



Revista Colombiana de Antropología

ISSN: 0486-6525

ISSN: 2539-472X

Instituto Colombiano de Antropología e Historia - ICANH

Carassale, Santiago; Contreras Alcántara, Javier; Martínez Pérez, Liliana  
Humanos e robots en Marte: exploración y *re-trazos* del tiempo y el espacio interplanetario  
Revista Colombiana de Antropología, vol. 59, núm. 2, 2023, Mayo-Septiembre, pp. 21-43  
Instituto Colombiano de Antropología e Historia - ICANH

DOI: <https://doi.org/10.22380/2539472X.2441>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105075408002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

 redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Humanos ∞ robots en Marte: exploración y *re-trazos* del tiempo y el espacio interplanetario

*Humans ∞ Robots on Mars: Exploration and Redrawing of Interplanetary Time and Space*

<https://doi.org/10.22380/2539472X.2441>

Recibido: 07/07/2022 • Aprobado: 21/02/2023 • Publicado: 01/05/2023



## Santiago Carassale

Flacso, México

<https://orcid.org/0000-0001-9743-5892>

sandres@flacso.edu.mx

## Javier Contreras Alcántara

El Colegio de San Luis, México

<http://orcid.org/0000-0001-5090-5500>

javier.contreras@colsan.edu.mx

## Liliana Martínez Pérez

Flacso, México

<https://orcid.org/0000-0001-8990-197X>

marper@flacso.edu.mx

## Resumen

Este trabajo aborda algunas dimensiones de la relación humanos∞robots en la exploración del espacio exterior a partir de la experiencia científico-tecnológica de la misión a Marte por los robots Martian Explorer Rovers (MER) de la NASA (2004-2018). La reflexión, basada en las investigaciones socioantropológicas sobre esta misión en terreno marciano, traza la evolución del interés científico por la observación de Marte, los desafíos científicos y tecnológicos en el diseño de los MER, los dilemas y problemas operativos (movilidad, imágenes, telecomunicación) en la superficie del planeta rojo y los retos de la sincronización temporal para la investigación espacial desde la Tierra. Por último, se esbozan algunos caminos y aprendizajes que emergen de esta experiencia para la futura exploración espacial latinoamericana.

**Palabras clave:** antropología del espacio exterior; drama científico-tecnológico; exploración espacial latinoamericana; futuros extraterrestres; misión robótica en Marte.

## Abstract

This paper addresses some dimensions of the relationship humans∞robots in the exploration of outer space from the scientific-technological experience of the mission to Mars by NASA's Martian Explorer Rovers (MER) robots (2004-2018). The work, based on socio-anthropological research on this mission on Martian terrain, traces the evolution of scientific interest in Mars observation, the scientific and technological challenges in the design of MERs, the operational dilemmas and problems (mobility, imaging, telecommunication) on the surface of the red planet, and the challenges of time synchronization for space research from Earth. Finally, we outline some paths and learnings that emerge from this experience for future Latin American space exploration.

**Keywords:** anthropology of outer space; technological scientific drama; Latin American space exploration; extraterrestrial futures; robotic mission to Mars.

## Introducción

La misión a Marte de los robots Martian Explorer Rovers (MER), llamados Curiosity y Opportunity, dirigida por un grupo de científicos e ingenieros desde el Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), en Pasadena, California, Estados Unidos de América de 2004 a 2018 resulta una experiencia crucial por la exploración densa de una superficie extraterrestre y por sus alcances para la comprensión de la posición del planeta Tierra y del ser humano en el cosmos, incógnita central de la reflexión astronoética<sup>1</sup>. En un contexto como el latinoamericano donde aún no tenemos una experiencia similar, estos aportes científicos y tecnológicos abren la posibilidad a la problematización de la exploración espacial sustentada en una reflexión vicaria (observación de observaciones y operaciones) como la que exponemos en este texto.

La exploración de Marte tiene su antecedente en la búsqueda de vida extraterrestre enmarcada por la ciencia y la observación astronómica desde fines del siglo XIX; sin embargo, su desarrollo solo fue viable con el envío de una serie de artefactos robóticos, bautizados como robots geólogos por Steve Squyres, investigador principal de la misión de los robots MER (2005, 5). Desde nuestra perspectiva, esta empresa constituye un drama científico-tecnológico que observa, explora y reflexiona sobre los límites de la vida terrenal (Bateson 1998; Turner 1982). El drama científico —la observación astronómica— se entrelaza con el

1 El signo de lemniscata (∞) entre las palabras humanos y robots, que utilizamos en el título de este texto, simboliza la perspectiva astronoética que posibilita la exploración de Marte desde la Tierra, la relación entre el estar allá y el estar aquí y el significado del ser humano en el cosmos.

drama tecnológico de ingeniar artefactos que permitan la misión científica en el terreno marciano.

El argumento central de nuestra reflexión sostiene que además de la creatividad científica e ingenieril que hizo posible cruzar un umbral en la investigación interplanetaria, también requirió de una creatividad anticipatoria y una “agilidad ontológica” (Valentine, Olson y Battaglia 2009) para la elaboración de un *re-trazo* de los terrenos interplanetarios, un estar allá estando aquí.

El arribo de los robots geólogos a Marte movió y trascendió umbrales que enmarcan la experiencia y acción humanas ordinarias terrestres: una vez traspasadas estas fronteras se hizo posible estar allá, concebido como extremo (Valentine, Olson y Battaglia 2012), similar aunque diferente del estar allí antropológico (Geertz 1989). La creatividad práctica articuló de modo singular espacios, actividades y experiencias hechas en la Tierra por científicos e ingenieros que orientaron el tránsito de los robots por el terreno marciano. El signo de la lemniscata ( $\infty$ ) que utilizamos en este texto simboliza la mirada astronoética, la relación de trazo y re-trazo en la exploración espacial y el entrelazamiento antroposintético entre humano y robot.

Con base en los datos empíricos, los análisis y los resultados de las investigaciones recientes sobre la exploración de los robots MER en Marte de Clancey (2012), Mirmalek (2020) y Vertesi (2015), en este trabajo reflexionamos sobre cómo esta experiencia astronáutica redimensiona el lugar del humano en el cosmos, instaaura el drama científico-tecnológico que la enmarca, despliega las operaciones/observaciones a distancia entre humanos y robots, y *pone en juego* (Bateson 1998) las prácticas del re-trazo interplanetario. Por último, consideramos cómo estos aportes posibilitan caminos y aprendizajes para la futura exploración espacial latinoamericana. De este modo, nos proponemos contribuir al campo de estudios de la antropología del espacio exterior y a los posibles aprendizajes y aplicaciones de esta experiencia desde nuestras coordenadas y circunstancias regionales.

## Los exploradores: humanos $\infty$ robots en la astronoética

Una de las marcas distintivas de nuestra época es la realización del viaje espacial, que ha hecho posible el “estar allá”, en otro planeta, configurando de manera particular el juego de la distancia/proximidad entre este y otros mundos. El viaje

espacial abrió el horizonte de expectativas de la metáfora moderna de la *terra incógnita*<sup>2</sup>, pero esta vez orientada al espacio exterior como la frontera de lo ignoto.

