

Un mundo nuevo descubierto a través de los datos

Camila Henríquez Beltrán¹

En los últimos años hemos presenciado cómo la inteligencia artificial [IA] y la ciencia de datos han tomado un rol protagónico en nuestra sociedad (Giattino, Mathieu, Samborska y Roser, 2023). Gracias a que estas herramientas son altamente eficientes, podemos verlas aplicadas por profesionales de distintas disciplinas y en diversos escenarios, desde el deporte, pasando por las finanzas, hasta la medicina (MIT Technology Review Insights, 2023). Según Pacheco (2021), Pep Guardiola, director técnico del equipo de fútbol Manchester City, contrató a cuatro astrofísicos para realizar diversos análisis basados en los datos obtenidos durante los partidos, utilizando Inteligencia Artificial y Big Data. Ante esto nacen las siguientes preguntas: *¿qué tienen que ver los astrónomos con los equipos de fútbol? ¿Por qué no contrataron especialistas en fútbol para esta labor?*

Cuando la acción de Guardiola fue noticia, me encontraba a la mitad de la licenciatura en astronomía; el grueso de mis estudios giraba alrededor de la física, las matemáticas y también la computación. Contrariamente a lo que se puede creer, hoy en día los astrónomos casi no pasan tiempo observando el cielo, ni mucho menos viendo directamente las estrellas o planetas a través de un telescopio. Según reportes de la Associated Universities Inc. [AUI] (s.f), los astrónomos de los Estados Unidos pasan entre 10 y 20 horas

¹ Licenciada en ciencias, mención astronomía. Científica de Datos. Dirección de Innovación del Instituto Milenio Fundamentos de los Datos. camila.henriquez.beltran@gmail.com

al año ocupando instrumentos de observación. Solo en contadas ocasiones, cuando los datos no están disponibles en los grandes bancos de datos astronómicos, se opta por tiempo de observación en alguno de los muchos observatorios repartidos en todo el mundo. Muchas de las tareas que se realizan a diario consisten en analizar grandes volúmenes de datos que se encuentran disponibles en la web, crear simulaciones computacionales, implementar modelos matemáticos y, más recientemente, en desarrollar soluciones que integran inteligencia artificial.

En este contexto, la contratación de analistas astrofísicos en el Manchester City desdibujó el camino profesional que se extendía frente a mí. El camino que en un momento creí único, que consistía en continuar la formación como investigadora, hacer un magíster en Chile, postular a programas de doctorado en el extranjero y realizar unos cuantos postdocs investigando en un área en particular, ya no era la única opción. Ahora veía otras posibilidades para el desarrollo de todas las habilidades que fui adquiriendo a lo largo del pregrado. Existía un mundo fuera de la academia y de la astronomía, lleno de oportunidades para aplicar estas herramientas y seguir aprendiendo sobre cómo funciona el mundo moderno. Para hacer esta transición hacia la industria, ahora en el rol de una científica de datos, sería necesario considerar mucho más que solo mejorar las habilidades técnicas y traducirlas para poder aplicarlas a contextos fuera de la física en el espacio.

Ética en astronomía

La formación en ética que recibí a lo largo de la licenciatura estaba orientada a la ética de la investigación y al rol medioambiental del ingeniero. Gran parte de los casos estudiados se referían al manejo correcto de desechos para no afectar poblados cercanos. En otras ocasiones se conversaba sobre evitar el plagio o uso de información privilegiada en investigaciones, etc. Si bien estas temáticas y las discusiones que surgen a partir de ellas despertaron un interés en mí, sentía que este interés era más a nivel personal que algo directamente relacionado con mi campo de trabajo. En

este sentido, al observar los casos discutidos, notaba que ninguno hacía referencia a trabajos de astrónomos o físicos. Era posible identificar cómo compañeros que participaban en investigaciones de biotecnología se podían beneficiar directamente del estudio de casos, como la responsabilidad que se tiene al participar con sujetos de prueba en investigaciones farmacológicas. Sin embargo, en ese momento, a simple vista no lograba dilucidar cómo eso se traducía a investigaciones astronómicas.

