



# Tocar la Luna

Amelia Ortiz Gil, Alberto Fernández Soto,  
Fernando Ballesteros Roselló,  
María Jesús Moya y Mariana Lanzara

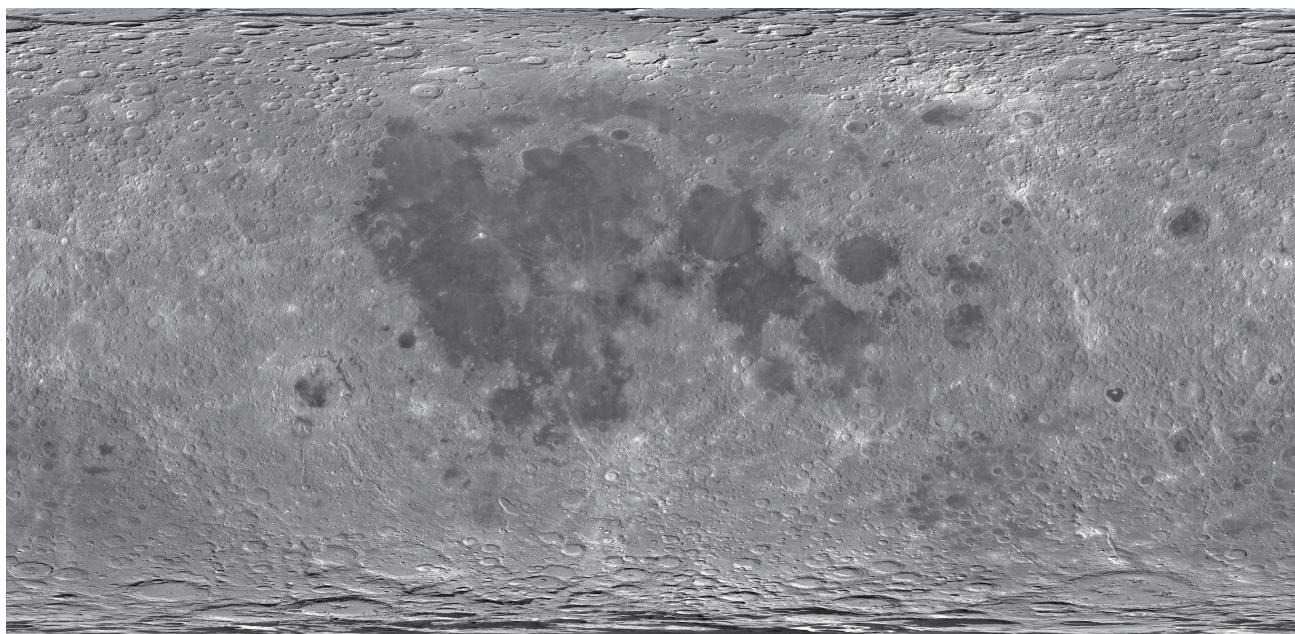
Amelia Ortiz Gil, Fernando Ballesteros Roselló, María Jesús Moya y Mariana Lanzara pertenecen al Observatorio Astronómico de la Universidad de Valencia. Alberto Fernández-Soto desarrolla su labor investigadora en el Instituto de Física de Cantabria, Santander.

Para contactar: [amelia.ortiz@uv.es](mailto:amelia.ortiz@uv.es)

La Luna es uno de los primeros objetos astronómicos que observamos en nuestras vidas, y nuestra experiencia de ella es puramente visual. Este proyecto busca que las personas con problemas de visión puedan también disfrutar de la Luna, pero a través del tacto.

**L**a Luna ha influido profundamente en la cultura humana, desde tiempo inmemorial. Desde su utilidad como luminaria nocturna y su empleo en calendarios, como fuente de inspiración para relatos, poemas, piezas musicales, o por provocar mareas en los océanos terrestres, la Luna ha tenido y tiene una notable influencia en la vida cotidiana.

Figura 1. Mapa lunar obtenido por la sonda *Clementine*. (NASA/NRL)



## Tocar la Luna

Pero nuestra experiencia es estrictamente visual. ¿Cómo conseguir, entonces, que las personas con dificultades visuales se acerquen a nuestro único satélite natural, tan relevante en nuestras vidas y cultura? Existen ya láminas en relieve, e incluso libros sobre la Luna para personas ciegas (Grice 2005, Hurd 2011), pero todos carecen de algo que a nosotros nos parece fundamental: la Luna es esférica, no plana. Así que nos embarcamos en la creación de la primera representación esférica de la Luna adaptada para personas ciegas.