La reflexión astronoética desarrollada por Wolfgang Bargmann en la estela del Sputnik, retomada por Hans Blumenberg, propuso investigar la observación y la exploración espacial y sus efectos como parte de la interrogación sobre el lugar del hombre en el mundo, un mundo por descubrir y por hacer, como laboratorio de la antropogénesis (Blumenberg 2011, 547). Para Blumenberg, el término astronoética, sugerido en su aforismo *Visibilidad*, apunta a que para los habitantes de la Tierra “ella siempre fue lo invisible por antonomasia. Se la tenía bajo los pies, no ante los ojos, como algo evidente y no llamativo. La visión desde el espacio deja aparecer a la Tierra, si se nos permite decirlo así, en un mar de negatividad: una isla en la nada. Esto la hace visible en un sentido eminente: dolorosamente clara” (Blumenberg 1987, 136)<sup>3</sup>. Por su parte, los proyectos de exploración espacial constituyen una incitación particular para la astronoética, no solo por su objetivo de rastrear otros mundos, sino por la reflexión de la “exploración”, las experiencias y expectativas desde la Tierra.

Una mirada crítica de la exploración espacial implica reconocer la tensión entre el allá y el aquí, su génesis y sus efectos, no solo sobre los “mundos explorados”, sino sobre la exploración y los exploradores mismos. En este sentido, Marte se ha convertido en una avanzada de la exploración espacial, un teatro donde confluyen y se ponen a prueba el conocimiento científico, la creación tecnológica y las posibilidades de la imaginación; y, también, un campo fundamental para esa mirada crítica. La emergencia de la curiosidad en torno al planeta rojo en los Estados Unidos, alimentada por esperanzas y temores, es un indicador del desplazamiento

2 Hans Blumenberg vincula la metáfora de la *terra incógnita* con la del *universo inacabado*. Estas alegorías son típicas de la modernidad y, a su vez, son ejemplos de su función pragmática: “Su contenido determina, como referencia orientativa, una conducta; dan estructura a un mundo; representan el siempre inexperimentable, siempre inabarcable todo de la realidad. Indican así [...] las certezas, las conjeturas, las valoraciones fundamentales y sustentadoras que regulan actitudes, expectativas, acciones y omisiones, aspiraciones e ilusiones, intereses e indiferencias de una época” (Blumenberg 2003, 63). El tropo de lo extremo en la antropología espacial hace una inflexión particular de estas metáforas modernas (Valentine, Olson y Battaglia 2012, 1008).

3 La reflexión sobre la astronoética de Blumenberg aparece en un conjunto de notas periodísticas publicadas póstumamente, *Die Vollzähligkeit der Sterne* (2011); sin embargo, también se desarrolla en sus estudios sobre la época moderna y su legitimidad, el giro copernicano, las temporalidades del mundo y de la vida, así como las versiones de la alegoría de la caverna donde el distanciamiento entre el tiempo humano y el tiempo del mundo configuran la crisis del mundo de la vida y la experiencia de la inquietud, figurada en el viaje terrenal, marítimo o espacial.

de los significados de frontera, naturaleza y exploración con el fin definitivo del “lejano oeste” y su ascenso en el concierto internacional a comienzos del siglo XX.

En los últimos años Marte ha constituido un lugar donde se han invertido recursos, desarrollado acciones y realizado experiencias que configuran un campo singular para la mirada astronoética. Así, la exploración robótica de Marte abre un nuevo juego, en el cual la operación científica de la misión solo se hace posible por la operación tecnológica de situar en suelo marciano a los robots. La astronáutica abre un nuevo vector por donde los saberes establecidos, la física y la geología, entran en sinergia con otros saberes, como la biología, las ciencias sociales —en particular la sociología y la antropología—, así como con los desarrollos tecnológicos en la ingeniería, las telecomunicaciones y la óptica. A la vez, se impulsan campos emergentes como la geología espacial, la astrobiología o la astropolítica. Las ciencias sociales no pueden dejar pasar la oportunidad de tomar pie en estos desarrollos que van reconfigurando los saberes para llevar adelante los viajes espaciales<sup>4</sup>.

En particular, la exploración a distancia por robots teledirigidos ha abierto nuevas vías, no solo para el conocimiento del planeta, sino también respecto a los modos de hacer la exploración planetaria y sus diversos sedimentos de sentidos históricos, culturales y científicos. Desde el inicio de la misión de los robots MER en Marte, científicos sociales observaron el proceso de exploración conducido desde la Tierra. Por primera vez las ciencias sociales formaron parte de la exploración espacial y dieron cuenta de las experiencias y las operaciones en suelo extraterrestre<sup>5</sup>.

- 
- 4 La astrocultura ha contribuido de manera destacada, pero limitada, al convertirse en una investigación sobre los impactos y desarrollos en el seno de la cultura de la época espacial. En contraposición, la astronoética ha pensado la empresa espacial como una apuesta, con sus promesas, riesgos y miedos, que busca transformar la posición del hombre en el cosmos y con ello requiere también transformar los saberes.
- 5 Los Estudios en Ciencia y Tecnología de la misión de los robots MER en Marte adolecen de varias debilidades: 1) la dimensión histórica se aborda como narrativas individuales con tintes románticos (Clancey 2012) o como antecedentes en el tiempo (Mirmalek 2020; Vertesi 2015); 2) las disputas sobre el significado de la tecnología robótica resultan maniqueas: unos rechazan que sean agentes (Clancey), otros los convierten en agentes de los cuales aprenden los científicos (Vertesi); 3) el proceso social de la investigación interplanetaria se enmarca, por una parte, en una idea de sistema como un todo que incluye a la opinión pública (Clancey) y, por otra, se lo contrasta con una noción de organización industrial de estilo taylorista frente a la cual se destaca la desorganización temporal de la misión (Mirmalek), acentuada por la particularidad organizativa del JPL caracterizada por grupos que desarrollan varios proyectos a la vez en función de las políticas y recursos (Mishkin 2003).

## Fronteras marcianas: el drama científico-tecnológico

Desde el último cuarto del siglo XIX, Marte ha sido objeto de observación de los científicos. Los astrónomos Schiaparelli, Flammarion y Lowell le dieron un nuevo “rostro” al planeta rojo (Sheehan y Bell 2021) y se beneficiaron del avance de la tecnología de los telescopios y los nuevos instrumentos de medición y cálculo, pero también sus observaciones se vieron impulsadas por la creciente comunidad científica de carácter internacional y por la emergencia de un público que se constituyó a la par que la curiosidad astronómica. Estas inquisiciones formaron parte de la apertura de nuevas fronteras: la exploración de nuevas geografías con la colonización de África, los viajes a la Antártida, Siberia y el Ártico. Estas nuevas exploraciones se unieron a la circulación de revistas como *National Geographic* y otras de la misma índole y al desarrollo de géneros literarios como el de aventuras o el de la ciencia ficción.

Entre los observadores científicos planetarios de fines del siglo XIX, Percival Lowell desempeñó un papel particular en la elaboración del drama científico<sup>6</sup>. En 1894 construyó en Flagstaff, Arizona, EE. UU., un observatorio astronómico desde el cual plasmó en mapas, globos marcianos y reproducciones, un Marte recorrido por canales que cambiaban con el tiempo y con una vegetación que se ampliaba o reducía de acuerdo con las diversas estaciones del planeta. A partir de estas observaciones Lowell infirió la existencia de una civilización extraterrestre que alimentó la imaginación no solo del público y los científicos, sino también de los políticos. Esta sería la primera vez que Marte se convertiría en objeto de una saga detectivesca cuyo enigma para resolver fue: ¿existe vida inteligente en Marte? El peligro de una “invasión marciana” fue un tema de la imaginación pública, como la obra de H. G. Wells, *War of the Worlds*, experimentada como conmoción pública tras el programa radial de Orson Wells (Sheehan y Bell 2021).

