

Año 24 | N° 62 | julio 2017

ISSN papel: 1514-920X

ISSN en línea: 1853-2942

EXACTAMENTE

EX
m

La revista de
divulgación
científica

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

/Química y arqueología
El pasado a la luz de la química

/Contaminación atmosférica
¿Buenos Aires?

/Entrevista
Miguel San Martín

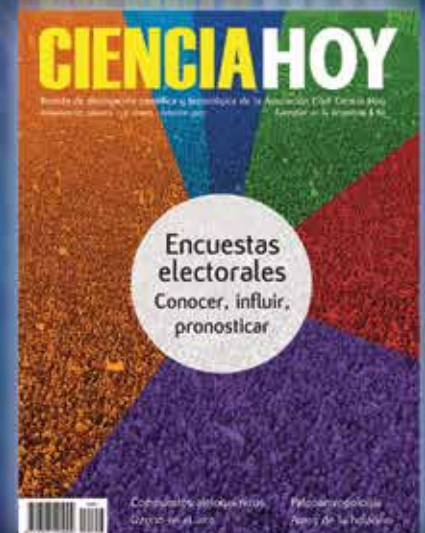
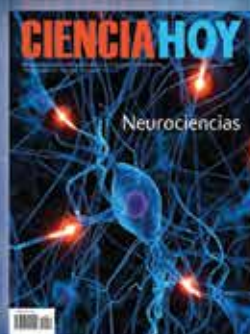
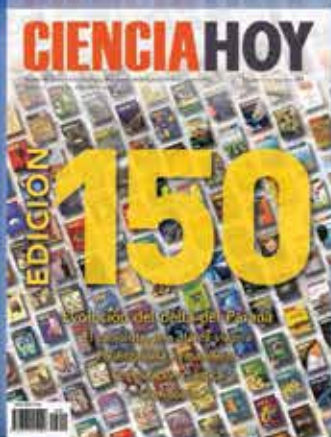
Ocaso de una tradición
Caravana de llamas



Suscribábase al conocimiento

CIENCIAHOY

Revista de divulgación científica y tecnológica



www.cienciahoy.org.ar
contacto@cienciahoy.org.ar

 RevistaCienciaHoy

STAFF

Consejo editorial

Presidente: Juan Carlos Reboreda

Vocales: Sara Aldabe Bilmes, Guillermo Durán, Pablo Jacovkis, Javier López de Casenave, Marta Maier, Silvina Ponce Dawson, Víctor Ramos, Matilde Rusticucci, José Sellés-Martínez

Equipo editorial

Director: Ricardo Cabrera

Coordinador editorial y editor de imágenes:
Juan Pablo Vittori

Jefa de redacción:
Susana Gallardo

Redactores:
Cecilia Draghi, Gabriel Stekolschik

Editores de secciones fijas:
- Artes: José Sellés-Martínez
- Política científica: Guillermo Durán

Colaboradores permanentes:
Nora Bär, Guillermo Mattei,
Adrián Paenza, Daniel Paz

Colaboran en este número:
Ana Belluscio - Lis Tous - Adrián Negro -
Mayra Garcimuño

Corrección:
Nadia Bascopé

Diseño:
Pablo G. González

Fotografía: Diana Martínez Llaser

Impresión:
Centro de copiado "La Copia" S.R.L.

Foto de tapa:
Bibiana Vilá



EDITORIAL

Docentes de paro

Cuando los ferroviarios o los bancarios hacen paro para defender sus derechos, para pelear por sus salarios, ejercen presión sobre sus empleadores –sea el Estado o sean privados– mediante el perjuicio que producen en los destinatarios de su trabajo. Serán ellos los que, en definitiva, estarán presionando para que se solucione la demanda, el conflicto. También presiona el lucro que el empresario –o el Estado, a través de los impuestos– deja de percibir por el cese de trabajo.

Cuando los docentes hacemos paro la situación es sensiblemente diferente. Los destinatarios de nuestra labor son las personas a las que les vemos la cara todos los días, son los estudiantes en los que sembramos nuestro esfuerzo. No son anónimos, para cada docente tienen nombre y apellido. Perjudicarlos nos genera un dolor

profundo. Para peor, sabemos que no hay un perjuicio económico capaz de presionar a nuestros empleadores y sentimos que el mayor perjudicado es el futuro de nuestra patria, porque la educación es el pilar fundamental de ese futuro.

El paro docente es una medida desesperada. La disminución del 25% del salario de los docentes no solo impacta en el poder adquisitivo, sino que hipoteca el futuro de todos los argentinos. *EXACTAMENTE*, hecha también por docentes, que integran nuestro *staff*, sufre con cada profesor, con cada maestro que adhiera o que no adhiera a un paro.

Ricardo Cabrera
Director de *EXACTAMENTE*



6



10



24



28



34



42

EXm

EXACTamente

Es una publicación cuatrimestral de la Subsecretaría de Comunicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

ISSN papel: 1514-920X
ISSN en línea: 1853-2942
Registro de propiedad intelectual: 28199
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Subsecretaría de Comunicación Ciudad Universitaria, Pabellón II, C1428 EHA Ciudad Autónoma de Bs. As. Teléfono: 4576-3387
Página web de Exactas-UBA: <http://exactas.uba.ar>

Vías de contacto

Podés enviarnos tus comentarios, suscribir a tu institución, bajar la revista en formatos electrónicos o ver cómo conseguir la versión en papel en el sitio web: revistaexactamente.exactas.uba.ar o por e-mail a: exactamente@de.fcen.uba.ar

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores. Se permite su reproducción total o parcial siempre que se cite la fuente.



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 3.0 Unported.

3 Editorial

6 Química y arqueología
El pasado a la luz de la química

10 Contaminación atmosférica
¿Buenos Aires?

14 Etnología y etología
Caravana de llamas

18 Entrevista
Miguel San Martín

24 Física y astronomía
Ondas gravitacionales y estallidos gamma

27 Humor

28 Transporte
Avatares del diario trajín

32 Desarrollos
Sensor de nitróxilo

34 Bitácora
El duelo de Samborombón

39 Medio ambiente
Ozono.

42 Disciplinas
Astrobiología

46 Preguntas

47 Bãr de ciencia

48 Biblioteca

49 Paenzamientos

50 Artes

La perspectiva

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Nuestro compromiso con la ciencia y la educación, nuestro compromiso con la sociedad

Alimentos

Ciencias Biológicas
Ciencias de la Atmósfera
Ciencias de la Computación
Ciencias Físicas
Ciencias Geológicas
Ciencias Matemáticas
Ciencias Químicas
Oceanografía
Paleontología

exactas.uba.ar | Ciudad Universitaria | Pabellón II | Ciudad Autónoma de Buenos Aires

EXACTAS UBA

Encontrá los contenidos de la revista y bajala en el formato que prefieras



EXACTAMENTE en todos lados



revistaexactamente.exactas.uba.ar

Química y arqueología

El pasado a la luz de la química

En las últimas décadas la ciencia ha realizado aportes significativos para entender las técnicas y los procesos de la composición artística. Pero ahora sus contribuciones se extienden a la arqueología y permiten conocer no sólo los materiales empleados en la fabricación y decoración de antiguas vasijas de cerámica, sino que también revelan lo que se cocinaba dentro de ellas.

Susana Gallardo - sgallardo@de.fcen.uba.ar

El arte y la ciencia fueron considerados, durante mucho tiempo, como términos irreconciliables: el primero, asociado con la imaginación y la creatividad; el segundo, con la pura racionalidad. Sin embargo, se sabe que no hay ciencia sin creatividad e inspiración. Y hoy también resulta evidente que la ciencia puede aportar técnicas y métodos rigurosos, imprescindibles para la restauración y conservación de obras de arte. Pero, además, la química y la física hoy permiten explicar muchos fenómenos que, de otro modo, permanecerían ocultos o sin explicación, y echar luz sobre los objetos enterrados donde hace siglos floreció una cultura.

Ya en 1865, Luis Pasteur señalaba que los químicos y los físicos podían “ocupar un lugar junto al artista e iluminarlo con sus luces”. Años más tarde, el físico

alemán Wilhelm Roentgen, al descubrir los rayos X, hacía la primera radiografía de un cuadro.

Hoy los principales museos del mundo cuentan con laboratorios equipados para analizar las obras, estudiando los materiales que las componen y las técnicas empleadas. En la actualidad, los rayos infrarrojos y los X atraviesan las capas de pintura en la tela y desentrañan las etapas de composición. En las piezas arqueológicas, la espectrometría de masa permite conocer la química no solo de los materiales, sino también de los residuos que, durante siglos, permanecieron adheridos a las paredes de las vasijas, y de este modo saber qué uso tuvieron esos recipientes.

En los laboratorios de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, desde hace unos veinte años, se vienen aplicando diversas técnicas analíticas tanto a obras de arte como a objetos

de uso cotidiano o ceremonial del pasado. “Además del arte colonial, en los últimos años comenzamos a estudiar piezas arqueológicas del noroeste argentino, y se abrieron varias líneas de investigación con el fin de optimizar la extracción y análisis de las muestras”, afirma la doctora Marta Maier, investigadora del CONICET y profesora en el Departamento de Química Orgánica de Exactas-UBA.

Qué se cocinaba

¿Cómo se alimentaban los pueblos en el pasado? Hasta ahora, la única forma de saberlo era a partir de elementos hallados junto a los fogones, por ejemplo, semillas, marlos de maíz o vainas de algarrobo, así como restos óseos del consumo de animales. Pero esos materiales eran escasos y de difícil preservación.

Ahora, las técnicas de análisis químico permiten ir más allá mediante el



Irene Lantos

Pintura mural de la Iglesia de Copacabana de Andamarca (Bolivia). Por primera vez se encuentra información respecto de la técnica pictórica de los murales de la época colonial, a través del análisis de sus pigmentos.

estudio de los residuos que quedaron adheridos a las paredes de las vasijas. Las del noroeste argentino, de la etapa previa a la conquista, corresponden a culturas cuyas costumbres alimentarias dependían de los recursos disponibles, producto de la recolección y la caza, o del cultivo y la cría de animales.

“Analizamos los lípidos atrapados en los poros de la cerámica, que se preservan muy bien a través del tiempo: pueden sobrevivir cientos o miles de años, aun en casos en que el resto de los materiales orgánicos se degradan y se pierden”, explica Irene Lantos, doctora en antropología, que estudia las cerámicas de sitios arqueológicos de la provincia de Catamarca.

Y prosigue: “La ventaja de estas técnicas aplicadas a la arqueología es que permiten encontrar evidencias, incluso en situaciones en que los restos botánicos y zoológicos se han degradado por completo, y es muy difícil de reconocer las especies”.

Las grasas, al ser hidrofóbicas, no son lavadas por el agua. Con el tiempo, los materiales arqueológicos quedan expuestos a los factores de degradación, como la luz solar, la temperatura

y la humedad. “Los lípidos adheridos a la cerámica pueden persistir a pesar de las lluvias u otros eventos”, señala Lantos, que integra el equipo liderado por Maier, y trabaja también junto con la doctora Norma Ratto y otros arqueólogos del Instituto de las Culturas (Idecu), del CONICET y la Facultad de Filosofía y Letras, UBA.

Por otro lado, el análisis de los isótopos de carbono en los aceites vegetales permite saber a qué planta corresponde cada uno, por ejemplo, si se trata de maíz, o de otros vegetales como porotos, algarroba, chañar, mistol, calabaza o zapallo. No obstante, dentro de una olla también puede haber una mezcla de grasa animal y aceite vegetal, así como almidones de maíz, de poroto y algarroba. Ello sugiere que allí se cocinó un guiso con diversos ingredientes, incluida la carne de rumiantes: llama, guanaco o vicuña.

Bebidas espirituosas

En algunos casos, las técnicas analíticas pueden contradecir el conocimiento previo. Tal es el caso de las bebidas que se colocaban en los aríbalos, unos botellones hallados en el noroeste argentino, que pertenecen a la época de

la conquista inca, antes de la llegada de los españoles. Eran piezas muy llamativas, finamente decoradas, que se exhibían en las festividades como símbolo del poder incaico.

Según los primeros cronistas, en esos cántaros de boca ancha y cuello largo, se almacenaba chicha de maíz. Sin embargo, Lantos determinó que los aríbalos de Catamarca no contenían chicha de maíz, sino una bebida alcohólica de raigambre local: “aloja de algarroba, con un patrón de lípidos diferente al del maíz”.

Lo curioso es que los aríbalos representaban al conquistador inca en la región, pero la bebida era local. Ello podría deberse a que, ante una mala cosecha de maíz, era más fácil recolectar vainas de algarrobo.

Pero, también, “puede haber una razón simbólica, y ser indicio de la resistencia del pueblo conquistado, que introducía un componente propio dentro del ritual incaico”, sostiene Lantos, y destaca: “Esta conclusión solo es posible con los datos de la química”.

Existe la teoría de que las sociedades se fueron organizando en torno a



Irene Lantos



Diana Martínez Lláser

La investigadora Marta Maier trabaja aplicando diversas técnicas analíticas tanto a obras de arte como a objetos de uso cotidiano o ceremonial del pasado. A la izquierda, una experimentación para reproducir antiguas prácticas culinarias en Fiambalá, Catamarca.

un cultivo: en Medio Oriente fue el trigo; en Oriente, el arroz; y en América, el maíz. Y se suponía que los pueblos sometidos al imperio incaico habían intensificado su dependencia del maíz. “Los resultados dicen lo contrario: conservaron una variabilidad enorme en su alimentación, y siguieron recolectando algarroba, chañar y mistol, entre otros productos”.

En resumen, la química nos dice que esos pueblos nunca abandonaron la caza y la recolección, y mantuvieron una dieta diversa. Esta diversidad los protegía frente a un clima muy inestable, en una zona afectada por eventos volcánicos que podían convertir los valles en áreas inhabitables.

Rojo y negro

Los métodos analíticos también arrojan luz sobre los materiales y la tecnología de fabricación de las cerámicas, por ejemplo, la alfarería del noroeste argentino, del período entre 200 antes de Cristo y el 400 de nuestra era. Son vasijas decoradas con motivos geométricos, principalmente en rojo y negro, del conjunto que se conoce como “estilo vaquerías”, un estilo policromo del período Formativo del Noroeste Argentino (es la cerámica policroma más antigua del NOA).

Mediante técnicas físico-químicas, como espectroscopía Raman, complementada

con difracción y la fluorescencia de rayos X, se obtiene información sobre los materiales y los compuestos. “Analizamos las pastas cerámicas y los pigmentos que dan origen a los colores en las decoraciones. Por ejemplo los rojos son en general óxidos de hierro en fase hematita mientras que los negros pueden ser obtenidos a partir de óxidos de hierro en fase magnetita, óxidos mixtos de hierro-manganeso o carbón”, afirma Emilia Halac, doctora en física e investigadora en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), que desde hace casi una década realiza trabajos conjuntos con arqueólogos y restauradores.

La presencia o ausencia de oxígeno en la cocción de la arcilla determina el tipo de óxido de hierro que se obtiene, y el color de la cerámica. “A veces se realizaba una doble cocción, una con, y otra sin oxígeno”, completa Halac. Cuando se cocinaba la arcilla al aire libre, se obtenía la hematita, un óxido de hierro de color rojo. En cambio, si se impedía la entrada de oxígeno, se obtenía la magnetita, de color negro. Además, según el color logrado, se puede obtener información acerca de la temperatura de la cocción.

Analizando los pigmentos y las tierras del sitio en que fueron encontradas las vasijas, es posible saber si eran autóctonas del lugar o si provenían de otra región. “En un caso, un conjunto de

piezas de cerámica de distintos sitios mostraban la misma decoración, unas vírgulas o comas, en blanco”, recuerda Halac. El motivo decorativo era casi idéntico, pero los pigmentos eran distintos: blanco de hueso, calcita y óxido de titanio. Conclusión: las piezas se habían fabricado en diversos lugares.

Pigmentos naturales

El análisis químico hizo numerosos aportes al conocimiento del arte colonial. En algunos casos, como la virgen de Copacabana, en Bolivia, una escultura de madera policromada, se determinó que el pigmento verde utilizado era un mineral proveniente de yacimientos del norte de Chile.

Asimismo, se examinó la pintura mural en iglesias de adobe de la llamada *Ruta de la plata*, que va desde Potosí (Bolivia) hasta Arica (Perú). “Encontramos pigmentos a base de cobre, naturales de la zona, y lo interesante fue el análisis de los aglutinantes, que incluyen huevo y aceites vegetales, además del uso de una cola animal, probablemente como base de imprimación”, señala Maier, y remarca: “Es la primera vez que se obtiene información respecto de la técnica pictórica de estos murales”.

Según la investigadora, estos análisis ayudan a revalorizar las técnicas y



Irene Lantos



Los análisis de residuos químicos en vasijas permitieron investigar cómo se alimentaban los pueblos en el pasado (izquierda). En las iglesias de adobe de la Ruta de la plata (Bolivia) se investigó la conformación de pigmentos de murales de la era colonial (derecha).

En perspectiva

En 1987, un equipo de químicos, historiadores del arte y restauradores conformó el Taller Tarea, con apoyo de la Fundación Antorchas y la Academia Nacional de Bellas Artes. El propósito era restaurar y conservar pinturas del siglo XVII, dispersas en capillas del noroeste argentino. Lo dirigían la doctora Alicia Seldes, que fue profesora en Exactas-UBA (falleció en 2003) y el historiador del arte José Emilio Burucúa (ver Exactamente 27, 2003). Hoy, Tarea funciona en la Universidad Nacional de San Martín, y forma parte del Instituto de Investigaciones sobre el Patrimonio Cultural.

Por su parte, Marta Maier, que formó parte del equipo de Seldes, desde hace más de veinte años lidera las investigaciones en arte y arqueología que se llevan a cabo en Exactas-UBA, en conjunto con la historiadora del arte Gabriela Siracusano.

Siracusano y Maier actualmente codirigen el Centro de Investigación en Arte, Materia y Cultura- MATERIA de la Universidad Nacional de Tres de Febrero, que cuenta con un taller de conservación, un laboratorio y una materioteca, un banco de pigmentos y muestras obtenidas durante dos décadas de trabajo en pinturas, esculturas y piezas arqueológicas. “Esta colección es valiosa también a futuro, porque esas muestras podrán ser analizadas con las técnicas nuevas que vayan surgiendo”, destaca Siracusano.

los materiales empleados, pues confirman que no todo se importaba de Europa.

También se estudia el arte moderno, por ejemplo, la obra de Antonio Berni, el creador de la célebre serie de Juanito Laguna. El objetivo es analizar la técnica pictórica y los materiales empleados, con el fin de establecer protocolos de conservación.

Tradicionalmente, el arte empleaba materiales que duraban a través de los siglos. Hoy en día, se usan elementos de diverso origen, y se desconoce cómo se mantendrán con el tiempo.

Datos duros y registro histórico

Las técnicas analíticas contribuyen no solo al conocimiento de las obras sino a su conservación y restauración. “El historiador del arte y el restaurador, en función de su experiencia, tienen la capacidad para identificar diferentes aspectos de una pintura o una escultura. Ahora bien, si no dialogan con otras disciplinas, pueden caer en graves errores, por ejemplo, creer que están frente a una obra original cuando no lo es”, señala la historiadora del arte Gabriela Siracusano, investigadora del CONICET en la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF).

Y prosigue: “Asimismo, la fascinación por el estudio técnico puede llevar a errores, en los datos duros no está toda la verdad, lo más importante es la interacción entre las disciplinas, y saber qué pregunta se desea responder”.

En el estudio del arte, los datos técnicos se analizan a la luz de los estudios culturales. “Sin la información histórica no se pueden entender los datos”, señala Siracusano, que dirige, junto con Marta Maier, el Centro de Investigación en Arte, Materia y Cultura de la UNTREF.

Y relata una anécdota: en el análisis químico de una obra jesuítica, un componente había sido identificado como “aceite de coco”, un material no mencionado en las crónicas. “Me puse a estudiar diversas fuentes. Incluso pedí ayuda a especialistas en farmacopea jesuítica, y la conclusión fue que no podía ser aceite de coco”, relata Siracusano. Repitieron el análisis químico, y vieron que había un error: se trataba de otro componente.

Mientras hoy los científicos admiten que su trabajo no es ajeno a la inspiración y la creatividad, los estudios culturales requieren, cada vez más, de los aportes de la física y la química. Es que el diálogo entre arte y ciencia resulta beneficioso, pues no solo permite responder preguntas sino también, formular nuevos interrogantes. ▀

¿Buenos Aires?

La Capital Federal de la Argentina fue una de las pioneras –a nivel mundial– en el estudio de la calidad del aire. Aunque las emisiones de contaminantes en esta urbe son preocupantes, las características geográficas y meteorológicas de la ciudad ayudan a su purificación. No obstante, los datos necesarios para evaluar el riesgo para la salud de su población son insuficientes.

Gabriel Stekolschik - gstekol@de.fcen.uba.ar

En 1536, Pedro de Mendoza fundó el Puerto de Nuestra Señora del Buen Ayre. Las palabras “Buen Ayre”, utilizadas por aquel español para bautizar el sitio donde se sembró la primera semilla de la actual ciudad de Buenos Aires, no tuvieron que ver entonces con una percepción de la pureza atmosférica del lugar.

En realidad, esos dos términos eran el resultado de la castellanización del nombre de la Virgen de Bonaria, por aquel tiempo patrona de los navegantes.

Sin embargo, podría creerse que el primer adelantado del Río de la Plata tuvo una premonición. Porque las características geográficas y meteorológicas de la zona que él nombró ayudan a que, en la actualidad, esta gran metrópoli no padezca problemas graves de contaminación atmosférica.

No obstante, como si su nombre exigiera un compromiso, la ciudad de Buenos Aires comenzó tempranamente a controlar la calidad de su cielo cercano, a la par de que el mundo empezaba a

preocuparse por la contaminación de la capa de aire que rodea a la Tierra.

Ya en 1964, aunque no de manera sistemática, se comienza a registrar el material particulado que volaba por la ciudad. Paulatinamente, las mediciones se extienden y sistematizan y, entre otras consecuencias, llevan a que en 1979 se prohíba el uso de incineradores de basura domiciliaria.