Uno puede pensar que tanto la física como la astronomía consisten en investigaciones más teóricas, con menos aplicaciones prácticas, y que, dado que el objeto de estudio a veces ni siquiera se ubica en nuestro planeta, es difícil ver cómo estos trabajos afectan directamente a las personas. Sin embargo, incluso la física se ha visto envuelta en este tipo de conversaciones.

Un ejemplo emblemático es la historia del desarrollo de la bomba atómica, el cual es uno de los casos más discutidos sobre cómo una *idea* desarrollada por físicos teóricos terminó afectando a cientos de miles de personas (U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information [OSTI], s.f). Este caso surge de manera recurrente hasta el día de hoy. Incluso en 2024, a 79 años del suceso, la película que narra la historia y el conflicto interno que tuvo uno de los principales investigadores a cargo obtuvo siete premios Óscar (Associated Press HOLLYWOOD, 2024). Además, pareciera que no es casualidad que, al estar hablando de las posibles implicancias éticas de modelos de inteligencia artificial, recurramos nuevamente es este escenario histórico (Kearns y Roth, 2019).

Sesgos en la formación de astrónomos

En relación con los estudios de sesgo, era común participar en discusiones que, en principio, hacen referencia a situaciones ajenas a la investigación o trabajo realizado. Estos casos generalmente se centran en la selección de individuos de grupos protegidos, ya sea por género, nacionalidad, u otros, para las becas de postgrado. Otra instancia clara en la que se observaba el sesgo de género era en las

mismas salas de clases, donde la mayor parte de los alumnos que conforman los cursos y casi la totalidad de profesores que imparten clases, son hombres.

Quiero destacar que las instancias anteriormente mencionadas abordan la temática de los sesgos desde una perspectiva externa a las investigaciones y proyectos en los que participaba. Aunque estaban presentes en el ambiente y, en cierta medida influyen en mi rol de investigadora, me faltaba comprender la dirección contraria: en qué casos mi trabajo, «mi ciencia» como astrónoma, podía influir en los demás y, de esta manera, aprender efectivamente cómo mitigar los posibles sesgos que pudieran surgir.

Sesgos en detección de exoplanetas

Como he dicho, la astronomía no está exenta de sesgos, ni mucho menos. Como en cualquier investigación, ya sea observacional o experimental, es necesario mantener esta mirada siempre crítica respecto a las conclusiones que sacamos a partir de los datos, esto con el fin de asegurar la reproducibilidad de resultados, mantener el rigor y la responsabilidad de la ciencia en general (Ciubotariu, I.I. y Bosch, G., 2022).

Uno de mis casos favoritos en relación con el sesgo observacional se refiere a la técnica de detección de exoplanetas que utiliza la medición de Velocidades Radiales de las estrellas. De no ser por esta mirada crítica al momento de evaluar los resultados obtenidos con este tipo de detección, es probable que hubiésemos creído por unos cuantos años que nuestro planeta Tierra era único en su composición y tamaño, ya que no lográbamos detectar otros planetas rocosos en las regiones del espacio que estábamos observando.

Un exoplaneta se define como cualquier planeta que esté ubicado fuera de nuestro sistema solar (European Space Agency [ESA], s.f). La tarea de encontrar planetas fuera de nuestro vecindario terrestre podemos compararla a encontrar una mota de polvo que

apenas refleja la luz de una linterna lejana. Debido a la lejanía de estos objetos y a su baja luminosidad, ya que no emiten luz propia y solo reflejan la de su estrella madre, es necesario recurrir a otros métodos que no sean detección directa por imágenes para encontrarlos (ESA, 2024). Uno de estos métodos es la medición de la velocidad radial de la estrella en relación con la Tierra. Este método utiliza la ley de gravitación universal, que describe la interacción entre dos cuerpos de masa m_1 y m_2 (Figura 1). Lo importante de esta ecuación es que la fuerza F que el cuerpo 1 ejerce en el cuerpo 2 es la misma que el cuerpo 2 ejerce en el cuerpo 1.