Este conflicto imaginario constituyó un contrapunto de otros conflictos que angostaban el horizonte mundial de entreguerras y de posguerra. Cuando en 1957 el satélite artificial Sputnik sorprendió al mundo fue el puntapié inicial de la carrera espacial y un nuevo escenario de la Guerra Fría dominada por el temor a la destrucción atómica. Al año siguiente el presidente de EE. UU., Dwight E.

6 Inspirándonos en la obra de Victor Turner, consideramos el drama social y su escenificación como: “...una ‘narración’ (*story*) [...] con motivos inaugurales, transicionales y finales [...] que es, ciertamente, una unidad espontánea del proceso social y un hecho de la experiencia de cada uno en toda sociedad humana” (1982, 68).

Eisenhower, enviaría al Congreso la propuesta de la fundación de la NASA, aprobada en julio de ese año con el concurso de Lyndon B. Johnson. En los cincuenta y comienzos de los sesenta, los soviéticos planeaban realizar aterrizajes en Marte y los estadounidenses pensaban que en los ochenta sería posible enviar grandes naves para viajes masivos de personas al planeta rojo, lo cual fue como leer “un género descarriado de ciencia ficción —lluvia de ideas— sobre un futuro imaginado que ninguna nación podría diseñar o permitirse” (Markley 2005, 232).

Si bien el propósito de creación de la NASA era volver a ganar el liderazgo tecnológico de Estados Unidos en el enfrentamiento con la Unión Soviética, desde su comienzo tuvo un carácter civil y no militar. Con la llegada a la presidencia de Estados Unidos de John F. Kennedy, la NASA y el proyecto espacial cobrarían una importancia especial, no solo por la promesa del viaje a la Luna en esa misma década, sino también por el imaginario y las expectativas del país en relación con el proyecto espacial: “Desde los aterrizajes exitosos en la Luna, la NASA ha sido en algún sentido la organización de la gente, capturando la imaginación y las aspiraciones de multitudes de americanos” (Mirmalek 2020, 16). El proyecto espacial adquiere así su característica de misión colectiva, en el que se ponen en escena las coordenadas y los momentos específicos tanto internos como externos de los EE. UU.

La atención que obtuvo Marte en este nuevo marco de la exploración espacial ha tenido una serie de inflexiones: en 1964 la NASA envía la sonda Mariner 4 que, al pasar cerca del planeta, toma una serie de fotos que quiebran las expectativas alimentadas por las observaciones de Percival Lowell, pues mostraban una superficie árida, llena de cráteres, de lo cual los científicos concluyeron que Marte era un planeta geológicamente “muerto”; en 1967 las sondas Mariner 6 y Mariner 7 proporcionaron nuevas imágenes en las que se podía apreciar una mayor diversidad geológica; y en 1976 dos robots estacionarios, Viking 1 y Viking 2, aterrizaron en Marte para producir información que renovarían la curiosidad sobre el planeta rojo y alimentarían a una nueva generación de físicos, astrónomos y geólogos (Sheehan y Bell 2021).

En los años noventa la intriga de la exploración marciana se expresó en la consigna “Seguir el agua”, una búsqueda de “detectives geológicos”, como dirían algunos de los implicados en la pesquisa. La inquietud por la presencia de agua permitía responder a la pregunta por la posibilidad de vida en el planeta rojo, aunque no fuese más que una realidad pasada, cuyos restos quedarían en su materia rocosa. Esta búsqueda fue animada por el descubrimiento en la Antártida de residuos de un meteorito de origen marciano, registrado como ALH84001, en el que se detectaron restos fósiles de microbacterias. Estos descubrimientos, ampliamente

discutidos, animaron la pregunta por la vida en otros planetas y el deseo de respuestas, en este caso, a partir de la investigación de la NASA en Marte (Sheehan y Bell 2021), lo que dio paso al drama tecnológico.

El proyecto de los robots MER se enmarca en esta búsqueda: “Explorar dos sitios de la superficie marciana en donde el agua podría haber estado presente en algún momento, y evaluar las condiciones ambientales en estos sitios y su idoneidad para la vida” (Squyres *et al.* 2003, 1)<sup>7</sup>. La fórmula de “seguir el agua”, con tonos detectivescos acentuados por los mismos científicos, animó la conducción de los robots por el terreno marciano.

La alternativa, que no oposición, de mandar artefactos en vez de humanos<sup>8</sup> para realizar la exploración espacial se desarrolló a partir de diversos intentos, muchos fallidos, de enviar plataformas de aterrizaje (*landers*) estáticas desde las cuales se podían tomar imágenes y manipular el terreno *in situ*. La otra opción fueron los robots móviles, el primero de los cuales fue enviado por la Unión Soviética a la Luna en respuesta a los viajes de humanos desde EE. UU. En 1970 la URSS envió el primer laboratorio científico, Lunokhod 1, cuya misión duró 322 días que completaron 10 km de viaje lunar; una segunda misión la realizó el Lunokhod 2, con una travesía de 37 km. Ambos robots fueron teleoperados por medio de *joystick*, en tiempo real desde la Tierra (Clancey 2012).

En 1997 llega por primera vez un robot explorador a la superficie marciana, el Sojourner, con el que se inauguró una sucesión de exploradores robóticos que, hasta el día de hoy, con Curiosity y Perseverance transitan por el suelo de Marte. Se desarrolló así un capítulo particular de la historia de la exploración espacial, tal como el ingeniero en jefe de las operaciones de los robots MER en Marte, Jake Matijevic, plantea:

Los MER fueron una extensión de los resultados de las misiones de los Vikings. Mirando los dos sitios donde los módulos Vikings aterrizaron, los científicos

7 Sin embargo, como el mismo Squyres confiesa en sus memorias, su proyecto no estaba preocupado desde el principio por el agua, fue Daniel Goldin, el administrador general de la NASA, el que planteó esta condición al encargado de la misión, Ed Weiler, jefe de la sección de Ciencia del Espacio del JPL (Squyres 2005).

8 La antinomia entre exploración humana y exploración robótica se alimenta por cierta tradición de temores y prevenciones en torno a ambos, modernamente expresada en mitos y fábulas que van de la literatura al cine. El robot como proyección particularizada del hombre (antropología negativa) deja en el trasfondo otras posibilidades, entre otras, amar, matar, soñar, que se recuperan como momento antitético de la relación humano∞robot y como frontera de la invención por venir.

podieron ver que querían hacer cosas que no eran posibles dado el hecho de que estabas en un módulo de aterrizaje. A partir de este interés científico emergieron las primeras ideas sobre cómo se podía intentar poner en movimiento una plataforma en la superficie de Marte. (Citado en Clancey 2012, 17)

Sin embargo, no se puede entender la acción a distancia de los robots, —su ingeniería, su diseño, desarrollo y pruebas, así como la contraparte humana—, si no se comprenden los propósitos definidos por las decisiones humanas, que son el resultado de una confluencia biográfica, histórico-generacional, cultural e institucional, científica, tecnológica y política que se decanta en la presencia en Marte.