En 1973, cuando los destinos de Buenos Aires dependían de la voluntad del presidente de la Argentina, se dicta la ley nacional N° 20.284, todavía hoy vigente, que regula todo lo relacionado con contaminación atmosférica. La Ciudad Autónoma de Buenos Aires se otorgó su propia norma, la ley N° 1356, en el año 2004.

Actualmente, existe una Red Automática de Monitoreo Atmosférico que cuenta con tres estaciones de medición continua. Una de ellas está ubicada en Parque Centenario (centro geográfico de la ciudad), otra en la esquina de Avenida Córdoba y Rodríguez Peña (un sitio considerado de alto tránsito vehicular) y la tercera está en el barrio de La Boca (un lugar expuesto a emisiones importantes provenientes de

fuentes fijas, como las centrales térmicas o el polo petroquímico, entre otras).

“Esos tres puntos de monitoreo no son representativos de la calidad del aire de la ciudad”, consigna el doctor Enrique San Román, investigador del CONICET en el Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE), donde lleva décadas estudiando la concentración de contaminantes en la atmósfera.

“Faltaría complementar con un par de estaciones. Nos está faltando una en la zona norte, podría ser en la intersección entre las avenidas Cabildo y Juramento, y otra en la zona oeste, como Liniers”, reconoce la licenciada en Ciencias Ambientales María Inés De Casas, responsable de la operación de la Red de Monitoreo Atmosférico en la Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Partículas tóxicas

Uno de los contaminantes del aire que afectan la salud es el material particulado (PM, por sus siglas en inglés), el que, según su tamaño, puede ingresar más o menos profundamente en las vías respiratorias.



Se considera que las partículas con un diámetro menor a los 10 micrones (o sea, la centésima parte de un milímetro), denominadas PM_{10} , son las más peligrosas, porque pueden penetrar hasta los pulmones y quedar alojadas allí.

En la gran mezcla que conforma a las PM_{10} , se encuentran las partículas llamadas “finas” (de diámetro menor a los 2,5 micrones) o $PM_{2,5}$, que pueden alcanzar los alvéolos pulmonares y depositarse en ellos o, incluso, ingresar en el organismo.

“Existe una estrecha relación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (PM_{10} y $PM_{2,5}$) y el aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo”, señala un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), fechado en septiembre de 2016, que también advierte: “La exposición crónica a las partículas agrava el riesgo de desarrollar cardiopatías y neumopatías, así como cáncer de pulmón”.

Según la OMS, “la contaminación con partículas conlleva efectos sanitarios incluso en muy bajas concentraciones; de hecho, no se ha podido identificar

ningún umbral por debajo del cual no se hayan observado daños para la salud”.

Los valores límites establecidos por la ley 1356 de la ciudad de Buenos Aires para el material particulado sobrepasan significativamente las recomendaciones de la OMS. “Lo que establece la OMS no son límites, son niveles guía. Es el parámetro al cual tenemos que llegar, según la OMS, para que no se afecte la salud”, declara De Casas.

El análisis de la composición de las partículas permite determinar de dónde provienen, información imprescindible para planificar medidas de control. “En los componentes de las partículas está la huella digital de las fuentes”, ilustra el ingeniero químico Darío Gómez, jefe del Departamento de Química Ambiental de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA), donde desde hace muchos años se estudia la constitución del material particulado de Buenos Aires.

A las PM_{10} y a las $PM_{2,5}$ no solo las diferencia el tamaño, también son distintas las fuentes que les dan origen. Según el investigador de la CONEA, las PM_{10} están constituidas principalmente por polvo de la calle que es levantado por el

viento y por el movimiento del tránsito. “Ese polvo contiene mayoritariamente tierra y compuestos provenientes de la abrasión de los neumáticos y de las pastillas de freno de los vehículos”, describe, y añade: “Otro componente importante de las PM_{10} es el aerosol marino, traído por el viento desde el océano, que contiene principalmente cloruro de sodio, (sal común)”.

En el caso de las $PM_{2,5}$, su origen principal es antropogénico. Se trata esencialmente de partículas de carbono provenientes de las emisiones de los vehículos diesel y de la quema de biomasa (pastizales y basurales, por ejemplo). “Hicimos un monitoreo continuo de partículas carbonosas a lo largo de todo un año y, curiosamente, encontramos que los asados de fin de semana hacen un aporte significativo al componente carbonoso de la atmósfera”, comenta Gómez.

“Para mí, las partículas carbonosas deberían ser la principal preocupación”, remarca Gómez. “Porque adsorben (NdR: “adhieren”) todo lo que anda dando vueltas. Y pueden tener adsorbidos metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos y otros compuestos muy tóxicos”, advierte.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



Diana Martínez Laser

Actualmente, existe una Red Automática de Monitoreo Atmosférico que cuenta con tres estaciones de medición continua. Una de ellas está ubicada en Parque Centenario, otra en la esquina de Córdoba y Rodríguez Peña y la tercera está en el barrio de La Boca.



Los estudios de la CONEA indican que otro componente importante de las $PM_{2,5}$ son los sulfatos, que se forman en la atmósfera a partir del dióxido de azufre (SO_2) generado por la quema de combustibles fósiles.

Las tres estaciones automáticas de monitoreo registran PM_{10} , pero no discriminan las $PM_{2,5}$.

“En diciembre se compraron los equipos para medir $PM_{2,5}$, y este año estarán en funcionamiento”, asegura De Casas.

Gases tóxicos

Existe un conjunto de gases que, junto con el material particulado menor a 10 micrones, conforman lo que se denomina “contaminantes criterio”, porque sobre ellos se han establecido guías y normas que permiten establecer un criterio para definir la calidad del aire.

Uno de estos gases es el dióxido de azufre, SO_2 , que puede afectar de diferentes maneras el sistema cardiorrespiratorio. “Los ingresos hospitalarios por cardiopatías y la mortalidad aumentan en los días en que los niveles de SO_2 son más elevados”, destaca el documento de la OMS.

La Agencia de Protección Ambiental (APrA) no informa las concentraciones de SO_2 de la ciudad.

“No estamos publicando los datos porque nos dan muy bajos. No sería un contaminante problemático porque las naftas no contienen azufre. También se compró equipamiento para medir SO_2 ultra-bajo que estará funcionando este año”, explica De Casas.

Lo que sí se mide en las tres estaciones de monitoreo son los óxidos de nitrógeno, que son gases generados principalmente por los procesos de combustión utilizados para calefacción, generación de electricidad y funcionamiento de motores de vehículos y barcos.

Según la OMS, la exposición prolongada a los óxidos de nitrógeno puede afectar el sistema respiratorio, sobre todo en los niños. Pero, a los problemas de salud que pueden ocasionar estos gases, se agrega el hecho de que, en presencia de la luz ultravioleta del sol, pueden originar otro contaminante criterio: el ozono (O_3).

El O_3 es un gas cuyo exceso a nivel del suelo puede afectar principalmente el aparato respiratorio e irritar las mucosas. Los individuos más susceptibles son aquellos que padecen enfermedades respiratorias crónicas. Pero su exceso también puede afectar a las personas saludables que realizan deportes al aire libre, debido a que el ejercicio aumenta la frecuencia respiratoria y, en consecuencia, la inhalación de este gas.

En el sitio web de la AprA, se informa que dos de las tres estaciones de monitoreo miden O_3 . Sin embargo, los registros no están publicados. Según De Casas, “las mediciones de ozono no son válidas porque nos faltaba un sistema de calibración adecuado. Ahora lo tenemos y vamos a medir ozono en las tres estaciones”.

Otro contaminante criterio gaseoso es el monóxido de carbono (CO), que es un producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles (petróleo y derivados, carbón, gas natural). En las ciudades, la fuente principal de emisión son los vehículos, y en menor medida las industrias, la calefacción y la quema de basura.

Las concentraciones de CO suelen ser más altas en las avenidas de gran tránsito, los estacionamientos subterráneos o las terminales de ómnibus.

Este gas –que se mide en las tres estaciones de monitoreo– tiene unas 200 veces más afinidad por la hemoglobina de la sangre que el oxígeno, por lo cual, al respirarlo, se impide la oxigenación de los tejidos. Las consecuencias de una exposición prolongada o una intoxicación aguda van desde un simple dolor de cabeza hasta la muerte.

Precisamente, uno de los pocos trabajos científicos efectuados en Buenos Aires sobre el impacto en la salud



Diana Martínez Laser

Los especialistas coinciden en que en la ciudad de Buenos Aires no hay problemas graves de contaminación atmosférica y en que la fuente principal de polución del aire porteño es el tránsito vehicular.

humana de los contaminantes atmosféricos, publicado en 2012 en el *Journal of Environmental Protection*, da cuenta del peligro que representa el CO: “Encontramos que un incremento de una parte por millón (Ndr: ppm, una unidad de medida) en la concentración de monóxido de carbono pronostica un incremento de un 4% en la cantidad de decesos que se producirán al día siguiente”, señala Rosana Abrutzky, magister en Gestión Ambiental y una de las autoras del estudio. “El trabajo abarca un año de registros continuos entre 2003 y 2004 y, hasta donde sabemos, fue el primer estudio que analizó una serie temporal de datos de una mega-ciudad”, completa.

Para darse una idea de lo que representa 1 ppm de CO hay que saber que la Ley N°1356 establece que el promedio máximo para 8 horas no debe superar las 9 ppm.

Aire sin fronteras

Las características geográficas y meteorológicas de la ciudad ayudan a su purificación: “Buenos Aires tiene buenas características dispersivas, dadas por la intensidad del viento, las condiciones de estabilidad atmosférica y la altura en la que se mezclan los contaminantes”, señala la doctora Andrea Pineda Rojas, investigadora del CONICET en el Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera. “Por otro lado, que el Área Metropolitana de Buenos Aires esté

ubicada en terreno llano y rodeada por áreas no urbanas es también importante para que pueda llegar aire limpio que disminuye la concentración de contaminantes”, añade.

“Entre las partículas carbonosas de Buenos Aires hay una parte que proviene de la quema en Brasil”, revela Gómez.

En vista de que el problema del aire no es solo local, en 2014 la Argentina se sumó al Plan de Acción Regional de Cooperación Intergubernamental en Materia de Contaminación Atmosférica para América Latina y el Caribe, que busca armonizar las acciones de control entre los países de la región.

Hoy es posible predecir el probable impacto de un evento de contaminación para diferentes escenarios climáticos y, de esta manera, tomar las medidas precautorias necesarias para minimizar el daño a la salud de la población.

Para ello, se construyen modelos matemáticos que pronostican cómo se dispersará un determinado contaminante, en un área especificada y para una condición climática dada.

Pero esos modelos necesitan ser “alimentados” con datos de emisión de contaminantes en el área en estudio, tanto de fuentes fijas (industrias, comercios, hogares) como móviles (medios de transporte público y privado).

Aunque la Ley N° 1356, en su artículo 22, establece que “la Autoridad de Aplicación debe desarrollar un inventario de fuentes fijas de emisiones (...) actualizándolo anualmente”, la ciudad todavía no cuenta con un inventario de sus emisiones: “Es una tarea pendiente a nivel nacional, porque el aire no tiene fronteras”, justifica De Casas.

Los especialistas coinciden en que en la ciudad de Buenos Aires no hay problemas graves de contaminación atmosférica y en que la fuente principal de polución del aire porteño es el tránsito vehicular.

De hecho, “en los dos momentos de mayor flujo de tránsito, entre las ocho y las nueve de la mañana y entre las cuatro y las cinco de la tarde, hay un pico bien marcado para los contaminantes que medimos”, detalla De Casas. “En general, las calles muy encajonadas y con mayor tránsito son las candidatas a mayor contaminación”, puntualiza.

Los expertos también acuerdan en que la cantidad de registros es escasa porque la red de monitoreo es insuficiente y las mediciones de contaminantes criterio todavía son incompletas.

En definitiva, todavía no hay certeza de que Buenos Aires haga honor a su nombre. //

El ocaso de una tradición ancestral

Caravana del tiempo

En la Puna, las caravanas de llamas son una de las formas más antiguas de intercambio y comercio. Sin embargo, esta tradición y los saberes ancestrales que conlleva se están perdiendo.

Ana Belluscio - anabelluscio@gmail.com
Fotos: Gentileza Bibiana Vilá

➤ Más de 3000 años. Ese es el registro más antiguo que los arqueólogos pudieron rastrear de la existencia de las caravanas de llamas (*Lama glama*), una de las formas ancestrales de transporte de productos en la región que abarca el norte de Argentina y Chile, y las tierras altas de Bolivia y Perú. Los caravaneros transportaban productos entre los distintos ecosistemas de la zona andina: del altiplano, fibra y carne seca (charqui); plumas y productos agrícolas como la papa y el maíz de los valles; de las salinas, sal; de la costa del Pacífico conchas marinas, entre otros.

Sin embargo, la llegada de los españoles con sus animales de carga, como mulas y asnos, más la aparición (mucho más reciente) de trenes primero y luego camiones y camionetas 4x4, fue desplazando el uso de las llamas para trasladar mercancías y hoy en día esta práctica apenas subsiste.

La bióloga Bibiana Vilá, investigadora principal del CONICET, estudia una de las últimas caravanas que quedan y que recorre el trayecto entre la zona sur del altiplano boliviano y Santa Catalina, en Jujuy. Traen lana de llama, que ellos y sus familias producen, y regresan con productos manufacturados como harina de trigo, azúcar, fideos y arroz.

Desde 2011, Vilá va todos los años a Santa Catalina, Jujuy, donde el 25 de noviembre se celebra la fiesta de la patrona del pueblo y donde, durante los días previos, se realizan todos los intercambios que van a permitir a las comunidades del altiplano abastecerse de aquellos productos que no pueden producir.

La bióloga se focaliza en los aspectos etnozoológicos de las caravanas, es decir en el estudio de las relaciones biológico-culturales que ocurren entre los animales con sus caravaneros, en relación al rol que ocupan en la sociedad andina. Según comenta, los caravaneros tienen una relación muy estrecha con las llamas: las cuidan, les ponen nombres

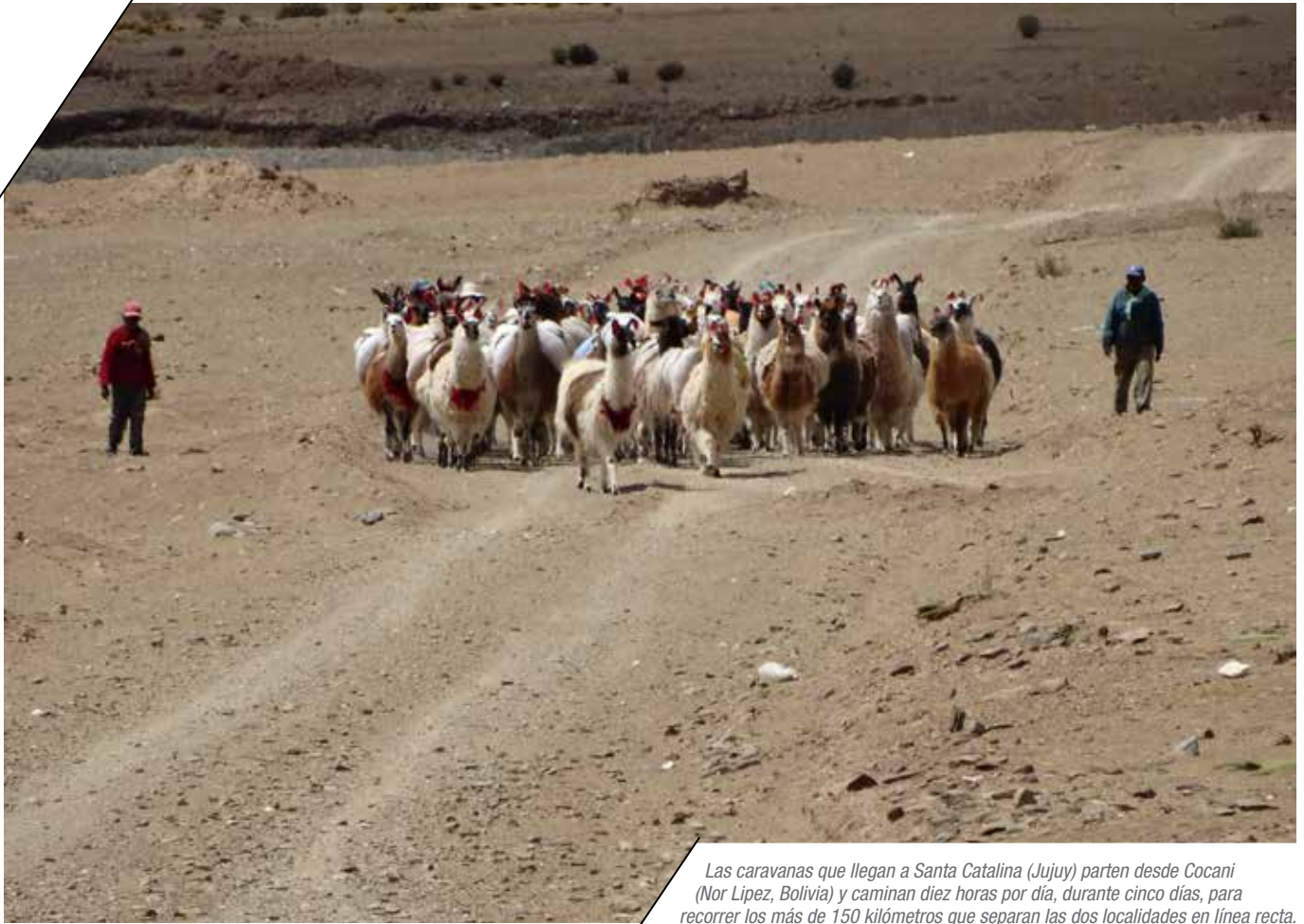
de personas y describen sus *personalidades* (este es más *chucaro*, aquel es *noble*, otro es *pícaro*), humanizándolos.

“Los caravaneros cuentan, por ejemplo, que Javier (un llamo) es *honesto*, algo así como trabajador; o que no van a armar *tihuaico* (una suerte de corral con sogas) porque no están *pícaros*, es decir que se van a dejar descargar sin tener que sostenerlas”, cuenta.

La historia y el recorrido

Las caravanas que llegan a Santa Catalina parten desde Cocani (Nor Lipez, Bolivia) y caminan diez horas por día, durante cinco días, para recorrer los más de 150 kilómetros que separan las dos localidades en línea recta. Pero ese valor es irreal porque se trata de senderos de altiplano que suben y bajan constantemente, con alturas que van desde los 3800 a los 4500 metros sobre el nivel del mar.

“Por eso viene gente de la propia Bolivia a comprar la fibra de llama que traen: les resulta mucho más cómodo tomar



Las caravanas que llegan a Santa Catalina (Jujuy) parten desde Cocani (Nor Lípez, Bolivia) y caminan diez horas por día, durante cinco días, para recorrer los más de 150 kilómetros que separan las dos localidades en línea recta.

la ruta y llegar a Villazón, La Quiaca y Santa Catalina que ir a Cocani, que es un lugar remoto y de muy difícil acceso”, cuenta Vilá, y agrega: “Y justamente para eso sirve la caravana: para unir lugares remotos e incómodos sin acceso”.

Durante tres mil años estas caravanas cruzaron la Puna y el altiplano de arriba a abajo, de este a oeste, transportando productos. Y esto solo es posible con una estructura de caravana y un manejo de los animales muy específico, con pautas de comportamiento y adiestramiento definidas que se mantienen casi inalterables desde hace miles de años.

Otras caravanas

Además de la caravana que llega a Santa Catalina desde Cocani (Nor Lípez), a esa ciudad arriban otras desde San Pablo, Cerrillos, Viluyo y otras comunidades, en su mayoría de Sud Lípez, Bolivia.

Vilá estudia la relación entre los caravaneros y las llamas, la forma y las herramientas que usan para que cada persona pueda controlar entre treinta y cuarenta animales de 120 kilos, que además se mueven en grupos, simplemente con el trato, la gestualidad y la palabra.

Por ejemplo, es común que para entrenar o dominar un animal se usen estímulos aversivos, es decir que se les cause dolor o algún otro tipo de malestar cuando hacen algo contrario a lo que se desea. En el caso de las llamas, el estímulo aversivo más común es la *orejeada*, o sea, tirar o retorcerles las orejas. Esto duele y se quedan quietas para, por ejemplo, poder esquilas. “El manejo es a través del dolor, pero a los caravaneros que llegan a Santa Catalina jamás los ví orejear ni castigar a ninguna, sólo las manejan con la postura corporal”, dice.

Esto es, el caravanero asume la postura física del llamo dominante: se para muy erguido y simula que escupe a la llama. Una vez que la llama está quieta,

se coloca al lado, le abraza el cuello con una mano y con la otra la descarga. “Es decir, que la dominancia sobre el hato no es a través de estímulos aversivos sino a través de una postura jerárquica. Es increíble ver cómo los caravaneros se manejan con un código físico que los animales entienden”, agrega.

Vilá comenta que, justamente, uno de los puntos más interesantes es que los caravaneros han logrado conocer y entrenar a los animales para que su motivación y la de la persona estén en sintonía. Es decir que observan a las llamas y sólo hacen maniobras con ellas cuando están predispuestas, como por ejemplo descargarlas cuando el hato está predispuesto. “Hay un conocimiento ancestral asociado a entender y leer los tiempos de los animales, que hace que se minimicen los conflictos en los manejos de las caravanas, entre personas y animales”, cuenta.

Axel Nielsen es investigador principal del CONICET en el Instituto Interdisciplinario de Tilcara, de la Facultad de Filosofía



Los estudios se focalizan en los aspectos etnozoológicos de las caravanas, es decir, en el estudio de las relaciones biológico-culturales que ocurren entre los animales con sus caravaneros.



y Letras de la Universidad de Buenos Aires, y estudia desde hace años las caravanas en el altiplano boliviano, con las cuales incluso ha viajado.

“Existe una relación que se podría decir personal o social con las llamas: cada una tiene un nombre propio y se dirigen a ellas como personas. Es un tratamiento muy distinto al que tienen con los burros, a los que consideran solo animales y tienen un estatus diferente”, cuenta.

