

NEEMO,

el espacio bajo el agua

MANUEL MONTES PALACIO

*Una visión general
del laboratorio Aquarius.
(Foto: ESO)*

EL ESPACIO ES UN LUGAR INHÓSPITO. UN MEDIO EN EL CUAL LA VIDA DE LOS SERES HUMANOS SE HACE DIFÍCIL. A PESAR DE LA EXPERIENCIA ACUMULADA DURANTE LAS ÚLTIMAS DÉCADAS, LOS ASTRONAUTAS AÚN DEBEN ENTRENARSE DURAMENTE PARA SOPORTAR ESTAS CONDICIONES ADVERSAS, Y AÚN MÁS DEBERÁN HACERLO CUANDO TRASLADEN SU TEATRO DE OPERACIONES DE LA ÓRBITA TERRESTRE A LAS SUPERFICIES DE LA LUNA O MARTE. PARA AVANZAR EN ESTE SENTIDO, LA NASA DISPONE DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO EN AMBIENTES EXTREMOS, LLAMADO NEEMO.

Su nombre, el NASA Extreme Environment Mission Operations, nos recuerda al famoso personaje de la novela de Julio Verne, y ciertamente resulta muy adecuado, porque el programa se vale de un laboratorio submarino para llevar a cabo sus tareas.

El Aquarius se halla a unos 5,6 km de distancia de la costa de Key Largo, en el Florida Keys National Marine Sanctuary, y a unos 19 metros de profundidad, cerca de los arrecifes de coral de la zona. Se trata de un módulo submarino propiedad de la National Oceanic and Atmospheric Administration y gestionado por la University of North Carolina, el cual se desarrolló como habitáculo y laboratorio seguro para los científicos que deban trabajar durante semanas bajo el agua. Lo utilizan sobre todo los biólogos marinos, quienes salen al exterior para estudiar los corales y el resto de la fauna y la flora submarinas. Muchas de las tareas de análisis se pueden efectuar en su interior, ya que está equipado con numeroso instrumental científico, incluyendo ordenadores y sistemas de procesamiento de las muestras.

El Aquarius, efectivamente, es el único laboratorio submarino del mundo, y como tal, es una valiosa pieza del conglomerado de instalaciones científicas estadounidenses. Fue construido en 1986 y colocado en las Islas Vírgenes, si bien en 1996 fue reacondicionado y situado al año siguiente en Florida Keys. Desde entonces más de dos centenares de investigadores de 90 organizaciones han pasado por su interior, algunas extranjeras. Entre las más conocidas está la NASA, que comprobó rápidamente que el Aquarius es un lugar óptimo para simular largas estancias en medios extremos, lejos de la civilización. Además, sus hombres, saliendo al exterior con trajes especiales, pueden experimentar sensaciones parecidas a la baja gravedad reinante en la superficie de la Luna.

UN HOGAR AISLADO

El Aquarius es un laboratorio sofisticado. Dispone de una boya superficial equipada con los sistemas de soporte vital, un hábitat presurizado (400 pies cúbicos), y una plataforma anclada al suelo oceánico. Fuera, hay otros elementos útiles para los buzos.

El módulo presurizado no es demasiado distinto a cualquiera de los que se hallan en órbita. Su presión interna es la misma que la del agua exterior, unas 2,5 veces la normal en la superficie. Dispone de un “porche” para la entrada, donde el agua es mantenida a raya por la presión atmosférica. Los visitantes que provienen de tierra sólo pueden pasar 80 minutos en el Aquarius si no quieren sufrir problemas de salud al regresar, debido a la descompresión. Los que se quedan en él durante largos períodos no tienen ningún problema, pero tendrán que pasar 17 horas en un ambiente de descompresión antes de poder ascender al terminar su estancia.

La NASA llegó a un acuerdo con la NOAA para emplear el Aquarius durante algunas semanas al año, en el marco de su programa NEEMO. Durante tres semanas como máximo para

cada “misión”, astronautas y otros profesionales de la agencia, como médicos o ingenieros, desarrollarían intensivos planes de trabajo, con tareas y dificultades no muy distintas a las que se encontrarían en el espacio.