En su libro *Roving Mars*, Steve Squyres narra este proceso desde una perspectiva en la que se sintetizan biografía, ciencia, ingeniería y política. La curiosidad por territorios desconocidos es el comienzo de esta experiencia: la coetaneidad con la empresa espacial de los años sesenta —las misiones Apolo, la llegada a la Luna—; su vocación científica por la geología, como un campo de exploración en donde proseguir su curiosidad; el descubrimiento azaroso de la astrogeología naciente a partir de un curso universitario con un científico vinculado a los orbitadores Vikings; y el interés provocado por el encuentro con las fotos enviadas por estos arrumbadas en un rincón de la universidad.

Años después, participó en las convocatorias de la NASA para proyectos de exploración, cuyo punto central no era la ciencia, sino la ingeniería: elaborar propuestas de artefactos para estos proyectos; en su caso, el desarrollo de cámaras de fotografía estereoscópica, *pancam*, para montar y llevar a Marte. Con posterioridad a la cámara, como instrumento de distancia, se agregó la propuesta de un brazo, instrumento de proximidad, que debería desarrollar acciones de laboratorio *in situ*. Con la propuesta de estos artefactos técnicos se abría la posibilidad de competir para ser aceptados como un proyecto de la NASA y, por tanto, continuar las actividades científicas y astrogeológicas en el terreno marciano.

El caso de Squyres es un ejemplo, entre otros, donde confluyen la elaboración de los medios de comunicación con los imaginarios y la formación de identidades profesionales. Los medios

[...] proveen de categorías normativas para quienes participan en el trabajo en torno al espacio (*space-related*), cómo participar y qué cuenta como éxito o fracaso. El contenido de los medios no solo inspira a la gente, sino que también alimenta la imaginación de lo que significa trabajar en un entorno extremo. (Mirmalek 2020, 17)

## Los robots geólogos: operación de terreno a distancia

La llegada a Marte, en 2004, de dos robots geólogos de terreno, Spirit y Opportunity, permitió por primera vez en la historia de la ciencia espacial la conjunción de la exploración de un terreno extraterrestre, el uso de un laboratorio científico en este y la programación de la movilidad del robot a distancia. La combinación de estas características en los robots, teledirigidos desde la Tierra, abrió la posibilidad de un nuevo campo de experiencia y acción de la navegación en otros planetas.

La experiencia del terreno desconocido abrió un juego de distancias y proximidades entre la Tierra y Marte, un trazo y un re-trazo de las acciones y prácticas interplanetarias posibilitadas por la presencia de los robots.

El trazo, la escritura, el programa, la experiencia y la acción provenientes de reflexiones diversas (Derrida 1998; Ingold 2011; Leroi-Gourhan 1964) sugieren la idea de una estética implicada en una cinestesia corporal, un movimiento incorporado en el lugar/región/espacio. En nuestra opinión, esta relación de cinestesia, estética y espacio/tiempo puede ser mediada y performada por medio de prótesis, una incorporación limitada del humano con el robot, con lo que se reescalan el campo de acción y de la experiencia humana.

El re-trazo permite pensar el juego de fronteras/distancias espaciales/temporales y experiencias, del allá y el aquí, como un bucle que produce una relación emergente singular, imprevista, como el vínculo humano/máquina *in situ* marciano desde la distancia de la Tierra<sup>9</sup>. Utilizamos el término re-trazo para referirnos a los procesos de síntesis espaciotemporales requeridos para alinear el allá y el aquí en una operación recurrente de exploración, investigación y programación que hacen posibles las misiones de los robots en suelo marciano.

Para comprender estos juegos de trazo y re-trazo de la distancia y la proximidad terrestre/marciana es necesario entender la ingeniería de los robots, diseñados, desarrollados y probados para una acción a distancia particular: la investigación geológica del terreno.

Cada uno de estos artefactos funciona como “geólogos robóticos de campo operados remotamente, leyendo los registros que están contenidos en las rocas y los suelos de sitios de aterrizaje” (Squyres *et al.* 2003, 1). Son como geólogos

9 Esta experiencia de la emergencia singular del aquí que conlleva la misión robótica, en tanto experiencia, la expresa el científico planetario James: “Cada misión es como un organismo vivo. Tiene personalidad y tiene un estilo [que] se gana al principio de la misión y nunca cambia [...] cambias a las personas y sigues teniendo la misma personalidad de misión” (Vertesi 2020, VII).

humanos con las herramientas y las capacidades necesarias para realizar sus tareas. El diseño de cada uno de estos instrumentos, así como la conformación del paquete de operación de los geólogos robots, fue desarrollado por un colectivo de científicos e ingenieros que habían estado en competencia por recursos y oportunidades pero que, con el tiempo y bajo la conducción de Steve Squyres, se conformaron como grupo. Este equipo se autodenominó Athena, en directa referencia a la diosa griega.

El conjunto de instrumentos y herramientas científicas denominadas Athena *payload* se dividió de acuerdo con las actividades por realizar, remotas o *in situ*. Las remotas proveían imágenes a color en una perspectiva estereoscópica e información mineralógica de los materiales en la superficie marciana; mientras las *in situ* servían para determinar tanto la composición elemental y mineralógica de los materiales de la superficie marciana —suelos, superficies rocosas e interior de las rocas— como sus propiedades texturales en una escala fina.

Para las actividades remotas los componentes de Athena consistieron en una cámara estéreo de alta resolución, cuyo objetivo era evaluar la morfología, la topografía y el contexto geológico de cada sitio de aterrizaje, obtener imágenes a color para determinar las propiedades mineralógicas, fotométricas y físicas de los materiales de la superficie, además de establecer la opacidad del polvo, el aerosol y las características físicas a partir de imágenes directas del Sol y el cielo. Además, se dispuso un espectrómetro de emisión termal semiinfrarrojo en miniatura (Mini-TES) para la investigación a distancia de la mineralogía de rocas y suelos. Estos instrumentos fueron montados en un mástil movable (PMA-Pancam Mast Assembly).

Para las actividades *in situ*, Athena se equipó con una cámara microscópica (MI) para tomar imágenes próximas de rocas y del suelo, un espectrómetro de rayos X para analizar partículas alfa (APXS), un espectrómetro Mössbauer (MB) para la determinación de rocas y suelos cargados de hierro y una herramienta abrasiva (RAT, Rock Abrasion Tool) para remover las superficies erosionadas de las rocas y exponer el material interior fresco para su caracterización. Estos cuatro artefactos se montaron en un brazo robótico (IDD, Instrument Deployment Device). Además, se agregó un experimentador de las propiedades magnéticas y no magnéticas del suelo.

Por otra parte, el robot MER cargó con cámaras de ingeniería, de navegación (*navcams*) y monocromáticas de ángulos amplios montadas en el PMA, además de cámaras estéreo monocromáticas de ojos de pez para evitar riesgos, puestas en pares en el cuerpo del Rover. Estas estaban conectadas a una inteligencia artificial básica con el propósito de evitar choques con las rocas que se encontraban en el

camino. Aunque estas cámaras no formaban parte de los equipos científicos, desempeñaron un papel importante en la investigación. Los instrumentos se conectaban entre sí en secuencias de operaciones programadas desde la Tierra (NASA 2022), por lo cual, según Squyres, debían pensarse “como una navaja suiza” (Vertesi 2015, 15).