Para llevarlo a un escenario más familiar: así como el Sol ejerce una fuerza sobre la Tierra, haciendo que esta orbite a su alrededor, esa misma fuerza la está ejerciendo la Tierra sobre el Sol. Sin embargo, debido a la gran masa del Sol, prácticamente no vemos un movimiento en él.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Figura 1: Ley de gravitación universal de Newton.

A medida que aumentamos la masa del planeta y mantenemos la masa de la estrella, esta fuerza F aumenta directamente. En nuestro sistema solar, donde Júpiter es el planeta más grande, podemos medir el impacto que tiene esta fuerza ejercida por Júpiter sobre el Sol mediante instrumentos espectroscópicos. Observamos los pequeños movimientos en el espectro de la estrella que se mueven a intervalos regulares y que siguen el ritmo del año joviano, o lo que es equivalente a 12 años terrestres (Hawai'i Space Grant Consortium, s.f).

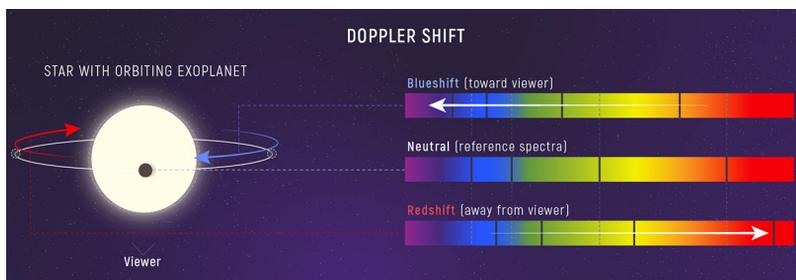


Figura 2: Ejemplo de efecto Doppler en espectro de una estrella debido a la fuerza gravitacional del planeta que la órbita.

Fuente: NASA, ESA, Leah Hustak (STScI) como se citó en Webb Space Telescope, 2021

Mediante la observación de los espectros de estas estrellas lejanas, podemos medir estos movimientos y, si no hay objetos luminosos cercanos, se puede inferir que es un planeta el que los causa (Figura 2). A mayor fuerza entre los objetos, mayor oscilación veremos en las líneas del espectro, lo que facilitará la detección de estos movimientos periódicos en la estrella observada. A partir de la ecuación, podemos notar que mientras más cercanos estén ambos cuerpos (es decir, un radio menor) y cuanto mayor sea la masa del planeta, más fácil será detectar este movimiento en el espectro.

En la Figura 3 podemos observar este sesgo heredado por nuestras limitaciones asociadas a la observación. Los exoplanetas descubiertos con el método descrito anteriormente están representados con una cruz. La mayoría de estos planetas tienen una masa del orden de 100 veces la masa de la Tierra o superior y se encuentran ubicados a menos de 100 parsecs de distancia.

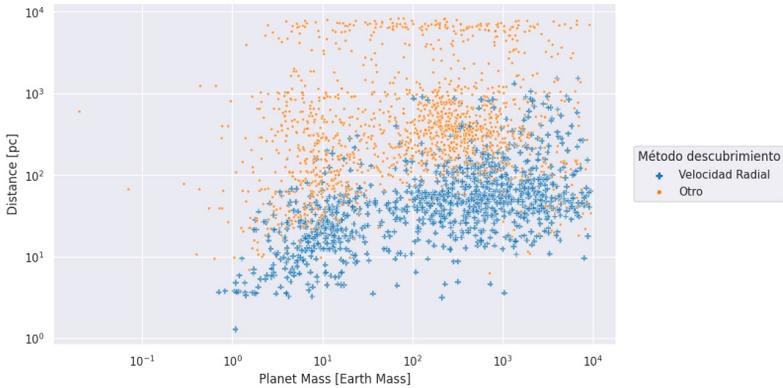


Figura 3: Relación entre la masa del exoplaneta y la distancia a la que se encuentra según el método de detección utilizado.