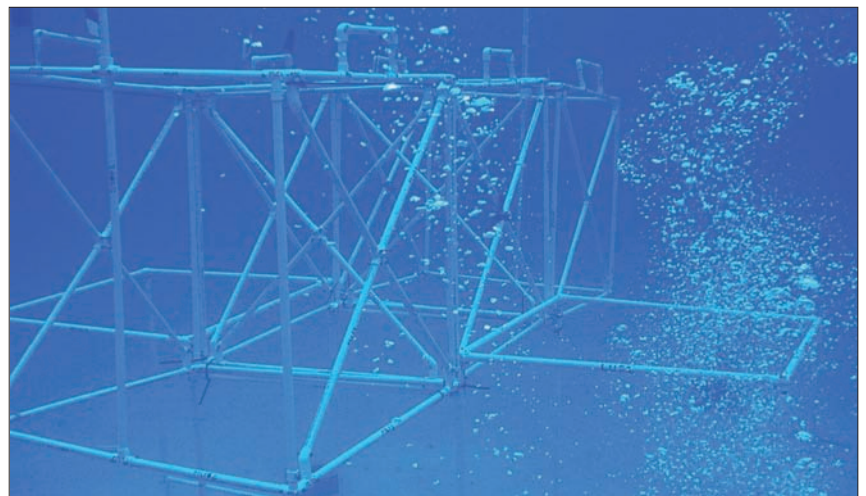
EL ESPACIO HÚMEDO

Además de permanecer aislados como lo estarían en una estación espacial o base lunar, los llamados “acuanautas” experimentarán muchas de las situaciones típicas de una misión al espacio. Las comunicaciones, la necesidad de efectuar salidas extravehiculares, el trabajo en un volumen reducido, el uso de suministros limitados, etc., recuerdan a las estrecheces de un vuelo hacia el Cosmos.

Así, antes de una salida al exterior, los acuanautas planearán la actividad como si fuera un paseo espacial, calcu-



El laboratorio Aquarius, tras ser remozado, listo para ser instalado en Key Largo. (Foto: NASA)



La estructura Waterlab, construida por los acuanautas de la misión NEEMO 5. (Foto: NASA)

lando los tiempos, detallando todas sus tareas, preparando las herramientas... Entre las excursiones que realizarán, típicamente, están varias hacia lugares concretos, lo que les obliga a orientarse, reconocer la topografía, llevar a cabo trabajos en destino, etc. También ensayarán las comunicaciones submarinas, construirán pequeñas estructuras (como el Waterlab) a lo largo de varias salidas, y efectuarán tomas de muestras locales en el arrecife de coral. Por supuesto, a diferencia de la superficie lunar, el océano proporcionará sus propios impedimentos, como las fuertes corrientes, las condiciones cambiantes de iluminación o el terreno arenoso.

La NASA puede ensayar aquí varias técnicas que más adelante podrán usarse en el retorno a la Luna. No es pues extraño que la agencia haya organizado un considerable número de misiones en el Aquarius.



*Cady Coleman, durante la NEEMO 7.
(Foto: NASA)*



Dos miembros de la NEEMO 9 participan en una salida extravehicular simulada, para practicar la navegación. (Foto: NASA)

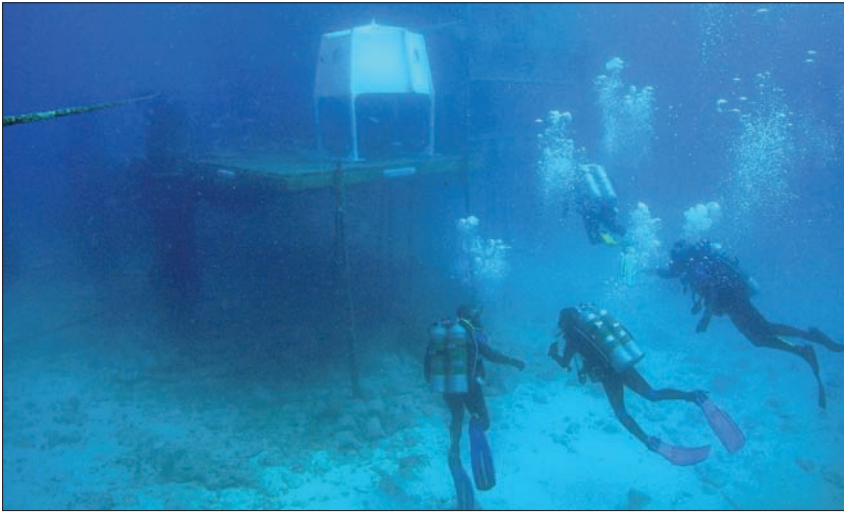
HISTORIA DEL PROGRAMA NEEMO

Hasta el año 2007 se habían llevado a cabo 13 estancias NEEMO en el laboratorio submarino. La primera estuvo protagonizada por el actual director del proyecto, Bill Todd, y tres astronautas, dos de la NASA (Mike Gernhardt y el hispano-estadounidense Mike López-Alegría), y uno de la agencia espacial canadiense, Dave Williams. Se desarrolló entre los días 21 y 27 de octubre de 2001, y significó una toma de contacto muy satisfactoria entre las instalaciones y los miembros de la NASA.

La misión NEEMO 2 se inició el 13 de mayo de 2002 y concluyó el día 20 del mismo mes. De nuevo, tres astronautas, Sunita Williams, Dan Tani y Mike Fincke, realizaron su bautismo submarino, acompañados por Marc Reagan, un especialista de la agencia encargado de entrenar a los futuros habitantes de la estación espacial internacional. La experiencia sería muy positiva en todos los sentidos.

