

Aporte Santiaguino



Aporte Santiaguino 15 (2), julio - diciembre 2022: 178-191

ISSN: 2070 – 836X; ISSN-L: 2616 - 9541

DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n2.949>

Website: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino



Teoría de la Luna volcánica, ¿TES y TEV son aplicables a otros cuerpos celestes?

Volcanic Moon theory Is TES and TEV applicable to other celestial bodies?

CLAUDIO VALVERDE RAMÍREZ¹, YULISA VALVERDE ROMERO¹, MILTON VALVERDE ROMERO¹, YENY VALVERDE ROMERO¹, YEHOSÚA ANTONY TARAZONA VALVERDE¹, GIORGIO ALDAIR TARAZONA VALVERDE¹, MARITZA VALVERDE ROMERO¹, HENRY TARAZONA VALVERDE¹ Y JHAIR AIRTOR TARAZONA VALVERDE¹

RESUMEN

Al evaluar lo planteado en la Teoría de la Energía Sísmica (TES) y la Teoría de la Energía Volcánica (TEV) reflexionamos que para que sean consideradas teorías universales deben ser aplicables a otros cuerpos celestes o por lo menos brindarnos algunas respuestas por analogía. Por ello, inicialmente nos centramos en el estudio de nuestro satélite natural, la Luna, debido a que por su cercanía a la Tierra es el cuerpo celeste del que poseemos mayor información. Así, a la investigación se revela que, en un inicio, los lunamotos han sido de gran magnitud y con mayor frecuencia y con ello se han dado las condiciones para el desarrollo de actividades volcánicas verdaderamente intensas. Resultado de esa acelerada combustión pronto la actividad volcánica cesó (en comparación a la Tierra) dejando abundantes restos volcánicos e incluso formando una barrera fotoprotectora natural. En

¹ Centro de Investigación, Asociación CVR-TES Group. Huaraz, Perú.

©Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite: Compartir - copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, Adaptar - remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

consecuencia, ese ambiente gris de aparente tranquilidad nos traduce un pasado muy violento fruto de la Luna Volcánica.

Palabras clave: Teoría de la Energía Sísmica (TES); Teoría de la Energía Volcánica (TEV); Luna; lunamotos: actividad volcánica.

ABSTRACT

When assessing what is stated in the Theory of Seismic Energy (TES for its acronym in Spanish) and the Theory of Volcanic Energy (TEV for its acronym in Spanish) we reflect that, in order to be considered universal theories, they must be applicable to other bodies or at least give us some answers by analogy. For this reason, we initially focused on the study of our natural satellite, the Moon, because, due to its proximity to Earth, it is the celestial body about which we have the most information. Thus, the investigation reveals that, initially, the moonquakes were of great magnitude and with greater frequency and with this the conditions for the development of intense volcanic activities have been given, as a result of that accelerated combustion, the volcanic activity soon ceased (compared to the Earth), leaving abundant volcanic remains and even forming a natural photoprotective barrier, consequently, that gray environment of apparent tranquility translates to us a very violent past as a result of the volcanic Moon.

Keywords: Seismic Energy Theory (TES); Volcanic Energy Theory (TEV); Moon; moonquakes; volcanic activity.

INTRODUCCIÓN

La Luna es un satélite natural que circunda a la Tierra, proyectándose como un indiscutible símbolo nocturno que se convierte en un cuerpo celeste tan real como enigmático. En los tiempos de Galileo Galilei se pensaba que la Luna era un cuerpo liso, casi perfecto, hasta que un novedoso invento llamado telescopio llegó a sus manos, a partir de ese momento el conocimiento de la Luna cambió radicalmente. Galileo exponenció la utilidad del telescopio, así, lo que al inicio se veía tres veces más próximo y nueve veces más grande, después de diversos arreglos Galileo alcanzó a ver mil veces más grande y treinta veces más próximo, haciendo descripciones precisas que fueron muy novedosas en su momento (Nuñez, 2010).

