

## ACQUA LUNARE

*Il 26 ottobre 2020 su Nature Astronomy sono stati pubblicati on-line due articoli sull'acqua lunare. Li presentiamo in questa Nova con due articoli: il primo, dal sito NASA e in una nostra sintesi, sulla scoperta di molecole di acqua nel cratere Clavio, il secondo, ripreso da MEDIA INAF, che afferma che vi sia molta più acqua, intrappolata in zone permanentemente in ombra, di quanto si ritenga attualmente.*

### ACQUA SULLA SUPERFICIE LUNARE ILLUMINATA DAL SOLE

Lo Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA) – gestito da NASA e DLR –, telescopio di 106 pollici di diametro a bordo di un Boeing 747SP modificato, ha rilevato molecole d'acqua ( $H_2O$ ) nel cratere Clavio, uno dei più grandi crateri visibili dalla Terra, situato nell'emisfero meridionale della Luna. Precedenti osservazioni della superficie della Luna avevano rilevato una qualche forma di idrogeno, ma non erano state in grado di distinguere tra l'acqua e l'idrossile (OH). I dati provenienti da questa osservazione rivelano acqua in concentrazioni da 100 a 412 parti per milione – più o meno equivalenti a una bottiglietta d'acqua da 350 ml – intrappolata in un metro cubo di terreno lunare.

Per confronto, il deserto del Sahara ha una quantità d'acqua 100 volte superiore a quella rilevata da SOFIA nel suolo lunare. Nonostante le piccole quantità, la scoperta solleva nuove domande su come si forma l'acqua e su come persiste sulla superficie lunare priva di aria.

L'acqua è una risorsa preziosa nello spazio profondo e un ingrediente chiave della vita come la conosciamo. Resta da determinare se l'acqua trovata da SOFIA sia facilmente accessibile per essere utilizzata come risorsa.



La Luna con un disegno raffigurante le molecole d'acqua intrappolate nel suolo lunare e, in basso, l'aereo che ospita SOFIA (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy), che ha scoperto che l'acqua, anche se in modestissima quantità, può essere distribuita sulla superficie lunare anche illuminata dal Sole e non limitata a luoghi freddi e permanentemente in ombra.

Crediti: NASA/Daniel Rutter

I risultati di SOFIA sono pubblicati su Nature Astronomy e si basano su anni di ricerche precedenti. Quando gli astronauti dell'Apollo tornarono per la prima volta dalla Luna nel 1969, si pensava che fosse un corpo

celeste completamente privo di acqua. Le missioni orbitali e di impatto negli ultimi 20 anni, come il Lunar Crater Observation e il Sensing Satellite della NASA, hanno confermato la presenza di ghiaccio nei crateri permanentemente in ombra attorno ai poli della Luna. Nel frattempo, diversi veicoli spaziali – tra cui la missione Cassini e la missione cometaria Deep Impact, così come la missione dell'Indian Space Research Organization Chandrayaan-1 – e la struttura terrestre dell'Infrared Telescope Facility della NASA, hanno esaminato ampiamente la superficie lunare e hanno trovato prove di idratazione in luoghi più soleggiati, ma non erano in grado di distinguere definitivamente la forma in cui era presente (H<sub>2</sub>O o OH).

SOFIA, utilizzando il suo spettrografo ad infrarosso (FORCAST) e volando ad altitudini fino a 45.000 piedi, è stata in grado di captare la lunghezza d'onda specifica delle molecole d'acqua, a 6.1 micron, e ha scoperto una concentrazione relativamente sorprendente nel soleggiato cratere di Clavius.

Diverse forze potrebbero essere in gioco nel rilascio o nella formazione di quest'acqua. Le micrometeoriti che cadono sulla superficie lunare, trasportando piccole quantità di acqua, potrebbero depositare l'acqua sulla superficie lunare al momento dell'impatto. Un'altra possibilità è che potrebbe esserci un processo in due fasi in cui il vento solare fornisce idrogeno alla superficie lunare e provoca una reazione chimica con i minerali che contengono ossigeno nel suolo per creare idrossile. Nel frattempo, le radiazioni del bombardamento di micrometeoriti potrebbero trasformare quell'idrossile in acqua.