Históricamente, antes de la llegada de los españoles, las llamas fueron los únicos animales de carga de las regiones andinas. Las personas dependían de ellas para poder comerciar, obtener fibra para abrigarse y carne para comer. Entonces el vínculo que tienen con estos animales es muy cercano, y durante años se fueron forjando las formas de adiestramiento para que las llamas respondan a las necesidades de los pastores.

“Creo que también tiene que ver con la larguísima historia de relación con la llama, que incluso está plasmada en la cosmología y los mitos. Y en el significado que tiene para las poblaciones andinas, que no llegaron a tener ningún animal introducido con posterioridad. Las llamas están incluso en las constelaciones andinas, están en la interpretación del mundo desde tiempos muy antiguos”, agrega Nielsen.

Conocer las llamas con las que se camina

La elección de los animales es otro punto crucial en la organización de las caravanas. Para que el sistema funcione, tres o cuatro animales seleccionados van a la vanguardia del grupo, por el sendero, y los demás los siguen sin desviarse. Esos animales “punteros” –a los que llaman *capos* o *carajo*– nunca se pierden o equivocan el camino.

Registros antiguos

Según Nielsen, los registros más antiguos de caravanas de llamas en la Puna tienen cerca de 3000 años. “Se han encontrado campamentos de caravanas fechados en el 1000 a. C. y existen estudios de restos óseos de llamas de esa antigüedad en Chile, donde los investigadores encontraron patologías y deformaciones de los huesos de las patas que se relacionan con el transporte de carga”, comenta.





La bióloga Bibiana Vilá centra su trabajo sobre una de las últimas caravanas que quedan y que recorre el trayecto entre la zona sur del altiplano boliviano y Santa Catalina, en Jujuy.

“Es muy interesante entender cómo los seleccionan, porque los caravaneros son grandes observadores de la etología, del carácter de las llamas”, cuenta Vilá. “Durante el primer año de vida, analizan cuáles son aquellos machitos que, durante los juegos, marcan la vía y son seguidos por los demás. Cuando tienen dos años, luego de castrarlos, los llevan entonces a su primera caravana, sin carga, para que aprendan el camino y ver cómo se desempeñan”.

Los *capos* llevan alrededor del cuello un *puiso*, una especie de collar de lanas con campanitas. Y tienen también una marca de lana especial en las orejas, más elaborada que la de las otras llamas. Estas marcas, el *floreado*, además de indicar cuáles son los *capos*, permiten diferenciar a los animales que pertenecen a uno u otro caravanero.

Pero no sólo de llamas punteras vive la caravana. Cada una se compone de

al menos treinta a cincuenta llamas de carga. Para seleccionarlas, según Vilá, los caravaneros buscan la fortaleza y ancho del lomo, ya que cada uno tiene que soportar casi treinta kilos de peso.

En comparación con las mulas y asnos –otros animales que también se usan para caravanas– la llama tiene una serie de ventajas que le permitieron subsistir como animal de carga. Por ejemplo, no necesitan aperos especiales para llevar las bolsas de productos y se alimentan de los pastos naturales que encuentran en el camino, a diferencia de las mulas o los caballos, que necesitan forrajes especiales. “Es más barato y requiere menos logística usar la llama como medio de carga”, dice Nielsen. Y, además, cuando ya no se utiliza para cargar, lo que sirve de la llama es su carne.

“El tráfico con caravanas ha sobrevivido hasta tiempos recientes entre pastores de altura porque, básicamente,

los lugares donde viven no les permiten cultivar. Entonces, para obtener los productos agrícolas que son la base de la alimentación –maíz, papa, verduras o quinoa– tienen que intercambiarlos con pueblos agrícolas y para eso usan sus llamas”, agrega el investigador.

Finalmente, para Vilá, una de las claves para la subsistencia de las caravanas pasa por la relación entre personas y animales para trabajar colaborativamente. “Han desarrollado a lo largo de los siglos un conocimiento del comportamiento de las llamas que les permite organizar y manejar sin conflicto las caravanas y el viaje de altura con carga. Con tres personas se puede manejar completamente una caravana de entre cincuenta y ochenta animales que transporta entre 1500 y 2400 kilos de carga. Estos saberes se transmiten en las familias, pero estas prácticas y saberes se están perdiendo a medida que desaparecen las caravanas”, concluye Vilá. ▀



ENTREVISTA

Miguel San Martín

Por amor a **Marte**

En 2016, Miguel San Martín, ingeniero argentino que trabaja en la NASA, visitó la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales para una charla pública. En una extensa y amena conversación compartió su experiencia en el *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) en donde participó de las misiones *Pathfinder*, *Opportunity*, *Spirit* y *Curiosity*, así como sus proyectos futuros.

Entrevista: Guillermo Mattei, con participación del público asistente.

Fotos: Juan Pablo Vittori



A partir de 1997 fuiste protagonista de las misiones *Pathfinder*, *Opportunity* y *Spirit*. En 2012 ganaste un campeonato mundial, que fue poner el astrovehículo de la misión *Curiosity*. ¿Qué otro campeonato vas a jugar en breve?

El *Curiosity* tuvo un proceso bastante largo, de muchos sacrificios personales, no solamente míos sino de la familia, así que cuando terminó (siguiendo con el tema deportivo) dije: “con esto cuelgo los botines, ya basta”. Pasaron un par de años, y estuve trabajando en futuras misiones, y cuando pasa el tiempo ya le empieza a picar a uno la necesidad de formar parte, porque

son misiones muy enfocadas, y es lo que a mí me gusta. Estoy trabajando en varios proyectos. Uno de los que me mantiene más entusiasmado es una misión a Europa (la luna de Júpiter). Aterrizar en Europa es un problema técnico muy difícil porque no conocemos mucho sobre la superficie, no tiene atmósfera. Nos quejamos mucho de la atmósfera de Marte, que es el 1%, que nos complica la vida... pero cuando no tenés ni ese 1% y tenés que frenarte todo con combustible, con retropropulsión, tenés que traer una tonelada de combustible desde la Tierra. Por 50 kg de instrumentos científicos en la superficie de Europa tenés que lanzar como seis toneladas de vehículo. Y como no



conocemos el terreno en sí mismo, es muy difícil planear y diseñar una nave espacial para un terreno que vamos a conocer una vez que estemos en órbita; lo vamos a aprender cuando estemos ahí. Lo poco que sabemos es que es un terreno muy pero muy difícil, son como estalagmitas de hasta un metro de altura, lo que hace que posar un vehículo sea bastante complicado. Y aparte de todo eso tiene una radiación enorme, mucho más grande que la de otras misiones. Con Marte, por ejemplo, no nos tenemos que preocupar mucho por la radiación, pero para Europa todo el equipo electrónico y todas las ópticas, tiene que estar todo probado para que funcione en un campo de radiación muy intensivo. Mucho se hace poniéndolo dentro de una suerte de bóveda, lo que le da más peso aún al sistema. Así que ese es el próximo partido, que va a tener para rato.

¿Para cuándo se estima?

Sería en 2024. Todavía no está totalmente aprobada. Es un esfuerzo que está siendo impulsado desde el Congreso hacia la NASA, en vez de al revés. Son condiciones muy distintas. Pero esperamos que sí, que la NASA decida hacerlo. Va a ser una inversión bastante grande. Estamos haciendo los estudios y hasta ahora estamos sobreviviendo todos los *reviews* y la gente está contenta con la ciencia que se podría hacer con una misión de ese estilo.

¿Por qué Europa es el próximo destino?

Porque desde el punto de vista de la astrobiología, saber si es probable o no que haya vida fuera de nuestro planeta Tierra, es una de las grandes preguntas científicas y filosóficas: si estamos solos en el universo. Hoy en día, el único lugar donde sabemos, en todo el universo, que hubo vida 100% seguro es nuestro planeta Tierra. Creemos que no es un fenómeno puramente nuestro, que el universo está repleto de vida, y una forma de saberlo es investigar estos planetas que nos quedan cerca, de nuestra galaxia, donde tenemos la tecnología y podemos ver si ahí se dió. Eso es lo que ha guiado la investigación de Marte desde Viking.

No todos están de acuerdo dentro del mundo científico. Hay quienes dicen que dejemos de buscar en Marte, que en Europa sabemos que tenemos agua en forma líquida hoy en día, océanos enormes bajo una capa de hielo. Sabemos con gran certidumbre que hay orgánicos, que hay una fuente de energía, no la del Sol, porque está muy lejano, pero sí las mareas, por la gravedad de Júpiter. La órbita no es totalmente circular y eso somete a Europa a mareas; se va estrechando y contrayendo y eso genera calor, y mantiene a los océanos líquidos. Se piensa que es posible que hoy haya vida. Incluso uno podría fantasear, que podría ser multicelular. Queremos descender en la superficie y creemos que hay rajaduras en el hielo, y que parte de ese océano surge y, a pesar de la radiación, es posible que se encuentren fósiles y podamos hacer mediciones que indiquen que hay orgánicos que son de origen biológico. También hay interés por la luna de Saturno. En realidad, hay interés por todas las lunas de esos planetas (llamadas *icy moons*). La de Saturno (Encélado) tiene geisers, hay fotos de los geisers. Entonces están los expertos de Encélado que dicen que no vayamos a Europa, que en Encélado sabemos que sí hay presencia de orgánicos y los vamos a ver mucho más fácil. Incluso se está estableciendo un programa de investigación, así como tenemos el programa de investigación de Marte, ahora se está haciendo ese programa como para que esto dure varias décadas. Estamos en el comienzo de eso.

¿Cuánto te involucrás en el tema científico? ¿Lo suficiente para que ambos mundos (el tuyo y el científico) sean coherentes, o te interesa particularmente, profundizás y estás al tanto de cada uno de los experimentos?

Ambos, es decir, como *hobby* me gusta saber, si voy a ir a Marte, cómo es la geología y todo ese tipo de cosas. Tengo la ventaja de que voy a la cafetería a comerme una hamburguesa y me siento con el jefe de geología del Curiosity y me cuenta, pero ahí aprendo más que nada como aprenderíamos todos, simplemente tenemos la ventaja de tener cerca a estas personas. Un mes antes del aterrizaje nos llueven científicos



Recreación artística del vehículo de la misión Curiosity

de todo el mundo y parece que estuviéramos en las Naciones Unidas, se hablan todos los idiomas. Y es especial poder tenerlos ahí para exprimirles todo el conocimiento.

¿Y en tu trabajo, específicamente?

Hay un área donde se superponen las cosas de manera importante y es, en primer lugar, la elección del lugar de aterrizaje. Ahí, los científicos son nuestros “clientes”. Tienen mucho poder y tenemos que hacer lo que ellos quieren, porque son misiones científicas. La idea de ir a poner la banderita ya no sirve; estas misiones se hacen para cuestiones científicas.

Desde el punto de vista de la ingeniería, nosotros le tenemos que pedir a los científicos que elijan el mejor lugar posible. Nosotros podemos controlar, hasta un cierto grado, el tamaño de la elipse de aterrizaje. Hemos hecho muchas mejoras desde la época del Viking, la hemos ido reduciendo y con Curiosity hicimos, por primera vez, un guiado por la atmósfera para reducir el área de aterrizaje, porque le vamos a pedir a los científicos que dentro de esa área no tiene que haber una cierta población de rocas y pendientes que puedan dañar al vehículo o que puedan confundir al radar. Nosotros les ponemos esos requerimientos y les decimos que elijan “donde quieran ustedes”, porque no es nuestra misión buscar el lugar científicamente más redituable, pero tiene que tener ciertas condiciones. Tenemos naves espaciales que nos permiten hacer mediciones topográficas del lugar con una precisión de menos de un metro, es decir que nosotros sabíamos dónde estaban las rocas que podían dañar al Curiosity. Eso nos permitía hacer cálculos estadísticos, cuál era la probabilidad, si estabas dentro de la elipse, de sobrevivir, poder hacer una misión y no quedar estancado.

Y después otra cosa es que necesitamos saber mucho sobre la atmósfera, un perfil de la densidad atmosférica y un modelo estadístico de las desviaciones de ese modelo nominal. Necesitamos saber también sobre los vientos. Hemos hecho muchos progresos: en el Pathfinder necesitábamos un

modelo de vientos de Marte, y no había, así que utilizamos un modelo de viento de Cabo Cañaveral, zona de la que, por ser un lugar de lanzamiento, se conoce mucho. Después, con Spirit y Opportunity, como veníamos de dos fracasos grandes, ahí tuvimos que afinar un poco el lápiz y se hicieron modelos. En realidad, los vientos globales de Marte se conocen muy bien, la alta atmósfera. La parte donde se complica es cuando esos vientos globales interactúan con el relieve de Marte, entonces se crean vientos localizados en la superficie. Pero ya para ese momento la ciencia tenía la tecnología para tomar esos dos modelos, un modelo topográfico y un modelo global de vientos de Marte, y poder hacer un modelo matemático y anticipar los vientos locales de baja altura. Así que hay mucha interacción con los científicos.

¿Con qué criterio se establece el éxito de una misión?

Cuando nos aprueban un proyecto en la NASA, una de las cosas que se hace (antes de que se apruebe el proyecto), es definir el criterio de éxito. Este criterio es una nota (como en los tests) en la que te dicen, por ejemplo: *Si aterrizás en Marte y sacás una foto te damos un 5, si te trasladás un kilómetro, te vamos a dar un 7, si tomás tantas muestras, te damos un 8, si las procesás, te damos un 9 y si encontrás orgánicos, te damos un 10...* Y eso va variando, por ejemplo, con Pathfinder, la primera vez que volvíamos a Marte desde Viking nos daban prácticamente un 7 con solo aterrizar y mandar una señal diciendo “estamos vivos” y creo que un 8 o un 9 nos daban si sacábamos una panorámica y mandábamos la foto de vuelta. Y después vivió tres meses, y era ya un 10. Y eso es muy importante para un Jefe de Diseño del vehículo, porque entonces vos sabés cómo utilizar esos recursos, que son siempre limitados. Así que era importante saber que para el Pathfinder, durar más de tres meses no era importante, por lo tanto no pusimos mucho dinero en eso, pero en el sistema de aterrizaje sí lo pusimos.

A medida que la cuestión fue avanzando, con Spirit y Opportunity ya nos pedían más recorrido, más ciencia, y con Curiosity ya nos pedían estar dos años y poder tomar muchas muestras. El criterio va aumentando y más hacia la ciencia. Con Curiosity, parte de darle un 10, es decir un 100% de éxito, era determinar que ese lugar había tenido agua y existían todos los ingredientes para la vida. Todas las mediciones se hicieron, se corroboró eso, y hoy en día se puede decir que el cráter Gale donde aterrizó el Curiosity era un lugar en el que se había acumulado agua de un pH neutro y, por lo tanto, que podría haber soportado la vida. Y encontraron compuestos orgánicos muy básicos. Era la primera vez que medíamos orgánicos en Marte. Viking fue un gran fracaso en la medición de orgánicos. En ese sentido Curiosity ya cumplió. Obviamente, encontrar compuestos orgánicos más complejos en el futuro sería un *plus*. Pero hoy podemos decir que se considera una misión 100% exitosa.



¿Y qué sigue ahora?

Y ahora nos estamos preparando para la próxima misión que es el comienzo de lo que hoy llamamos *Mars sample return* (regreso de muestras de Marte). Porque ya llegamos al punto de que llevar más instrumentos a la superficie de Marte no te reditúa tanto. Para dar el gran salto, lo próximo que habría que hacer sería, por ejemplo, contar fósiles de microbios en Marte, y traer el material a la Tierra. Habría que seleccionarlo bien, en primer lugar, lo cual ya hemos aprendido con estas misiones. No solamente los científicos aprendieron a buscar indicios de agua, sino que ahora saben adónde ir a buscar una muestra y maximizar la probabilidad de que esa muestra tenga fósiles. Y en el 2020 sale una misión, que no tiene nombre todavía, que será un vehículo robótico como el Curiosity, del mismo tamaño y con el mismo sistema de aterrizaje pero con una variante, y va a tener instrumentos más avanzados. Y lo más importante es que van a tomar muestras, las van a poner en un tarrito, y las van a depositar en el suelo para que después otro vehículo que irá varios años después, no sabemos exactamente cuándo, los recoja, los ponga en un cohete, lo ponga en órbita en Marte y después otra nave espacial busque el tarrito con todas esas muestras y las traiga a la Tierra. La primera fase comienza en el 2020. Es un proyecto tan grande que el gobierno de EEUU no quiere comprometerse a todo. Se comprometieron a buscar y poner en un tarrito las muestras... y después hablamos. Así que ese es el próximo paso de Marte.

¿El Opportunity tuvo problemas energéticos por acumulación de polvo en los paneles solares?

Justamente, Spirit y el Opportunity, para que nos den un 10, tenían que durar tres meses. Pathfinder era un mes. Entonces, destinamos muy poco pensamiento al polvo sobre los paneles solares. Cuando nos hacían esa pregunta en las entrevistas, la respuesta era: "No más de tres meses porque se va a acumular polvo en los paneles solares y el vehículo se va a morir; cuando los calefactores no puedan prenderse de noche, se enfría y listo, se terminó todo". Y siempre había alguna

persona que preguntaba: *¿por qué no le ponen un cepillo?* y nosotros les contestábamos que era mucho más complicado que eso, que por la electrostática se iba a acumular el polvo... etcétera. Teníamos esas respuestas listas porque era lo que creíamos nosotros. Bueno, llegó la nave, aterriza, pasa un mes, dos meses, tres meses y, como habíamos correctamente predicho, la carga de las baterías empieza a bajar, los paneles se empiezan a recargar cada vez menos y después ocurre lo inesperado, viene un remolino de viento, limpia los paneles y... de vuelta al 100%. Es por eso que hoy el Opportunity todavía está vivo, porque vienen los remolinos y nos limpian los paneles solares.

¿Cómo prueban todos los programas que se encargan de manejar estas trayectorias y aterrizajes? ¿Cómo se aseguran de que efectivamente funcionen como se programaron?

Es un proceso largo. Primero, somos muy conservadores en todo lo que hacemos. Nuestra tecnología no es la última. Empezando por la computadora, por ejemplo, nos cuesta mucho hacer una computadora especial, adaptarla para el espacio. La computadora del Curiosity es una *Power PC*, de 200 mHz, la computadora que uno tenía en su escritorio hace diez años. Pero está modificada para que sobreviva a la radiación del espacio. Nuestros programas de computación también tratamos de hacerlos lo más sencillos posible. Y tenemos procedimientos para evitar los problemas, encontrarlos y resolverlos, con mucha disciplina. Tenemos guías de codificación que tenemos que seguir, y hacemos simulaciones constantemente. Tratamos de probar todos los límites del *software*. Tenemos una filosofía que dice: *Fly as you test, Test as you fly*. Cuando hacemos una simulación, tenemos que recrear las mismas condiciones que el vehículo se va a encontrar cuando, por ejemplo, haga su descenso en Marte. Y cuando no podemos lograr que sea igual, tenemos que escribir las excepciones. Si no lo podés testear es una violación de esa filosofía, y tenemos que hacer una lista de todas las excepciones y un *manager* de alto nivel lo tiene que evaluar y nos pregunta

cuál es la justificación para cada cosa. Ese es el tipo de cosas que hacemos cuando vamos a hacer pruebas: tenemos la computadora, los sensores y hacemos una especie de realidad virtual pero para la computadora. Le inyectamos señales para que piense que está viendo las estrellas, o el Sol, o la superficie de Marte, y así podemos ejercitar. Esos tests están totalmente coreografiados con tiempo y con procedimientos. Es un proceso muy lento, por eso es tan caro.

¿Y qué pasa cuando encuentran un error?

Cuando encontramos un error inmediatamente tenemos que abrir un registro, y eso ya queda en el sistema. No lo podés sacar, aun si es un error de testeo. Entonces, si es un problema, tenemos que buscar la solución y después se va poniendo eso en la base de datos. Muchas veces, ya más cerca del lanzamiento, los *managers* quieren saber si este era un error que valía la pena corregir, porque siempre corrés el riesgo de corregir esto y romper otra cosa. Entonces hay que pasar por un panel de expertos y convencerlos de que esto vale la pena arreglarlo. Y estos son números que se verifican permanentemente. Y lo peor del caso es que uno ve que va aumentando, llega el momento del lanzamiento y la curva no desciende... y no te dejan lanzar. Si el número de problemas que vos resolvés no es más alto que los que vos generás te dicen: “muchachos, este es un proyecto enfermo, no largamos, no les damos el permiso”.

Hoy en día hay programas que pueden detectar errores en el código, el tipo de error que antes no sabíamos cómo buscar. Hay un experto en JPL que es uno de los líderes en esa área. Y esta misión fue la primera en la que buscamos eso y se encontraron ciertas cosas. El resto es disciplina y un sistema, un proceso muy caro y muy disciplinado. En primer lugar asumís que vas a tener *bugs*, y la cuestión es encontrarlos y arreglarlos a tiempo.

¿Viste la película *The martian*?

Por supuesto, y leí el libro también.

¿Cuál dirías que es el aspecto en el que el autor del libro, el guionista y el director acertaron científicamente, y cuál es pura ciencia ficción?

En realidad, especialmente en el libro, el autor hizo un esfuerzo muy grande en tratar de hacer las cosas de modo de no insultar la inteligencia, aún cuando por ahí no calza la cuestión con la realidad. Hay otras películas de ciencia ficción en las que uno se aburre, porque no hay nada para pensar, es todo una mentira total. Pero esa película no, me pareció muy bien pensada, toda la cuestión de la producción de oxígeno para el combustible y para respirar está dentro de los planes de la NASA al punto de que uno de los experimentos del proyecto Mars 2020 es justamente una estación para producir oxígeno de la atmósfera de Marte, que es de dióxido de carbono. O sea

que hay oxígeno por todos lados, solo que está combinado con el carbono, lo van a intentar separar y hacer oxígeno para las futuras misiones. Entonces, podemos decir que lo que se hizo en la película *The martian* se podía hacer y está totalmente dentro de nuestros planes. La idea es fabricar el combustible ahí también, aunque hay otras formas de hacerlo, pero el escenario oficial de la NASA nos tiene haciendo oxígeno y combustible con los elementos de ahí, porque traer todo de la tierra es muy problemático.