Actualmente, gracias al avance de la ciencia y la tecnología de la mano con diversas investigaciones realizadas, se tiene información más precisa de nuestro satélite natural, conociéndose que la atmósfera lunar (en la Luna se le denomina exósfera) es muy débil, casi inexistente por ser muy tenue y delgada, por ello, únicamente se registran vientos que pueden provocar tormentas de polvo (GeoEnciclopedia, 2019). Además, diversas investigaciones mencionan que la superficie lunar es una cubierta de lava endurecida en la cual hay dos áreas diferenciadas: los mares que son la parte llana y más oscura representada por cuencas que se llenaron de lava hace 4200 y 1200 millones de años, y las áreas más claras que son más accidentadas, en las que resaltan la presencia de cráteres de distinto tamaño, proporcionando evidencia de cómo la corteza primitiva se pudo haber cristalizado a partir de un océano de magma que son de distintas composiciones y edades (Netting, 2014; Pieters, 2009; Gaddis, 2003; Trang, 2022; Karthi, 2022). Los descubrimientos del Orbitador del Renacimiento Lunar de la NASA indican que la Luna podría haber tenido flujos volcánicos hasta hace solo decenas de millones de años, durante la era de los dinosaurios de la Tierra (Yan, 2019). Conviene subrayar que, casi toda la Luna está cubierta por una pila de escombros de polvo gris carbón y escombros rocosos llamado regolito lunar, siendo sus compuestos principales el oxígeno, silicio, magnesio, hierro, calcio y aluminio, con pequeñas cantidades de titanio, uranio, torio, potasio e hidrógeno (Barnett, 2022). El regolito es roca suelta de material no consolidado que no forman aún el suelo con un grosor de 4 a 5 metros en la zona de los mares lunares, mientras que en el área de las regiones montañosas es de 10 a 15 metros, el regolito también existe en otros cuerpos celestes incluida la Tierra (McKay, 1991). Bajo el regolito se encuentra el basalto lunar (roca volcánica), con un espesor de hasta 455 metros, estos son ricos en titanio y hierro que fueron generados principalmente por el vulcanismo (Zhang, 2022; Du, 2019; Xie, 2016). Por lo demás, la presencia de cráteres volcánicos en la Luna es innegable; muchos son visibles y otros podrían estar rellenos o enterrados por la eyección de cráteres; Estos cráteres son de diversas dimensiones, los más grandes tienen un diámetro entre 18 a 97 kilómetros aproximadamente (Bart, 2010; Fasset, 2018a; Minton, 2019).

En cuanto al agua, en exploraciones y análisis iniciales se creía que la Luna estaba seca. El primer descubrimiento definitivo de agua fue realizado en 2008 por la misión india Chandrayaan-1, que detectó moléculas de hidroxilo esparcidas por la superficie lunar y

concentradas en los polos. Misiones como Lunar Prospector, LCROSS y Lunar Reconnaissance Orbiter y diversas investigaciones no solo han demostrado que la superficie de la Luna tiene una hidratación global (Honniball, 2021; Pieters, 2009; Sunshine, 2009; Clark, 2009), sino que en realidad hay altas concentraciones de agua helada en las regiones permanentemente sombreadas de los polos lunares (Gaddis, 2003). Los científicos también descubrieron que la superficie lunar libera agua que se vaporiza cuando la Luna es bombardeada por micrometeoroides (Barnett, 2022), por lo que es posible que haya agua bajo la superficie lunar (Close, 2008; Colaprete, 2010, Chou, 2021).

Por otro lado, al revisar y analizar las teorías planteadas por Claudio Valverde, como son: TES (Teoría de la Energía Sísmica) y TEV (Teoría de la Energía Volcánica), destacamos que nos encontramos con dos propuestas singulares referente a los eventos sísmicos y volcánicos; además, estas teorías nos explican de forma práctica y natural la relación directa entre ambos eventos; estudios que nos sirven de información basal para avanzar en el análisis de otros contenidos.