Con los primeros informes sobre la mesa, la NASA programó otras misiones NEEMO en rápida sucesión. La tercera se desarrolló entre el 15 y el 21 de julio de 2002. En esta ocasión, el profesional participante sería Jonathan Dory, un experto del Johnson Space Center en factores humanos aplicados al espacio, acompañado por los astronautas Greg Chamitoff, Danny Olivas y Jeff Williams. Durante esta misión, los miembros de la expedición acuática salieron al exterior y construyeron una estructura submarina (Waterlab), simulando lo que sería el ensamblaje de algo parecido en la estación orbital. Las excursiones extravehiculares, entrenadas en grandes piscinas, son una de las prácticas más difíciles en la astronáutica, precisando de una extraordinaria meticulosidad. El programa NEEMO proporcionó una buena analogía para proporcionar experiencia a los astronautas. De hecho, éstos, antes de viajar al Aquarius, prepararon el plan que seguirían, e idearon una metodología que a la sazón les permitió terminar la construcción en la mitad del tiempo previsto inicialmente.

La expedición NEEMO 4 ocurrió entre los días 23 y 27 de septiembre del mismo año. Su inicio se había re-



Los acuanautas de la NEEMO 9 llegan por primera vez al Aquarius. (Foto: NASA)



La tripulación de la NEEMO 10, en la superficie. (Foto: NASA)



El traje utilizado permite modificar su centro de gravedad. (Foto: NASA)



Foto de grupo de la NEEMO 11. (Foto: NASA)

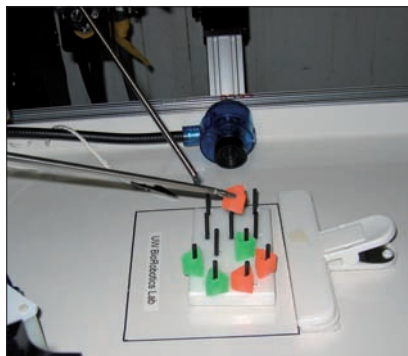
trasado debido a un huracán, de modo que la estancia duraría sólo cinco días. Podría haber sido peor, porque cuando sus ocupantes ya estaban en su interior, tres días después de haber entrado, una tormenta tropical amenazó con su evacuación. Por fortuna, la tormenta se degradó lo bastante y no fue necesario abandonar el complejo. En esta misión participaron los astronautas Scott Kelly y Rex Walheim, el director de vuelo Paul Hill, y Jessica Meir, una científica del programa de la estación espacial internacional.

Sin impedimentos meteorológicos, la misión NEEMO 5 amplió el tiempo de estancia hasta los 14 días. Se prolongó desde el 16 al 29 de junio de 2003, con Peggy Whitson, Clayton Anderson y Garrett Reisman representando al cuerpo de astronautas de la NASA, y Emma Hwang, otra científico de la ISS. A destacar que Whitson ya había estado en la estación espacial internacional, así que pudo realizar comparativas entre unas instalaciones y otras. Como en ocasiones anteriores, los objetivos serían experimentar condiciones de vida semejantes a las de una estación orbital, interactuar con los científicos, desarrollar un sistema de comunicaciones efectivo que permita trabajar lejos del habitáculo, y sobre todo, levantar puentes de camaradería y trabajo conjunto entre los miembros de la expedición. Se programaron un total de 12 actividades de investigación relacionadas con la fisiología y la psicología, estudiándose cuestiones ta-

les como los efectos del entorno sobre el sueño o el sistema inmunológico, la alimentación, el crecimiento de bacterias en el hábitat, o el uso de sistemas médicos inalámbricos de vigilancia personal. Al mismo tiempo, ensayaron el In-suit Doppler, un aparato que detectaba burbujas de nitrógeno en la sangre y que podría advertir de posibles problemas de descompresión.

MIRANDO AL FUTURO

Cuando se inició la misión NEEMO 6, la NASA sabía ya que debía empezar a prepararse para el regreso a la Luna. Anunciada la Vision for Space Exploration por el Presidente Bush algún tiempo antes, los ingenieros de la agencia habían comenzado a reorientar sus prioridades para desarrollar los sistemas y técnicas que serían necesarios para el vuelo lunar. Al mismo tiempo, los nuevos equipos que se enviarían pronto a la estación espacial necesitarían ser evaluados, y el Aquarius, no muy distinto al laboratorio ruso Zvezda de la ISS, era perfecto para esas pruebas. La sexta expedición NEEMO duró 10 días, entre el 12 y el 21 de julio de 2004. Participaron los acuanautas John Herrington, Nicholas Patrick, Doug Wheelock y Tara Ruttley (los tres primeros, astronautas), quienes probaron equipos para realizar ejercicio, tecnologías antimicrobianas, etc., y efectuaron las acostumbradas salidas submarinas para construir estructuras. Desde el punto de vista científico,