Hay otra parte, la parte de ingeniería, en la que hicieron bastante trabajo, que me llega muy de cerca a mí como jefe de *Guiado y Control*, fue cuando utilizan el Pathfinder para comunicarse con la Tierra. El proceso tiene tres fases: *crucero*, que es ir a Marte, el *aterriaje*, y la *superficie*. Por lo general el aterriaje es lo que nos lleva más trabajo. Apuntar esa antena que él utiliza, a la Tierra, era parte de mi trabajo, que no es una cosa muy difícil, pero le tenemos que encontrar la vuelta porque no hay campo magnético en Marte. Es una antena de alta ganancia y hay que apuntarla hacia donde está la Tierra. Tenemos muy buenos modelos de la rotación de Marte, tenemos modelos de la órbita de Marte al Sol y obviamente de la Tierra al Sol, y todo eso viene bien. La parte complicada era determinar la orientación del vehículo en una coordenada local. Para identificar el Norte, no sabíamos cómo hacer porque no hay un campo magnético. Hay que sensar la rotación de Marte para determinar el Norte, así que terminamos utilizando la cámara de fotos científica, le dimos otra función que era buscar el sol, lo tenía que hacer de manera automática, y fue uno de los momentos más lindos, más divertidos de mi primer aterriaje con Pathfinder. Al principio las comunicaciones son de muy baja ganancia porque se utiliza una antena omnidireccional, entonces te manda muy pocos bits en los que te dice “estoy vivo”. Después le mandamos el comando para que haga el *sun search* (la búsqueda del Sol), determine dónde está, para poder apuntar la antena y mandar la foto que había sacado, todo eso una hora después del aterriaje. Estaba todo el mundo viendo y nuestro experto en comunicaciones no creía que fuera a funcionar, pero habíamos practicado todo eso que se ve ahí en *The Martian* apuntando la antena. Yo me había pasado horas en el techo de la Universidad de Arizona donde estaban haciendo la cámara, buscando el Sol acá en la Tierra y haciendo que todo funcionara bien, y bueno, le mandamos el comando “*do the Sun search*”, perdemos comunicación en ese momento (era parte de la secuencia) y sabíamos que en un momento, la señal de alta ganancia, si la antena estaba apuntando hacia nosotros, iba a ocurrir. Estábamos esperando la señal y de repente, en el momento exacto, ¡blup! aparece y el experto en comunicaciones mide los decibeles y eran más altos de lo que esperábamos; se da vuelta y me dice: “Felicitaciones...nunca pensé que iba a funcionar”. Y después vino la foto. Se cuenta muy bien esa historia, más en el libro que en la película. Y bueno, en los últimos cinco minutos de la película se aburrí el que hace el guión y es todo una mentira total, no me acuerdo exactamente, pero si hacías los cálculos, no daba ni cerca.



Cuál es el perfil de los científicos y tecnólogos argentinos con los que vos regular o esporádicamente te cruzás? Qué hacen, en qué temas están, cuál es tu relación con ellos.

Se habla de mí cómo si fuera el único argentino en la NASA, pero somos muchos. Incluso en el laboratorio somos unos diez. Algunos de ellos son: Victor Zlotnicki, un oceanógrafo que hizo muchos trabajos para estas misiones. Hizo investigación sobre las tormentas del Niño y la Niña. Tenemos expertos en radares. Martín Greco, que estaba en el equipo del Curiosity. Él había inmigrado de joven, con sus padres, otra experiencia migratoria pero, en cierto modo, es más argentino que yo, porque tiene esa facilidad para resolver problemas. Cuando nadie le encuentra la vuelta, lo mandás a Martín... y él lo hace andar. Y se necesita un poco de eso, de encontrarle la vuelta a la cuestión, así que con Martín trabajábamos muy de cerca. También Fernanda Mora, que trabaja en nanotecnología haciendo instrumentos muy pequeños, utilizando técnicas de flúidos. Hace chips de flúidos, en los que toda la combinación de los químicos se produce por cuestiones capilares, tratando de miniaturizar los instrumentos que tenemos. Para que te des una idea de la complejidad de algunos instrumentos, uno de los instrumentos del Curiosity, era del tamaño de los vehículos Spirit y Opportunity, así que cuanto más los reducís, mejor. Tenemos otra ingeniera, Clara O'Farrell, ella está en el área mía, de guiado y control, de modelo de naves espaciales. Más que nada en la parte aeronáutica, donde hizo su doctorado.

Dijiste que las misiones estaban comandadas por la ciencia. ¿Se piensa o se prevé en función de “lugares habitables” para un futuro?

En el caso de Marte, sí. Pero no tanto. Es como de rebote. No es una casualidad que, el lugar que puede haber tenido vida, también podría ser un lugar que uno podría modificar para poder sostener nuestra vida, porque no es un lugar inhóspito como Venus, o Mercurio, que está al lado del Sol. Marte en una época era, se supone, un planeta cálido y húmedo como la Tierra. Así que, en ese sentido, los dos objetivos se dan juntos. Lo que pasa es que la NASA está hecha de varios

departamentos. El *Science Mission Directorate* (SMD), para el que JPL hace muchos trabajos, es pura ciencia. Y después tenés la parte de exploración (el HEOMD), que es la parte tripulada. La parte nuestra no tiene mucha influencia en la parte tripulada. En el caso este, que estamos llevando un instrumento para hacer oxígeno, te diría que es más la excepción que la regla.

Fantaseemos con que vos podés decidir las políticas de la NASA: ¿hombres sí u hombres no en Marte?

Está dividido. Hay quienes piensan que no deberíamos gastar recursos en misiones tripuladas porque consumen la mayor parte del dinero, porque es mucho más difícil mandar hombres que robots. Yo soy de los que le gustan ambos. Incluso, cuando aumentan el presupuesto a la parte tripulada, también lo aumentan a la no tripulada. Es lo que necesita el pueblo para apoyar toda la actividad. No pueden apoyar una actividad totalmente robótica. Y me parece que es parte de la experiencia humana. A veces la gente dice: “para hacer estas mediciones científicas no necesitamos seres humanos”. En primer lugar, no es totalmente cierto. El geólogo de Spirit y Opportunity, Steve Squyres, siempre decía que él en un día, con un martillito y una lupa, podía hacer lo que les llevaba a Spirit y Opportunity un año. Es decir que, todavía hasta el día de hoy, el ser humano es mucho más productivo. Pero aún dejando eso de lado, me parece que la aventura de la humanidad, proyectarnos nosotros mismos en carne y hueso, es parte de la aventura humana como es el conocimiento. Por otro, lado uno puede darle la vuelta a la pregunta al científico que piensa que no son necesarios seres humanos y preguntarle ¿Y por qué necesitamos saber si hubo vida en Marte hace 3000 millones de años? Y la respuesta es: porque necesitamos saber. Y punto.

Como decía Keneddy en aquel famoso discurso cuando propone mandar al hombre a la Luna: cuando le preguntaron al que escaló el Everest por primera vez (George Mallory) ¿por qué hay que escalar el Everest? Y él dice: porque está ahí... Y bueno, tenemos que ir a Marte porque está ahí. Es así de sencillo. //

Detección experimental de fenómenos

Ondas gravitacionales y estallidos gamma

En la fría oscuridad del universo, no todo es quietud y tranquilidad. Existen vibraciones y luces muy intensas, capaces de recorrer distancias siderales durante miles de millones de años. Son ondas que viajan a la velocidad de la luz y permiten estudiar los fenómenos más complejos que pueden existir, desde agujeros negros hasta explosiones de supernovas. Si bien su predicción teórica fue realizada en el siglo pasado, actualmente se pueden detectar experimentalmente y esto constituye el comienzo de una nueva era para la astronomía y la comprensión del cosmos. En nuestro país, el proyecto TOROS observa el cielo con el fin de detectarlas.

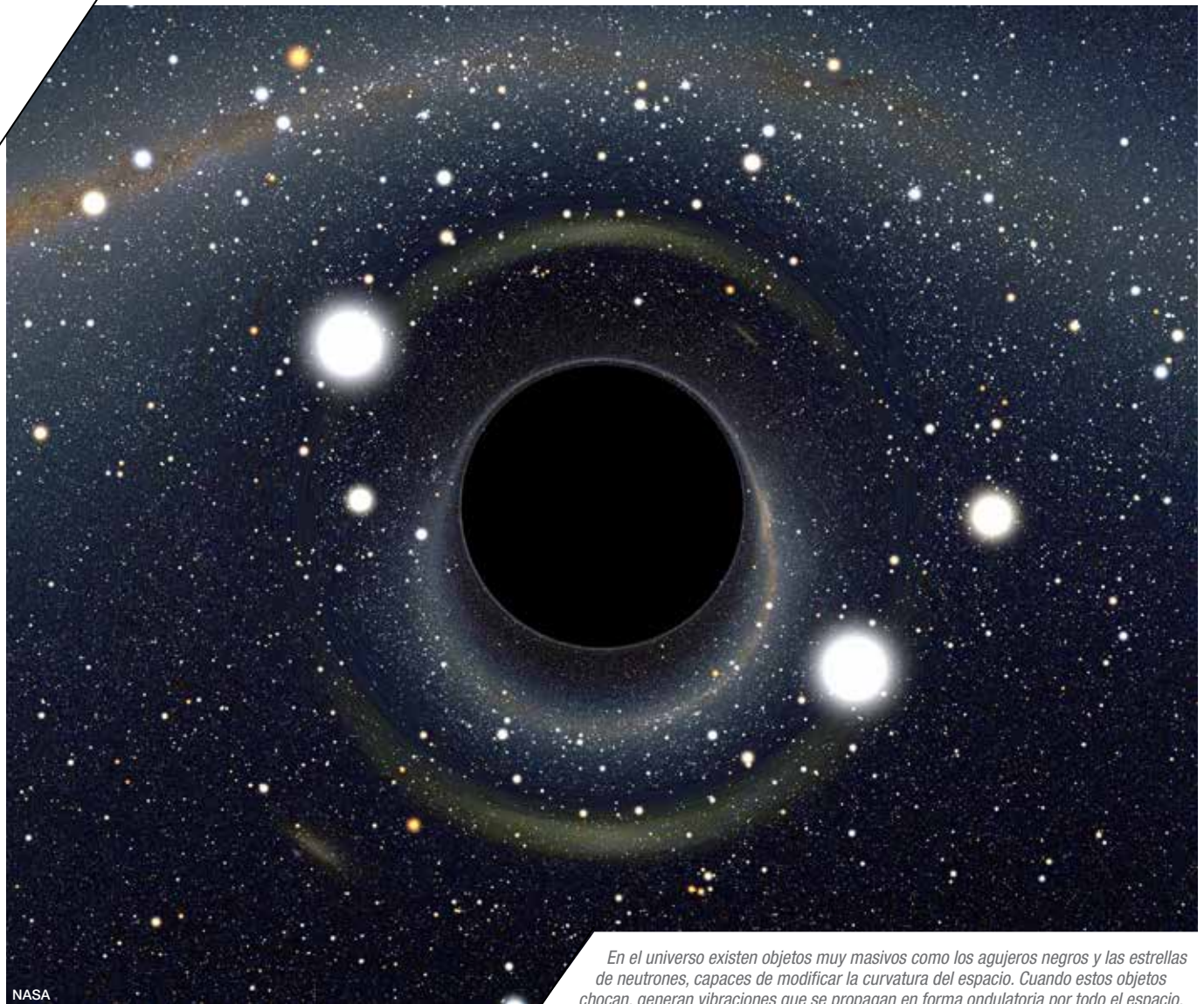
Mayra Garcimuño - mayragarcimuno@gmail.com

El 14 de septiembre de 2016, el mismo día en que se detectaron por primera vez las ondas gravitacionales que predijo Einstein, un fogonazo de alta energía que duró apenas un segundo intrigó a los científicos. El inesperado evento resultó ser un estallido de rayos gamma, un suceso capaz de iluminar el universo más que todas las estrellas juntas. Los investigadores consideran que este descubrimiento podría obligar a reformular las leyes de la astrofísica y, en distintos observatorios del mundo, escudriñan el cielo para encontrar nuevas emisiones. En nuestro país, en la Estación Astrofísica de Bosque Alegre y el nuevo Observatorio Astronómico del cerro Macón, en Salta, se hicieron eco de esta hazaña y abrieron la ventana a nuevas detecciones.

“Han ocurrido cambios fabulosos en la astrofísica durante el siglo XX”, afirma con entusiasmo el doctor Mario Díaz, investigador argentino y actual Director del Centro de Astronomía de Ondas Gravitacionales en Estados Unidos. Díaz integra el equipo de científicos argentinos y estadounidenses que recientemente ha puesto en marcha el Observatorio Austral Robótico de Transitorios Ópticos (TOROS, por su sigla en inglés) cuya misión será detectar las señales lumínicas que se generan junto con las ondas gravitacionales. El primer instrumento que instalaron es un telescopio robotizado que puede ser controlado remotamente a través de Internet. Es un aparato piloto con un espejo de 40 centímetros de diámetro, una cámara para tomar fotografías y un sistema de filtros. El lugar elegido para ubicar el telescopio es un cerro salteño, cuya altitud es de

4650 metros, debido a que la contaminación lumínica es mínima y el cielo está despejado un 93% de las noches del año.

“La teoría de Einstein interpreta la gravedad, no como una fuerza, sino como la deformación que se produce en una región del cosmos debido a la presencia de una masa”, explica Díaz, quien se desempeña como profesor de la Universidad de Texas del Valle de Río Grande. Si alguien colocara una bola de bowling sobre la superficie de una cama elástica, esta se curvaría hacia el suelo. En cambio, un objeto más liviano, por ejemplo una pelota de tenis, no la deformaría. Análogamente, en el universo existen objetos muy masivos como los agujeros negros y las estrellas de neutrones, capaces de modificar la curvatura del espacio. Cuando estos objetos chocan,



En el universo existen objetos muy masivos como los agujeros negros y las estrellas de neutrones, capaces de modificar la curvatura del espacio. Cuando estos objetos chocan, generan vibraciones que se propagan en forma ondulatoria por todo el espacio.

generan vibraciones que se propagan en forma ondulatoria por todo el espacio tal como predice la teoría de Einstein.

Una sorpresa detrás de otra

Si bien estas deformaciones del espacio son muy débiles, pueden ser detectadas aun en regiones muy alejadas. El efecto de las ondas sobre la materia, comprime los objetos en una dirección y los estira en la dirección transversal. Aprovechando este efecto para detectarlas, los científicos diseñaron sensores en forma de L y miden las longitudes relativas de sus brazos por medio de la técnica de interferometría láser, observando los patrones de interferencia producidos al combinar dos fuentes de luz. En Estados Unidos ya instalaron dos instrumentos de estas características –uno en Hanford, Washington, y

otro en Livingston, Louisiana– y los llamaron LIGO (acrónimo en inglés de Observatorio de Ondas Gravitacionales con Interferómetro Láser).

Díaz también participa de la colaboración LIGO junto a otros mil científicos. En febrero de este año, los voceros del proyecto anunciaron la detección por primera vez en la historia de una señal de estas peculiares ondas. Los astrónomos aseguran que fueron generadas en la fusión de dos agujeros negros distantes a 1300 millones de años luz de la Tierra. Con este hecho trascendental inauguraron una nueva era para la astrofísica, porque es posible testear modelos cosmológicos que hasta ahora solo tenían un desarrollo teórico. “Recién hemos conseguido verificar la existencia de agujeros negros y el hecho de que se fusionan. Obviamente, el campo de observación de estos fenómenos apenas

ha comenzado, hay muchísimo por aprender”, sentencia Díaz.

Pero los científicos no solo fueron sorprendidos por la detección de estas ondas, sino también por la emisión de radiación electromagnética asociada a ellas. El evento se denomina *estallido de rayos gamma*, un intenso flash de alta energía que aparece de manera impredecible en puntos arbitrarios del cielo a una tasa de aproximadamente uno por día y dura, típicamente, algunos segundos. El registro de este tipo de rayos se realiza por medio de satélites, ya que no penetran la atmósfera. Un dato curioso es que se descubrieron recién en 1967 a través de los satélites militares norteamericanos de la serie Vela, diseñados para descubrir explosiones militares soviéticas clandestinas en el espacio.



Maitas Romero

Estación Astrofísica de Bosque Alegre, en Córdoba, Argentina.

¿Agujeros negros que emiten luz?

Existen dos tipos de estallidos o brotes de rayos gamma (GRB, del inglés *Gamma Ray Burst*): los cortos y los largos. Los GRB cortos duran en promedio menos de dos segundos y no suele detectarse otra emisión posterior al evento. Los GRB largos, de más de dos segundos, suelen tener asociadas señales lumínicas relativamente brillantes. “Estas características bien diferenciadas hicieron que, si bien todavía queda un número importante de interrogantes, la comunidad de astrónomos de altas energías coincida en que cada una de estas familias tienen orígenes muy diferentes”, asegura el doctor Ignacio Ranea Sandoval, becario posdoctoral de CONICET y profesor de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata.

Ranea explica que los GRB cortos parecen ser el resultado de la fusión de dos estrellas de neutrones o de una estrella de

neutrones y un agujero negro. En cambio, los GRB largos pueden ser resultado del colapso de estrellas de gran masa que colapsan sobre sí mismas en el final de sus vidas. El día que LIGO recibió la señal de ondas gravitacionales, un telescopio de la NASA observó 0,4 segundos después, una emisión de radiación que podría provenir de ese mismo fenómeno. Un equipo de astrónomos estadounidenses, liderado por la doctora Valerie Connaughton del grupo de Astrofísica de Rayos Gamma del Centro Nacional de Tecnología y Ciencias del Espacio, publicó un informe donde vinculan esa detección al choque de agujeros negros. El trabajo es controversial porque dicha explicación no está prevista en las teorías actuales.

El equipo de Connaughton analizó los datos obtenidos por el Telescopio Espacial Fermi, un satélite lanzado por Estados Unidos en 2008, diseñado especialmente para estudiar las fuentes emisoras de rayos gamma. Estas fuentes son los objetos más violentos y energéticos del universo, e incluyen estallidos

de rayos gamma, púlsares y jets rápidos de materia emitidos por agujeros negros. Fermi está equipado con dos instrumentos: el Telescopio de Gran Área y el Monitor de rayos Gamma, que opera en el rango energético que va de los ocho mil (8 keV) a 300 mil millones electrón-voltios (300 GeV). Los detectores están diseñados de manera que una vez localizada la región donde se produjo la emisión, es posible enfocar el telescopio en esa dirección para realizar observaciones más detalladas.

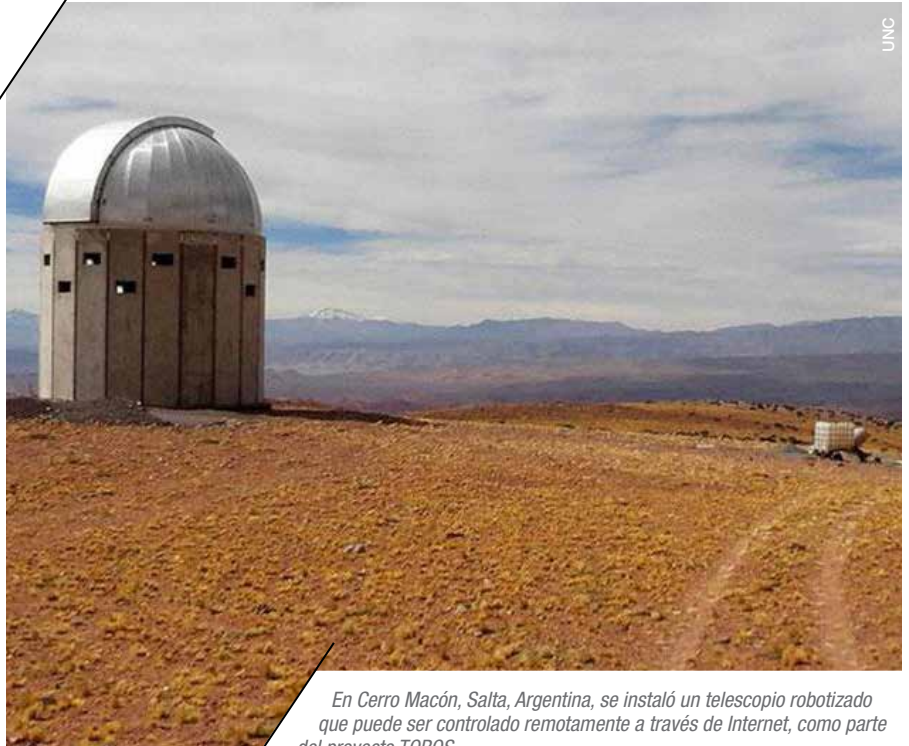
Un acelerador de partículas natural

Ranea explica que la mirada estándar sobre la fusión de dos agujeros negros no permitiría la emisión de radiación electromagnética, ya que como toda la materia sería “tragada”, no habría átomos capaces de realizar dicha emisión. El investigador se anima a especular sobre el futuro de estas investigaciones: “si se logra confirmar la correlación entre la detección de FERMI y la de LIGO,

creo que estaríamos frente a uno de estos casos en los que, probablemente, haya que replantearse algunos conceptos de la física de estos fenómenos”.

Por otro lado, el doctor Gustavo Romero, investigador superior del CONICET y del Instituto Argentino de Radioastronomía, es autor de un nuevo modelo sobre este tema. Romero desarrolló la teoría que describe la interacción de agujeros negros bajo determinadas condiciones en las que podrían generar ondas gravitacionales y emitir radiación al fusionarse. Sin embargo, advierte que “aún es prematuro concluir algo al respecto”.