### LOS ORÍGENES

El proyecto de la Luna táctil tuvo su origen cuando Rosa Dorán, del Galileo Teachers Training Program (GTTP) nos pidió crear una actividad relacionada con la Luna para personas ciegas. Basándonos en la experiencia previa con el espectáculo de planetario para

directamente relacionado con las alturas, sino más bien con la sensación general de brillo.

### EL PROTOTIPO

En 1994, la Organización para la Iniciativa de Defensa Estratégica y la NASA lanzaron una misión a la Luna, llamada *Clementine*. Uno de los objetivos de la misión era obtener imágenes detalladas de la Luna completa (Figura 1), en luz visible, ultravioleta e infrarroja, la realización de altimetría y gravimetría láser, y la medición de partículas cargadas eléctricamente. La sonda obtuvo imágenes de toda la superficie lunar, estudiando la mineralogía de la misma, tomando medidas de altimetría entre 60° N y 60° S de latitud, y recogiendo datos del campo gravitatorio en la cara visible. La misión, inicialmente llamada *Deep Space Program Science Experiment*, fue renombrada *Clementine* por la canción popular *Oh My Darling, Clementine* (*Oh mi*

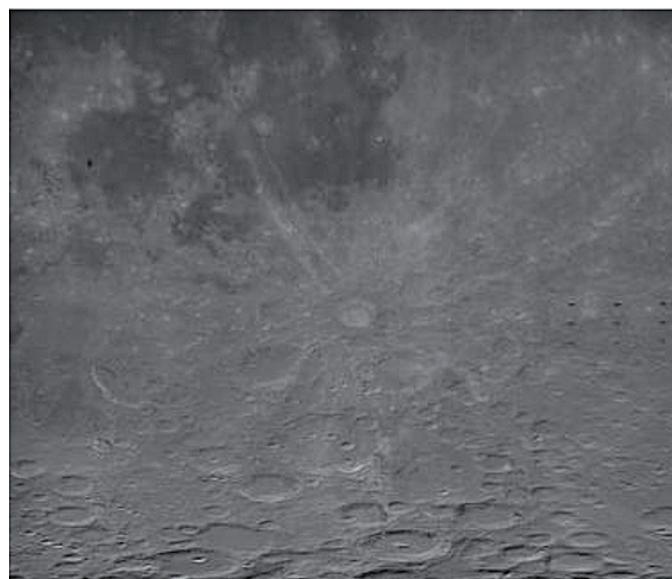


Figura 2. El cráter Tycho en el mapa de *Clementine* (izquierda) y su representación en la Luna táctil (derecha). Aunque los rayos del cráter no tienen ningún tipo de relieve en la realidad, en el modelo son resaltados para que el usuario pueda percibir la estructura visible del cráter. (Excepto donde se indique, todas las imágenes son cortesía de los autores)

invidentes (Ortiz Gil *et al.*, 2012) decidimos desarrollar un modelo en 3D por ordenador adecuado para su impresión en servicios de impresión especializados, actualmente extendidos por todo el mundo, de modo que las instituciones o personas interesadas puedan replicarlo fácilmente y utilizarlo en sus actividades de divulgación o docencia.

Además de la representación esférica, el modelo que buscábamos tenía que permitir a los usuarios sentir con el tacto lo que usualmente percibimos con la vista. No pretendíamos tener una representación topográfica, a pesar de que ya existen datos precisos que hacen esto posible. Así, por ejemplo, hemos resaltado en relieve los rayos de los cráteres, tan evidentes cuando miramos la Luna, pero que en realidad carecen de relieve topográfico. También hemos escalado la rugosidad de la superficie de un modo no

querida, *Clementina*) ya que después de su misión la nave espacial quedaría «perdida para siempre», como la infeliz Clementina de la canción.

El modelo de Luna táctil lo realizamos a partir del mosaico de imágenes obtenido por *Clementine*, al ser el único mapa en alta resolución de la Luna entera disponible. Ha sido publicado por la NASA y el Naval Research Laboratory y puede ser explorado en [www.nrl.navy.mil/clm](http://nrl.navy.mil/clm).

