



ASTRONOMÍA Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL: OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DE CHILE





Unidad Economía del Futuro
Ministerio de Economía.



JULIO PERTUZÉ
PhD - Asesor Ministerio de
Economía



AISÉN ETCHEVERRY
Abogada, LLM
Directora Ejecutiva CONICYT



DEMIÁN ARANCIBIA
MSc. - Asesor Ministerio
de Ciencia, Tecnología,
Conocimiento e Innovación



NATALIA GONZÁLEZ
Abogada - Asesora Ministerio
de Ciencia, Tecnología,
Conocimiento e Innovación



JOSÉ ANTONIO GURIDI
MSc. - Asesor Ministerio de
Ciencia, Tecnología, Conocimiento
e Innovación

LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA ASTRONOMÍA

La tecnología y la astronomía han evolucionado en forma interconectada. Podemos describir su transformación hacia la digitalización, a grandes rasgos, en tres etapas y un nuevo desafío: su cuarta revolución. La primera fase incorporó detectores digitales (CCD) como mecanismo para la adquisición de imágenes, acelerando el proceso de replicarlas y compartirlas. La segunda, digitalizó la astronomía integralmente, imponiendo tareas de procesamiento a los investigadores. La tercera, desarrolló estándares de interoperabilidad con la creación del International Virtual Observatory y, con ellos y las nuevas tecnologías y necesidades de producción científica, la posibilidad de combinar datos de diferentes fuentes. Finalmente, hoy la astronomía enfrenta el nuevo desafío planteado por grandes volúmenes de datos producidos a una velocidad nunca vista antes. A modo de ejemplo, el LSST (Large Synoptic Survey Telescope) bajo construcción en la Región de Coquimbo —que sondeará el cielo completo cada tres noches— producirá, más que imágenes, una película captada con la cámara digital de mayor combinación entre resolución y campo visual en la historia, generando cerca de 20 TB/día, que necesitan ser adquiridos, procesados y compartidos en tiempo real.

El creciente volumen de datos producido por los nuevos instrumentos, especialmente los telescopios de sondeo y el desarrollo de la astronomía multimensajero que comprenden datos fuera del espectro electromagnético, como ondas gravitacionales o lluvias de partículas, están cambiando la forma en que se hace astronomía. Hoy, el conocimiento que antes surgió de mentes individuales, proviene de equipos multidisciplinarios que utilizan herramientas centradas en los datos, provenientes tanto de observatorios como de simulaciones cosmológicas en clústers de computación de alto rendimiento. De hecho, es resultado de esta combinación la reciente fotografía del agujero negro hecha por el consorcio Event Horizon Telescope. La revolución tecnológica y de los datos, no obstante, no es exclusiva de la astronomía sino un fenómeno transversal. Si analizamos el ejemplo del LSST, independiente

de la finalidad específica de este instrumento astronómico, ¿acaso no es el mismo el que podría tener como objetivo un sistema que utilice la gran cantidad de cámaras que existen en las ciudades u otro que utilice los sensores instalados para detectar terremotos o erupciones volcánicas? De ahí las oportunidades que se abren en el ámbito de transferencia tecnológica desde la astronomía a otras ciencias y el desarrollo productivo.

OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DE CHILE

Los avances tecnológicos en sensores y capacidades para adquirir, procesar y compartir los datos están haciendo posible la Cuarta Revolución Industrial. Por lo mismo, distintas naciones, desde Estados Unidos hasta China, reconocen los datos —y las capacidades para adquirirlos, procesarlos y compartirlos— como recursos críticos para el mantenimiento de su posición en cuanto a tecnología y comercio. De hecho, las cinco empresas más valiosas según Forbes (2019), Apple, Google, Microsoft, Facebook y Amazon, basan su valor en ellos. Como bien enunció The Economist (2017), los datos han reemplazado al petróleo como el recurso más valioso del mundo.

Chile, por su parte, ha sido protagonista en el proceso de transformación de la astronomía, y puede aprovecharlo para su desarrollo. Desde los años sesenta, se reconoció el valor del norte de Chile como un laboratorio natural para la astronomía. Así, el Desierto de Atacama ha motivado un esfuerzo sostenido del conjunto de la comunidad científica y el gobierno por atraer los telescopios más avanzados del mundo. Según se calcula, en la próxima década concentrará cerca del 60% de la capacidad de observación astronómica del mundo y el 96% del hemisferio sur (Unda-Sanzana, 2018)¹, lo que se traduce a una producción anual de 16,5 PB al 2021 (EY, 2018).