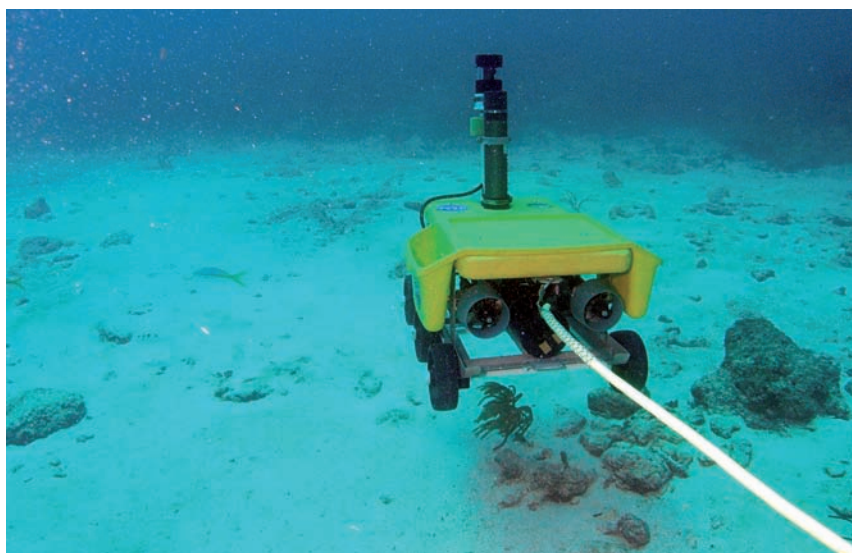
Se ensayó el uso de brazos robóticos para operaciones de cirugía en la NEEMO 12. (Foto: NASA)



Comunicación entre los miembros de la misión NEEMO 12 y de la estación espacial internacional. (Foto: NASA)

aportaron varios estudios sobre el arrecife de coral y analizaron los cambios sufridos por sus cuerpos durante el período de aislamiento.

Los aspectos médicos cuando una tripulación está lejos de casa y no tiene



El vehículo Rov es controlado remotamente bajo el agua. (Foto: NASA)

acceso a un hospital o a un doctor especialista, fueron el foco central para el que se organizó la misión NEEMO 7. Tres astronautas (el canadiense Robert Thirsk, y los estadounidenses Cady Coleman y Mike Barratt) y un científico de apoyo (el médico canadiense Craig McKinley), pasaron 11 días en el Aquarius entre el 11 y el 21 de octubre de 2004. Con las comunicaciones desarrolladas en anteriores misiones, llegó el momento de experimentar con la telemedicina en un ambiente tan extremo y aislado. Entre otros experimentos, probaron tecnología telerrobótica en un paciente simulado, sobre el que efectuaron "cirugía". Miembros especialistas del St. Joseph's Hospital, en Ontario, colaboraron dirigiendo las operaciones del robot y guiando a los astronautas que debían ayudar al compañero intervenido. Se hizo un uso intensivo de la realidad virtual, cada vez más sofisticada.

La misión NEEMO 8 significó un nuevo paso adelante, haciendo hincapié en otros aspectos igualmente interesantes. Los acuanautas fueron Michael Gernhardt, John D. Olivas, Scott Kelly y Monika Schultz, los cuales permanecieron en el laboratorio desde el 20 al 22 de abril de 2005. Con sólo tres días disponibles, el trabajo se centró sobre todo en la simulación de salidas extravehiculares y en la interacción con un vehículo operado de forma remota. Las excursiones debían simular un paseo lunar, así que se pesaron todos los componentes de los trajes y se añadió la masa necesaria para reproducir en lo posible la gravedad lunar, que es un sexto de la existente en la Tierra. Los astronautas aprendieron a moverse y a realizar diversas actividades en ese ambiente.

Un año después, entre el 3 y el 20 de abril de 2006, rompiendo el récord de permanencia para el programa NEEMO, se desarrollaba la labor de la expedición número 9. "A bordo" se encontraban los astronautas Dave Williams, Nicole Stott y Ron Garan, y el doctor Tim Broderick, de la University of Cincinnati. De nuevo, los objetivos eran ensayar conceptos de medicina espacial y técnicas para pasear sobre la Luna. Un paciente simulado situado en el laboratorio permitió llevar a cabo varios procedimientos de telemedicina, y se construyó una estructura en el exte-

