

# Aporte Santiaguino



Aporte Santiaguino 15 (1), enero - junio 2022: 134-148

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

DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.927>

Website: [http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiaguino](http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino)



## LOS EPICENTROS SÍSMICOS EN LAS CIUDADES: Análisis de las Barreras Fotoprotectoras en Base a la Teoría de la Energía Sísmica

### SEISMIC EPICENTER IN CITIES: Analysis of Photoprotective Barriers Based on Seismic Energy Theory

CLAUDIO VALVERDE RAMÍREZ<sup>1</sup>, YULISA VALVERDE ROMERO<sup>1</sup>, MILTON VALVERDE ROMERO<sup>1</sup>,  
YENY VALVERDE ROMERO<sup>1</sup>, MARITZA VALVERDE ROMERO<sup>1</sup>

#### RESUMEN

La Teoría de la Energía Sísmica precisa que, para el desarrollo de un evento sísmico intervienen varios factores, pero los más importantes son: la energía interna, la energía externa, el clima y el tipo de suelo. A razón de que la energía externa define la intensidad del sismo, es importante evaluar constantemente su acumulación en el subsuelo. Por otro lado, debido a que los cuerpos pueden ser conductores, aislantes o semiconductores de energía, es importante evaluar las propiedades de conductibilidad de los cuerpos que se encuentran en el recorrido de los fotones solares, por lo que, si el cuerpo es aislante, entonces, cumple la función de barrera fotoprotectora, debido a que impide el paso de la energía externa o fotones solares. En la investigación se ha

<sup>1</sup> Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente, Escuela de Ingeniería Ambiental. 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.

identificado que las barreras fotoprotectoras más visibles son: las nubes como barreras fotoprotectoras naturales y las ciudades como barreras fotoprotectoras artificiales. Finalmente, la presencia de estas barreras fotoprotectoras bloquean el paso de la energía externa, haciendo que el cúmulo de energía externa en el subsuelo no sea representativa; consecuentemente, los eventos naturales que dependen del cúmulo de energía externa son menos intensos o no se desarrollan, como es el caso de los sismos.

**Palabras clave:** sismo; energía externa; nube; ciudad; barreras fotoprotectoras.

## **ABSTRACT**

The Seismic Energy Theory specifies that several factors are involved in the development of a seismic event, but the most important are: internal energy, external energy, climate and soil type, because external energy defines the intensity of the earthquake, then it is important to constantly evaluate its accumulation in the subsoil. On the other hand, the bodies can be conductors, insulators or semiconductors of energy, so it is important to evaluate the conductivity properties of the bodies that are in the path of solar photons; consequently, when the body functions as insulator so it fulfills the function of a photoprotective barrier, since it prevents the passage of external energy or solar photons. This research has identified that the most visible photoprotective barriers are: clouds as natural photoprotective barriers and cities as artificial photoprotective barriers. Finally, the presence of these photoprotective barriers block the passage of external energy, making the accumulation of external energy in the subsoil unrepresentative, consequently, the natural events that depend on the accumulation of external energy are less intense, as is the case of seismic events.

**Keywords:** seism; external energy; cloud; city; photoprotective barriers.

## INTRODUCCIÓN

Como es sabido, en la Tierra como en el universo la energía juega un papel determinante. En consecuencia, en la Tierra se manifiesta en forma constante el desplazamiento de la energía (geomagnetismo) produciendo corrientes marinas (Ortiz, 2015), corrientes de viento (García, 2018), además de los movimientos ascendentes que pueden transportar nutrientes desde las capas del subsuelo a la capa superficial (Morán y col., 2001), movimientos ciclónicos como los descritos por Pérez-Brunius y colaboradores (2013), así como el transporte de energía en forma de giros característicos (Díaz y Monreal, 2017), entre otros movimientos. Es así como la energía, por medio de diversos fenómenos naturales, va transformando progresivamente la Tierra. Por ello, para comprender mejor los eventos naturales se debe analizar a la Tierra como un todo y entender que los elementos en estudio deben estar en proporción a ella o ser de dimensiones representativas. Caso contrario, estaríamos proyectando un estudio con datos en diferentes dimensiones, pudiendo conducirnos a resultados inciertos.