Fuente: NASA Exoplanet Archive, s.f.

La mayoría de los exoplanetas detectados por este método de velocidad radial están muy cerca de su estrella, planetas más masivos o ambos (NASA Exoplanet Archive, s.f). Es posible detectar exoplanetas de masas similares a la Tierra si se observa a estrellas más cercanas. Sin embargo, si queremos alejarnos y observar este tipo de planetas en regiones más profundas del universo, serán necesarios telescopios más avanzados que puedan captar estos pequeños bamboleos de los espectros.

Hasta el año 2006, la mayoría de los exoplanetas se descubrieron con este método (NASA Exoplanet Archive, s.f). Si en ese punto de la historia hubiésemos querido describir cómo son los planetas fuera del sistema solar, es probable que nos hubiéramos quedado con la imagen de planeta gigante, probablemente gaseoso, similar a Júpiter. Si pasamos por alto este sesgo observacional, y desarrollamos algún modelo basado en los datos de exoplanetas hasta esa fecha, los únicos «afectados» serían toda la variedad de exoplanetas que sabemos que existen gracias a la detección con otras metodologías. En este escenario, somos nosotros, los investigadores, los que nos vemos afectados por estas conclusiones apresuradas.

Puede que estas comparaciones dejen de ser válidas en unas décadas. Tal vez sea solo cuestión de tiempo para que nos encontremos en un mundo con una tecnología lo suficientemente avanzada como para que las investigaciones en astronomía no solo afecten a estrellas, planetas u otros objetos celestes. Hasta que nosotros como especie estemos en contacto constante y habitemos las áreas en las que se desarrolla la investigación astronómica, no seremos plenamente conscientes del posible impacto que estos trabajos pueden tener en nosotros como individuos y como sociedad. Como astrónomos, solo nos queda esperar y estar atentos a los dilemas y problemáticas que surgen en áreas hermanas, con la esperanza de que un escenario como el de la bomba atómica no se nos escape de entre los dedos antes de poder preverlo.

Transición a la industria

Al momento de pasar de la academia a la industria, tuve que adaptar en ciertos aspectos mi metodología de trabajo. En la academia, los proyectos tienden a ser a largo plazo y tienen un enfoque en la exploración y en el descubrimiento de nuevos conocimientos, existiendo también la libertad de profundizar en una sola temática durante años. En contraste, en la industria, los proyectos suelen estar orientados a resultados concretos y prácticos, los plazos son más acotados y concentrados en la aplicabilidad inmediata. Además, en la industria, el trabajo se realiza usualmente con equipos multidisciplinarios, por lo que las habilidades de colaboración y comunicación son clave en este ambiente. Esta transición me obligó a ser más flexible y a desarrollar una mentalidad orientada a solucionar nuevos problemas de distintas áreas de manera rápida y eficaz. Al mismo tiempo que aprendía a adaptar mi forma de trabajo a las exigencias de la industria, necesitaba mantenerme al día con las investigaciones en curso y seguir formándome en inteligencia artificial, un campo que avanza a un ritmo acelerado.

La inteligencia artificial es un mundo en constante evolución, con nuevas técnicas, herramientas y enfoques surgiendo continuamente. Esto requería no solo estar al tanto de las

últimas investigaciones y desarrollos, sino también aplicar estos conocimientos de manera práctica en mis proyectos. La combinación de adaptabilidad en el trabajo y la actualización constante en este campo dinámico fue fundamental para mi crecimiento profesional y para aportar valor a los equipos en los que trabajaba.