Utilizando un programa de procesamiento de imágenes (GIMP), suavizamos la superficie y la simplificamos, realzando los accidentes de interés y eliminando los menos importantes. Una de las lecciones aprendidas en nuestras experiencias anteriores con invidentes es que la presencia de demasiados detalles resulta confusa para ellos, que solo usan el tacto para crear una imagen mental del objeto.

## Tocar la Luna

Elegimos resaltar los cráteres y mares más famosos, las grandes cadenas montañosas y los rayos de los cráteres que más destacan a simple vista (Figura 2). En la cara oscura dejamos un terreno más rugoso y los cráteres más notables.

Los casquitos polares fueron allanados completamente para facilitar su identificación y la orientación del modelo, y en el modelo final marcamos el Polo Norte con una T, cuyo trazo vertical apunta hacia la cara visible de la Luna. Un meridiano en relieve separa las caras oculta y visible de la Luna, de modo que el usuario sepa en cuál de las dos se encuentra (Figuras 3 y 4).

Superpuesto al relieve lunar, añadimos en el prototipo letras en alfabeto Braille para identificar los lugares más característicos de la Luna, que refieren al usuario a un documento adjunto en Braille que identifica y explica brevemente cada uno de ellos.

Posteriormente combinamos tareas del paquete *IRAF* y el programa de análisis de datos *SuperMongo* para obtener la imagen en un formato ASCII adecuado para ser interpretado por el programa *MeshLab*, con el que finalmente producimos el fichero .stl, formato que utilizan las impresoras 3D.

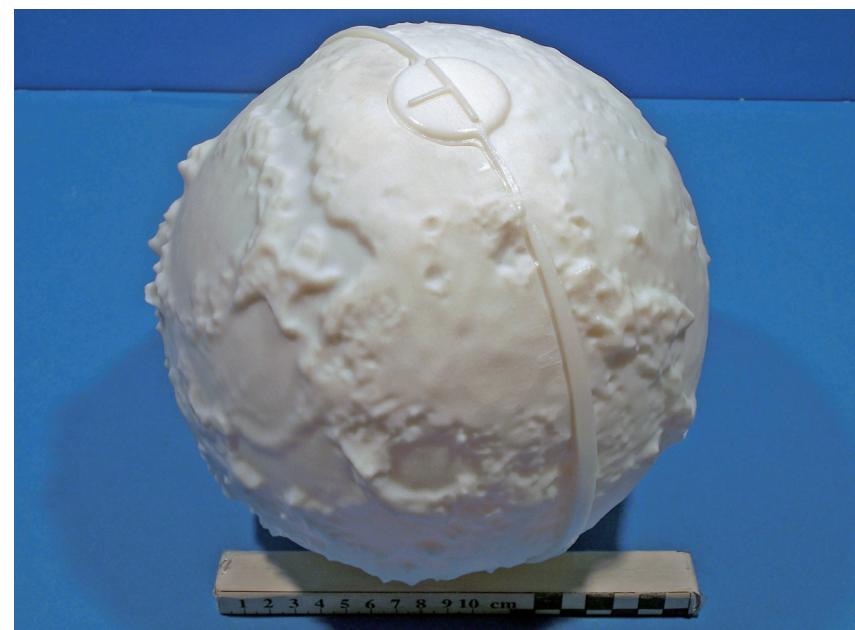


Figura 3. Una T en el Polo Norte marca dicho polo y señala hacia la cara visible de la Luna. Un meridiano divide las caras visible y oculta. Estos elementos permiten al usuario orientar el modelo y le ayudan a distinguir entre una cara y la otra.

Finalmente, dado que la impresión en 3D es aún bastante cara, solo se realizó la impresión de un máster en poliamida con impresora 3D. De él se obtuvo un molde de silicona, y con el molde se fabricaron las copias en resina que empleamos en el proyecto.

### PERO, ¿ESTO FUNCIONA?

Dado que nunca habíamos llevado a cabo ningún proyecto similar, en la primera fase decidimos imprimir veinte lunas que fueron distribuidas entre voluntarios que trabajan con personas ciegas de todo el mundo. Nuestro objetivo era recabar opiniones de gentes de todas las edades y culturas sobre las posibles mejoras del modelo.