En otro aspecto, la Teoría de la Energía Sísmica (Valverde y Valverde, 2020) establece que la intensidad de los eventos naturales como terremotos, volcanes (Valverde y Valverde, 2021), entre otros, dependen de cuatro elementos: la energía interna, la energía externa, el clima y el tipo de suelo, de los que a continuación haremos un breve resumen (Valverde y Valverde, 2020):

**Energía interna o geomagnetismo:** Los mantos de energía se mueven a través de la corteza terrestre de manera análoga a como se mueven los electrones, a través de la última capa de átomos (American Chemical Society, 2005); así, existen diversos circuitos de energía que se desplazan a lo largo de la superficie de la Tierra (Valverde y Valverde, 2015).

**Velocidad:** La velocidad es constante, solo presenta una variación con relación a la superficie donde se desplaza, es decir, por la superficie terrestre se desplaza a una velocidad aproximada de 5-10 m/s y por el fondo marino de 20-30 m/s.

**Energía externa o fotones de los rayos del sol:** Es la energía solar acumulada en la corteza terrestre. Esta energía es variable en el sentido de que todos los días el sol emite en forma constante radiación solar, pero la cantidad que llega a la superficie terrestre depende de varios factores, siendo el clima el más influyente, entre las cuales, la lluvia y las nubes son las más destacadas, debido a que las nubes cumplen la función de barrera fotoprotectora natural (Wright, 2008) y la lluvia cumple la función de disipadora de energía.

**Tabla 1.** Principales diferencias entre la energía interna y la energía externa  
(Valverde y Valverde, 2020).

<b>Energía interna</b>	<b>Energía externa</b>
Son concentraciones de energía estables.	Son concentraciones de energía inestables.
El cúmulo de energía es constante.	La acumulación de energía es variable.
Tiene un camino específico.	La conservación y el desplazamiento de las ondas sísmicas depende del tipo de suelo.
Se mueve a una velocidad constante y en un sentido específico.	Es estático, se localiza en el lugar donde se ha acumulado, a menos que sea perturbado o hasta que se disipe.
Incluso después de haber coincidido con la energía externa, continúa su recorrido.	Una vez que sus electrones han sido perturbados, se liberan bruscamente.

**Clima:** Es el elemento del cual depende que la energía externa alcance la superficie terrestre en mayor o menor cantidad: a) En los días soleados, la superficie terrestre recibe directamente la energía solar, así, a mayor número de días soleados, mayor el riesgo de un evento sísmico de mayor magnitud, b) otro factor importante es la lluvia. Una lluvia intensa sobre las concentraciones de energía externa da como resultado la disipación de los cúmulos de energía.

**Tipo de suelo:** Se refiere a la composición geológica predominante en un área de la corteza terrestre, es importante porque cumple dos funciones básicas: 1) influye en la formación del cúmulo de energía externa, debido a que, los componentes geológicos del área facilitan la acumulación o dispersión de la energía externa, y 2) interviene en el desarrollo de un evento sísmico (producto de la convergencia de la energía interna con la energía externa), debido a que, los componentes del tipo de suelo facilitan o bloquean el desplazamiento de las ondas sísmicas, por tanto, de acuerdo a la calidad del suelo, la intensidad de la vibración varía.

Adicionalmente, consideramos relevante mencionar los conceptos sísmicos propuestos en la Teoría de la Energía Sísmica (Valverde y Valverde, 2020):

**Sismo.** Es la percepción de la vibración producto del desplazamiento de la energía externa. Al converger la energía interna y externa, la energía externa inicia un desplazamiento brusco, debido a que ambas energías se repelen y la energía externa es inestable.