<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-sofia-discovers-water-on-sunlit-surface-of-moon/>

[https://www.youtube.com/watch?v=U70y8ypCbyA&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=U70y8ypCbyA&feature=emb_logo)

<https://www.nature.com/articles/s41550-020-01222-x>

## IMPONENTI RISERVE D'ACQUA LUNARE

*Quarantamila chilometri quadrati di zone d'ombra sulla superficie della Luna potrebbero nascondere una riserva di ghiaccio d'acqua permanente grande il doppio rispetto a quanto stimato finora. Da MEDIA INAF del 26 ottobre 2020, riprendiamo, con autorizzazione, un articolo di Rossella Spiga.*

Dietro le ombre di cui la Luna è costellata e che risultano inaccessibili alla vista, pare possano nascondersi riserve di acqua molto più grandi rispetto a quanto sospettavano gli scienziati. In alcuni casi, si tratta di depositi di ghiaccio non più grandi di un centesimo.

È quanto dice un nuovo studio guidato dall'università di Boulder in Colorado e pubblicato oggi [26 ottobre] sulla rivista *Nature Astronomy*, in cui i ricercatori hanno cercato di fare luce sul fenomeno delle cosiddette *cold traps*, "trappole fredde", regioni ombrose della superficie lunare che permangono in uno stato di buio perenne e in cui si ipotizza che possa restare intrappolato il ghiaccio d'acqua. Nello studio viene per la prima volta mappata la distribuzione delle *cold traps* su piccole scale spaziali con dimensioni medie che vanno da un chilometro a un centimetro, affinando notevolmente la stima delle aree in cui il ghiaccio può accumularsi. Confrontando i modelli teorici con i dati del Lunar Reconnaissance Orbiter della Nasa, si ritiene che circa il 10-20 per cento di tutte le aree contenenti ghiaccio siano proprio queste micro-trappole, che si sono dimostrate le più numerose. Campionando con maggiore precisione spaziale la superficie, il numero "trappole" si è rivelato notevolmente più alto rispetto alle stime precedenti, permettendo di raggiungere una superficie complessiva di "trappole" di circa 40mila chilometri quadrati, il doppio di quanto stimato in precedenza.

Circa il 60 per cento di queste zone si trova nella zona sud della Luna perché a latitudini superiori a 80° non ci sono temperature abbastanza basse da sostenere l'accumulo di ghiaccio.

La scoperta di crateri lunari pieni di ghiaccio non è del tutto una novità. Già nel 2010 il radar Mini-Sar della Nasa aveva identificato vicino al polo nord lunare 40 depositi che conterrebbero circa 600 milioni di tonnellate di acqua gelata.

Si tratta di zone che in alcuni casi non hanno ricevuto un raggio di luce solare per miliardi di anni, raggiungendo – e mantenendo – temperature bassissime, intorno ai 184 °C sotto lo zero. Nello studio si è cercato di capire quanto comuni potessero essere queste trappole. Esistono solo in grandi crateri, o si diffondono su tutta la superficie lunare? La risposta sembra essere che la Luna è un po' come una pallina da golf, in cui i poli nord e sud della Luna potrebbero contenere un numero enorme di urti e ammaccature in grado di creare ombre permanenti – molti di loro solo di un centimetro di diametro. In precedenza, era



stato stimato che l'area delle trappole fredde sulla Luna ammontasse a oltre 18 mila chilometri quadrati, circa la metà di quanto invece previsto nell'ultimo studio.

«Se abbiamo ragione, la riserva di acqua sulla Luna potrebbe rappresentare una risorsa accessibile di acqua potabile, per il carburante dei razzi, e tutto ciò di cui la Nasa avrebbe bisogno in caso di missioni umane sulla Luna», dice Paul Hayne del Laboratorio di fisica atmosferica e spaziale dell'università del Colorado, primo autore dello studio. Queste riserve nascoste potrebbero addirittura essere una chiave importante per le future basi lunari. «In queste regioni le temperature sono così basse che il ghiaccio si comporta come una roccia», specifica Hayne. «Se l'acqua rimane intrappolata in questa zona non può andare da nessuna parte per un miliardo di anni».