De acuerdo con Romero los rayos gamma pueden ser usados para poner a prueba teorías fundamentales de la física, ya que recorren gran parte del universo sin ser absorbidos. “En estas explosiones –explica– se aceleran partículas hasta energías mucho mayores de las que se logran en la Tierra con el acelerador LHC”. Y anticipa que “si entendemos su física, podemos tener acceso



En Cerro Macón, Salta, Argentina, se instaló un telescopio robotizado que puede ser controlado remotamente a través de Internet, como parte del proyecto TOROS.

a aceleradores naturales donde poner a prueba nuestras ideas sobre la física de partículas elementales”.

Sin lugar a dudas, una colaboración cercana entre los experimentos desarrollados para detectar ondas de gravedad y los satélites desarrollados para observar

su contraparte electromagnética, redundará en una comprensión más acabada de estos fenómenos fascinantes. Los científicos argentinos ya tomaron posición en el área y, a través del proyecto TOROS, podrán contribuir a las detecciones que LIGO y otros sensores puedan realizar en el futuro. //

HUMOR por Daniel Paz

La astrobiología confirma que hay vida inteligente en el sistema Próxima Centauri. Además de inteligencia, también habría escepticismo



Daniel
PAZ



TRANSPORTE

Acceso a la movilidad en la gran ciudad

Avatares del diario trajín

Nuestra vida social depende de poder transportarnos para acceder al mercado laboral, a los centros de salud, a la educación y a los sitios de esparcimiento. Aunque no figure en la Constitución, la movilidad es un derecho, pero en una megaciudad como Buenos Aires no todos tienen las mismas posibilidades, es que el sistema de transporte puede atenuar o acentuar la desigualdad social. Dificultades y propuestas para el futuro.

Susana Gallardo - sgallardo@de.fcen.uba.ar

▮ Cuando en 1880 Buenos Aires se convierte en la capital del Estado Nacional, deja de ser esa pequeña aldea en la que sus habitantes realizaban a pie todas sus actividades cotidianas. En su crecimiento y expansión hacia la periferia, fue central el rol de los medios masivos de transporte.

Un siglo después, las políticas globalizadoras cambiaron la configuración de la metrópoli, que devino en megaciudad, al igual que otras en América Latina. Hoy la Región Metropolitana de Buenos Aires, con 44 distritos sobre un área de 17.400 kilómetros cuadrados y quince millones de habitantes, presenta importantes problemas de movilidad que no hacen más que acentuar las diferencias sociales. Avenidas y autopistas colapsan por el mayor uso del automóvil, mientras que quienes carecen de ese medio, y habitan en áreas alejadas de los principales corredores, enfrentan grandes dificultades para movilizarse.

De gran aldea a megaciudad

Desde la segunda mitad del siglo XIX, el sistema de transporte dio forma al crecimiento de Buenos Aires: el ferrocarril (inaugurado en 1857); el tranvía a caballo, reemplazado en 1897 por el eléctrico; el subterráneo –que en 1913 comenzó a correr desde Plaza de Mayo a Miserere–, y el colectivo, que se establece en la década de 1930, todos fueron dando estructura a los nuevos barrios.

“El transporte, que requiere de una infraestructura fija en el territorio y grandes inversiones de capital, condiciona los procesos de organización de la ciudad”, afirma Jorge Blanco, magister en Políticas Ambientales y Territoriales, y Director del Instituto de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA.

En torno a las estaciones de ferrocarril, se organizaron los centros comerciales y administrativos, acompañados por la actividad inmobiliaria. Hasta la década de 1970, la política de loteos populares en el conurbano permitió el acceso al

suelo a sectores de ingresos medios y medios bajos. Era posible comprar un lote en cuotas, a cierta distancia de la estación de tren, y la vivienda se completaba con los años. Los barrios crecían con la llegada del gas, las cloacas y el pavimento.

“Las localidades de San Martín, San Isidro y Lomas de Zamora, por ejemplo, se convirtieron en centros de referencia para municipios vecinos en cuanto a compras, servicios educativos y de salud”, ejemplifica Blanco. En ese proceso, las líneas de colectivos alimentaban el sistema ferroviario.

Todo cambió en las décadas de 1980 y 1990 cuando, con el protagonismo de las autopistas, se conformaron nuevas áreas de desarrollo comercial e inmobiliario, que suponen al automóvil como medio principal. Surgen las urbanizaciones cerradas, los shoppings y los grandes supermercados, destinados a sectores de recursos medios y altos.

“Es un tipo de urbanización discontinua, fragmentada, con baja densidad, difícil



Diana Martínez Laser

Con el objetivo de aumentar la conexión entre corredores se ideó la Red de Expresos Regionales, que busca vincular, mediante un túnel de profundidad, las estaciones terminales de cuatro líneas ferroviarias.

Trasbordo y boleto combinado

Mediante encuestas realizadas hace unos años por el Ministerio de Transporte de la Nación, se observó que las personas realizan pocos trasbordos en comparación con otras ciudades del mundo, debido al mayor costo en pasaje. Una solución sería pagar una tarifa plana. Pero, según Kralich, en una metrópolis de este tamaño no es factible aplicarlo, por los fuertes contrastes entre los viajes más cortos y los más largos.

Otra alternativa, según la investigadora, es el boleto combinado, que funciona en muchas metrópolis del mundo. “A partir de la delimitación territorial y horaria, se cobra al usuario una cifra mucho menor que la suma de los trasbordos realizados, beneficiando a las personas que residen más lejos y no gozan de buena accesibilidad”.

de servir con una red de transporte público”, sostiene Blanco, que integra el Programa Interdisciplinario de la UBA sobre Transporte (PIUBAT).

En la vecindad de esos predios se conforman asentamientos, cuyos habitantes no cuentan con acceso a servicios públicos, ni disponen de automóvil. Por lo general, son terrenos alejados del asfalto, con caminos intransitables si llueve y poco redituables para las empresas de transporte. De ese modo, “al estar limitado el acceso a los servicios necesarios para el desarrollo de la vida cotidiana, se reproduce y acentúa la desigualdad social preexistente”, destaca el investigador.

Ciudades de la globalización

“En las últimas décadas, las ciudades latinoamericanas sufrieron el impacto de políticas que, en un contexto de globalización, modificaron su estructura socioterritorial”, refuerza Susana Kralich, licenciada en geografía, investigadora del CONICET y especialista en

transporte urbano. Esa tendencia se acompañó de una intensificación en el uso del automóvil particular y dio lugar al surgimiento de formas de transporte alternativas, como los chárteres, combis y remises. Asimismo, aumentó la incidencia del costo del transporte en el presupuesto de las familias de menores recursos.

“En las áreas periféricas o con peor infraestructura, con calles de barro y sin iluminación, que generalmente coinciden con niveles socioeconómicos medio bajos, el enfoque de mercado hace que una empresa privada de ómnibus no tenga interés en prestar servicio y no hay estímulo para que lo haga”, afirma Kralich, y destaca: “Estos nichos deberían cubrirse con servicios especiales, alimentadores del transporte público troncal. Hoy los cubren las combis y remises truchos, por fuera del sistema, abaratando costos en desmedro de la seguridad y la legalidad”.

Para el sociólogo Maximiliano Velázquez, integrante del PIUBAT, y miembro del



Las urbanizaciones cerradas, los shoppings y los grandes supermercados son difíciles de servir con una red de transporte público, lo que reproduce y acentúa la desigualdad social preexistente.

Estudiar el transporte

Desde la universidad se investigan en profundidad las relaciones entre el sistema de transporte y la estructura social. Algunos estudios buscan desarrollar modelos matemáticos de flujo de personas con el fin de planificar acciones. Los datos se toman de diversas fuentes, por ejemplo las encuestas realizadas por el Ministerio de Transporte, o la información de posicionamiento global de colectivos, trenes y subterráneos; además, la tarjeta SUBE brinda datos de cantidad de pasajeros diarios. Pero aún se carece de mucha información.

“Una vez desarrollado el modelo, se puede trabajar con escenarios, viendo, por ejemplo, qué efectos tendría mejorar la frecuencia del ferrocarril. Si se baja de 13 a 3 minutos, sería muy grande la cantidad de pasajeros que circularía por un centro de trasbordo como el de Pacífico, por ejemplo, entonces sería necesario mejorar el acceso peatonal y el sistema de metrobus, planificaciones que hoy deberían pensarse”, explica Maximiliano Velázquez, integrante del PIUBAT. Y destaca: “se requiere mucha ciencia básica para el desarrollo de herramientas metodológicas de toma de datos”.

Centro de Estudios del Transporte del Área Metropolitana, de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, de la UBA, el transporte y el urbanismo deberían ir de la mano.

“La región metropolitana tiene que decidir si va a seguir creciendo en extensión, o empieza a densificar”, señala Velázquez. Crear barrios a muchos kilómetros del centro implica extender la infraestructura de energía y agua, con costos elevados de mantenimiento. Al aumentar la extensión, se privilegia el automóvil, que es el modo más contaminante. En cambio, al densificar, se reemplaza una casa unifamiliar por el edificio de departamentos, y se logra disponer de mayor demanda para ser ofertada por sistemas de transporte público, haciendo que, por ejemplo, una línea de colectivos sea viable.

El crecimiento radial de la ciudad, a lo largo de corredores que parten del centro, ha obstaculizado la interconexión transversal: no es fácil, por ejemplo, moverse desde Villa del Parque a Palermo.

¿Conexión bajo el obelisco?

Con el objetivo de aumentar la conexión entre corredores se ideó la Red de Expresos Regionales (RER), que busca

vincular, mediante un túnel de profundidad, las estaciones terminales de cuatro líneas ferroviarias: las que vienen desde el Sur (el Roca y el Belgrano Sur), del Norte (el San Martín, los tres ramales del Mitre y Belgrano Norte), y desde el Oeste (el Sarmiento). El nodo de conexión estará a la altura del Obelisco.

El proyecto surgió en la década de 1960 a imitación del sistema francés (*Réseau Express Régional* de París). En la posguerra, París necesitaba vincular sus sistemas ferroviarios y agregar velocidad y prestaciones en la denominada Isla de Francia, equivalente a nuestra región metropolitana. En aquellos años, en Argentina se pensó en un corredor desde Zárate a La Plata, y se planteó la necesidad de tener un sistema de puertos.

Hoy se busca reactivar el proyecto, que presenta una gran complejidad técnica. Por un lado, hay diferencias en el ancho de la trocha: la del Belgrano, por ejemplo, es angosta. A su vez, difiere el tipo de alimentación eléctrica: por ejemplo, el Roca emplea un cable aéreo (denominado catenaria), mientras que las otras líneas electrificadas lo hacen mediante un tercer riel. Además, difiere la tensión de alimentación en las distintas líneas.

En cuanto a las líneas no electrificadas, el problema es que una locomotora

Coordinación entre jurisdicciones

En junio de 2012, al crearse el Ministerio de Interior y Transporte, se anunció la intención de crear un ente tripartito, la Agencia Metropolitana de Transporte (AGT), que estaría conformado por representantes de las tres jurisdicciones (Nacional, Ciudad y Provincia de Buenos Aires).

“La Agencia es un revival de muchas otras experiencias históricas orientadas a contar con un instrumento de gestión por encima de las jurisdicciones involucradas, aunque también es difícil coordinar los intereses de empresas privadas, consultoras y lobbies tanto económicos como políticos”, señala el sociólogo Maximiliano Velázquez, asesor en el Ministerio de Transporte de la Nación.

Jorge Blanco, desde el Instituto de Geografía de la UBA, señala que “se necesita una mirada integral pero que, al mismo tiempo, no arrase con las necesidades de los municipios”. Y destaca: “Hay que pensar cómo dialoga esa escala metropolitana con las necesidades locales”.

Velázquez explica: “La Agencia no puede ejecutar y controlar porque no tiene capacidad jurídica, lo que sí puede hacer es fijar paradigmas, por ejemplo, promover el transporte sustentable”.

Diesel no puede pasar por el túnel; en consecuencia, al entrar al RER, la formación tendría que cambiar la locomotora por una eléctrica, porque no sería posible electrificar todos los tramos.

“Esas líneas se pensaron como independientes y, a lo largo de décadas, cada una siguió su camino, y hoy es necesario unificar los sistemas”, advierte Velázquez.

El RER es una obra de largo plazo y gran inversión. “La primera etapa es construir una estación Constitución subterránea, como la del Sarmiento en Miserere”, especifica Velázquez, y



Dan DeLuca

Desde la universidad se investigan en profundidad las relaciones entre el sistema de transporte y la estructura social. Algunos estudios buscan desarrollar modelos matemáticos de flujo de personas con el fin de planificar acciones.

subraya: “Son obras muy costosas y que, una vez que arranquen, no podrían detenerse”.

La propuesta implica también la liberación de terrenos del ferrocarril, pues las estaciones de Constitución y Retiro dejarán de almacenar formaciones, que se guardarán en talleres del conurbano, por ejemplo en Victoria, en el caso del Mitre. La liberación de esos terrenos entraña un negocio inmobiliario importante, lo que implica pensar cómo se hace el traspaso, y si está dentro de un plan de urbanización consensuado con el barrio.

Según Velázquez, el RER “tiene muchas ventajas, pensando en un escenario 2030-2045”. Y ejemplifica: “Una persona podría tomar el tren en Rosario, pasar por Buenos Aires y llegar a Mar del Plata sin cambiar formación”. También, alguien que viva en Temperley podría trabajar en San Isidro, sin tener que abonar tres tarifas, como sucede hoy.

Acerca del faraónico proyecto, Susana Kralich destaca: “Pienso que es positivo y necesario, pero sus costos van a contramano del momento histórico y socioeconómico nacional, cuando más que nunca es necesario ser cautos con el uso y aplicación de los fondos públicos”.

Transporte y desigualdad

El servicio de transporte puede contribuir a atenuar las diferencias sociales si brinda un piso de movilidad a los habitantes de un barrio para conectarlos con los lugares donde necesitan desarrollar sus actividades. En cambio, en barrios que carecen de los servicios básicos (escuela, hospital, comercios y entretenimiento), la falta de acceso a la movilidad acentúa la desigualdad. Ello se observa en zonas alejadas de los principales corredores, donde no se ha logrado conformar una red de transporte que brinde el acceso requerido.

Los contextos territoriales pueden ser inclusivos en términos de oferta propia de servicios y acceso a movilidad. O, por el contrario, ser territorios más injustos, menos inclusivos, que amplían las brechas existentes en materia de acceso a bienes y servicios.

“No es sólo el transporte, sino la organización del barrio en general, lo que permite incluir o excluir. No se puede ver el transporte como algo separado del territorio”, concluye Jorge Blanco.

El problema del transporte es complejo e involucra múltiples actores. El logro de mejoras dependerá de la voluntad política y la atención sostenida por todas las partes involucradas. //



DESARROLLOS

Novedoso dispositivo desarrollado en Argentina

Piedra libre para el nitroxilo

En la última edición del Premio Innovar, en la categoría “Nuevas tecnologías en Investigación Científica” el premio fue para el sensor de nitroxilo, un instrumento que ayuda al desarrollo de fármacos para prevenir o tratar trastornos cardiovasculares como infartos e isquemias.

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar

Desde que se conoce su existencia, ella nunca fue fácil. Era la escurridiza, la esquiva. Casi imposible de ubicar. Tan reactiva que se descomponía sin necesidad de nada, se bastaba a sí misma. Por años, fue la hermana menor de una familia protagonista de distintos premios, como el Nobel de Medicina de 1998. Pero ella permaneció opacada por décadas. Casi no tenía vida propia. No se podía saber a ciencia cierta en qué andaba, ni con quiénes, ni qué hacía.

De composición sencilla: tres átomos, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. HNO es su nomenclatura química, o también llamada nitroxilo. Una molécula de aspecto simple, pero que por años resultó imposible de atrapar con métodos directos. Conocer su vida segundo a segundo parecía una tarea imposible. Pero sus secretos ya no podrán escabullirse más. Ahora, un detector hecho en la Argentina logró medir, en vivo y en directo, sus movidas, cambios y ubicación momento a momento, como en un *reality*.

Se trata del sensor de nitroxilo que fue galardonado con el Premio Innovar 2016 en la categoría “Nuevas tecnologías en Investigación Científica”. “El sensor

electroquímico de HNO permite estudiar esta molécula muy reactiva, que tiene efectos cardiovasculares terapéuticos. El avance en el estudio de este compuesto permitirá, en el futuro, prevenir infartos e isquemias”, señalaron desde el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación al mencionar el proyecto.

En la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, la alegría por el galardón es fácil de hallar en Fabio Doctorovich, a cargo del equipo integrado por Marcelo Martí, Sebastián Suárez, Mariana Hamer, Martina Muñoz, Irene Rezzano y Fernando Battaglini.

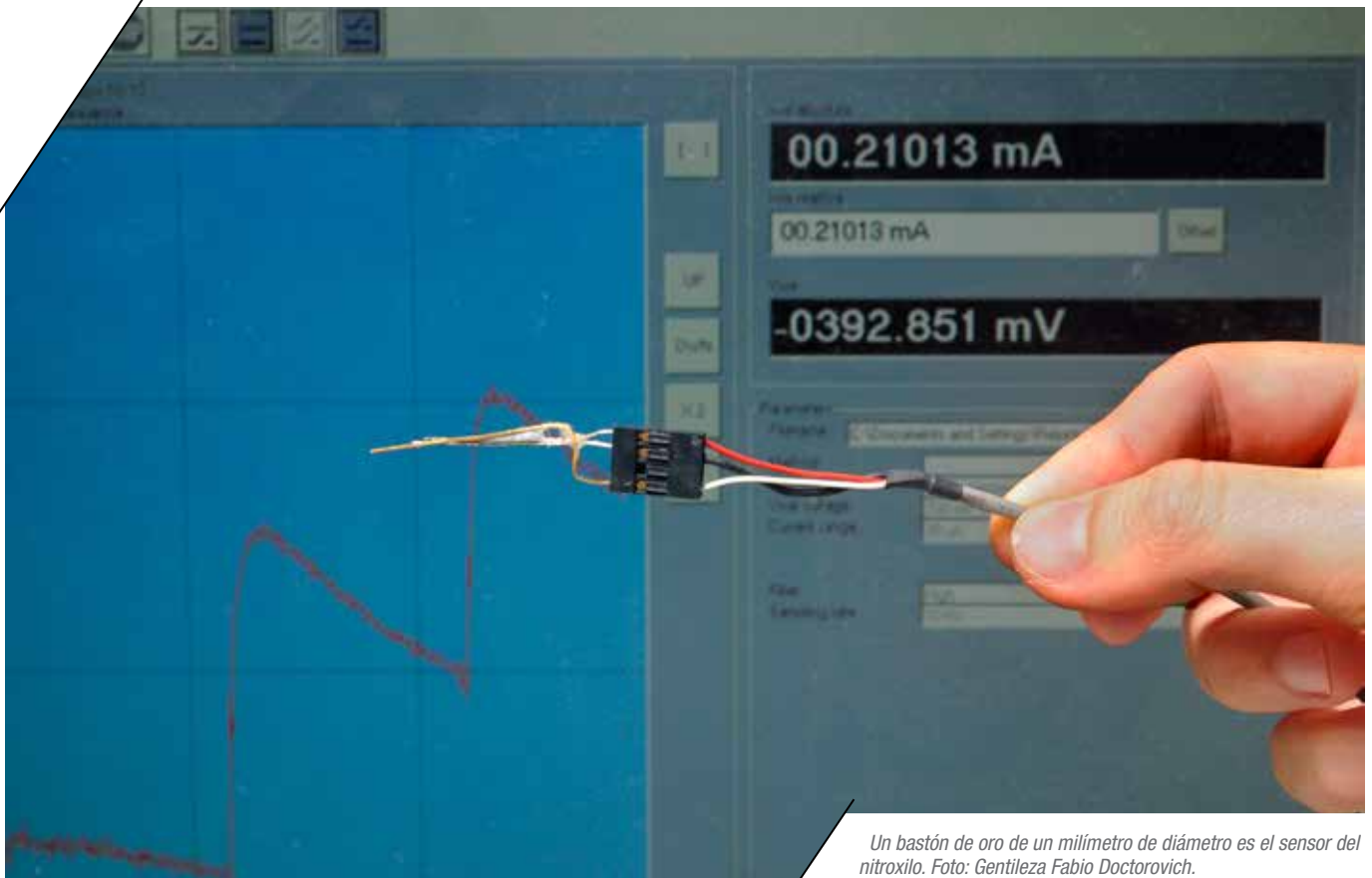
Más de quince años de estudio, que comenzaron con un aparato similar a una caja de zapatos de 25 centímetros de largo por 20 centímetros de ancho, hasta llegar hoy a alcanzar el tamaño de una calculadora o celular que se conecta a una computadora. El sensor en sí es un pequeño bastón de oro que logró miniaturizarse tanto que tiene un diámetro de un milímetro, y ya lo han introducido con éxito en el torrente sanguíneo de animales, como ratas de laboratorio.

“Este sensor es el primero a nivel mundial que mide el HNO electroquímicamente

en sangre. Es el único que puede hacerlo en tiempo real, y monitorearlo en todo momento”, subraya Doctorovich, investigador en el Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE, UBA-CONICET) y profesor en Exactas-UBA. Esta ventaja exclusiva que lo hace distinto a otros detectores indirectos existentes, fue lo que llamó la atención de investigadores del mundo en busca de desarrollar un fármaco con nitroxilo para dolencias cardíacas.

“Recibimos un mail del laboratorio Cardioxyl, de Estados Unidos, que estaba probando una medicación preventiva de infarto con nitroxilo. La FDA (la agencia norteamericana responsable de regular alimentos y fármacos) le exigía mediciones del HNO en el organismo. Por eso pensaban que nuestro sensor podía servirles para su investigación pues era el único que mide la concentración real”, relata Martí.

Tras viajes e intercambios, el sensor fue utilizado en el desarrollo de fármacos para la prevención del infarto. “Se debe pasar por cuatro fases para la aprobación de una droga por la FDA. Cuando nosotros intervenimos, ellos estaban en la fase 2, y luego pasaron a la 3, en parte gracias a nuestro trabajo”, indica Suárez.



Un bastón de oro de un milímetro de diámetro es el sensor del nitroxilo. Foto: Gentileza Fabio Doctorovich.