Según TES (Valverde, 2020), la vibración sísmica se produce por el desplazamiento brusco de la energía externa por el efecto de que se repelen y porque la energía externa es inestable; por ello, existe transporte de energía sin que se desplace la materia. La magnitud del evento sísmico es proporcional a la cantidad de energía externa acumulada. En definitiva, los eventos sísmicos dependen de cuatro elementos: la energía interna, la energía externa, el clima y el tipo de suelo. Adicionalmente, debido a que la intensidad de un evento sísmico es proporcional a la cantidad de energía externa acumulada en un área, entonces, si existe un cuerpo que bloquee de forma natural o artificial el paso de los fotones solares impidiendo la acumulación de la energía externa, este cuerpo cumple la función de barrera fotoprotectora, provocando que los epicentros sísmicos en la zona sean de menor intensidad o no se desarrollen (Valverde, 2022).

Según la TEV (Valverde 2021), la actividad volcánica es resultado de un proceso de combustión geolocalizada que se inicia cuando se completa la triada: comburente, carburante y energía de activación. Se entiende que la actividad volcánica es resultado de la combustión de un conglomerado de materiales reactivos, por lo que, cuando los cúmulos más importantes se consuman, los volcanes empiezan su proceso de extinción.

En consecuencia, en la actualidad, la Luna es el cuerpo celeste que viene siendo estudiado con mayor diligencia por diversas ciencias, no obstante, aún persisten algunos enigmas como: su origen, el porqué de esa apariencia cenicienta, porqué cesó la actividad volcánica o por qué disminuye su diámetro en forma gradual a modo de encogerse. Ante estos y otros planteamientos iniciales, por medio de la presente investigación conceptuamos la Teoría de la Luna volcánica, con cuyo análisis, esperamos comprender su apariencia actual, además de dar respuesta a tres de los cuatro enigmas mencionados.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se ha empleado el método analítico, a fin de establecer la relación causa-efecto entre lo planteado en TES - TEV y las particularidades de la Luna.

Para el presente estudio se seleccionó a la Luna por ser el cuerpo celeste que orbita a la Tierra y del que se tiene mayor información. Para ello, primero se recolectó información relevante afín a los conceptos planteados en TES y TEV, luego, en base a un análisis teórico se arribó a los datos descritos en el presente estudio.

RESULTADOS

Inicialmente, haremos una breve revisión de las características de la Luna, teniendo como información basal lo planteado en TES y TEV.

TES y los lunamotos

Originalmente vamos a indagar los cuatro elementos planteados por TES en la Luna:

- 1. Energía interna en la Luna.** Al igual que la Tierra, la Luna y otros cuerpos celestes dependen de la energía que define su rotación, traslación, etc.; por lo tanto, a similitud de la Tierra, en la Luna hay desplazamiento de energía interna, esta energía posee una concentración estable y cuyo desplazamiento es a una velocidad constante.
- 2. Energía externa en la Luna.** Se denomina energía externa a los fotones solares que alcanzan la superficie lunar y se acumulan en el subsuelo. Debido a que el sol emite energía solar de forma constante y la intensidad con la que llega a la Luna es similar a la recibida por la Tierra (están relativamente equidistantes al Sol), entonces, el primer filtro de los

fotones solares se produce a nivel de la atmósfera, siendo el de la Luna mucho más tenue y delgada.

3. **El clima lunar.** Las condiciones meteorológicas facilitan o dificultan el tránsito de los fotones del sol, no obstante, la Luna carece de nubes y no hay lluvia, sumado a la débil atmósfera que poco retiene el paso de los fotones solares, entonces es posible decir que la Luna tiene un clima propicio para el desarrollo de eventos sísmicos de gran magnitud.
4. **El suelo lunar.** En diversas investigaciones se han identificado similitudes entre la composición lunar y la terrestre, de manera que, podemos decir que el suelo lunar ha tenido las condiciones para el desarrollo de lunamotos y volcanes; con el tiempo, producto de las reacciones físico químicas volcánicas, el suelo ha evolucionado. En consecuencia, actualmente la Luna está cubierta de basalto y regolito lunar, y ambos tienen propiedades aislantes.