Así pues, hicimos llegar nuestras lunas a todos los rincones del globo. Las enviamos a diferentes lugares de España, pero también a Puerto Rico, Argentina, Brasil, Irlanda, Italia o la India, por ejemplo. Allí fueron probadas por adultos, estudiantes universitarios y por jóvenes y niños (Figura 4). Nosotros tuvimos ocasión de hacer pruebas con niños y adultos en una jornada organizada por la ONCE en Alicante, en mayo de 2012 (Figura 5). Algunos de los videos registrados durante las pruebas han sido publicados en YouTube (el video de la India está en la referencia bibliográfica Mani. M., 2012).

Con las lunas adjuntamos un documento describiendo las líneas generales a seguir durante las pruebas, de modo que todos los usuarios respondieran a algunas preguntas que nos interesaban especialmente, como manejabilidad de la esfera, claridad de los accidentes, facilidad de orientación del objeto, utilidad de las marcas en Braille, etc.



Figura 4. Una estudiante ciega de la Universidad de Puerto Rico prueba el prototipo de la Luna. Fotografía cortesía de Gloria María Isidro (UPR).

## Tocar la Luna

Las reacciones y comentarios fueron muy positivos. Por ejemplo, un estudiante ciego de nacimiento en Granada pensaba que la Luna era un disco circular y afirmó que su percepción de la Luna había cambiado completamente después de probar el modelo táctil. Los estudiantes de la Universidad de Valencia no sabían que la Luna era tan accidentada, y los jóvenes de las pruebas en Alicante se mostraron muy ilusionados con la posibilidad de conocer con detalle la superficie lunar.

También nos hicieron notar las mejoras deseables en el modelo, como remarcar aún más las diferencias entre cráteres y mares, con mares completamente lisos, o incluir un meridiano que separara claramente la cara visible de la oculta (Figura 6).

Las indicaciones con letras en Braille resultaron no ser adecuadas al no tener el tacto y tamaño al que están habituados los usuarios. Es por ello que las marcas fueron eliminadas del modelo 3D final, siendo sustituidas por pegatinas en Braille realizadas con Dymo. Esto ofrece varias ventajas ya que permite al docente o comunicador marcar los accidentes que le interesen (cráteres, mares, lugares de alunizaje de las misiones *Apollo*, localizaciones de hielo de agua, etc.), pudiéndolos cambiar de una charla a la siguiente, según el tema que desee tratar. Además, los usuarios del hemisferio Sur prefieren manejar la Luna con el Polo Norte abajo, que es tal como la ven, y las letras en Braille del prototipo quedaban al revés en ese caso.

Se nos recomendó también que, para las personas con restos de visión, que en muchos casos no utilizan el Braille, conviene escribir sobre la superficie lunar con rotulador, caracteres grandes



Figura 5. Las pruebas de Alicante, realizadas en colaboración con la ONCE, fueron seguidas por Informativos Fin de Semana del canal de televisión La Sexta.

y el máximo contraste posible, los nombres de los accidentes de forma que los puedan leer.

Las indicaciones precisas de las personas que han participado en las pruebas han sido la base en que nos hemos apoyado para mejorar el prototipo, además de permitirnos aprender sobre sus estrategias para percibir el mundo que les rodea. Por ejemplo, una persona sugirió la elaboración de una actividad que permita aprender la historia de los nombres de los accidentes geográficos representados en el modelo.

Y así, un par de meses después, pudimos publicar un modelo mejorado y testado (Figura 7) que está a disposición de todos aquellos que deseen realizar actividades sobre la Luna dirigidas a personas con problemas de visión, simplemente solicitándolo a los autores de este artículo.