Ante esta oportunidad, y en el marco de una política global de promoción de Chile como un *hub* global de datos, la unidad de Economía del Futuro (EdF) del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON) decidió abordar los desafíos en torno a los datos con una

metodología innovadora y práctica: la creación del Data Observatory (DO). Se tratará de una fundación de derecho privado, con la misión de adquirir y administrar *datasets* de valor global, facilitando su disponibilidad, acceso, análisis y exploración, que cooperará con diversos actores bajo la lógica de ser un espacio y articulador neutral de la academia, el Estado y el sector privado, en constante conexión con los ciudadanos.

La iniciativa del DO, liderada por el MINECON y construida en conjunto con los Ministerios de Relaciones Exteriores y de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, empresas del sector privado y actores clave de la academia global, busca además habilitar la generación de soluciones tecnológicas, mejorar la infraestructura tecnológica, fomentar la formación de capital humano, atraer inversión extranjera, fortalecer el ecosistema de innovación de base científico-tecnológica y potenciar la transferencia tecnológica. En suma, el DO busca posicionar a Chile como un referente en la ciencia de datos a nivel mundial, aprovechando especialmente sus laboratorios naturales como generadores de *datasets* de valor global.

¿QUÉ SON LOS DATASETS DE VALOR GLOBAL?

Basada en la experiencia en el desarrollo del DO, EdF los define como aquellos que presentan un alto valor intrínseco y que pueden extraer un gran valor agregado de los desafíos que presentan para su explotación, en sentido amplio.

Por una parte, el valor intrínseco de un *dataset*, que no depende de las capacidades del ente que lo explota, sería determinado a partir de tres variables: (1) su *mérito científico*, que indicaría cómo contribuye al avance del conocimiento de frontera en el campo del que proviene; (2) su *mérito social*, que indicaría cómo puede aportar en ámbitos como la educación o la superación de la pobreza y cómo puede informar y contribuir a la generación de políticas públicas; y (3) su *mérito tecnológico*, que sería indicado por su capacidad de generar aplicaciones que impacten en campos distintos al de origen.

Por otra parte, su valor agregado —y, como contrapartida, su dificultad— estará dado por otras tres variables: (1) la capacidad de extraer valor de la complejidad del *dataset*, lo que considera el volumen, variedad o heterogeneidad de los datos, estructura, complejidad computacional de las preguntas a contestar y su nivel de abstracción; (2) la capacidad de extraer valor atendiendo la falta de calidad que presenten los datos o la facilidad de usarlos asegurando un buen resultado; y (3) la capacidad de usar los datos desde el punto de vista de su gobernanza y/o de generar valor con desarrollos que aseguren un buen trato de datos en términos de anonimización, seguridad, etc.

Así, un *dataset* de valor global será aquel que tenga un alto valor intrínseco y del que se pueda extraer un alto valor agregado de las dificultades que presenta su uso y explotación. De acuerdo a este análisis, la información obtenida de la astronomía se puede considerar como un *dataset* de valor global, que se produce en gran medida en Chile y que ha estado esperando explotar al máximo su potencial.

Desde una perspectiva técnica, los datos astronómicos adquiridos en Chile no solo son grandes sino también complejos y, en muchos casos, requieren análisis en tiempo real. En cuanto a su volumen, no hay un campo en la región latinoamericana que se compare con los 16,5 PB/año pronosticados para el 2021 (EY, 2017). Este volumen no solo es grande hoy (ALMA, por ejemplo, produce 1 TB/día), pues se proyecta que su crecimiento será explosivo (el LSST generará 20 TB/día y el SKA 170 PB/día).

Respecto a su complejidad y variabilidad, comprende datos de diversos instrumentos que observan nuestro universo en diferentes longitudes de onda, que van desde rayos gamma al extremo milimétrico y submilimétrico del espectro, incluidos los anchos de banda visibles e infrarrojos.

Finalmente, con respecto a la velocidad de análisis, la señal capturada por los observatorios se digitaliza y debe procesarse en tiempo real para eliminar los artefactos del instrumento y los sistemas de observación y para calibrar los instrumentos para diversos modos de observación, con el objetivo de que los datos

1. Esta cifra considera los instrumentos que observan en el espectro visible e infrarrojo.

estén en las unidades físicas apropiadas para análisis científico. Además, en la era de la astronomía de múltiples mensajeros, los datos astronómicos producidos en Chile requieren técnicas de aprendizaje de máquina (*machine learning*) de última generación para permitir, de manera coordinada, el seguimiento de fenómenos astronómicos relevantes en Chile y en otros lugares.