TEV y el desarrollo de los volcanes en la Luna

Según TEV, para que se dé inicio a la actividad volcánica es necesario la presencia de la triada: comburente, carburante y energía de activación. En la Tierra el comburente más común es el oxígeno (aproximadamente el 21 %) y a la fecha hay diversas investigaciones que precisan los hallazgos de oxígeno en la Luna, aunque no se descarta que hayan participado adicionalmente otras sustancias químicas en calidad de comburente. Con respecto al carburante, es sabido la similitud de los componentes geológicos entre la Tierra y la Luna, y que los materiales geológicos de la Tierra son propicios para la actividad volcánica. Por otro lado, hasta la fecha hay presencia de lunamotos y según el análisis realizado se estima que en el pasado han sido de mayor intensidad y frecuencia, por lo que hubo la cantidad de energía requerida para que haga las veces de energía de activación, que en conjunto forman la triada básica para el inicio de las actividades volcánicas.

DISCUSIÓN

Desarrollo de los lunamotos

En una etapa temprana, los lunamotos tenían dos orígenes: por una parte, dependían del cúmulo de energía externa (por lo antes descrito, había las condiciones para que se desarrollen lunamotos frecuentes, de gran intensidad y su epicentro eran áreas considerables);

y por otro lado, eran movimientos de intensidad diversa a nivel del suelo y subsuelo producto de la evolución volcánica, siendo más violentos los movimientos cuando eclosionaba el contenido volcánico.

Por las evidencias, se puede decir que con el tiempo los lunamotos fueron disminuyendo en intensidad y frecuencia debido a que la acelerada actividad volcánica lunar originó tres escenarios: primero, por las emisiones volcánicas el ambiente se fue recubriendo de humo, cenizas y otros componentes ligeros (que son malos conductores de energía) haciendo las veces de una atmósfera pesada que limitaba el tránsito de los fotones solares. Segundo, el suelo y subsuelo que inicialmente eran propicios, fueron modificando su composición por la combustión volcánica (la actividad volcánica es producto de reacciones físico químicas que modifican los componentes en un área importante). Y tercero, porque las emisiones volcánicas iban recubriendo la superficie lunar de basalto lunar y regolito lunar (ambos son malos conductores de energía, son aislantes). Como resultado, la superficie Lunar se fue recubriendo con una barrera fotoprotectora natural.

Origen de los volcanes en la Luna

El planeta Tierra cuenta con una atmósfera que, por el efecto de reflexión, aproximadamente el 30 % de los fotones solares regresa al espacio. Seguidamente, gran porcentaje de los fotones solares que pasan son bloqueados por las nubes debido a que cumplen la función de barrera fotoprotectora natural protegiendo aproximadamente el 67 % del planeta Tierra, variando su ubicación en función a los climas y microclimas. En suma, las condiciones de la Tierra no facilitan la formación de cúmulos grandes de energía externa en su subsuelo. Comparativamente, la Luna cuenta con una débil atmósfera que casi no protege al cuerpo celeste de los fotones solares, sumado a ello, la ausencia de nubes, viento, lluvia u otro fenómeno natural con similares funciones, hacen que las condiciones atmosféricas sean favorables para la formación de grandes cúmulos de energía externa en la superficie lunar, por ende, (salvo en el pasado remoto haya existido alguna particularidad que haya cumplido la función equivalente a barrera fotoprotectora o disipadora de energía) se analiza que las características atmosféricas de la Luna son favorables para el cúmulo de energía, y con ello para el desarrollo de eventos sísmicos de gran intensidad (lunamotos), energía que al desplazarse bruscamente va a funcionar como energía de activación al desplazarse por áreas

con presencia de comburente y carburante, dando origen a los volcanes (los volcanes son la suma de reacciones progresivas como lo detalla Valverde, 2021).

El desarrollo de los volcanes es muy tardío, sin embargo, la débil protección de la Luna frente a los fotones solares (energía externa) dio como resultado lunamotos con gran intensidad y frecuencia que continuamente fueron activando nuevos conglomerados de material reactivo, además de excitar y acelerar la actividad volcánica de los volcanes en desarrollo. Esto dio como resultado un dinamismo volcánico más intenso y acelerado, creando un ambiente violento y en continuo movimiento, lo que produjo que pronto se consumieran los componentes reactivos. Por ello, al comparar la Tierra y la Luna, vemos una notable diferencia de las condiciones atmosféricas que en uno facilitan y en otro dificultan el tránsito de los fotones solares, reflejándose el efecto en su ciclo volcánico, así, la Luna, hace millones de años que cesó su actividad volcánica, mientras que la Tierra aún tiene volcanes activos.