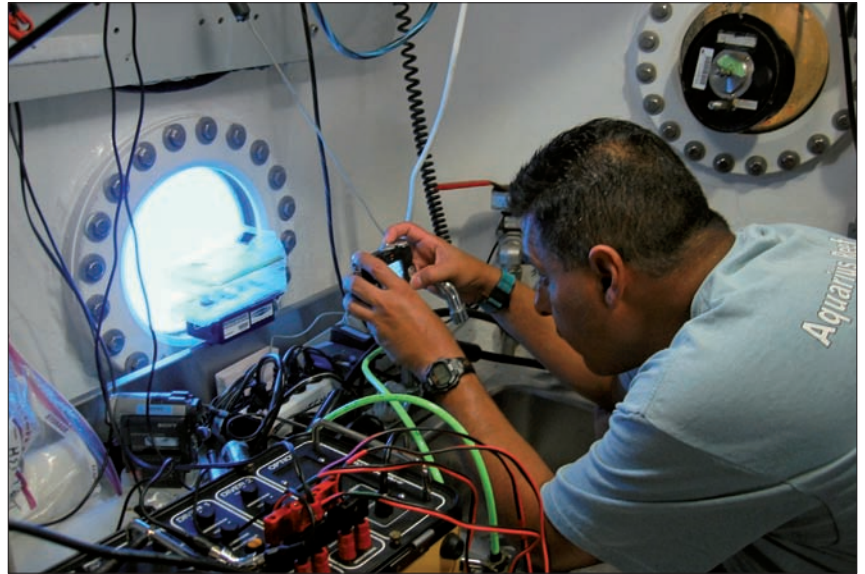
rior, con la ayuda de un vehículo autopropulsado y dirigido remotamente. Las operaciones fueron seguidas y controladas desde el Johnson Space Center, como si de una expedición lunar se tratase. La NEEMO 9 debería haberse llevado a cabo en octubre de 2005, pero dos huracanes consecutivos obligaron a posponer su celebración hasta el siguiente año. El retraso propició la sustitución de Lee Morin por Williams, ya que el primero tenía su propio plan de entrenamiento para una inminente misión en la lanzadera espacial.

JAPÓN TAMBIÉN PARTICIPA

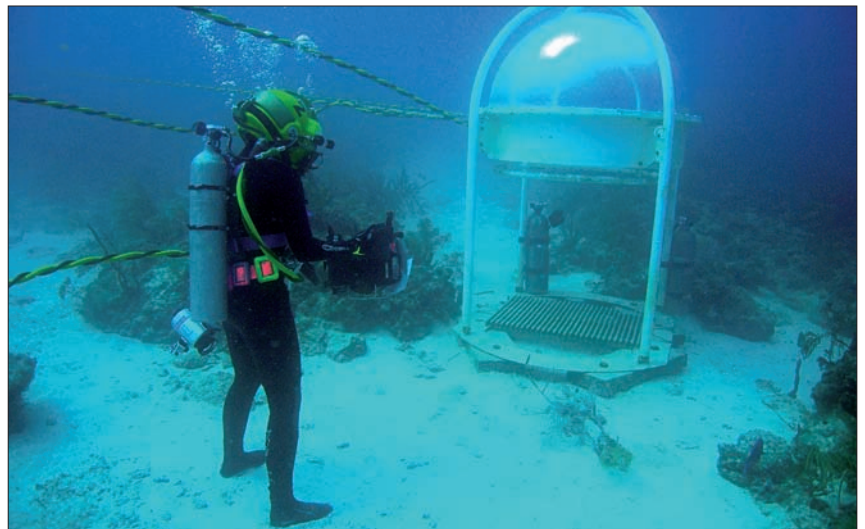
La NASA invitó a Japón en su próxima expedición NEEMO, y la agencia JAXA envió a su astronauta Koichi Wakata, quien se unió a sus colegas Andrew Feustel y Karen Nyberg. Junto a ellos estaría la oceanógrafa Karen Kohanowich, uno de los directivos del Undersea Research Program de la agencia NOAA. Los objetivos, realizados a lo largo de los días 22 a 28 de julio de 2006, serían semejantes a los de sus predecesores, con especial atención a probar conceptos de movilidad. Los acuanautas utilizarían mochilas lastradas para simular la gravedad lunar y marciana, y se ensayarían técnicas de comunicaciones y navegación, además de usar robots por control remoto. La financiación, procedente del programa Constellation de la NASA, permitió a la NEEMO 10 aportar interesante información que podrá sin duda utilizarse en el futuro, cuando los astronautas regresen a la Luna y deban no sólo moverse, sino también trabajar sobre ella.

La tercera utilización por la NASA del laboratorio Aquarius en 2006, denotando un creciente interés por aprovechar dichas instalaciones, se inició el 16 de septiembre. La misión NEEMO 11 tuvo a cuatro astronautas en la "tripulación": Sandra H. Magnus, Timothy L. Kopra, Timothy J. Creamer y Robert L. Behnken, todos ellos con entrenamiento adecuado para volar hacia la estación espacial internacional en cualquier momento. Junto a los profesionales del espacio se hallaban Roger Garcia y Larry Ward, de la University of North Carolina, que proporcionarían apoyo en labores de ingeniería.

