop on Optical Systems Design (OptSys)*. 2020.
- [5] "Active and Passive Metrics and Methods (with Hybrid Types In-Between)". A. Morton. IETF Informational RFC 7799. 2016
- [6] "Haystack: In Situ Mobile Traffic Analysis in User Space". A. Razaghpanah, N. Vallina-Rodríguez, S. Sundaresan, C. Kreibich, P. Gill, M. Allman y V. Paxson. arXiv. 2015.
- [7] "Privacyguard: A vpn-based platform to detect information leakage on android devices". Y. Song y U. Hengartner. *Proceedings of the 5th Annual ACM CCS Workshop on Security and Privacy in Smartphones and Mobile Devices*. Páginas 15–26. 2015.
- [8] "PePa Ping: Android tool to take and predict periodic passive ping measurements", D. Madariaga y G. Mendoza. *Proceedings of School of Systems and Networks (SSN)*. 2018.



**Celebramos 20 ediciones de Revista Bits de Ciencia, medio que nació como un espacio para estimular el interés y la discusión en torno a la ciencia de la computación.**

Si te perdiste alguna edición o quieres volver a leerla, te invitamos a visitar:  
[www.dcc.uchile.cl/bits-de-ciencia](http://www.dcc.uchile.cl/bits-de-ciencia)



REVISTA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA  
COMPUTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

# Bitc

DE CIENCIA