Evolución de la Luna volcánica

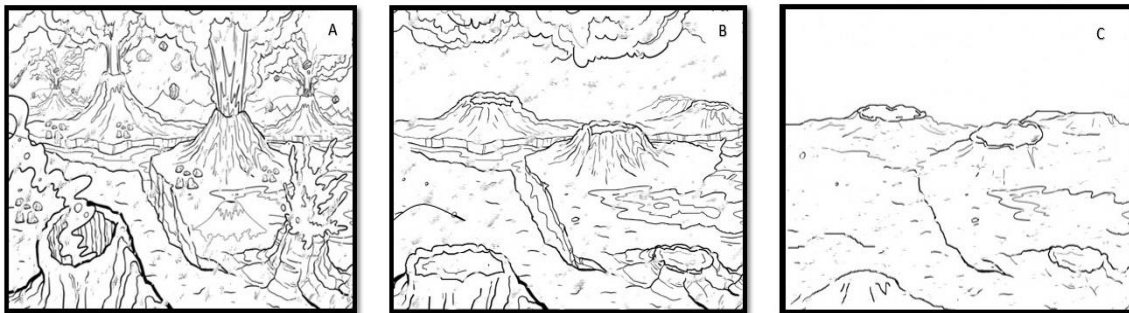


Figura 1. Representación de la evolución de la Luna Volcánica. A) Período de actividad volcánica intensa. B) Período post volcánico temprano, con el asentado de las partículas volcánicas residuales. C) Período actual.

Como se ha analizado, en la figura A, se representa el período de la intensa actividad volcánica lunar, la cual estuvo acompañada de lunamotos también de gran intensidad y frecuencia, haciendo que su suelo resulte muy accidentado y en un ambiente violento por la continua presencia de piroclastos, regolitos, cenizas, lava y otros elementos emitidos por los volcanes en erupción. Así, cuando algún volcán cesaba su actividad volcánica, este comenzaba el período de involución lenta y su superficie era recubierta por las emisiones de los volcanes activos colindantes.

En el gráfico B se observa que, como resultado de la intensa actividad volcánica, el ambiente estaba recargado de partículas volcánicas (cenizas y otras partículas ligeras). Por efecto de la gravedad, estos restos se fueron depositando en la superficie lunar, recubriendo toda la superficie en orden al peso de las partículas, siendo los más ligeros los últimos en asentarse. En esta etapa, los eventos sísmicos continuaron, pero eran de menor intensidad y frecuencia, debido a que eran básicamente producto del cúmulo de la energía externa; los que eran de menor intensidad debido a que, por la intensa actividad volcánica, la superficie se fue recubriendo de lava, cenizas y otros restos que son malos conductores de la energía externa.

Finalmente, como se observa en la figura C, cuando las partículas más pequeñas se asentaron, toda la superficie lunar quedó con esa apariencia cenicienta que permanece hasta nuestros días. Por ello, en la actualidad la Luna tiene polvo lunar como si hubiese sido meticulosamente espolvoreado sobre toda su superficie, producto del asentamiento progresivo de las partículas volcánicas suspendidas en la atmósfera lunar que fueron descendiendo muy lentamente, debido a que la fuerza de la gravedad en la Luna es baja (poco más de la sexta parte de la terrestre).

Así pues, a consecuencia de los grandes lunamotos y la actividad volcánica intensa se deben haber formado accidentes geográficos con diversas características y dimensiones; sin embargo, con el tiempo, estos se fueron recubriendo con lava volcánica y otros residuos volcánicos, para finalmente sellarse con el espolvoreo de las partículas volcánicas, quedando visible algunas formaciones superficiales que distan mucho de su accidentada geografía inicial. A modo de ejemplo, se ha realizado la representación de la evolución de un accidente geográfico concordante con una grieta profunda; por ello, en la parte central de las figuras A, B y C se observan cómo se ha ido rellenando con lava para finalmente sellarse con el regolito lunar. Así, con similar analogía, a la fecha muy poco se visualiza la geografía de los primeros conos volcánicos debido a que estos se fueron cubriendo, como se observa en la esquina inferior izquierda de las figuras A, B y C.