Me gustaría reflexionar sobre cómo la necesidad de adaptarse rápidamente a la industria puede relegar a un segundo plano la preocupación por cómo estas soluciones desarrolladas afectan a nivel de sesgos o implementaciones éticas. Esto es especialmente relevante, considerando que, como «investigadores de lo teórico», no es una tarea innata evaluar cómo lo que desarrollamos terminará impactando al usuario final.

En el ritmo acelerado de la industria, donde la eficiencia y los resultados rápidos son altamente valorados, es fácil que las consideraciones éticas y los posibles sesgos en nuestras soluciones pasen desapercibidos. La presión por entregar resultados de manera expedita y la emoción de trabajar con tecnologías de vanguardia pueden nublar nuestro juicio, haciendo que olvidemos evaluar el impacto más amplio de nuestro trabajo.

Invito a todos los recién graduados a que se adentren en el mundo de la inteligencia artificial en la industria y a no dejarse llevar únicamente por la emoción de las soluciones con IA, a no ignorar las posibles implicancias de sus desarrollos. Es crucial recordar que, ahora, nuestro trabajo no afecta a las estrellas, sino que tiene un impacto directo en los individuos y en la sociedad de la que formamos parte. Mantener siempre presente esta responsabilidad ética es fundamental para garantizar que nuestras contribuciones sean beneficiosas y justas.

Referencias bibliográficas

- Associated Press HOLLYWOOD. (11 de marzo de 2024). «Oscar 2024: Toda la lista de ganadores». *Los Angeles Times en Español*. <https://www.latimes.com/espanol/entretenimiento/articulo/2024-03-10/lista-de-ganadores-de-los-premios-oscar>
- Associated Universities Inc [AUI]. (s.f). So you want to be an astronomer?. <https://aui.edu/so-you-want-to-be-an-astronomer/>
- Ciubotariu, I.I. & Bosch, G. (15 mayo de 2022). Improving research integrity: a framework for responsible science communication. <https://bmccresnotes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13104-022-06065-5>
- European Space Agency [ESA]. (1 septiembre de 2019). Exoplanet Detection Methods. <https://sci.esa.int/web/exoplanets/-/60655-detection-methods>
- European Space Agency [ESA]. (s.f). ¿Qué son los exoplanetas? https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Que_son_los_exoplanetas
- Giattino, C., Mathieu, E., Samborska, V. & Roser, M. (2023). Artificial Intelligence. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/artificial-intelligence>
- Hawai'i Space Grant Consortium. (s.f). How Old Are You?. https://www.higp.hawaii.edu/spacegrant/old/class_acts/HowOld.html
- Kearns, M. & Roth, A. (2019). *The Ethical Algorithm: The Science of Socially Aware Algorithm Design*. Oxford University Press.
- MIT Technology Review Insights. (5 octubre de 2023). Driving company wide efficiencies with AI. <https://www.technologyreview.com/2023/10/05/1079726/driving-companywide-efficiencies-with-ai/>

- NASA Exoplanet Archive. (s.f). Planetary Systems [Base de datos en línea]. https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/TblView/nph-tblView?app=ExoTbls&config=PS&constraint=default_flag%3E0&constraint=disc_method%20like%20%27%25rv%25%27
- Pacheco, J. (24 marzo de 2021). La innovación en el fútbol: los astrofísicos de Guardiola, los datos para fichar y las criptomonedas. *El Español*. https://www.elespanol.com/deportes/futbol/20210324/innovacion-futbol-astrofisicos-guardiola-datos-fichar-criptomonedas/568444762_0.html
- U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information [OSTI]. (s.f). The atomic bombing of Hiroshima. <https://www.osti.gov/opennet/manhattan-project-history/Events/1945/hiroshima.htm>
- Webb Space Telescope. (2 julio de 2021). Doppler Shift of a Star's Spectrum. <https://webbtelescope.org/contents/media/images/01F8GFCAM7Q0EMKZ3QFAF9AQJ3>