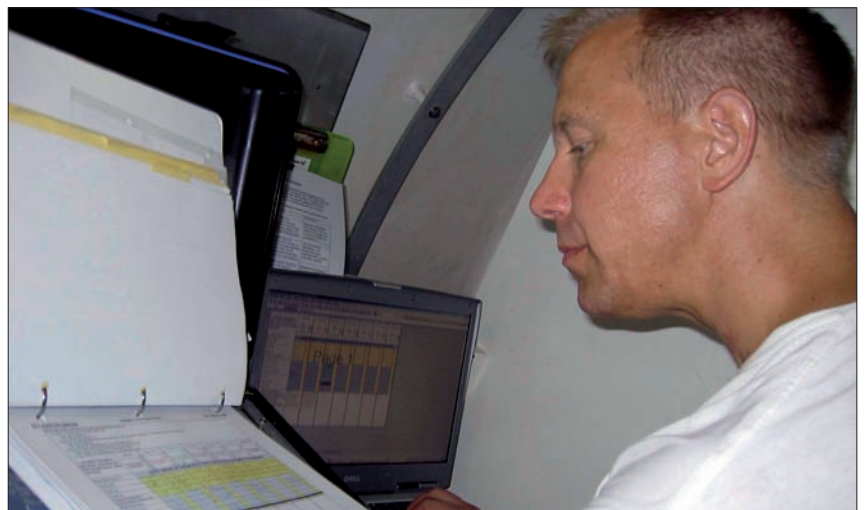
Utilizando la experiencia de las dos



Hernández observa el exterior desde el interior del Aquarius. (Foto: NASA)



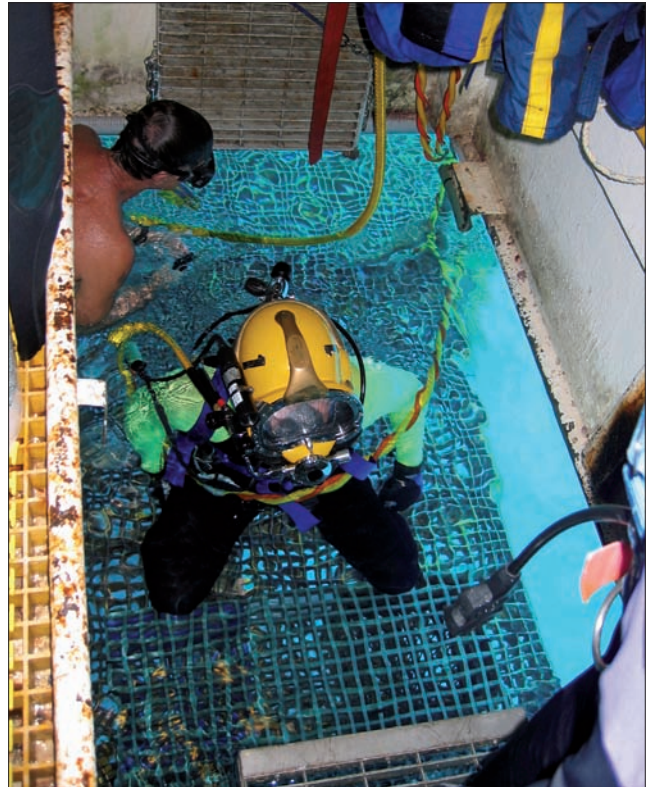
Este punto de descanso en forma de campana, contiene aire para los acuanautas. (Foto: NASA)



Los acuanautas disponen de listas detalladas del trabajo que deben realizar. (Foto: NASA)



Simulación de un paseo lunar. (Foto: NASA)



Nicholas Patrick, en el vestíbulo del Aquarius. (Foto: NASA)

anteriores misiones, la agencia preparó para ellos un programa aún más ambicioso, durante el cual saldrían en varias ocasiones al exterior del laboratorio, imitando la realización de paseos espaciales sobre la superficie lunar. Se probarían varias configuraciones de los trajes, así como pesos para simular la gravedad lunar. Durante su desarrollo, ensayaron técnicas de navegación, comunicaciones, recogida de muestras geológicas, construcción de estructuras y uso de robots controlados a distancia.

Dado que el programa Constellation contempla no sólo la visita de nuestro satélite sino también la instalación en su superficie de bases científicas, los ingenieros aprovechan las misiones NEEMO para descubrir problemas inherentes al aislamiento y el medio extremo que afectará a los astronautas. Se podrán así diseñar mejores hábitats, robots y trajes espaciales.