Cese de la actividad volcánica en la Luna

Como resultado de que la actividad volcánica es producto de una combustión, entonces, con el paso del tiempo, fruto de la intensa actividad volcánica, los cúmulos de materiales reactivos

se consumieron con mayor celeridad (en comparación a la Tierra); entonces la Luna progresivamente fue disminuyendo su intensidad hasta llegar al período de aparente inactividad que conocemos actualmente.

No obstante, es posible decir también que la intensidad fue disminuyendo porque la Luna se fue recubriendo de elementos aislantes (como el regolito y el basalto lunar) que la protegen de los fotones solares (energía externa), haciendo que la actividad volcánica en la Luna progresivamente haya cesado. Sin embargo, no es posible pensar que hayan quedado cúmulos importantes de elementos reactivos que puedan entrar en actividad en un futuro. Si bien es cierto, este nuevo recubrimiento la protege, pero no lo suficiente por su delgada atmósfera; por ello, a la fecha aún se perciben lunamotos más no hay indicios de actividad volcánica.

CONCLUSIONES

En ese orden de ideas, se concluye que la intensidad y frecuencia de los lunamotos se han ido reduciendo por tres razones: la primera porque los volcanes han ido cesando su actividad (han desaparecido los movimientos producto de la actividad volcánica); segundo, porque los componentes del suelo y subsuelo han cambiado, en consecuencia ya no hay un suelo propicio (uno de los elementos básicos según TES) y tercero, porque el regolito y basalto lunar han recubierto la Luna, formando una barrera fotoprotectora natural.

Además, en el pasado, la Luna ha reunido las condiciones para una actividad volcánica intensa, pero, debido a que los volcanes tienen un tiempo de vida limitado, entonces la actividad volcánica en la Luna cesó en un tiempo más breve en comparación a la Tierra. Al comparar la evolución volcánica entre la Tierra y la Luna, observamos que la Tierra desarrolló una actividad volcánica más ralentizada en comparación a la Luna, en efecto, hasta nuestros días tenemos volcanes activos. Sin embargo, es posible decir que a pesar de que en el pasado la actividad volcánica terrestre ha sido más intensa (porque en una etapa temprana había mayor cantidad de material reactivo). Aun así, su desarrollo ha sido ligeramente más pausado, dando respiro para que los ecosistemas se recuperen en las áreas afectadas por la actividad volcánica. En contraste, la Luna ha desarrollado un período de actividad volcánica aguda, resultando ser más breve pero más agresiva, resaltando la transformación de la superficie

lunar por el efecto vulcanológico, como resultado, toda la Luna está revestida de restos volcánicos, formado una recubierta de un grosor considerable de basalto lunar continuando con el sellado del regolito lunar que en conjunto conforman esa superficie carbonizada que le da esa apariencia cenicienta.

Por las pocas evidencias manifiestas y el largo camino que aún nos queda por recorrer en la investigación, no es posible decir con certeza si desde siempre la atmósfera lunar ha sido tan delgada, si la intensa actividad volcánica es la que dañó su atmósfera o si hubo algún otro factor aún desconocido que influyó en su débil presencia.

Por otra parte, con el presente análisis encontramos respuesta a 3 de los 4 enigmas mencionados en la introducción. 1. La apariencia cenicienta, como ya se explicó ampliamente, es debido a que toda la atmósfera y superficie lunar estaba recargada con las emisiones volcánicas y que, posterior, al cese de la actividad volcánica, las partículas que permanecían en la atmósfera se fueron asentando en toda la superficie lunar en orden a su peso, conservándose los restos de la combustión volcánica en toda la superficie lunar. 2. La actividad volcánica cesó porque se consumieron los cúmulos de materiales reactivos; en consecuencia, en ausencia del carburante cesó la combustión volcánica. 3. Los volcanes en actividad crecen progresivamente, mientras que los conos de los volcanes inactivos presentan un decrecimiento paulatino; en consecuencia, la Luna, al haber tenido actividad volcánica en casi toda su superficie en forma simultánea, presenta un decrecimiento de los numerosos conos volcánicos casi sincrónico, que en suma dan la apariencia de una Luna encogiéndose.