Parecidos y confundidos

Desde hace años, el equipo argentino quería distinguir el nitroxilo, de otro compuesto muy parecido y famoso, el óxido nítrico (NO), del cual ya se conocían sus virtudes para tratar problemas cardiovasculares. Es más, el óxido nítrico había sido nombrado la molécula del año 1992, y tres científicos norteamericanos se llevaron el Nobel de Medicina en 1998 por comprender su rol en la fisiología humana. “A fines de los 80 y 90, el NO era la estrella. En tanto, el HNO era como el hermano menor. El tema es que el óxido nítrico es más estable y eso permite verlo. El otro es muy reactivo, e incluso reacciona consigo mismo. Resultaba inasible”, historia Martí. “Recién a principios del 2000 se empezó a observar que el nitroxilo tenía vida propia. Se sospecha que está involucrado en un montón de funciones que antes se le atribuían a otros compuestos”, destaca Suárez.

En este sentido, Doctorovich subraya: “Creemos que muchos efectos adjudicados al óxido nítrico están en realidad disfrazados por el efecto fisiológico del nitroxilo. Antes, la gente medía una cosa, pero en realidad estaba actuando otra o la mezcla de las dos. Por eso, hay que revisar un montón de cuestiones”.

El sensor diseñado por los científicos argentinos permitirá verificar anteriores afirmaciones y contestar muchas de las preguntas que durante décadas el evasivo HNO imposibilitó responder. Una de ellas es dónde se elabora esta molécula. “Nuestra teoría es que el propio cuerpo lo produce”, sugiere Doctorovich.

Esta herramienta ayudará a monitorear dónde, cómo, cuándo y cuánto este compuesto actúa en el organismo, y conocer más de lo que ya se sabe. “Hace bastante tiempo que se venía estudiando el óxido nítrico como un vaso dilatador. Cuando se ve el efecto farmacológico del nitroxilo en caso de infarto o isquemia en el corazón, se observan mejores efectos que el óxido nítrico porque mantiene sus ventajas y no produce sus efectos colaterales. Por eso, se lo empieza estudiar como droga para el infarto agudo de miocardio”, compara Martí.

De aquí al mundo

Son numerosas las expectativas de que este instrumento colabore en el desarrollo de fármacos preventivos de enfermedades cardiovasculares, la principal causa de muerte en el planeta según la Organización

Mundial de la Salud. “Este sensor puede ayudar a salvar vidas. Y eso fue uno de los motivos de seguir esta línea de investigación”, destaca Suárez, que desarrolló su tesis doctoral en esta temática.

Por ahora, el equipo continúa trabajando en el sensor. Y los 35.000 pesos del Premio Innovar serán destinados a pagar honorarios a integrantes del equipo que trabajaron a pulmón y a reinvertir en futuros prototipos, además de una muy merecida cena para celebrar la distinción.

No han faltado estudios de mercado para evaluar la posibilidad de comercializar el sensor en todo el mundo. “Ahora –señala Martí– queremos convertirlo en un producto que se pueda comprar, si alguien lo quiere usar. Este paso es todo un desafío”.

Finalmente, Doctorovich concluye: “Si bien la idea es comercializarlo, repartiremos un determinado número de estos sensores en el ámbito académico de la Argentina y el mundo para que puedan testearlo. Al poder probarlo en distintos sistemas, podrá haber una especie de explosión de conocimientos de HNO en el ámbito de la química y la biofisiología”. /

B

BITÁCORA

Una campaña que resolvió diferencias

El duelo de Samborombón

Jan Hemmi y Daniel Tomsic son biólogos y especialistas en crustáceos. Uno de ellos los estudia en Australia, y el otro en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, en la Argentina. Durante un tiempo mantuvieron discrepancias en los resultados de sus investigaciones, pero un encuentro en Punta Rasa, donde el Río de la Plata se mezcla con el mar atlántico, zanjó la diferencia.

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar
Fotos: Gentileza Daniel Tomsic

/// Cita en Bahía de Samborombón, provincia de Buenos Aires. Mañana soleada con persistente brisa costera que lleva y trae el sonido de las aves. A lo lejos, dos hombres aparecen en el horizonte. No son turistas, aunque están haciendo un viaje distinto de placer: el del conocimiento. En verdad, es un encuentro entre dos biólogos para dirimir ciertas discrepancias que han mantenido por años en los resultados de sus investigaciones. Es algo así como un duelo de caballeros científicos en el barro de la costa, tapizada de miles y miles de cangrejos que rápidamente corren para abrirles paso. Precisamente, el comportamiento de estos pequeños crustáceos, ahora a sus pies, es lo que motiva algunas diferencias.

Más de diez mil kilómetros voló el doctor Jan Hemmi, desde Australia, invitado por su colega argentino Daniel

Tomsic, para despejar las divergencias en las conclusiones disímiles en sus estudios, que habían mantenido, en cierto modo, inquietos a ambos.

Un cangrejal en la lejana Sudamérica con un desafío a resolver resultaba un plan irresistible para Hemmi, quien en Oceanía se dedica a investigar el comportamiento de los cangrejos violinistas, llamados así porque en los machos una de sus pinzas o "quelas" es de mucho mayor tamaño que la otra y dan la apariencia de estar ejecutando ese instrumento musical, aunque en su caso no sea usado para producir sonidos sino fundamentalmente como atributo de atracción sexual. En cambio, la otra pinza es mucho más chica y sirve para alimentarse, al igual que el par que portan las hembras.

Cangrejos violinistas más pequeños a los australianos habitan también en Samborombón, junto con otras

especies, como el más robusto cangrejo *Neohelice granulata* que estudia Tomsic. Este último no llama la atención por sus tenazas, pues ambas son de igual tamaño. En tanto, el color pardo oscuro de su caparazón contrasta con el de sus pinzas blancas, con algunos tonos anaranjados y hasta rosáceos.

Desde hace treinta años, Tomsic sigue de cerca a estas pequeñas criaturas que entran en la palma de una mano, y las conoce literalmente por dentro. Coloca electrodos en su cerebro para indagar cómo funciona, mientras le presenta al animal imágenes de peligros que lo acechan y evalúa su reacción. Él estudia qué parámetros de la información visual de un objeto que se acerca amenazante son los que el animal toma en consideración para decidir cuándo, con qué velocidad y hacia dónde escapar. Y cómo esa información es procesada en el cerebro para organizar y ejecutar la



En un cangrejal ubicado en la zona de Samborombón, en la Provincia de Buenos Aires, se encontraron los investigadores para poner a prueba sus teorías.

huida. Si el crustáceo huye de la escena riesgosa por el lado izquierdo o derecho no es un acto azaroso, sino que responde a un sutil mecanismo del que participan dieciséis neuronas sensibles a movimientos en diferentes partes del campo visual del animal, que fueron identificadas por él y su equipo de investigadores luego de años de estudio en el Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (CONICET-Exactas-UBA).

De la decisión correcta del cangrejo para escapar dependerá su vida o su muerte. Y conocer cómo se implementan tales decisiones fascina a Tomsic. “Esos animales con sus pequeños cerebros efectúan cálculos complejos, y nos interesa entender cómo los realizan. Si podemos comprender –sugiere– cuáles son los principios computacionales que operan en ese cerebro, tal vez el día de mañana podamos utilizar esos principios de cálculos en sistemas artificiales”. Es lo que los ingenieros llaman “Robots biológicamente inspirados”.

Mientras Tomsic pasa sus días tomando nota, observando y analizando a los cangrejos en su laboratorio en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires; Hemmi

estudia a estos crustáceos en los pantanos de Australia, y también los somete a pruebas para evaluar sus respuestas. Suizo de nacimiento, él está desde hace varias décadas radicado en Oceanía, donde trabajó en la Universidad de Canberra y, más recientemente, se encuentra en School of Animal Biology & Oceans Institute, de la Universidad de Western Australia.

Ambos comparten su pasión por el conocimiento, se respetan mutuamente y saben de la seriedad del trabajo del otro. Por eso, esos resultados encontrados les llamaban la atención. ¿Por qué la huida del cangrejo ante un peligro visual ocurría tanto antes para Hemmi, de lo que registraba Tomsic? “En la ciencia bien entendida, las discrepancias son fuentes de enriquecimiento”, sostiene Tomsic, premiado con el Ted Bullock Annual Award de la Sociedad Internacional de Neuroetología en 2011.

Ellos se conocían por leerse sus investigaciones en las revistas científicas, y por participar, ambos, en distintos congresos de la especialidad en diferentes puntos del mundo. Cuando se encontraban en algunas de estas reuniones académicas siempre se planteaban por qué podían tener esas diferencias de

resultados. Hasta que una oportunidad surge para resolverlas y Tomsic no la desaprovecha. “Organicé junto a mi colega la Dra. Lidia Szczupak tres escuelas latinoamericanas para estudiantes de posgrado en las que invitábamos a profesores de Estados Unidos, Europa y de otros países del mundo. Entonces, –relata– aproveché para convocarlo a Hemmi a dar clases, y a que hiciéramos juntos experimentos de campo con su metodología para intentar aclarar las diferencias de nuestros resultados”.

Hemmi, no dudó. “Sí, sí”, aceptó entusiasmado.

Rumbo a Punta Rasa

Cuando Tomsic fue a buscar a Hemmi al Aeropuerto de Ezeiza, luego de su arribo a Buenos Aires, desde Australia, pensó si le entraría en el auto todo lo que su colega había acarreado como equipaje. “La primera vez que vino se trajo todo: sus cámaras, unas varillas de hierro pesadas para montarlas. Vino con bastante fierro”, sonríe.

Punta Rasa sería el set de filmación; y miles, miles de cangrejos las estrellas durante tres días de grabación. Ubicada en el extremo sur de la Bahía



de Samborombón, justo donde termina esa gran “C” o especie de mordiscón en el mapa de la provincia de Buenos Aires, está este espacio agreste, declarado reserva natural e incorporada a la lista de Humedales de Importancia Internacional en 1997.

Hacia allí, partieron ambos en el coche de Tomsic, y mientras los dos avanzaban en los casi 300 kilómetros que separan a Capital Federal de Punta Rasa, iban ajustando los últimos detalles de lo que sería la primera campaña de una lista de tres. “Íbamos a trabajar con la especie (*Neohelice granulata*) que yo estudio en el laboratorio, pero ahora lo haríamos en su hábitat natural, empleando la metodología que Hemmi utiliza en Australia para estudiar a los cangrejos violinistas”, precisa Tomsic.

Si bien no requiere una 4 x 4, el camino de ingreso a la reserva –que dista 17 kilómetros de San Clemente del Tuyú– es de tierra y se inunda. Es más, si las mareas son superiores a 1,5 metros se puede quedar aislado. Pero nada de eso sucedió, los dos biólogos llegaron cargados con toda la parafernalia de equipos para realizar los experimentos en medio de los barriales, junto con botas, sandwiches, protector solar, repelente y todas las dudas por resolver.

¿Cuándo inicia el cangrejo la huida ante un peligro? Los parámetros de la imagen del objeto amenazante que el animal tomaba en consideración para decidir

escapar era una de las diferencias entre ambos. Para Tomsic, el parámetro crítico era el aumento del tamaño de la imagen (a medida que se acercaba al animal); en tanto, para Hemmi, era la velocidad a la que se movía la imagen

¿Cuáles serían los motivos que daban lugar a las discrepancias?

Quizás porque se trataban de distintas especies ...

Quizás porque las mediciones en el laboratorio son más precisas...

Quizás porque en la naturaleza no se puede estimular al animal como en el laboratorio...

Quizás porque en su ambiente natural el cangrejo actúa distinto que en el laboratorio...

Quizás, quizás.

Allí estaban ambos con sus torbellinos de interrogantes, en Punta Rasa. Justo en el límite exterior del Río de la Plata, el punto exacto donde se mezclan sus aguas con las del Océano Atlántico. Juntos, hundiéndose en el fango de la costa, instalando el instrumental. “Las cámaras van montadas en un tubo largo de acero inoxidable pesado y alto. Eso se entierra en el barro, tratando de no pisar el área de filmación. Cada dos horas, las movemos y grabamos en otra zona. Luego volvemos a mudarnos a



El científico australiano Jan Hemmi durante las jornadas de trabajo en Punta Rasa.

otro sitio, y así todo el día. La idea es cambiar de lugar para no tener siempre en foco el mismo número de animales”, describe Tomsic.

Estas horas de filmación llevarán luego meses de trabajo porque “hay mucho que medir y analizar”. Los experimentos consisten en registrar las respuestas de los animales ante estímulos visuales controlados por los investigadores. Simulan el ataque de una gaviota –el estímulo de peligro–, con una esfera que se acerca al sector de filmación traccionada por un hilo de nylon tendido entre las roldanas de tres varillas de acero dispuestas en triángulo, uno de cuyos lados pasa por debajo de las cámaras de grabación. Los científicos controlan la velocidad, la altura y otros parámetros, mientras filman la respuesta de los animales. Cómo responden a este riesgo era una cuestión a evaluar para dirimir el dilema planteado.

“Los cangrejos, con cada ojo, ven 360° alrededor. No son sensibles a objetos estáticos. Si uno queda quieto, ellos te ignoran. Detectan el movimiento”, indica Tomsic. En el laboratorio, colocan al animal sobre una esfera de telgopor que flota en el agua, “donde registramos el inicio, la velocidad y la dirección hacia donde corre. Es –compara– como una cinta de gimnasio. Y lo ponemos frente a monitores de computadoras con imágenes de objetos que se acercan, los cuales interpreta como una amenaza y medimos cómo responde ante el



Hemmi y Tomsic durante los preparativos para probar el experimento de amenaza en el cangrejal.



peligro de ataque o colisión”. En aproximadamente cien milisegundos (una décima de segundo), el cangrejo evalúa el peligro y decide si su mejor estrategia es permanecer inmóvil o huir, calculando hacia dónde y a qué velocidad.

Hemmi, en sus estudios de campo encontraba que “los animales respondían escapando cuando el objeto estaba más lejos, es decir antes. En cambio, en el laboratorio esto ocurría cuando la amenaza la tenían más cerca, casi encima, o sea más tarde”, compara Tomsic.

Juntos y en estrecha cooperación, ambos prepararon todo para probar el experimento de amenaza en el cangrejal y saber a ciencia cierta qué pasaba. “Hay dos posiciones. Están quienes piensan que en ciencia se avanza más por competencia, y quienes piensan que se avanza por colaboración. Y esto, a veces está ligado al área de investigación. Si se compete por el descubrimiento de una droga para curar una enfermedad, hay más intereses y conspiraciones, conflictos de poder y ciertamente, ocultamientos. Cuando se investiga en temas básicos, el placer del descubrimiento se puede y suele compartir sin tantas reservas”, reflexiona.

Objeto del objeto de estudio

Este pequeño animal, objeto de estudio, vive elevado unos pocos centímetros de altura por encima de la costa

bonaerense. “En un ambiente plano, los cangrejos suelen tener los ojos más elevados y juntos, lo que les permite ver más lejos”, destaca Tomsic. Con sus cuatro pares de patas caminan en todas las direcciones, pero corren más velozmente de costado, “por eso su agudeza visual es mayor en la parte lateral del ojo”, agrega.

La mirada del cangrejo es desentrañada en el laboratorio de Tomsic, con sensores intracelulares que en tiempo real indican qué les pasa a las neuronas del cerebro del crustáceo mientras es sometido a distintos experimentos. Esta es una de las ventajas por las cuales es elegido como objeto de estudio. “Para hacer ese registro en un ratón se le debe cortar la piel, abrirle el cráneo y tenerlo anestesiado para que no se mueva. En el cangrejo como tiene el caparazón tan duro, solo se toma con una pinza. Luego, se hace una mínima perforación en el caparazón y ya se puede bajar con el electrodo al cerebro para registrar la actividad de las neuronas frente a los estímulos. Sin interferir en forma dramática en ellos, se puede estudiar cómo procesan la información. No es lo mismo hacer experimentos en animales disecados o anestesiados, que en animales perfectamente enteros y despiertos”, destaca.

Además, agrega Tomsic, “los cangrejos viven en un mundo plano y se mueven en dos dimensiones, lo cual simplifica el análisis”, suma a la lista de ventajas

de su objeto de estudio. Pero él y todo el grupo de trabajo también son objeto de estudio para la antropóloga Luana Ferroni, quien analiza la relación de los científicos con su animal de trabajo. Ella los acompañó en varias de las salidas a “pescar” o buscar cangrejos para llevarlos al Laboratorio de Neurobiología de la Memoria y, luego de su estudio, los devuelven a su mundo costero. “Desde hace 25 años, cada quince días hacemos viajes para recolectar animales y traerlos al laboratorio”, historia Tomsic, quien ha participado de ellos desde entonces. “Los traemos con cuidado, los mantenemos nosotros, a diferencia del ratón de laboratorio que se compra”, narra.

Esa mirada del animal que estudia, en cierto modo lo ha cautivado. “El cangrejo –dice– tiene algo peculiar que genera empatía. Si uno se mueve a su alrededor parece que siempre te estuviera prestando atención. Es que en sus ojos, que ven 360°, tienen una manchita negra conocida como pseudopupila que gira hacia donde vos estés. En realidad, se trata solamente de un efecto óptico, pero genera una sensación de que el animal está siempre siguiéndote atentamente con su mirada”.

Desafío a prueba

En ese estuario, los dos biólogos disfrutan del paisaje, del sonido del agua y de las cientos de aves, muchas de ellas migratorias, que descansan en Punta Rasa



para continuar su viaje de miles de kilómetros. Como arenas movedizas, los cangrejos no paran con sus andanzas de aquí para allá, saliendo de su cueva y volviendo a guarecerse en ella.

Ambos científicos no se distraen de su desafío pendiente. “Hicimos los experimentos, la verdad es que la especie de aquí se comportaba casi igual a la estudiada en Australia, en líneas generales. No era un tema de diferencias entre especies, ni de precisión en las mediciones de laboratorio y el campo, sino que el animal en su ambiente natural se comporta algo distinto a como lo hace en el laboratorio”, subraya Tomsic.

¿Por qué ante la detección del estímulo que hacen pasar sobre sus cabezas simulando una amenaza, el cangrejo responde rápidamente y huye ni bien lo ve a lo lejos? “Porque en el cangrejal, el animal tiene su cueva para refugiarse, entonces rápidamente recurre a la estrategia de tratar de escaparse. Aquí en el laboratorio, como el animal no cuenta

con ningún refugio disponible, lo que hace es permanecer por más tiempo en una estrategia de inmovilización, de pasar desapercibido, porque moverse o escaparse lo pone en evidencia”, desarrolla Tomsic. Sólo huye cuando la amenaza la tiene mucho más cerca, es decir más tardíamente.

“El que estaba equivocado era yo. En verdad, pensaba que las diferencias con mi colega se debían a que sus estudios a campo, los estímulos y las mediciones no podían controlarse de la forma precisa en que yo lo hacía en mis experimentos de laboratorio. Para mí fue una gran lección”, revela Tomsic, como buen caballero de la ciencia. “Siempre fui muy consciente de que el mundo real es aquel (el cangrejal) y no el laboratorio. Pero nunca pensé que me iba a encontrar con una respuesta tan clara y contundente a las diferencias. Lo interesante es que no solo resolvimos el origen de las diferencias que habíamos observado, sino que además encontramos su interpretación biológica”, añade,

sin dejar de resaltar que este hallazgo no quita valor a los resultados que a diario se obtienen en el laboratorio.

Ahora, ambos ya llevan publicados varios trabajos o *papers* en revistas científicas destacando la importancia de combinar el estudio del comportamiento con trabajos en el campo y en el laboratorio. Aunque el intercambio continúa, Tomsic no consiguió que Hemmi tome mate. Pero él en su visita a Australia ya probó carne de canguro, consumida habitualmente por los aborígenes. “Una dificultad que siempre tuve y tengo con Hemmi es su inglés. Si bien hace 20 años vive en Australia, con esposa e hijos australianos, su pronunciación suiza es tan dura que me cuesta entenderlo a pesar de las muchas horas de campañas compartidas”, remarca Tomsic. Sin embargo, la comunicación académica entre ellos es intensa, y cuando ambos pueden, comparten los mismos viajes de placer, el del conocimiento; y se encuentran en algún cangrejal para desempañar la ciencia hasta el próximo dilema. //

EXACTAMENTE

EX
La revista de
divulgación
científica

Tu experiencia cuenta.
Contanos tu experiencia:

¿Cómo usás
EXACTAMENTE?

Ayudanos a mejorar
este canal de comunicación
contestando una muy
breve encuesta anónima
en la dirección web

bit.ly/EncuestaEXm



Capa de Ozono

La cicatriz de la atmósfera

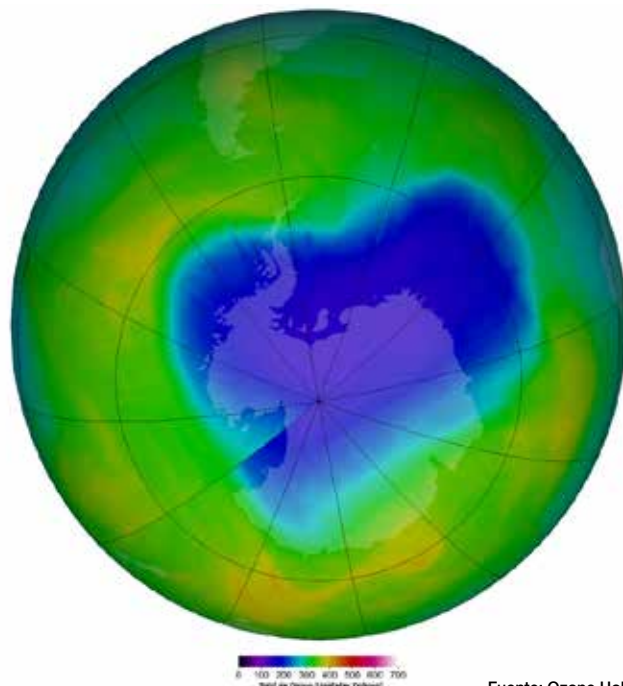
Cada año la primavera desnuda el agujero de ozono. A través de las imágenes satelitales se ve una mancha violeta sobre la Antártida que luego se esparce sobre Argentina y Chile mientras llega el verano. Aunque los pronósticos son optimistas respecto a la recuperación de la capa, el proceso llevará unos ochenta años. Hasta que eso suceda, los investigadores monitorean la pérdida de ozono y su principal consecuencia: la llegada de la radiación solar ultravioleta a la Tierra.