La misión NEEMO duró hasta el 22 de septiembre. Antes de su finalización, sus integrantes tuvieron la oportunidad de organizar varias videoconferencias desde el interior del Aquarius, comunicando con estudiantes conectados a la Digital Lear-

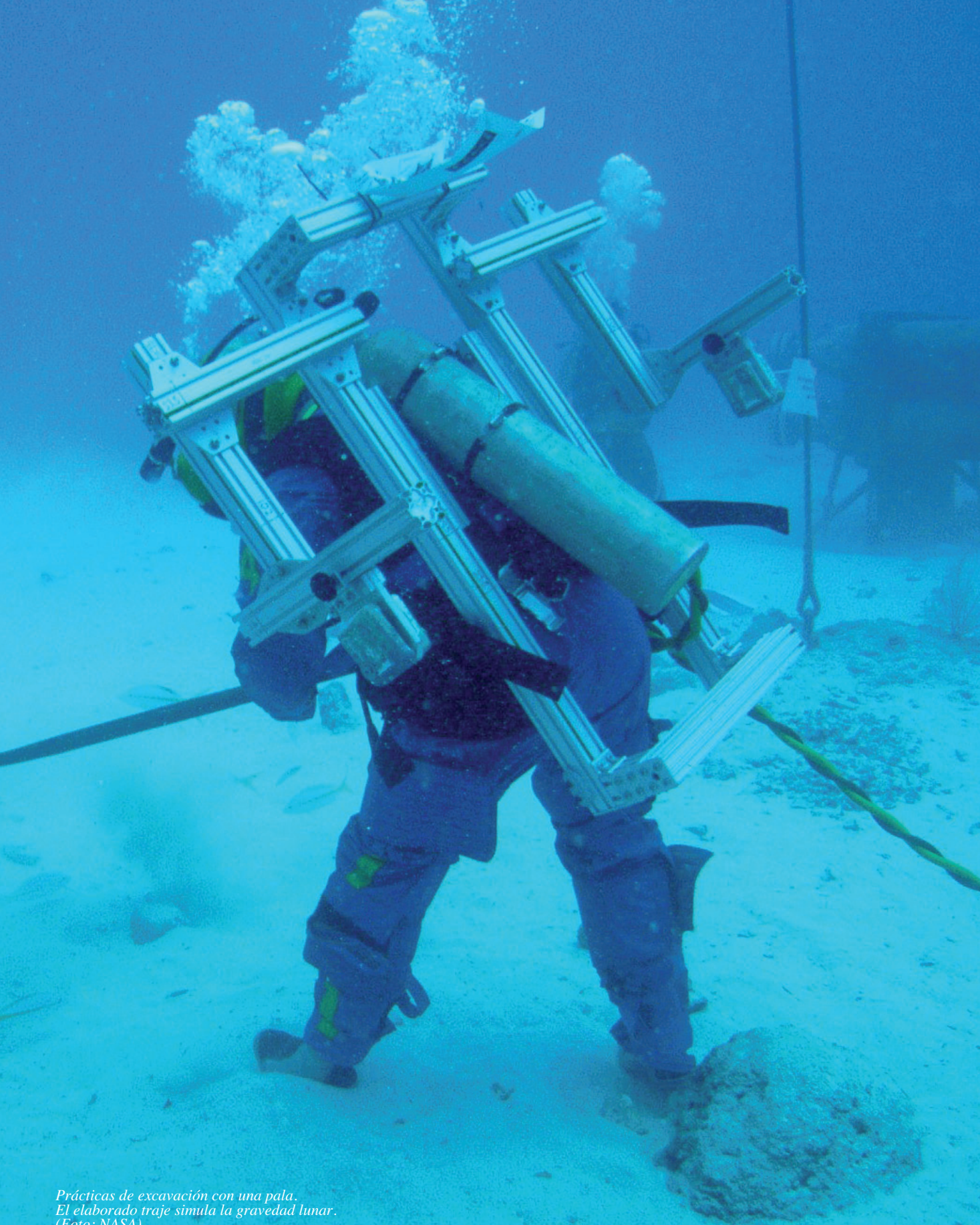
ning Network de la NASA. Estos, previamente, había realizado sus propios experimentos y pudieron realizar preguntas a los acuonautas respecto a ellos. Magnus, que había estado en la estación espacial internacional en octubre de 2002, durante la misión STS-112 de la lanzadera, dio su impresión sobre las diferencias entre el ambiente submarino y el espacial.

LA NASA CONTINUARÁ CON NEEMO

La agencia espacial estadounidense no es la única que utiliza el Aquarius durante un año determinado. Por ejemplo, durante 2007 se efectuaron un total de 8 misiones, de las cuales sólo dos (NEEMO 12 y 13) estuvieron protagonizadas por personal de la NASA.



Un vehículo móvil parecido a los que se usarán en la superficie de la Luna, durante la misión NEEMO 13. (Foto: NASA)



*Prácticas de excavación con una pala.
El elaborado traje simula la gravedad lunar.
(Foto: NASA)*

El resto se distribuye durante una temporada que va desde abril a noviembre, usualmente, evitando así los fríos meses de invierno, e incluye trabajos científicos de la Marina (US Navy) o de otros centros del país.