Los miembros del grupo Athena continuaron su trabajo una vez que los robots llegaron a Marte, supervisaron el uso de cada instrumento y resolvieron los problemas que surgieron con el desarrollo de la misión. El equipo se dividió en dos grupos, uno por cada robot, y cada grupo se dividió en cinco grupos temáticos —atmósfera, geoquímica/mineralogía, geología, suelo y planificación a largo plazo—, además de los grupos de trabajo por cada instrumento de los robots. Esta división no estableció compartimientos fijos, los científicos podían participar en las reuniones de otros grupos y también colaborar en las actividades del equipo del otro robot.

El total de personas que participó en algún momento en la misión es difícil de estimar. Squyres publicó una lista de alrededor de 4 000 personas al final de su libro *Roving Mars*. Durante la misión, en los edificios del JPL/NASA había cerca de 200 personas, a la que se sumaron científicos, ingenieros y otros especialistas ubicados en instituciones u organismos fuera del JPL. El equipo ocupó tres pisos de un edificio del JPL: uno por robot —MER-A (Spirit) y para MER-B (Opportunity)— y un tercero para realizar operaciones compartidas.

En sus memorias, Steve Squyres expresa la expectativa científica implícita en la exploración en el terreno marciano: “Hay muchas cosas que yo podría desear a nuestros róveres, pero al final solo hay una que importa: lo que realmente quiero, más que cualquier otra cosa, son las huellas de nuestras botas sobre los rastros de sus ruedas” (2005, 378). El deseo de la presencia humana en Marte se vio anticipado por el re-trazo del recorrido y la labor de los robots por los científicos e ingenieros trabajando a distancia desde el JPL de la NASA. Se desplegaba así un capítulo singular de los viajes espaciales: en este caso, una exploración científica mediada por un nuevo vínculo entre humanos y máquinas.

## El re-trazo interplanetario: estar aquí ∞ estar allá

El trabajo de campo de los “robots científicos geólogos” posibilitó nuevas vistas en un terreno desconocido, con horizonte no experimentado y en un tiempo diferente: el tiempo marciano. Por una parte, la exploración y experimentación

extraterrestre tornó borrosa la distinción establecida entre investigación de terreno e investigación de laboratorio, que creó lo que Kohler (2002) llama un *labcapscape* o laboratorio de horizonte<sup>10</sup>. Por otra parte, la designación de los robots como *rovers*, palabra que refiere tanto a avanzada como a vagabundeo, reforzó la idea de la exploración y sus connotaciones heroicas; sin embargo, la distancia, la mediación de la acción y la experiencia, así como la capacidad misma de movilidad de los robots, marcaron una distinción con la práctica del geólogo de terreno<sup>11</sup>.

La conducción de los robots MER se posibilitó por la sinergia de colectivos diferenciados por tareas y dinámicas propias, científicos e ingenieros, que confluían al momento de poner en movimiento a los exploradores, de uno y de otro lado del espacio; por ello, desde el comienzo de la misión se planificó la observación del trabajo, lo cual supuso una etnografía del proceso de exploración en Marte. En opinión de Squyres:

Creo que era absolutamente necesario... no hay un libro de texto en el que puedas consultar cómo operar un robot en Marte. Entonces, tuvimos que resolver eso a medida que avanzábamos, y lo que hicieron [...] los científicos sociales [...] fue observar cómo interactuamos entre nosotros y cómo ayudarnos a encontrar formas de racionalizar eso, haciéndolo eficiente, asegurándonos de que la información no se perdiera en el camino [...] nos ayudaron a tomar ese tipo de sensación intuitiva visceral que teníamos sobre cómo hacer la ciencia y traducirla en [...] órdenes para ejecutar sin perder cosas en el proceso. (Mirmalek 2020, 10)

La experiencia singular de la misión, el trabajo con los robots MER, dejó un registro sistemático de su propia operación realizado por científicos sociales. En este sentido, la misión no solo avanzó en el conocimiento del terreno marciano, sino también en el conocimiento de lo que constituyó e implicó la operación a

10 La expresión *labcapscape* da cuenta de panoramas/paisajes (*landscapes*) que constituyen bordes, límites a la experiencia, a la normalidad, y que son en sí mismos entorno de investigación (*labcapscape*) singular. Dada la dificultad de traducir *landscape* en todo su sentido al español por las connotaciones demasiado armónicas del término paisaje, hemos preferido parafrasearlo como visión de horizonte y, en el caso de *labcapscape*, laboratorio de horizonte.

11 El trabajo etnográfico de William J. Clancey (2012) sobre la investigación científica en Marte acepta el relato heroico de la experiencia de los geólogos en entornos límites, por lo cual tiende a acentuar la diferencia entre el trabajo de campo y el trabajo de laboratorio como una antítesis, romantiza la exploración científica, a la vez que critica las interpretaciones de los geólogos sobre su historia y los motivos que los condujeron a su profesión.

distancia desde la Tierra de una exploración espacial. Una novedad, tal como lo subrayó Gentry Lee, director de análisis científico y de planificación de la misión Viking: “De todas las fases de la misión MER, la única que es completamente nueva es la fase de operaciones de superficie” (Clancey 2012, 60).

La coordinación temporal de los trabajos de los dos robots MER se sujetó al tiempo diurno de Marte, el tiempo del sol marciano, porque la energía de la cual dependían los robots era solar. Esto supuso, además, un rezago respecto al tiempo terrestre que obligó a los científicos e ingenieros a utilizar un reloj más lento en 2.7 % al de la Tierra para trabajar en el horario marciano. Asimismo, debido a la distancia de Marte con respecto al Sol el año sideral del planeta comprende 668,6 soles, por lo que sus estaciones duran casi el doble que las de la Tierra.

Los lugares donde realizar las operaciones estaban restringidos de antemano por el requerimiento de energía: las zonas de exploración solo podían estar a +/- 15° del ecuador marciano. Además, cada sitio de aterrizaje estaba en polos casi opuestos del planeta, por lo que cada uno tenía un tiempo particular y, así también, cada equipo de trabajo asignado a los robots. Igualmente, el día marciano constituyó el marco de las actividades que se realizaban en la Tierra para la planificación de los recorridos y los usos de los instrumentos de los robots en Marte. En ambos casos, tanto en la experiencia de terreno como del tiempo en que se hace posible esta experiencia, se requirió de un re-trazo, un ajuste entre el estar aquí y el estar allá, como consecuencia de lo cual los científicos e ingenieros encargados del proceso tuvieron que reconfigurar horizontes y tiempos normales de la Tierra, para hacer posible la conducción cibernética (en el sentido griego del término gobierno, κυβερνητική) desde la Tierra de los robots en otro planeta.