Lis Tous - listous@hotmail.com

➤ Era el año 1923 cuando Thomas Midgley Jr. se frotó las manos con gasolina, acercó su nariz y olió el líquido durante unos minutos. Quería probar que la producción de combustible con plomo no era la causa de los problemas de salud en los obreros en *General Motors*. Dicen sus biógrafos que después de la demostración tuvo que tomarse unas largas vacaciones.

En la década del treinta, el ingeniero estadounidense le puso –nuevamente– el cuerpo a sus inventos: sentado frente a un gran escritorio de la American Chemical Society inhaló gases CFCs y sopló una vela hasta apagarla. No pasó nada. Había creado un nuevo refrigerante que ostentaba ser ininflamable e inocuo para la salud humana.

Aquellos gases eran los clorofluorocarbonos, moléculas ideadas para reemplazar al amoníaco en los equipos de aire acondicionado y heladeras; un éxito de la industria que produjo un millón



Fuente: Ozone Hole Watch. NASA.

Control del agujero en la capa de ozono. La imagen (de diciembre de 2016) está coloreada para indicar los lugares adonde hay menos ozono (hacia los azules y violetas) y adónde hay más (verdes y amarillos), medido en unidades Dobson.



Thomas Midgley Jr. estuvo vinculado con los primeros experimentos relacionados con combustibles con plomo y el desarrollo de los gases CFC, diezmaadores de la capa de ozono.

de toneladas al año. Hoy sabemos que son villanos que devoran el ozono, ese escudo natural que nos protege del sol.

Predicciones e incertidumbre

La primera vez que los investigadores llamaron la atención sobre el impacto de los CFCs en la alta atmósfera fue en 1974. Una década después, una publicación en *Nature* comprobaba que sobre la Antártida faltaba mucho ozono. Sin embargo, los satélites de la NASA que monitoreaban todo el globo no lo habían advertido. ¿Qué sucedía? ¿Un error de medición? El índice del gas estaba por debajo de lo previsto en el modelo que registraba las mediciones.

Hoy, la comunidad científica se reúne en torno al Protocolo de Montreal, una estrategia internacional creada en 1987 para proteger la capa y legislar sobre el problema. Hoy, también, la información está a un *click* de nosotros. Podemos ver las imágenes que la NASA publica en su web y observar cómo cada año, durante la primavera, aparece una gran mancha violeta más o menos redondeada sobre la Antártida.

“Muchas veces los adelantos en tecnología suceden más rápido que el conocimiento de sus consecuencias. Aunque se pudo frenar la producción industrial de CFC, estas moléculas son

poderosas y no van a desaparecer hasta fines de siglo”, dice Elián Wolfram, investigador de CONICET en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF).

En realidad, lo que conocemos como agujero no es tal, sino una gran disminución de ozono. Esa especie de orificio se forma y luego se expande sobre la Antártida durante la primavera.

Al sur

El fenómeno se explica por las características especiales de la región, ya que de mayo a septiembre se produce un remolino de viento sobre el Polo Sur que mantiene aislado el aire del interior. Es lo que los científicos llaman vórtice. Allí, se forman unas nubes especiales de agua y ácido nítrico que desempeñan un papel importante en el comportamiento químico del aire: liberan cloro. Esos átomos de cloro estuvieron alguna vez en un aerosol que alguien compró hace sesenta años en un supermercado de Chicago, o algún otro lugar del mundo.

Con la llegada de la primavera, aumenta la luz solar y las moléculas de cloro se activan destruyendo el ozono dentro del vórtice. Por eso es que el agujero es especialmente grande en los meses de septiembre y

octubre. A fines de noviembre, los límites se desdibujan, la masa de aire carente de ozono se libera y se forman manchas sobre el continente sudamericano.

“El año pasado, durante el mes de octubre hubo otro pico histórico de disminución del gas, que repercutió en la Patagonia y en las regiones de latitudes medias, como Buenos Aires”, ejemplifica Wolfram sobre la relevancia del problema para nuestro país.

“El tema parece haber pasado de moda, pero la pérdida de este gas vital tiene consecuencias muy graves para el desarrollo en la Tierra”, dice, en relación con la radiación solar nociva. Wolfram, que es especialista en monitoreo atmosférico y trabaja en relación permanente con la NASA, acentúa la necesidad de pensar el problema en términos de actualidad, ya que los pronósticos de hace dos décadas se están cumpliendo.

Una cuestión de latitud

Para la comunidad científica, el desafío es pensar los problemas que acarrea la disminución del ozono en el nuevo escenario de cambio climático. Así lo expresan el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en la última *Evaluación científica del agotamiento de la capa de ozono 2014*, el documento de mayor consenso sobre la temática a nivel global.

Más de trescientos investigadores de todo el mundo trabajan para saber cómo influyen dos procesos claves en la recuperación del ozono estratosférico. Por un lado, se cree que, efectivamente, la reducción de cloro se está produciendo. Los CFCs fueron prohibidos y la industria los reemplazó en casi todo el mundo. Pero, por otro lado, el aumento

constante de la temperatura estratosférica arriba de la Antártida también disminuiría el área que ocupa el agujero.

En este sentido, también el especialista argentino en monitoreo de ozono y radiación solar asegura que la atmósfera de hoy no es la misma de hace veinte años. Afirma Wolfram: “Monitoreamos los gases atmosféricos del hemisferio sur para actualizar modelos, no alcanza con las predicciones. Particularmente, a nosotros nos interesa entender qué sucede hoy en las regiones comprendidas entre el trópico y el polo, donde viven muchos argentinos”.

El equipo de trabajo del investigador desarrolla sus estudios en el Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP), a través de un sistema de sensado remoto miden la concentración de las moléculas con tecnología de rangos de luz, conocida como LIDAR. Es decir, escanean la capa de ozono desde puntos específicos del territorio. Este registro permanente permite el seguimiento a largo plazo de los gases que agotan el ozono.

Río Gallegos es un punto clave para obtener datos. Allí, investigadores argentinos, chilenos y japoneses observan qué sucede más allá de las nubes. Los estudios se centran, también, en la radiación ultravioleta. En la estratósfera el ozono absorbe más del 97% de la radiación solar.

Ya lo sabemos, la consecuencia más terrible de la desaparición del ozono es que los rayos solares lleguen a nosotros directamente, sin filtro. Esta radiación es invisible y peligrosa para la vida en general, tal como lo afirma la Organización Mundial de la Salud.

Si Midgley tuviera que testear sus CFCs en el siglo XXI, debería someterse a



Investigadores argentinos y japoneses construyeron el Solmáforo, un aparato cuyos sensores perciben la radiación como lo haría la piel humana.


exposiciones prolongadas a los rayos del sol. Tendría que trabajar, por ejemplo, seis horas al aire libre durante la primavera y el verano, en cualquier provincia del centro de Argentina. Y, conforme a sus antecedentes, lo haría sin cremas de protección solar, sin sombrero y sin anteojos.

Aunque el Servicio Meteorológico Nacional brinde el dato de la radiación diaria, ¿estamos atentos? ¿hay que cuidarse del sol todo el año? Esas preguntas también se las hacen los científicos. Así, investigadores argentinos y japoneses construyeron el *Solmáforo*, un aparato cuyos sensores perciben la radiación como lo haría la piel humana. Basado en un índice internacional del 1 al 11, el peligro de exposición se representa mediante esa escala y un color.

Elián Wolfram y su equipo intentan visibilizar que el problema se extiende en todo el territorio, y resaltan que sus consecuencias están íntimamente atadas a la latitud. Según el ángulo con que los rayos de sol lleguen a la Tierra, la falta de ozono será más o menos conflictiva. Esto explica que, aunque el vaciamiento del ozono ocurre en la región más austral, el desplazamiento atmosférico sobre el continente americano vuelve más compleja la situación.

Fin de siglo

Según publica la investigadora Susan Solomon en la revista *Science* de junio de 2016, se espera que la capa de ozono se recupere, muy lentamente, luego de que se estabilicen los índices de pérdida de ozono; se reduzca la presencia de CFCs y otros gases contaminantes en el ambiente y, en la última etapa de recuperación, se incremente la cantidad de ozono. La científica de la universidad de Minesotta destaca que las mediciones de las dos primeras etapas ya se han llevado a cabo con resultados alentadores pero las del último estadio son aún inciertas. En 2015 la falta del gas fue, nuevamente, preocupante: el agujero llegó a un tamaño similar al de toda América del Norte.

Jonathan Shanklin, uno de los científicos emblemáticos en el tema –publicó en la revista *Nature* la confirmación sobre el daño causado por los CFCs en 1985– cree que hay que ser cauteloso en las afirmaciones. “Algunos investigadores han empezado a hablar de recuperación, pero yo creo que esto es prematuro”, dijo hace unos años en la misma revista. Del mismo modo lo considera Wolfram: “Yo también creo que aún no podemos decir que el agujero de ozono se está cerrando. No deberíamos perder de vista que los pronósticos son a ochenta años”. 

Búsqueda de vida en otros planetas

Astrobiología

Uno de los grandes enigmas de la humanidad es si nos encontramos solos en el universo. La posibilidad de vida más allá de la Tierra ha sido siempre un terreno fértil para la imaginación artística. Sin embargo, también abre un inmenso campo de acción para la ciencia. La astrobiología es un ejemplo. ¿Cómo se investiga sobre vida extraterrestre?

Adrián Negro - adrian.negro@gmail.com



La NASA anunció el hallazgo de un nuevo sistema de siete planetas, similares a la Tierra, que orbitan alrededor de una estrella distante a 40 años luz (Trappist-1).

Razón de vivir

La pregunta por la vida más allá de la Tierra es, también, una pregunta por su esencia. ¿Qué es la vida? ¿Qué características son inevitables para que suceda? La discusión sigue abierta. Aun así, el intercambio metabólico con el ambiente, la reproducción y la necesidad de agua son parámetros que se consideran imprescindibles.

La vida en la Tierra comenzó hace aproximadamente 3500 millones de años. “Por entonces, nuestro planeta no tenía oxígeno, por ende, tampoco ozono. La radiación UV del sol llegaba sin filtro”, expone Abrevaya. Esa radiación puede producir la muerte celular, porque provoca efectos negativos en el ADN. Pero también puede desencadenar mutaciones y una adaptación para la supervivencia. “Hay toda una teoría sobre el desarrollo evolutivo de la vida terrestre en este sentido”, afirma.

Otro hecho interesante, es que en el espacio interestelar no todo es vacío, hay, también, moléculas orgánicas. Éstas son vitales para la conformación de las estructuras de transmisión genética de una célula. Abrevaya comenta que hay

Los 7 jinetes de Trappist-1

Recientemente, la NASA anunció el hallazgo de un nuevo sistema de siete planetas, similares a la Tierra, que orbitan alrededor de una estrella distante a 40 años luz (Trappist-1). Por lo menos tres de ellos, reúnen las condiciones para albergar agua en estado líquido en su superficie, condición esencial para la presencia de alguna forma de vida. En febrero y marzo de 2016, los astrónomos usaron el telescopio espacial Spitzer de la NASA para captar las minúsculas fluctuaciones en la luz del astro, que se producen cuando los planetas pasan frente a su estrella.

Luego, entre mayo y septiembre, telescopios terrestres ubicados en Chile, Sudáfrica, Marruecos, Estados Unidos y España confirmaron la existencia de seis planetas, además de sugerir la existencia de un séptimo, aún no confirmado.

Si se compara todo el desarrollo de la vida en la Tierra como si fuese un solo día, la humanidad acaba de aparecer, en menos de un abrir y cerrar de ojos, antes de que el reloj marque la medianoche y el día termine. Toda nuestra historia, desde la antigüedad más remota hasta hoy, cabe en menos de un segundo.

Antes, hubo un largo camino evolutivo de muchas horas. Pero hasta el atardecer, el planeta estuvo habitado por seres sencillos, organismos unicelulares y microorganismos. Cuando se piensa en la posibilidad de vida en otros planetas, lo más probable es que se trate de este tipo. Así lo afirma Ximena Abrevaya, doctora en biología y miembro del grupo de Astrobiología del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), dependiente del CONICET y la UBA. La astrobiología es una ciencia en la que la biología, la física, la química y la geología, entre otras, se combinan. “Muchas veces tengo que precisarle a la gente qué es lo que hago para que no se confunda con cuestiones relacionadas a OVNIS o a los llamados ‘fenómenos paranormales’”, comenta Abrevaya. “Lejos de eso, lo que hacemos es netamente científico”, añade.

Actualmente, ella trabaja exponiendo microorganismos que viven en ambientes extremos (extremófilos) a la simulación de un viaje espacial. Para esto, los somete a altas dosis de radiación simulando el espacio interplanetario. La investigadora afirma que existen probabilidades de que puedan sobrevivir. “En verdad, un meteorito que contenga vida microscópica tardaría más de un millón de años en llegar desde Marte a la Tierra”, agrega. Sin embargo, las microscópicas criaturas podrían sobrevivir, por más llamativo que esto resulte.

Los extremófilos son interesantes porque demuestran que la vida puede darse en

condiciones asombrosas. Abrevaya trabaja con un tipo particular: los que viven en ambientes con altas concentraciones de sal. “Muchos quedan atrapados en cristales de sal y esto favorece su supervivencia porque funcionan como una suerte de escudo protector ante la radiación del sol”, explica la doctora, quien además es directora del Núcleo Argentino de Investigación en Astrobiología.

En Marte se han encontrado rastros que indicarían la presencia de agua líquida. Como este planeta está fuera de la zona de habitabilidad del sistema solar, es decir, fuera del rango en donde el agua puede ser líquida, la posibilidad de pasar a ese estado se relaciona a un alto grado de salinidad. “El agua con tanto contenido de sal se congela a temperaturas mucho más bajas, eso podría explicar que en determinados momentos del día marciano se vuelva fluida”, señala la investigadora del CONICET.

Estos experimentos se inspiran en hipótesis como la de la Panspermia, según la cual, el desarrollo biológico terrestre podría tener un origen externo a través de un meteorito que haya importado formas de vida microscópicas. “El Marte primitivo no era como lo conocemos hoy —explica Abrevaya— sino que poseía características que consideramos habitables como la existencia de agua en estado líquido semejante a la encontrada en la Tierra”.

A su vez, la científica argumenta que hay otros cuerpos planetarios en el sistema solar en los que podría haber vida. Uno de ellos es Europa, una de las lunas de Júpiter, que contiene todo un océano debajo de las capas de hielo de su superficie. “Todo lo que sabemos de la vida está basado en cómo se desarrolló en nuestro planeta, por eso, la presencia de agua puede ser un indicio en ese sentido”, agrega.



Complejo astronómico *El Leoncito*, en San Juan, Argentina.

Explorando Marte

En 2016, la Agencia Espacial Europea (ESA) ha lanzado el programa ExoMars. El objetivo propuesto es explorar el planeta rojo en busca de vida, tanto actual como extinta. Para eso, entre otras cosas, se plantea el análisis del metano hallado en el subsuelo del planeta con el fin de saber si fue producido por seres vivos o si se debe a procesos geológicos.

Desde hace más de 40 años que tanto la ESA como la NASA han intentado encontrar vida en Marte sin demasiado éxito. Tanto es así que ese objetivo había quedado relegado de las últimas investigaciones. Recién para una segunda etapa en el año 2018, el programa contará con muestras del suelo marciano.

otras hipótesis que plantean el desarrollo de la vida por medio de la introducción de estas moléculas a través de meteoritos. “Hubo una etapa primitiva del planeta que estuvo atravesada por muchas colisiones de cuerpos provenientes del espacio”, aclara.

El detector de extraterrestres

Abrevaya, en colaboración con el Departamento de Química Biológica de Exactas-UBA, desarrolló un dispositivo que podría implementarse en misiones espaciales con sondas para rastrear vida dentro del sistema solar. El trabajo fue tapa de la prestigiosa revista *Astrobiology*. Está basado en celdas de combustible microbianas, una tecnología que funciona como una batería. El equipo detecta el aumento de la transmisión de electrones debido al metabolismo, es decir, al intercambio con el ambiente que los microorganismos realizan para procesar energía.

Como detalla la publicación, originalmente las celdas fueron pensadas como una fuente de energía alternativa. Pero en este trabajo se le otorgó un nuevo uso. Al tomar una muestra, si hay vida microbiana, el sensor mostraría una señal medible y cuantificable, producida por su acople a un sistema eléctrico.

Han existido procedimientos similares para buscar vida en Marte, como el proyecto Viking de la NASA, en 1976. Se basaba en la detección de carbono. Según la científica, las celdas de combustible son superadoras porque, al medir la corriente eléctrica obtenida por el metabolismo, abarca un rango mayor de seres vivos, ya que la producción de carbono es común en la Tierra

pero no necesariamente tenga que ser así en otros mundos.

Abrevaya no sólo focaliza sus trabajos en el sistema solar. Junto al doctor Gerardo Juan Manuel Luna, investigador del CONICET, estudian cómo la radiación proveniente de estrellas diferentes al sol puede influir en la habitabilidad de planetas que las orbiten. Eso expande las posibilidades de hallar vida.

Estrellas que inspiran


Muchas veces en la historia se ha pensado en la existencia de otros soles con planetas orbitando a su alrededor. Pero recién en el año 1995, la NASA dio a conocer el primero detectado fuera del sistema solar: un exoplaneta. Fue el puntapié inicial para una frenética escalada por encontrar otra Tierra. “Es la nueva búsqueda del Santo Grial”, afirma Pablo Mauas, doctor en física y director del grupo de Física Estelar, Exoplanetas y Astrobiología del IAFE.

Lejos de la contemplación directa de esas lucecitas que iluminan el manto nocturno y han desvelado hasta al primer homínido, la búsqueda de exoplanetas que realizan se lleva a cabo en torno a estrellas que no podemos ver a simple vista. Se trata de las denominadas estrellas M. Son masas incandescentes lejanas, más chicas y frías que el sol. Abrevaya y Luna, desde otro equipo, también trabajan con ellas.

“Son muy convenientes en la búsqueda de exoplanetas por varias razones”, afirma Mauas. “Una de ellas es que al ser más débiles, la zona de habitabilidad se encuentra más cerca y, por ende, orbitan velozmente, facilitando su detección”, explica.

El método para encontrarlos es el de “tránsito”. Según Mauas, un tránsito es un eclipse. “Si tuvieras a Júpiter pasando por delante del Sol y lo vieras desde afuera, la luz del Sol bajaría su intensidad a una cantidad detectable, que sería un 1%”, aclara. Por eso, el investigador expone que para encontrar planetas mucho más chicos, como la Tierra, es necesario contar con telescopios muy grandes para abarcar un área colectora mayor y captar más fotones de la estrella.

El IAFE cuenta con dos telescopios en el Complejo Astronómico “El Leoncito” (San Juan). Según Mauas, son chicos y pueden especializarse en hacer seguimientos más finos que los que utilizan el método de “fuerza bruta”. “Esos observan una gran porción del espacio y luego nos contactan a nosotros para que hagamos un relevamiento más específico. Así colaboramos actualmente con investigadores de Estados Unidos”, agrega.

Encontrar un planeta ya no es noticia. Hay más de dos mil detectados y siguen sumándose. Hoy, la búsqueda se orienta a los “primos” lejanos de la Tierra, planetas rocosos en zonas de habitabilidad. Encontrar vida, por supuesto, es un motivador que nunca cesa. Para Mauas, hablar de probabilidades es relativo: “Podría pensarse como más probable encontrar seres inteligentes buscando comunicarse, antes que hallar vida microscópica a partir de la ciencia humana”. 

ÁREA DE POPULARIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO Y ARTICULACIÓN CON LA ENSEÑANZA MEDIA SECCB / FCEN

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires cuenta con un Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media.

- Transmite a todo tipo de público el conocimiento científico, haciéndolo de manera clara, amena y divertida sin perder rigurosidad
- Vincula a los alumnos de la escuela media con estudiantes, docentes y científicos de la Facultad a través de actividades de divulgación científica, orientación vocacional y difusión institucional.



EQUIPO DE POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA (EPC-EXACTAS)

El EPC-Exactas coordina programas y actividades de cultura científica destinados tanto a escuelas de enseñanza media como a público en general:

- Semanas de las Ciencias.
- Exactas va a la Escuela.
- La Escuela viene a Exactas.
- Exposiciones y eventos públicos de popularización.

[facebook.com/PopularizacionExactasUBA]



DIRECCIÓN DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL (DOV-EXACTAS)

La DOV-Exactas brinda información y asesoramiento para la elección de una carrera universitaria. Se organizan programas y actividades para acercar a los alumnos a las carreras científicas:

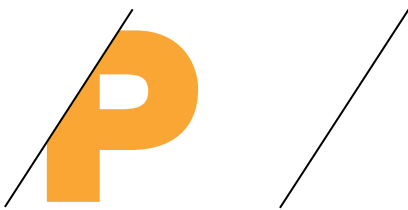
- Experiencias Didácticas.
- Talleres de Ciencia.
- Científicos por un Día.
- Charlas mensuales de las carreras.
- Consultas de orientación vocacional.
- Programa de Ingresantes CBC Exactas.

[facebook.com/DovExactasUBA]

MÁS INFORMACIÓN, CONSULTAS E INSCRIPCIONES

Secretaría de Extensión, Cultura Científica y Bienestar Ciudad universitaria, Pabellón II. Tel 4576-3399/3337 Int 37 (EPC-Exactas) y 43 (DOV-Exactas) popularizacion@de.fcen.uba.ar | dov@de.fcen.uba.ar www.exactas.uba.ar





PREGUNTAS

¿Por qué las cebollas nos hacen llorar?

Responde Valeria Edelsztejn, investigadora en el Departamento de Química Orgánica de Exactas-UBA.

Cuando vamos a la verdulería no nos ponemos a llorar frente al cajón de las cebollas (excepto que estén muy caras). Pero apenas empezamos a cortarlas, las lágrimas comienzan a caer. La razón es muy simple.