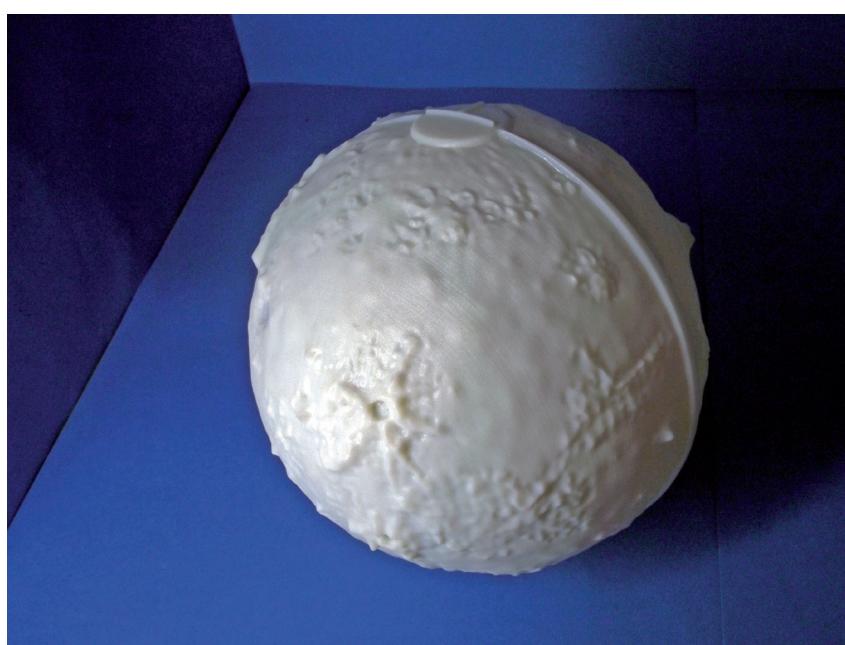


Figura 6. La «cara oculta» de la Luna táctil, separada de la visible por un meridiano en relieve.

## EL FUTURO

El proyecto ha sido acogido con gran entusiasmo en el seno de varios proyectos internacionales, como el Galileo Teacher Training Program (GTTP), Astronomers Without Borders (AWB) y Universe Awareness (UNAWE). En el caso de Universe Awareness tenemos prevista la realización de un kit que incluiría la Luna táctil, la semiesfera con constelaciones en relieve usada en el programa de planetario, y algunas sugerencias de actividades a realizar con ambos elementos. El kit será distribuido entre los educadores de UNAWE de todo el mundo, cuya tarea es el acercamiento de la astronomía a niños de entre 4 y 10 años,

## Tocar la Luna



Figura 7. Modelo de la Luna táctil desarrollado después de las pruebas con personas ciegas. La imagen está centrada en los mares de la Serenidad y la Tranquilidad, siendo este último el lugar de alunizaje de los primeros astronautas que pisaron la Luna, en la misión Apollo 11.

especialmente a los que se encuentran en países en desarrollo o en situaciones de exclusión social.

### AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto ha sido posible gracias a una beca de Europlanet dentro de su programa de divulgación, y a la financiación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, proyecto FCT-011-1913, y a la Universidad de Valencia.

Nuestros colaboradores en las pruebas con el prototipo han sido Gloria María Isidro y Carmen Pantoja (Universidad de Puerto Rico), Emilio García y Enrique Pérez (Instituto de Astrofísica de Andalucía), Silvia Martínez (Universidad de Alicante), Stefano Sandrelli y Monica Sperandio (Osservatorio Astronomico di Brera), Caterina Boccato y Leopoldo Benacchio

(Osservatorio Astronomico di Padova), Lina Canas (Planetario de Espinho), Sebastián Musso (Centro de Estudios Astronómicos de Buenos Aires), Mani. M (GTTP India), Victoria Mello (GTTP Brasil), Peggy Walker (AWB Estados Unidos), Deirdre Kelleghan (UNAWE Irlanda), y Mario Muñoz (GTTP Chile). A todos ellos nuestro más profundo agradecimiento.

Agradecemos la colaboración inestimable también de la Unidad para Personas con Discapacidad de la Universidad de Valencia (en particular, de Celeste Asensi, Raquel Rodrigo y María José Espinaco), y de la ONCE en Alicante y Granada.

Finalmente, agradecemos su participación en el proyecto a las empresas Océano Naranja, que fabricó el prototipo, y a AIJU (Centro Tecnológico), quienes fabricaron la versión definitiva de la Luna táctil. ▀

### BIBLIOGRAFÍA

- Grice, N., 2005, *El pequeño libro de las fases de la Luna*, Ozone Publishing.
- Hurd, D., 2011, *Getting a Feel for Lunar Craters*, Lunar Science Institute, NASA.
- Mani. M., [www.youtube.com/watch?v=lD8hmczGx-4](http://www.youtube.com/watch?v=lD8hmczGx-4)
- Ortiz Gil, A., Blay, P., Gallego Calvente, A.T., Gómez Collado, M., Guirado, J. C., Lanzara, M., Martínez Núñez, S., «Actividades astronómicas para público con discapacidades», *AstronomÍA* 151, págs. 24-29, enero 2012.