Por otra parte, la misión tenía una duración prevista: noventa soles marcianos, que era la duración garantizada de los robots, aunque los tiempos se extenderían mucho más<sup>12</sup>. El plazo programado determinó un horario de trabajo diario con el fin de no dejar pasar todas las oportunidades que se presentaran para cumplir a cabalidad los propósitos de la misión:

Esto significaba realizar el trabajo científico planificado de comienzo a fin para cada uno de los soles en cada sitio de exploración en Marte. Cada sol, los robots MER recopilaban datos en Marte y enviaban datos a los ingenieros [...], los científicos

12 Spirit mantuvo comunicación con la Tierra por 2210 soles (22/03/2010), casi seis años terrestres; mientras, Opportunity estuvo en comunicación por 5 111 soles (10/06/2018), catorce años terrestres (NASA 2022).

analizarían los datos y determinarían el próximo curso de acción, y los ingenieros enviarían instrucciones para las acciones a los robots. (Mirmalek 2020, 49-50)

La primera estrategia para afrontar esta situación fue aislar las actividades de los grupos de los tiempos marcados por la luz/oscuridad en la Tierra. Los lugares de trabajo estaban cerrados por cortinas que no permitían la entrada de la luz del día y se sugería a los miembros de los equipos que mantuvieran la misma práctica donde se alojaban. Una vez terminado el ciclo de trabajo los participantes eran trasladados en camionetas polarizadas y llevaban puestos lentes de sol durante el viaje. También se acondicionaron las habitaciones para dormir en las instalaciones del JPL y los servicios de comida. La disposición particular sobre el trabajo en estas condiciones la expresó claramente uno de los científicos del equipo, Jim Rice:

Los días de la semana en la Tierra no importan más porque estamos viviendo en el tiempo de Marte con los gemelos rover... Muchos [...] estamos promediando alrededor de 4-5 horas de sueño por noche. No sé si es a. m. o p. m., ¡pero me encanta cada minuto! (en Mirmalek 2020, 77)

Además, el ritmo del trabajo humano debía acompasarse con el ritmo de trabajo de los robots, comenzando por su capacidad de movilidad. Los robots llegaban a desplazarse a una velocidad de cinco centímetros por segundo, unos cuarenta metros por día; sin embargo, una vez en el lugar de exploración, para evitar riesgos se bajó esta velocidad a un centímetro por segundo, medio metro por minuto muy distante de los ritmos corporales humanos y de la movilidad de los geólogos humanos<sup>13</sup> durante su trabajo de terreno.

El ritmo de trabajo diario implicó:

[...] duraciones de tiempo incierto, como esperar cada día la confirmación de que los robots tenían recopilación de datos-comandos recibidos y seguidos, mientras que los miembros de la misión terrestre también se prepararon para trabajar con base en la anticipación de las respuestas de los robots. (Mirmalek 2020, 18)

13 En 2003 se realizaron simulaciones en las que fueron implicados científicos, ingenieros y robots, cuyos objetivos se centraron en la ingeniería de resultados, los procedimientos de actividades y los procesos científicos, lo que derivó en un aprendizaje de la cinética física de los movimientos de los robots y las comunicaciones: dónde y cuándo estar, con quién hablar y por cuánto tiempo (Clancey 2012).

En particular, los diversos grupos de científicos e ingenieros planificaron el uso de cada instrumento de los robots, a lo que se agregó el tiempo de estos. Por ejemplo, los Mini-TES pixelaban un marco de visión moviendo su espejo para hacer escaneos múltiples de un área, lecturas que eran programadas individualmente, y que podían requerir de cinco a treinta minutos o, en el caso extremo de los APXS, hasta diez horas. Estas actividades demandaban, además, energía del robot, que limitaba la planificación de las operaciones diarias en Marte y suponía horizontes temporales más amplios de planificación en la Tierra. Tal dinámica de trabajo y el *timing* que impuso re-trazando el tiempo de la Tierra, el tiempo humano, en función de los requerimientos de la exploración de los robots, hizo que los humanos llegaran a considerarlos compañeros de trabajo y no objetos para controlar y ordenar.

El estar allá de los científicos e ingenieros de la misión estuvo orientado por el programa táctico de tiempo (*tactical timeline*) de los robots y por el lugar marciano. Esta herramienta de comunicación para la coordinación de requisitos y transferencias de información, análisis de datos y procesos de decisión representó una división del trabajo, así como la secuenciación e imbricación de tareas de los tres actores implicados en el trabajo en Marte: los científicos, los ingenieros y los robots.

El día de trabajo comenzaba con la recepción de información de los robots MER, mientras los científicos se preparaban para recibir estos datos y analizarlos. Cada subgrupo científico, así como los de cada instrumento, se reunían para determinar qué información seguir, tanto en el corto plazo, en lo que correspondía al sitio mismo (observar o perforar superficies), como en el largo plazo, qué recorrido había que iniciar para cambiar de sitio. Se analizaban los datos y se discutían en pequeños grupos diferenciados por su especialidad, y de manera informal se proponían acciones que el robot debía realizar. La decisión última de la operación de los robots se tomaba en un encuentro formal entre grupos (Science Operations Work Group Meeting [SOWG]), en el que se establecía qué información deberían recoger los MER. Estos requerimientos de acción de los robots eran entonces enviados a los grupos de ingenieros para su discusión, confirmar su viabilidad y que no los pusieran en peligro; posteriormente eran procesados y enviados a estos; mientras tanto se realizaban reuniones entre los científicos, que no formaban parte del programa de tiempo, para dialogar sobre el futuro de la misión. Además, había encuentros formales e informales entre ingenieros y científicos, un espacio de transferencia interdisciplinar entre la ciencia geológica y la ingeniería de programas. Esta imbricación estrecha entre tareas, marcadas y pautadas por el programa táctico de tiempo, generó la experiencia vivida de un tiempo en Marte que se realizaba en el entorno de operación de la misión en la Tierra.

Por otra parte, no solo la distancia con Marte, sino entre cada sitio explorado se vio desdibujada al compartir un mismo lugar de trabajo; en el caso en que los encargados de un robot MER decidieran participar en alguna reunión del otro equipo, o compartir información o dudas, bastaba subir o bajar las escaleras al piso contiguo, lo que significó que podían transitar en cuestión de minutos diferentes tiempos marcianos.

Por último, las normas laborales de los equipos se establecieron de acuerdo con los criterios terrestres: cuatro días de trabajo a la semana y tres días de descanso. Esto permitió a varios miembros estar unos días en las instalaciones del JPL y otros en sus lugares originarios de residencia, aunque pronto se reconoció que no era suficiente el fin de semana para acomodarse a los ritmos terrestres y se complicaba volver a recuperar el ritmo marciano. Más allá del entusiasmo y la disposición de Rice, citada antes, la experiencia del tiempo marciano se resumió en la expresión del Mark Golombek: “Eso te arruina totalmente los turnos todos los días. No vas a la banca, no estás hablando con tus amigos. Ves más ciervos que gente en JPL. Estás en otro planeta” (en Mirmalek 2020, 77).

Si el tiempo de permanencia en Marte resultó en una vivencia de estar en el límite del tiempo humano mientras duró la misión prevista, en lo que respecta a la experiencia del terreno de exploración, la visión normal se conjugó con una percepción alterna a la realidad humana en busca de patrones imperceptibles a los ojos. Las cámaras de los robots MER produjeron imágenes del terreno marciano desde longitudes de onda no visibles al ojo humano. La serie de imágenes enviadas requirió de los científicos e ingenieros de la misión un entrenamiento y elaboración particular de la realidad:

La misión estaba tan impregnada en este tipo de trabajo que una miembro de la misión me explicó una vez que unirse al equipo requería aprender y desarrollar un tipo especial de experiencia visual: con las imágenes que el róver envió a la Tierra, con los programas de *software* necesarios para manipularlos y las transformaciones de las visiones comunes que circularon en el equipo. Como ella lo describió: “Cuando trabajas con el equipo por un tiempo, aprendes a ver como un róver”. (Vertesi 2015, 7)

En la experiencia del trabajo con los robots MER con cada nueva elaboración de las imágenes se buscaba generar una variación mayor de información para discutir en el grupo. La experiencia de estar allá se realizó como re-trazos de las

imágenes<sup>14</sup>, una praxeología de la percepción: “Esas actividades prácticas, formas de conversación, interacción, convenciones de imágenes y técnicas instrumentales que los científicos utilizan para dar sentido a los materiales visuales” (Vertesi 2015, 262). Esta operación sobre las imágenes desempeñó un papel central para coordinar no solo a los rover con la Tierra en el tránsito de un terreno que debía ser recorrido y reconocido a la vez, sino por las asincronías de los tiempos que debían acompañar equipos de científicos e ingenieros situados en el JPL y en otros lugares de Estados Unidos, Europa y Canadá. Para Vertesi, entender “cómo el equipo del rover gestiona y manipula imágenes de Marte no solo produce conocimiento colectivo de Marte, sino que también produce orden social entre los miembros del equipo; es decir, aprender a ver como un rover es un logro social” (2015, 16).