La NEEMO 12 se extendió desde el 7 al 18 de mayo de 2007. Como en anteriores ocasiones, sus participantes necesitaron menos de una semana de entrenamientos previos. En este caso, sólo dos astronautas, Heidemarie M. Stefanyshyn-Piper (con experiencia de vuelo en la STS-115) y Jose M. Hernandez, representaron a sus colegas de Houston. El resto de los ocupantes del Aquarius de la NASA fueron Josef Schmid, un médico de vuelo de la agencia (son aquellos que pueden interactuar con una tripulación en el espacio, en caso de problemas, y decidir si un astronauta es o no apto para viajar), y Timothy J. Broderick, otro médico de la NASA, cuya labor habitual es desarrollar tecnologías médicas para futuras misiones espaciales. James Talacek y Dominic Landucci, de la University of North Carolina, proporcionaron el apoyo de ingeniería para la misión.

Durante la estancia de algo más de 11 días, los acuonautas efectuaron tareas similares a las de sus antecesores, pero dando una especial preferencia a la realización de experimentos que implicaban el uso de tecnología médica avanzada, como la telecirugía robótica. Científicos de Cincinnati y Nashville, e incluso unos escolares, demostrando la facilidad de su uso, controlaron a distancia los brazos de dos robots cirujanos instalados en el Aquarius. Se trata de robots muy sofisticados, con los cuales se realizaron demostraciones y se probaron modos de superar el retraso en las comunicaciones impuesto por las distancias en un viaje espacial. La University of Washington proporcionó el robot Raven, y la empresa SRI International otro llamado M-7. Aunque son sólo prototipos, su sencillez de uso y su comportamiento avanzado permiten vaticinar que pronto sus des-



Los acuonautas de la NEEMO 12. (Foto: NASA)

cendientes serán integrados “de serie” en cualquier vuelo a la Luna u otros planetas. Cuando los astronautas pasen largas temporadas en la superficie de nuestro satélite, podrán tener la tranquilidad de la asistencia médica incluso sin tener que regresar urgentemente a la Tierra.

La última misión de la serie NEEMO en el momento de escribir estas líneas se produjo entre los días 6 y 15 de agosto de 2007. La NEEMO 13 enviaría al laboratorio a tres astronautas (Nicholas Patrick, Richard Arnold y Satoshi Furukawa) y un ingeniero del programa Constellation (Christopher Gerty). Jim Buckley y Dewey Smith, de la University of North Carolina, darían el apoyo de ingeniería. De nuevo, las simulaciones de paseos sobre la superficie lunar y los experimentos médicos serían la norma. Sin embargo, esta vez la tripulación trabajaría de forma mucho más independiente respecto al control central. La NASA quiere aumentar poco a poco el nivel de autonomía de los acuonautas para propiciar que tomen decisiones por sí mismos y relacionadas con cualquier tarea diaria. Cuando los astronautas estén lejos de la Tierra, tanto en la Luna como en Marte, no siempre será posible comunicarse con sus superiores y obtener res-

puestas inmediatas ante situaciones urgentes. Pero esto no es tan fácil como parece, y los futuros viajeros tendrán que entrenarse de manera adecuada. En las misiones NEEMO se podrá probar si dicho entrenamiento es efectivo o no, antes de que sea demasiado tarde. Básicamente, el objetivo es reducir el número de comunicaciones directas con el control de misión en Houston.

Paralelamente, se aumentaría la duración de los “paseos extravehiculares”. Los astronautas construyeron una torre de comunicaciones, practicaron la recogida de muestras y ensayaron diseños nuevos para sus trajes espaciales. Desde el punto de vista médico, participaron en diversos programas que

estudian la fisiología y el comportamiento humano en entornos extremos.

Sin duda, la NASA piensa continuar utilizando esta gran instalación. Si el cambio de Presidente y de política espacial no retrasa o cambia los planes en cuanto al regreso a la Luna, necesitará de toda la información posible para hacer más segura y efectiva la vida de sus astronautas en las naves espaciales y vehículos diversos que se están diseñando ahora mismo. Un laboratorio de uso compartido, de coste modesto (para los elevados presupuestos barajados habitualmente por la agencia), como el Aquarius, proporciona y proporcionará el ambiente adecuado y práctico para probar tecnologías que aún están demasiado verdes para su envío a la estación orbital y a un entorno de microgravedad real. Este humilde laboratorio, que no existía cuando la agencia preparó el programa Apollo, la estación Skylab o la actual estación internacional, se ha convertido pues en una de las infraestructuras más valiosas para hacer realidad el deseo futuro del Hombre: explorar y extender su influencia por todo el Sistema Solar ■

Más información en:

http://www.nasa.gov/mission_pages/NEEMO/