**Epicentro.** Es el área donde la energía interna y externa han convergido, por tanto, al ser la zona de origen de las ondas, es donde se percibe con mayor intensidad la vibración sísmica.

**Magnitud.** Es el grado de intensidad en la vibración inicial. La intensidad depende de la energía liberada y es proporcional a la cantidad de energía externa acumulada, como se detalla:

- Si el cúmulo de energía externa es de 2 a 3 días soleados, entonces la vibración sísmica tendrá un promedio de 4 grados de magnitud en la escala de Richter (Figura 1).
- Si el cúmulo de energía externa es de 3 a 4 días soleados, entonces la vibración sísmica tendrá una magnitud promedio de 5-6 en la escala de Richter (Figura 1).
- Si el cúmulo de energía externa es de 4 a 5 días soleados, entonces la vibración sísmica será de 7 o más de magnitud en la escala de Richter (Figura 1).



**Figura 1.** Representación del cúmulo de energía externa en función al número de días soleados.

Es importante señalar que, el clima depende de las fases lunares, por lo tanto, no es posible que un mismo clima exceda la semana, en consecuencia, a menos que haya una alteración que favorezca la presencia de más de 7 días soleados, entonces, no es posible un evento sísmico de una escala inconmensurable.

**Ondas sísmicas.** La energía se libera en forma de ondas sísmicas, con un radio sísmico que depende de la cantidad de energía externa, tipo de suelo y presencia de cúmulos de energía en el trayecto. Las ondas sísmicas son de característica atenuantes y vibrantes. 1) Se denominan atenuantes porque a medida que se alejan van disminuyendo hasta hacerse imperceptibles. 2) Es vibrante porque hay transporte de energía en forma de vibración vertical u horizontal sin que se desplace la materia, es decir, el desplazamiento de energía produce el movimiento de un cuerpo alrededor de sus posiciones naturales de equilibrio, percibida como vibración sísmica.

**Alteración de la superficie por un sismo.** Por efecto de la vibración se producen movimientos de un cuerpo alrededor de sus posiciones naturales de equilibrio, por lo que, en caso las partículas pierdan su punto de equilibrio, entonces, la materia cede; por ello a veces se observa alteración en la superficie como: desniveles, grietas, etc. Estas alteraciones son proporcionales a la cantidad de material inestable e intensidad de la vibración, siendo sucesos aislados.

**Remolino sísmico.** En caso exista cúmulos de energía externa dentro del radio sísmico, estos son perturbados, y por efecto de repelerse, se desplazan bruscamente desencadenando nuevo(s) epicentros(s) sísmico(s), el(los) cual(es) se ubica(n) en diferente(s) punto(s) del radio sísmico y no necesariamente en el recorrido del circuito sísmico. Los nuevos epicentros pueden ser de mayor, similar o menor intensidad en referencia a la magnitud del epicentro madre.

Por otro lado, en el último siglo se ha producido la mayor migración de la población rural, provocando un rápido desarrollo de las ciudades. Consecuentemente, hay una sobrepoblación citadina que conduce a la expansión de las ciudades y la necesidad de creación de mecanismos de transporte y estilos de vida que facilitan el *modus vivendi* en las ciudades, pero que, al mismo tiempo las convierten en una bomba de tiempo en caso sea el epicentro de un gran terremoto.

Esta posibilidad hace que la comunidad científica internacional y la población en general se mantengan alerta, principalmente porque muchas de estas importantes ciudades han sido epicentro de terremotos de gran magnitud en el pasado. A pesar del permanente estado de alerta, estos temidos epicentros sísmicos no se manifiestan (solo se perciben las ondas sísmicas de epicentros cercanos), entonces: ¿Qué sucedió? ¿Qué cambió? Nuestra investigación plantea un análisis en respuesta a estas interrogantes.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En la presente investigación se ha empleado el método analítico, a fin de establecer relación de causa-efecto entre la presencia de las barreras fotoprotectoras y su influencia en la intensidad de un evento sísmico, análisis en base a la propuesta de la Teoría de la Energía Sísmica.