Toda adquisición de una imagen comenzaba en las reuniones de científicos que determinaban las operaciones de los MER durante el día solar, las cuales eran evaluadas y diseñadas con un propósito claro. Posteriormente, las imágenes debían ser “limpiadas” antes de presentarse como una prueba confiable; en este caso el papel del grupo de expertos de la herramienta implicada en esta operación fue determinante: el Pancam. A este grupo le correspondía “examinar cómo y por qué las imágenes solicitadas deben calibrarse antes de [...] trabajar con ellas como artefactos científicos”. Las imágenes se modificaban para aproximarse a situaciones estándar en Marte, de lo que resultaba que “la gestión de las intervenciones tanto humanas como de máquinas generara un sentido de confianza digital y de objetividad” (Vertesi 2015, 21).

Una vez procesadas, formaban parte de los recursos de trabajo de los científicos, en una primera instancia como tarea individual, realizada en los escritorios y mesas de operaciones para el análisis de la información visual. Las imágenes acentuaban diferentes características del suelo marciano, las laderas, la composición del suelo, la situación atmosférica o la morfología de las rocas, con el propósito de que los robots MER generaran una aproximación subsecuente o alguna intervención en la materialidad del terreno. Así, la operación de las imágenes re-traza el lugar donde se sitúan los robots con la intención de subrayar diversas características del terreno que serán objeto de discusión del grupo y de nuevas imágenes.

14 Vertesi acuña el término *drawing as* para designar esta elaboración de las imágenes; preferimos utilizar re-trazo para dar cuenta de la elaboración iterativa del trazo sobre el mismo trazo de la imagen, una variación con el propósito de abrir el campo de inferencias posibles sobre aquello que se percibe y en lo que estamos implicados como parte del *scape* (2015).

Un tipo particular de objetos de visualización que se produjo como parte de este re-trazo del terreno y la acción en Marte fueron las imágenes para decidir adónde orientar a los robots MER. Estas imágenes-mapas constituían tema de la discusión grupal que giraba entre los tipos de caracterización y tipificación del terreno marciano, con la intención de decidir dónde, cómo y en qué operar: “A lo sumo estos mapas pueden obtener una vista regional anotando una imagen de la cámara MOC o HiRISE en órbita con inferencias obtenidas de las interacciones en el suelo, de nuevo para guiar decisiones de conducción” (Vertesi 2015, 106).

Además, las habilidades y las técnicas de este re-trazo de imágenes se acompañaron de gestos y posiciones corporales, narrativas, formas de conversación y convenciones visuales: “Los miembros del equipo no usan tanto sus robots como extensiones de los sentidos humanos; más bien, adquieren una sensibilidad incorporada a las capacidades de los robots, mediada a través de transformaciones visuales terrestres” (Vertesi 2015, 22).

El procesamiento de imágenes requirió también el desarrollo de constreñimientos al momento del trabajo con estas y su manipulación interpretativa: ante imágenes ambiguas se sugería “colorear según tu hipótesis”, para revelar diferentes aspectos de Marte. De este modo, los miembros del equipo invocaban restricciones para vigilar la delgada línea entre la manipulación científica de la imagen y aquello que podría considerarse análisis *lookiloo* o de asociación libre (Vertesi 2015, 192-93). Dentro de estos condicionamientos se encontraban el rigor matemático del procesamiento de imágenes y la combinación de conjuntos de datos de instrumentos diversos, naves o escalas, que los científicos llamaron corregistrar datos “como ‘un deseo tal vez de ver diferentes cosas al mismo tiempo’, visualizar el contexto, o como ‘usar datos para otorgar tu confianza en otros tipos de datos’” (Vertesi 2015, 197).

Por otra parte, las disposiciones cuantitativas también apelaron al trabajo por medio de la analogía, el recurso a la experiencia y al juicio de los científicos. Los científicos hicieron un

[...] uso consistente de sus estudios de campo o de laboratorio en la Tierra que consideraban análogos a los sitios que examinaban en Marte. En una curiosa yuxtaposición a la naturaleza digital de los datos de imagen del rover, estos sitios de campo terrestres se llamaron análogos de Marte. (Vertesi 2015, 200)

Entre estos análogos se encuentran las estaciones de investigación de la Antártida, el núcleo del Ártico, los desiertos altamente secos de Sudamérica, así

como la región de Río Tinto en España, por sus mantos acuíferos de alta concentración de hierro y elevada acidez.

En síntesis, la experiencia interplanetaria de los robots MER derivó en un conjunto de re-trazos interrelacionados: la ambición del ser humano como explorador del cosmos, el robot como explorador e investigador del espacio exterior, la relación entre científicos, ingenieros y robots, la mirada geológica híbrida humanos∞robots, los marcos temporales Tierra/Marte y robots, el terreno terrestre como terreno extraterrestre, la (in)hospitalidad del cosmos para el ser humano.

## Consideraciones finales

En el ámbito de la investigación y la presencia en el espacio exterior, América Latina ha desarrollado una tradición basada en la observación desde la Tierra, ejemplo de lo cual es la instalación de observatorios astronómicos de alta tecnología en la región —Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM), en México; Atacama Large Millimeter Array (ALMA) y Atacama Pathfinder Experiment (APEX), en Chile—. También ha habido un amplio despliegue profesional en la elaboración y uso de cohetes y el envío de satélites a la órbita terrestre para comunicaciones e investigación científica. Asimismo, desde los años noventa del siglo pasado surgieron Agencias Espaciales Nacionales y se inició, en 2021, la conformación de la Agencia Latinoamericana y Caribeña del Espacio (ALCE), auspiciada por México y Argentina, cuyo convenio constitutivo ha sido suscrito por 18 países de la región. Sin embargo, esta diversidad de logros es marginada por los grandes proyectos hegemónicos en ciencia y tecnología espacial desplegados por Rusia, EE. UU., y Europa desde la Guerra Fría, así como por su reciente institucionalidad e incipiente inversión respecto a tales proyectos espaciales<sup>15</sup>.