Finalmente, somos conscientes de que lo planteado es una propuesta muy arriesgada, porque es íntegramente inédito y nuestro conocimiento se basa solo en la información que nos brindan las agencias espaciales y los científicos que trabajan en la información obtenida por estas. Sin embargo, al enfocarnos en lo propuesto en TES y TEV hallamos respuesta a una secuencia de eventos que nos conducen a nuevas respuestas en temas afines, haciendo que, por medio de un estudio analítico arribemos a nuevas conclusiones que suelen ser inéditas pero que guardan relación entre sí, como se supone que debe ser el vínculo entre los eventos naturales en ambientes equivalentes. Por ello, al difundir nuestros estudios, pretendemos involucrar al lector en el análisis desde nuestro punto de vista, ya sea que comparta nuestros

criterios o científicamente lo descarte, pero, de cualquier forma, alentamos la búsqueda de nuevas posibles respuestas por medio de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barnett, Amanda. 2022. «Earth's Moon. Our Natural Satellite». *NASA Science*. <<https://solarsystem.nasa.gov/moons/earths-moon/in-depth/>> [Consulta: 29.7.2022]
- Bart, G.; y Melosh, H. 2010. «Distributions of boulders ejected from lunar craters». *Icarus*. Vol. 209 No. 2: 337– 357 <<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2010.05.023>>.
- Chou, Felicia; Hawkes, Alison. 2021. «NASA's SOFIA Discovers Water on Sunlit Surface of Moon». *NASA*. <<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-sofia-discovers-water-on-sunlit-surface-of-moon>> [Consulta: 02-04-2022].
- Clark, R.N. 2009. «Detection of Adsorbed Water and Hydroxyl on the Moon». *Science*. Vol. 326, No. 5952: 562–564. <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1178105>>.
- Colaprete, Anthony; et al. 2010. «Detection of Water in the LCROSS Ejecta Plume». *Science*, Vol. 330, No. 6003 463-468. <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1186986>>.
- Du, J.; Fa, W.; Wieczorek, M.A.; Xie, M.; Cai, Y. y Zhu, M. 2019. «Thickness of lunar mare basalts: New results based on modeling the degradation of partially buried craters», *Journal of Geophysical Research*. Vol. 124, No 9: 2430-2459. <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2018JE005872>>.
- Fassett, C. I.; Minton, D. A.; Thomson, B. J.; Hirabayashi, M.; Watters, W. A. 2018a. «Re-analysis of observations of crater degradation on the lunar maria accounting for anomalous diffusion». *The 49th lunar and planetary science conference*: 1502.
- Gaddis, L; Staid, M; Tyburczy, J.A.; Hawke, B.R.; Petro, N. E. 2003. «Compositional analyses of lunar pyroclastic deposits». *Icarus*. Vol. 161, No 2: 262-280, ISSN 0019-1035, <[https://doi.org/10.1016/S0019-1035\(02\)00036-2](https://doi.org/10.1016/S0019-1035(02)00036-2)>.
- GeoEnciclopedia (2019). La Luna, el satélite de la Tierra. <<https://www.geoenciclopedia.com/luna/>> [Consulta: 06-05-2022].