En el momento en que atravesamos la cebolla con un cuchillo, estamos rompiendo las membranas de las células vegetales y, al romperse, se liberan un montón de moléculas. Entre ellas, enzimas (proteínas capaces de acelerar reacciones químicas) que se encuentran con sus sustratos (las moléculas sobre las que actúa la enzima) para producir nuevas moléculas.

Algunas de estas enzimas se encargan de descomponer los compuestos azufrados en ácidos sulfénicos, como el propanotial-S-óxido. Otras reacciones químicas convierten estos ácidos en un gas muy volátil e irritante llamado “factor lacrimógeno” de las cebollas. Al ser muy volátil, viaja por el aire y llega hasta nuestros ojos disolviéndose en la película acuosa que los cubre e irritándolos. Inmediatamente, nuestro cerebro

da la orden de sacar de ahí esos compuestos potencialmente peligrosos y por eso empezamos a lagrimear.

Pero veamos el lado bueno: esta misma solubilidad es el remedio para evitar el llanto cebollino: cortarlas bajo el chorro de agua. ¿Por cuánto tiempo? La formación del propanotial-S-óxido alcanza su máxima expresión 30 segundos después del primer corte y deja de ser problemático luego de 5 minutos. Otras opciones incluyen mojar el cuchillo para que los compuestos azufrados nunca lleguen a nuestros ojos, o enfriar las cebollas antes de cortarlas, porque disminuye la volatilidad de las sustancias lacrimógenas.

Michael Derr

¿Por qué los ojos de un retrato nos siguen con la mirada?

Responde el doctor Claudio Lemmi, profesor e investigador en el Departamento de Física, Exactas-UBA.

Cuando se retrata o se fotografía a una persona mirando hacia el pintor, o hacia el objetivo de la cámara, su mirada va a seguir al espectador a lo largo de su desplazamiento frente a la obra. Es que los ojos retratados apuntan hacia el lugar desde donde fue tomada la imagen.

Lo que sucede es que un cuadro es una figura plana y, si nos desplazamos en forma lateral, veremos lo mismo que de frente. Las pupilas siguen en el centro de los ojos, sin importar el lugar donde se ubique quien contempla la imagen. Lo mismo sucede con la nariz: solo la vemos de frente. Por lo tanto, siempre veremos la punta de la nariz en el centro de la cara, y las pupilas, en el centro de los ojos. Aparentemente, ello ocurre porque nuestra percepción se empeña en considerar la superficie plana del cuadro, o de la foto, como si se tratara de una superficie tridimensional.

En cambio, en las imágenes tridimensionales, como las esculturas, la mirada no nos sigue. Sólo parecen seguirnos aquellas que no están hechas en relieve, sino en profundidad, como si fueran excavadas. En estos casos, se producen dos fenómenos curiosos. Primero, vemos la imagen como si estuviera en relieve. Es que estamos acostumbrados a ver caras en

relieve, no imágenes cóncavas. Cuando, la información está tan en contra de las pistas que llegan a los ojos, el cerebro trata de procesarla de alguna manera que sea compatible con el aprendizaje previo. La expectativa previa anula señales visuales que indican profundidad.

En segundo lugar, la cabeza parece seguirnos cuando nosotros nos movemos. Este efecto es complejo y puede explicarse por cercanía de contornos. Si nosotros nos movemos, por ejemplo, hacia la derecha de una cara en relieve (caso normal), el contorno de la nariz se acerca a la mejilla izquierda, lo que también podría pensarse como que uno está en reposo y la cara gira en sentido contrario a nuestro movimiento. Sin embargo, en el caso de una cara excavada, se produce la proyección inversa, que el cerebro interpreta como una cabeza con relieve normal desplazándose, y siguiéndonos en nuestra misma dirección.



B

BÄR DE CIENCIA



Nora Bär

Regreso sin gloria

/// Aunque se erradicó en la Argentina en los años cincuenta, el mosquito *Aedes aegypti*, que transmite el dengue, el zika y el chikungunya, no solo está de regreso sino además en vertiginosa expansión, como muestra el reciente trabajo del Grupo de Estudio de Mosquitos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA y el CONICET. Ahora, además, agitando el fantasma de una plaga que recuperan las historias populares de los porteños: la fiebre amarilla.

Ninguno de nosotros la vivió, pero todos de alguna forma leímos o escuchamos hablar de ella, porque la epidemia que se registró bajo la presidencia de Sarmiento transformó de tal modo la ciudad que dejó un sello indeleble en la memoria colectiva. Sin los conocimientos científicos de la actualidad para hacerle frente, las crónicas de la época pintan cuadros dantescos en los que pobres y ricos sucumbían por igual ante la picadura de este minúsculo habitante de nuestras casas y jardines, que se ocupa de transmitir el virus con una eficiencia que apabulla.

Ismael Bucich Escobar hace un interesante relato de esos meses en *Bajo el horror de la epidemia. Escenas de la fiebre amarilla de 1871 en Buenos Aires* (edición del autor, 1932). Un censo general de la República realizado el año anterior delataba que el país tenía un total de 1.830.214 habitantes, de los cuales 177.787 vivían en la que había dado en llamarse “la Atenas del Sur” y la “Perla del Plata”, que todavía no era la Capital sino solo asiento del Poder Ejecutivo Nacional.

Según Bucich Escobar, a pesar de las dificultades que enfrentaban, la ciudad tenía sobrados motivos de orgullo. A tal punto, que en *The Standard*, órgano de la colectividad inglesa, Miguel Mulhall describía a la gran urbe diciendo que “sería imposible hallar un paralelo en país alguno del Viejo Mundo, ni aun en los estados occidentales de América”.

En esas 4000 hectáreas encerradas entre el Río de la Plata por el Este, la actual calle Medrano y su prolongación por el Oeste, el Riachuelo por el Sur y las barrancas de la Recoleta por el Norte, transcurridos los primeros días de enero, *La Prensa* publica un artículo en el que advierte que “El pueblo de Buenos Aires está amenazado nuevamente de ser diezclado por una epidemia. Parece que han sucumbido dos vecinos con todos los síntomas de una enfermedad que aterra”.

Es la fiebre amarilla, que en esos tiempos los médicos atribuían “a las altas temperaturas y los focos de infección formados por materias vegetales y animales en descomposición”. Entre las causas predisponentes al contagio, cuenta Bucich Escobar, se incluían los abusos alcohólicos, la práctica del curanderismo, el hacinamiento de personas en habitaciones estrechas, y la vida en parajes húmedos y bajos. La mortalidad se calculaba en el 90%.

Hacia el 20 de enero, *La Nación* consigna que se registra un repunte en las defunciones, que de 25 habían pasado a 40 por día. Era el comienzo de un semestre en el que esa cifra alcanzaría proyecciones pavorosas con el correr de las horas.

El 27 de enero, en una reunión secreta realizada por la Comisión Municipal, se lee una nota del doctor Luis Tamini según la cual en la manzana comprendida entre Bolívar, Perú, San Juan y Cochabamba, habían ocurrido con muy poco intervalo varios casos de fiebre, algunos con resultado fatal.

Poco a poco empieza a correr la noticia: hay fiebre amarilla en Buenos Aires. Primero se cree que la epidemia quedaría reducida a la parroquia de San Telmo, el barrio más densamente poblado de la ciudad. Sin embargo, sigue progresando hasta llegar a abatir a medio millar de personas en un día.

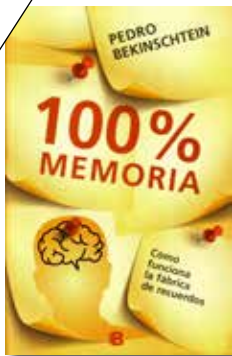
Los médicos se lanzan a combatirla con las escasas armas con que cuentan. Así, caen los doctores Francisco Muñiz, que a los 77 años y después de 50 de profesión, no duda en asistir a los enfermos y muere contagiado por el mal, igual que Adolfo Argerich, Benito Carrasco, José Pereyra Lucena y otros.

Cuando se agotan los recursos se recurre al más heroico: el desalojo de la ciudad. La Comisión Popular aconseja a todos los que puedan que se alejen lo antes posible y les da un plazo de cinco días; especialmente, a los alrededor de 20.000 que viven en más de 200 conventillos.

Hacia fines de mayo la mortandad empieza a ceder y en junio el azote se desvanece. Hoy, hay vacunas que la previenen y los científicos saben cómo evitar un rebrote. Esperemos que se los escuche a tiempo.... //

B

BIBLIOTECA

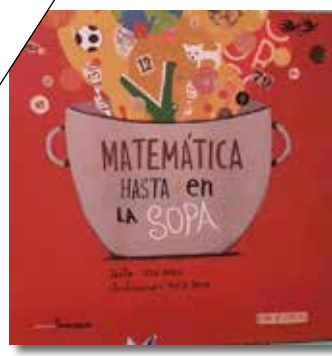


100% memoria Cómo funciona la fábrica de recuerdos

Pedro Bekinschtein

Buenos Aires, Ediciones B: 2016
240 páginas
ISBN: 978-987-627-676-4

Después de su primer éxito editorial, 100% cerebro, Bekinschtein nos vuelve a deleitar con un libro de divulgación esta vez más cercano a sus investigaciones científicas. La memoria es –casi seguro– el principal componente de nuestra identidad: no seríamos quienes somos sin ese registro de nuestra historia, de nuestros saberes. Todo eso y mucho más está guardado en el cerebro y cuando necesitamos traer al presente un fragmento de ese bagaje personal podemos evocarlos. Aunque no siempre: también olvidamos. ¿Cómo funciona ese inmenso almacén de vivencias? ¿Cuál es el sustrato de un recuerdo: es un soplo divino, es una célula, es una molécula? ¿Cómo se fabrica ese objeto antes de colocarlo en su estante correspondiente? ¿Se mantiene inalterado con el tiempo o se degrada? ¿Podemos retirarlo y arrojarlo a la basura? Todos estos asuntos y muchos más se hallan muy claramente abordados. Se analiza cada pregunta desde que algún científico se la planteó hasta que la resolvió con un ingenioso experimento que puede entender todo el mundo. Pero una vez más se destaca el estilo desenfadado y desprejuiciado de una prosa llena de humor, con un tinte introspectivo e intimista que apela a la empatía del lector, y lo logra. No lo dude: Pedro se ganará su confianza.



Matemática hasta en la sopa

Juan Sabia, ilustraciones de Pablo Picyk

Buenos Aires, Iamiqué: 2017
48 páginas
ISBN: 978-987-121-792-2

Marcos es un nene de ocho años y Juan, un señor apasionado por las matemáticas. “Matemática hasta en la sopa”, de Ediciones Iamiqué, cuenta el día que compartieron los dos protagonistas del libro, desde las 14.00 hasta las 21.30, y de todas las preguntas que fueron surgiendo durante esas horas. Una pregunta cada media hora, a cargo de la pluma del matemático Juan Sabia. Las ilustraciones de Pablo Picyk (con más de una decena de participaciones en la escena editorial) le dan marco a este relato que discurre con naturalidad y gracia, dejando de manifiesto que la curiosidad no solo es la puerta de acceso al conocimiento sino también a la reflexión y la deducción. ¿Qué es el rating? ¿Hay dos personas con la misma cantidad de pelo? ¿Por qué hay años bisieptos? ¿Cuánto fideos hay en un plato de sopa? Estas son algunas de las preguntas que disparan la curiosidad infantil de Marcos y que, con la ayuda de Juan, se van despejando y creando nuevos caminos donde los números y las relaciones entre ellos son los aliados para entender el mundo que nos rodea.



La química es para las mujeres

Delfina Molina y Vedia, pionera en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Beatriz Baña y Carlos Borches

Buenos Aires, Eudeba: 2017
186 páginas
ISBN: 978-950-232-001-4

Delfina Molina y Vedia fue una mujer nada corriente para su época y extracto social. De procedencia aristocrática, estaba más interesada en formarse intelectualmente y desarrollar una profesión que sumirse en el clásico destino que imponían los cánones de principios del siglo XX: la casa, los hijos, la moda. Pionera en los estudios de química en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, abrió un camino que hizo posible que muchas otras mujeres pudieran atravesar la formación académica con éxito.

La poco conocida vida de Delfina, por muchos momentos novelesca y en conflicto casi permanente con su entorno (esposo incluido), toma nueva luz a partir de este libro de Beatriz Baña y Carlos Borches, ambos integrantes del Programa de Historia de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Basado en documentación de archivo y entrevistas con graduadas de la carrera de química y familiares de Delfina, “La química es para las mujeres” permite echar un vistazo a un conflicto todavía presente, un siglo después, en las carreras de ciencia de nuestro país.

P

PAENZAMIENTOS



Adrián Paenza

Días de 23 horas

¿Pensó alguna vez cuántos segundos tiene un día? Posiblemente no o, en todo caso, le resulta una pregunta irrelevante. Sin embargo, esa respuesta permite entender cómo se define un segundo. ¿Cómo hacer entonces? Hagamos (juntos) algunos cálculos muy sencillos.

Primero, los datos fáciles:

1 día = 24 horas

1 hora = 60 minutos

1 minuto = 60 segundos

Ahora, vamos por más. Como cada minuto se compone de 60 segundos, eso significa que en una hora (60 minutos), hay (60×60) 3600 segundos.

Por otro lado, como en un día hay 24 horas y cada hora tiene 3600 segundos, entonces:

$24 \times 3600 = 86.400$

y ésta es la cantidad de segundos que hay en un día: 86.400.

Con este dato uno podría decir que:

un segundo = $1/86.400$ de día.

¿Por qué hice todos estos cálculos? Sígame por acá: la rotación de la Tierra alrededor de su eje varía su velocidad a medida que avanza el tiempo. Es decir, se sabe que el efecto de la Luna y las mareas hacen más lenta esa rotación y, por lo tanto, aumentan la longitud de un día en 3 milisegundos ipor siglo! Como la Tierra tarda más tiempo (aunque en forma muy imperceptible) en girar una vuelta alrededor de su eje, entonces cada día es “un poquito” más largo. Es muy probable que ni usted ni yo lo hayamos notado, porque el día aumenta en 3 milisegundos por siglo, lo que significa que dentro de 1000 siglos (100.000 años), cada día va a durar 3 segundos más. Usted dirá (quizá con razón), a quién le importa esto. O en todo caso, ¿cómo me afecta a mí? Posiblemente en nada, pero antes de que deje de leer estas líneas la/lo invito a pensar conmigo lo siguiente.

De la misma forma que uno puede predecir lo que va a suceder en 100.000 años (si es que el hombre no se ocupa en destruirlo todo), uno puede hacer el camino inverso y “mirar para atrás”. Es decir, si la Tierra va girando cada vez más lentamente alrededor de su eje es porque, en el pasado, giraba más rápido. Y si uno supone que la

desaceleración ha sido constante con el tiempo, se puede conjeturar lo que ocurría en el pasado y hacer la cuenta de cuánto menos duraba un día hace algunos años. Y eso es lo que quiero hacer.

100.000 años atrás, había días 3 segundos más cortos

Por lo tanto, multiplicando por 1200, se tiene que:

120.000.000 años atrás, había días 3600 segundos más cortos

Es decir, hace 120 millones de años la Tierra tardaba 3600 segundos menos en dar una vuelta alrededor de su eje. Y aquí es adonde quería llegar porque, como hemos visto más arriba, 3600 segundos equivalen a una hora. Entonces, los días en la Tierra tenían 23 horas hace 120 millones de años.

Yo sé que ni usted ni yo vivíamos en esa época, pero los dinosaurios sí, y como todo el mundo parece siempre tan interesado en lo que sucedía en esos tiempos, es bueno que sepan que los días eran mucho más cortos: duraban una hora menos. Eran, literalmente, días de 23 horas. ✓

José Sellés-Martínez - pepe@gl.fcen.uba.ar

El tamaño relativo y las formas de las cosas varían según la distancia y la posición relativa del observador con respecto a ellas, por lo que el problema de representar en dos dimensiones elementos que se desarrollan en tres no es tarea sencilla. Pintores y arquitectos que deseaban representar, sobre una superficie plana, un paisaje o estructura edilicia que se desarrollaba espacialmente, encontraron distintos caminos y soluciones al problema.

Una solución simple fue, en determinados lugares y momentos, combinar vistas verticales y horizontales, para que pudieran verse todas al mismo tiempo. La solución, ingeniosa y aún válida para ciertas aplicaciones, no resulta “natural”, por lo que se buscaron alternativas.

La *perspectiva intuitiva* surge del reconocimiento de que los objetos más lejanos se “empequeñecen” relativamente a los próximos, que las líneas paralelas parecen unirse en la distancia y que los objetos se ocultan parcial o totalmente entre sí (fenómeno que presenta simetría radial desde el punto de observación). Este tipo de representación logra excelentes resultados... pero no es suficiente para pintar una obra maestra.

La *perspectiva mecánica* remite al uso de máquinas para dibujar perspectivas, que fueron muy intensamente usadas desde el fin de la Edad Media. Dürero y Da Vinci, entre otros, ha dejado ilustraciones que muestran cómo se utilizaban en el Renacimiento estos artefactos que, mediante finas mallas tejidas, cordeles y pantallas, permitían reproducir con exactitud las proporciones y reconstruir mecánicamente el punto de vista y las líneas de fuga, determinando la posición de su intersección sobre el plano de proyección y permitiendo delinear las bases de la composición.



Grabado de A. Dürero que muestra una máquina para dibujar objetos en perspectiva.

La perspectiva

La realidad y los puntos de vista



Pintura de fines del siglo XV. Un ejemplo de incorporación de la construcción geométrica de la perspectiva

La *perspectiva geométrica*, comenzó a desarrollarse a partir de artistas como Masaccio, Giotto y, sobre todo, Brunelleschi. Los elementos principales que entran en juego en la construcción de la ilusión de la tridimensionalidad por métodos geométricos son: el *plano de proyección*, el *punto de fuga*, el *punto de observación* y las *distancias* que separan al objeto del punto de observación y del plano de proyección. Las perspectivas geométricas se rigen por un conjunto de leyes o normas que se vinculan a las relaciones entre esos elementos y permiten obtener resultados diferentes según se trate de perspectivas cónicas, caballerías, axonométricas, etc., las que producen diferentes efectos (siempre con ilusión de tridimensionalidad) y que tienen distintas propiedades y aplicaciones.

Otros recursos, como los juegos de luces y sombras, el que las formas más alejadas aparezcan más difusas y que los colores tiendan a homogeneizarse en la lejanía fueron intensamente usados por los pintores del Renacimiento para enfatizar la sensación de espacio en sus obras.



Versión de La Mona Lisa. En el fondo, la pérdida de definición del trazo y los tonos azulados refuerzan la sensación de espacio.

La perspectiva óptica: de la cámara oscura a las cámaras fotográficas

La cámara oscura es un montaje mecánico que permite captar la escena a través de un orificio y proyectarla (invertida) sobre una superficie. El tamaño puede variar desde el de una caja de zapatos al de una habitación regular que se encuentra totalmente aislada de la penetración de la luz exterior salvo por un pequeño orificio. El uso de la cámara oscura se popularizó en el Renacimiento como curiosidad y como herramienta para el dibujo de paisajes, y el uso de una lente en el orificio de entrada de la luz perfeccionó el diseño y permitió obtener una imagen de mucha mejor definición. Leonardo da Vinci la describe en detalle y muchos pintores, como Vermeer o Canaletto, la utilizaron con frecuencia. A partir de la cámara oscura se produce el desarrollo de la cámara fotográfica, con la adición de materiales fotosensibles que captan y “recuerdan” la imagen. Los sistemas ópticos evolucionaron hasta hacerse sumamente complejos, y también evolucionaron los sistemas de corrección de las perspectivas, tanto en las lentes, como en los sistemas de proyección. ▀



Modelo de cámara oscura “portátil” según un grabado de 1646.

Conocé la nueva página web de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Futuros Alumnos | Alumnos | Docentes | No Docentes | Graduados | Investigadores | Comunidad Exactas | Contacto

EXACTAS UBA

Institucional | Enseñanza | Investigación | Extensión

Vista del Pabellón 2 desde el edificio del IFiByNE

NOTICIAS

Historia de una pionera
Se presentó el nuevo libro del Programa de Historia de la Facultad: "La química es para las mujeres. Delfina Molina Y Vedia pionera en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales".

Para atrapar al ión
En el Departamento de Física se está terminando de armar un nuevo laboratorio en las fronteras tecnológicas de características únicas en América Latina.

El otro juego ciencia
El playón central del Pabellón II fue ocupado por tableros en los que se jugaron 15 partidas simultáneas de go contra Fernando Aguilá, uno de los mejores jugadores amateurs del mundo.

La rana fluorescente
Todos los detalles de una investigación de seis años que dio la vuelta al mundo y que fue posible a partir de la interdisciplina y la tradición científica.

CANAL EXACTAS

Conocé Exactas. Video institucional de la Facultad de Cienc...

TWITTER

Exactas UBA @Exactas_UBA
Finalmente el libro llegó al cielo! Ernesto Carvó (Exactas-INQUIMAE) ganó el #RightMindChallenge Conocé su proyecto bit.ly/2sXNVz7

El libro, cerca del cielo
Un proyecto encabezado por www.exactas.uba.ar

AGENDA

14 JUN
Conferencia "Desafíos profesionales para la gestión medioambiental en la minería metalífera"
El miércoles 14 de junio, a las 11:00 hs., tendrá lugar la charla "Desafíos profesionales para la gestión medioambiental en la minería metalífera": que estará...

14 JUN
Presentación del libro "La Argentina y el cambio climático. De la Física a la Política"
El miércoles 14 de junio, a las 17:30 hs., se realizará la presentación del libro "La Argentina y el cambio climático. De la Física a la Política".





¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?



1 visitá

Nex Ciencia en: <http://nexciencia.exactas.uba.ar>

2 sumate

a <http://www.facebook.com/NEXciencia> para recibir todas las novedades



3 seguinos

por Twitter a través de [@nex_ciencia](https://twitter.com/nex_ciencia)

nexciencia.exactas.uba.ar