È in corso la survey della Nasa Lunar Compact Infrared Imaging System, guidata sempre da Hayne, che analizzerà immagini panoramiche di rilevamento del calore della superficie della Luna vicino al suo polo sud nel 2022.

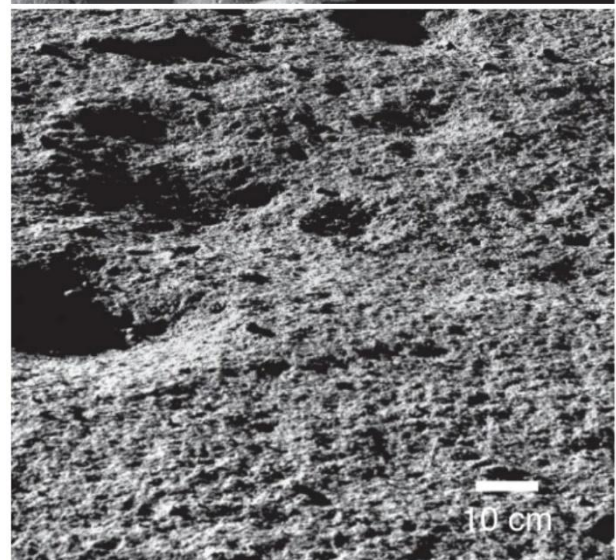
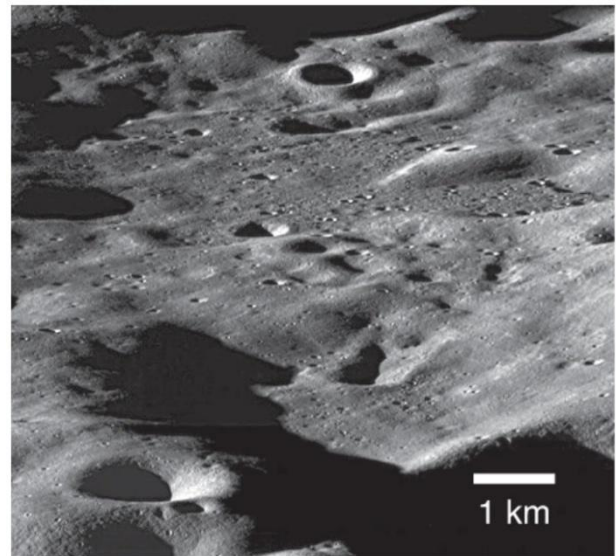
Gli scienziati ritengono che occasionalmente l'acqua sia arrivata sulla Luna in grandi quantità tramite lo schianto di comete, asteroidi o altri oggetti ricchi di acqua provenienti dal Sistema solare.

Hayne stesso ammette che non è ancora dimostrabile che queste ombre contengano per certo riserve di ghiaccio ma i risultati sono molto promettenti e le future missioni potrebbero gettare ancora più luce, letteralmente, sulle risorse di acqua sulla Luna a disposizione dei futuri viaggiatori spaziali.

**Rossella Spiga**

Ombre sulla Luna di diverse dimensioni: nell'ordine dei chilometri quelle (in alto) viste con il Lunar Reconnaissance Orbiter; delle decine di metri quelle (al centro) immortalate dal rover Yuto della missione cinese Chang'e-3; e dei centimetri quelle (in basso) riprese in dettaglio da Apollo 14.

Crediti: P. O. Hayne *et al.*, *Nature Astronomy*, 2020



<https://www.media.inaf.it/2020/10/26/acqua-sulla-luna-2/>

P. O. Hayne, O. Aharonson e N. Schörghofer, "Micro cold traps on the Moon", *Nature Astronomy*,  
<https://www.nature.com/articles/s41550-020-1198-9>