- Honniball, C.I.; Lucey, P.G.; Li, S. et al. 2021. «Molecular water detected on the sunlit Moon by SOFIA». *Nature Astronomy*. Vol. 5: 121–127. <<https://doi.org/10.1038/s41550-020-01222-x>>
- Karthi, A.; Arivazhagan, S. 2022. «Chronological and compositional mapping of the Mare Orientale basin using Chandrayaan-1 - M3 and LRO datasets». *Icarus*. Vol. 375. ISSN 0019-1035. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114844>.
- McKay, D. S.; Heiken, G.; Basu, A.; Blanford, G.; Simon, S., Reedy, R.; et al. 1991. «The lunar regolith». *Lunar sourcebook*. 567: 285-356.
- Minton, D.; Fassett, C. I.; Hirabayashi, M.; Howl, B. A. y Richardson, J. E. 2019. «The equilibrium size-frequency distribution of small craters reveals the effects of distal ejecta on lunar landscape morphology». *Icarus*. 326: 63- 87. <<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2019.02.021>>.
- Netting, R. 2014. Volcanes jóvenes en la Luna. *NASA Science*. <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/24nov_imps> [Consulta: 24-6-2022]
- Núñez, R y Sánchez, J. 2010. *Galileo Galilei, Noticiero Sideral*. Madrid: MUNCYT. http://www.muncyt.es/stfls/MUNCYT/Publicaciones/sidereus_castellano.pdf
- Pieters, C. et al. 2009. «The Moon Mineralogy Mapper (M3) on Chandrayaan-1». *Current Science*. Vol. 96, No. 4: 500-505. <<http://www.jstor.org/stable/24105459>>.
- Pieters, C. et al. 2009. «Character and Spatial Distribution of OH/H₂O on the Surface of the Moon Seen by M3 on Chandrayaan-1». *Science*. Vol. 326, No. 5952: 568-572. <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1178658>>.
- Saal, A.; Hauri, E.; Cascio, M. et al. 2008. «Volatile content of lunar volcanic glasses and the presence of water in the Moon's interior». *Nature*. Vol. 454: 192-195. <<https://doi.org/10.1038/nature07047>>.
- Sunshine, J.M. et al. 2009. «Temporal and Spatial Variability of Lunar Hydration As Observed by the Deep Impact Spacecraft». *Science*. Vol. 326, No. 5952: 565-568. <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1179788>>.
- Trang, D.; Tonkham, T.; Filiberto, J.; Li, S.; Lemelin, M.; Elder, C.M. 2022. «Eruption characteristics of lunar localized pyroclastic deposits as evidenced by remotely sensed water, mineralogy, and regolith». *Icarus*. Vol. 375. ISSN 0019-1035. <<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114837>>.

- Valverde Ramírez, C., y Valverde Romero, Y. 2020. «Teoría de la energía sísmica». *Aporte Santiaguino*. Vol. 13, No. 1: 103-114. <<https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.684>>.
- Valverde Ramírez, C., & Valverde Romero, Y. 2021. «Teoría de la Energía Volcánica». *Aporte Santiaguino*. Vol. 14 No. 2: 159-173. <<https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n2.779>>.
- Valverde Ramírez, C., Valverde Romero, Y., Valverde Romero, M., Valverde Romero, Y., y Valverde Romero, M. 2022. «LOS EPICENTROS SÍSMICOS EN LAS CIUDADES: Análisis de las Barreras Fotoprotectoras en Base a la Teoría de la Energía Sísmica». *Aporte Santiaguino*. Vol. 15, No 1: 134-148 <<https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.934>>
- Xie, M., y Zhu, M. H. 2016. «Estimates of primary ejecta and local material for the Orientale basin: Implications for the formation and ballistic sedimentation of multi-ring basins». *Earth and Planetary Science Letters*. 440: 71- 80 <<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.02.012>>.
- Yan, Isabelle. 2019. «10 Things: What We Learn About Earth by Studying the Moon». *NASA Science*. <<https://solarsystem.nasa.gov/news/812/10-things-what-we-learn-about-earth-by-studying-the-moon/>> [Consulta: 24-05-2022].
- Zhang, C.; Wan, G.; Liu, L. y Jia, Y. 2022. «Estimation of the Thickness of the Lunar Uppermost Basalt Layer Based on Lunar Radar Sounder Observations». *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. Vol. 15: 3751-3757. <doi: 10.1109/JSTARS.2022.3173790>.

Fecha de recepción: 31/07/22

Fecha de aceptación: 16/09/22

Correspondencia

Claudio Valverde Ramírez
claudio.unasam@hotmail.com