En términos de gobernanza, los datos de astronomía presentan desafíos abordables, que los hacen fáciles de disponibilizar y trabajar. Desde el punto de vista de la propiedad intelectual, si bien la mayoría de los observatorios tienen políticas de embargo de 18 meses para los datos, éstos luego quedan abiertos bajo licencias de *Creative Commons*. En lo relativo a normas de privacidad, no aplican las exigencias ni limitaciones propias de esta materia considerando que no tienen la naturaleza de datos personales.

Además, los sensores utilizados para capturar los datos astronómicos son grandes instrumentos científicos que están en la frontera del desarrollo tecnológico. En esta línea, la calidad de los datos es altísima, dado que una de las principales preocupaciones de las millonarias inversiones en astronomía es asegurarla para los investigadores.

Con respecto a su valor, la astronomía tiene un gran valor científico ya que, junto a otras

ciencias, permite que los científicos expliquen cómo funciona el universo. Además, como se ha mencionado, las capacidades para trabajar con estos datos pueden ser transferidas a otras áreas, por ejemplo, algoritmos de reconocimiento de elementos en imágenes astronómicas que han sido usados para trabajar en reconocimiento de evasión en el transporte público (innovacion.cl, 2017) o reconocimiento de tumores cancerígenos (Rosenberg *et al*, 2014).

Por último, la astronomía tiene un gran potencial de impacto social como una herramienta para atraer jóvenes a la educación en ciencia, tecnología y matemáticas. Esto es especialmente relevante en Chile, donde la gente tiene una percepción muy positiva del campo (Imagen de Chile, 2016). Iniciativas como el DO trabajando con este *dataset* pueden contribuir al Estado en la generación de políticas públicas en torno a los datos.

TRANSFORMANDO LA ASTRONOMÍA, TRANSFORMANDO CHILE

La revolución tecnológica no solo implica la aparición de nuevas tecnologías, sino que cambia la sociedad en forma transversal. Así, los astrónomos cuentan con nuevas herra-

mientas con las que pueden contestar preguntas que los acercan cada vez más a explicar cómo funciona nuestro universo, sin embargo, la forma en que se relacionan y hacen ciencia también cambia.

En una sociedad hiperconectada, la ciencia no puede dissociarse de la sociedad. Los científicos y su infraestructura deben conectarse con la economía y la comunidad que los rodea. Hoy fotografiar un hoyo negro no es suficiente, la ciencia debe aprovechar los esfuerzos invertidos en esta hazaña para fomentar la innovación de base científico-tecnológica y disminuir las fricciones sociales.

Chile tiene una oportunidad única gracias a sus laboratorios naturales. Debemos aprovechar nuestro desierto, nuestro océano y nuestra antártica para subimos al carro de la revolución tecnológica, no como un mero productor de datos, sino que con una posición relevante en todas las actividades asociadas. El desafío de la economía del futuro y la astronomía no se queda en descubrimientos y ciencia, sino que pasa por su capacidad de transformar Chile. ■

REFERENCIAS

- Forbes (2019). *The World's Most Valuable Brands*. Visto el 3 julio de 2019. <https://www.forbes.com/powerful-brands/list/#tab:rank>
- Imagen de Chile. (2016). *Estudio Astronomía y Marca País: Principales Resultados*. Santiago.
- The Economist (2017). The world's most valuable resource is no longer oil, but data. Visto el 3 de julio de 2019. <https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data>
- Innovacion.cl (2017). *Empresa chilena MetricArts presenta su tecnología en importante evento internacional*. Visto el 8 de julio de 2019. <http://www.innovacion.cl/2017/11/empresa-chilena-metric-arts-presenta-su-tecnologia-en-importante-evento-internacional/>
- Rosenberg, M. *et al*. (2014). *Astronomy in Everyday Life*. International Astronomical Union. Visto el 8 de julio de 2019. https://www.iau.org/public/themes/astronomy_in_everyday_life/
- Unda-Sanzana, E. (2018). *Collecting Area of Telescopes*. Visto el 21 de mayo de 2019. <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1wyPYqgQHv-v6lIMNmBRGW9m9vfX99B2-F7p2i50l-hU/edit?usp=sharing>