La mirada astronoética utilizada en el análisis de la experiencia de los robots MER y la exploración del terreno marciano permiten apuntar caminos posibles para el futuro astronáutico de Latinoamérica en el espacio exterior desde una condición de *outsider within* (Star 2015, 14), extraños y familiares, a la vez capaces de cuestionar y reinventar los supuestos de la ciencia y la tecnología imperante

15 Según Global Affairs and Strategic Studies, el presupuesto total de los países integrantes de la ALCE es de 100 millones de dólares frente a los 18 500 millones de dólares de la NASA, los 5 600 millones de dólares de la Corporación Espacial Roscosmos y los 5 500 millones de dólares de la European Spatial Agency (ESA) (Santana 2022).

en la exploración espacial. Esta apropiación no puede darse solo con la intención de replicar proyectos, sino de re-trazar y transformar el sentido de la presencia de la región en ese espacio y en el futuro espacial: un re-trazo de los modos de percibir(se), imaginar(se) y actuar(se) del estar allá estando aquí.

El reconocimiento de lugares límites, donde la vida humana ordinaria no puede llevarse a cabo, se convierte en campos de experiencia y acción, para conocer otras formas de vida y para la transformación del conocimiento y la experiencia provocados por esos entornos, impulsando a crear modos de comprensión y comportamientos diferentes. Como afirma Stefan Helmreich, el “trabajo” del análogo marciano implica que “la Tierra se convierte en algo más que en sí misma, un representante de los planetas como categoría general y un laboratorio a través del cual los científicos exploran cómo podrían ser los ambientes planetarios” (en Vertesi 2015, 200).

Así, los lugares inhóspitos para la vida humana en la Tierra, como la Antártida, las zonas desérticas o los grandes macizos montañosos dan oportunidad a la conducción de investigaciones en varios terrenos de Latinoamérica. Estos desarrollos son deseables y posibles por su propio fin y, además, deben ser comprendidos como juegos y *performances* de la experiencia y la acción humana para la investigación extraterrestre, aprendizajes anticipatorios del futuro al que convoca la exploración espacial.

Aunada a esta posibilidad está la promoción en los sistemas educativos de la región de habilidades para la creación de robots, cuya aplicación en contextos extremos es una tarea posible y necesaria, en principio, para la actividad científica y la ingeniería. Al respecto, es relevante el aporte del astrobiólogo Rafael Navarro, investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el desarrollo del Laboratorio Portátil de Análisis de Muestras en Marte (SAM) incorporado al robot MER Curiosity (Saavedra, 2021). También destaca el anuncio del envío a la Luna de cinco robots diseñados y producidos en la UNAM (Hernández 2022) y de la participación de México en el proyecto Artemisa de la NASA.

Estos diferentes campos de experiencia y acción pueden formar una constelación que dispare una narrativa espacial en y desde Latinoamérica, que se trame a partir de recursos propios como la memoria de sus civilizaciones originarias y su cultura del espacio; la experiencia, muchas veces trágica, de la expansión y ocupación de sus territorios y contextos vitales; la traducción en la región de la “agilidad ontológica” que comparten los diversos actores implicados en la investigación espacial y la experimentación estética relacionada con la cultura espacial (Johnson 2021, 64-68).

La mirada astronoética desplegada en el análisis de la misión de los robots MER nos permite sostener que el rol de las ciencias sociales es relevante en el proceso de comprensión y ampliación de la participación de Latinoamérica en el juego espacial y en la reinención de lo humano en el cosmos.

## Referencias

- Bateson, Gregory.** 1998. *Pasos hacia una ecología de la mente*. Buenos Aires: Ediciones Lohlé-Lumen.
- Blumenberg, Hans.** 1987. *Die Sorge geht über den Fluss*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- . 2003. *Paradigmas para una metaforología*. Madrid: Editorial Trotta.
- . 2011. *Die Vollzähligkeit der Sterne*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Clancey, William.** 2012. *Working on Mars. Voyages of Scientific Discovery with the Mars Exploration Rovers*. Boston: MIT Press.
- Derrida, Jacques.** 1998. *De la gramatología*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Geertz, Clifford.** 1989. *El antropólogo como autor*. Barcelona: Paidós.
- Hernández, Mirtha.** 2022. “La UNAM lleva a México a la Luna”. *Gaceta UNAM* 5269: 8-10. <https://www.gaceta.unam.mx/wp-content/uploads/2022/02/220203.pdf>
- Ingold, Tim.** 2011. *Redrawing Anthropology. Materials, Movements, Lines*. Surrey: Ashgate.
- Johnson, Anne.** 2021. “Otros mundos, futuros posibles. Notas para una antropología del espacio exterior desde México”. *Boletín Colegio de Etnólogos y Antropólogos Sociales, A. C.*, 63-73. <http://ceas.org.mx/documentos/BoletinCEAS2021.final.pdf>
- Kohler, Robert.** 2002. *Landscapes and Labscapes. Exploring the Lab-Field Border in Biology*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Leroi-Gourhan, André.** 1964. *Le geste et la parole*. París: Albin Michel.
- Markley, Robert.** 2005. *Dying Planet. Mars in Science and Imagination*. Durham: Duke University Press.
- Mirmalek, Zara.** 2020. *Making Time on Mars*. Boston: MIT Press.
- Mishkin, Andrew.** 2003. *Sojourner. An insider view of the Mars Pathfinder Mission*. Nueva York: Berkley Books.
- NASA.** 2022. *Mars Exploration Rovers Overview*. <https://mars.nasa.gov/mer/mission/overview/>
- Saavedra, Diana.** 2021. “Reconocimiento de la NASA a Rafel Navarro. Montaña de Marte llevará su nombre”. *Gaceta UNAM* 5196: 6. <https://www.gaceta.unam.mx/wp-content/uploads/2021/04/210405.pdf>

- Santana, Christian.** 2022. “El despegue de la Agencia Latinoamericana del Espacio”. *Global Affairs and Strategic Studies*. <https://www.unav.edu/web/global-affairs/el-despegue-de-la-agencia-latinoamericana-del-espacio>
- Sheehan, William y Jim Bell.** 2021. *Discovering Mars. A history of Observation and Exploration of the Red Planet*. Tucson: The University of Arizona Press.
- Squyres, Steven et al.** 2003. “Athena Mars rover science investigation”. *Journal of Geophysical Research*. 108 (E12): 8062. <https://doi.org/10.1029/2003JE002121>
- Squyres, Steve.** 2005. *Roving Mars. Spirit, Opportunity, and the exploration of the Red Planet*. Nueva York: Edit Hyperion.
- Star, Susan Leigh.** 2015. “Revisiting Ecologies of Knowledge: Work and Politics in Science and Technology”, en *Boundary Objects. Working with Susan Leigh Star*, editado por Bowker, Geoffrey C., Stephan Timmermans, Adele E. Clarke y Ellen Balka 13-46. Boston: MIT Press.
- Turner, Victor.** 1982. *From Ritual to Theater. The Human seriousness of Play*. Nueva York: PAJ Publications.
- Valentine, David, Valerie A. Olson y Debora Battaglia.** 2009. “Encountering the Future: Anthropology and Utter Space”, *Anthropology News* 50 (9): 11-15. <https://doi.org/10.1111/j.1556-3502.2009.50911.x>
- . 2012. “Introduction. Extreme: limits and horizons in the ones futures Cosmos”. *Anthropological Quarterly* 85 (4): 1007-1026. <https://www.jstor.org/stable/41857287>
- Vertesi, Janet.** 2015. *Seeing like a Rover. How Robots, Teams, and Images Craft Knowledge of Mars*. Chicago: Chicago University Press.
- . 2020. *Shaping science. Organizations, Decisions and Culture on NASA's Teams*. Chicago: The University of Chicago.