Es importante tener en cuenta que, en la presente investigación se considera al planeta Tierra como un todo, y los elementos que se analizan en el presente estudio tienen que estar en proporción a sus dimensiones o ser de tamaño representativo. Adicionalmente, al analizar la naturalidad con que se relaciona la teoría con los acontecimientos en un evento sísmicos, es que, se realiza un análisis sencillo, empleando conceptos básicos, pero con un fuerte sentido lógico.

## **RESULTADOS**

Es importante recordar que, según la Teoría de la Energía Sísmica, la intensidad de un evento sísmico depende del cúmulo de energía externa (fotones de los rayos del sol). Considerando esto, si bien el sol emite fotones de los rayos solares de manera constante, la cantidad que llega a la superficie terrestre depende de varios factores, siendo el clima el más influyente (principalmente por la presencia de las nubes).

Al respecto, todos los elementos presentes en la naturaleza tienen diferente propiedad de conductividad, por lo que, todos los cuerpos simples o compuestos se pueden dividir en tres grandes categorías: conductores, aislantes o semiconductores. Por tanto, los fotones solares a su paso

encuentran elementos que facilitan o bloquean su movimiento y de esa manera influyen en la acumulación de la energía externa. Así, en esta revisión nos centramos en los cuerpos aislantes porque cumplen un papel de barrera fotoprotectora, es decir, impiden la formación del cúmulo de la energía externa, y con ello, evitan el desarrollo de sismos de gran intensidad.

## DISCUSIÓN

### **Aislantes de energía solar o barreras fotoprotectoras**

La radiación directa fuera de la atmósfera se denomina constante solar y tiene un valor medio de  $1354 \text{ W/m}^2$ . En la superficie terrestre, el valor siempre es menor, porque parte de la energía se pierde al atravesar la atmósfera. Esto se debe a que no todos los elementos permiten el paso de los fotones de los rayos del sol. Es decir, mientras que por un lado hay componentes por el cual los fotones fluyen con mucha facilidad, hay otros por los que no pueden circular o la conductividad es tan baja que la energía se absorbe al pasar por estos cuerpos, ofreciendo una alta resistencia al paso de la energía, estos cuerpos se denominan aislantes.

Por lo tanto, analizar la participación de los cuerpos con propiedades aislantes, que están presentes en el recorrido de la energía externa, permitirá comprender por qué en determinadas zonas la energía externa llega en menor cantidad al subsuelo y así afinar los conocimientos para una mejor predicción de sismos.

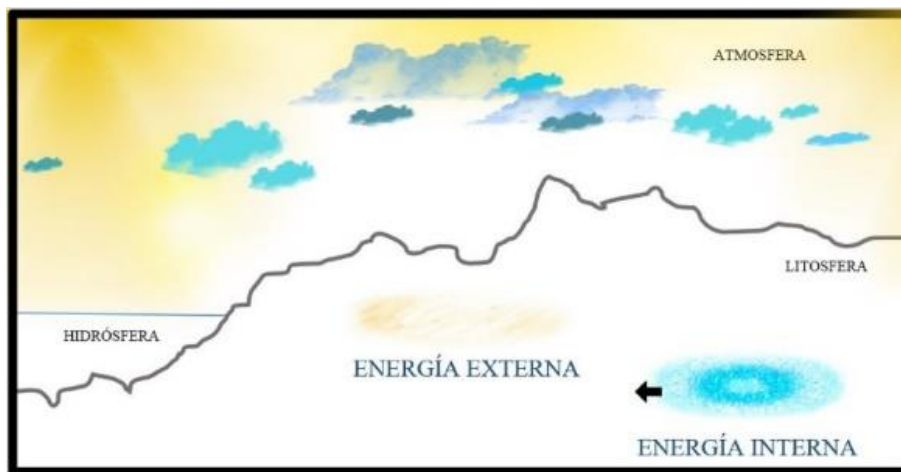
#### **a. Las nubes como aislante natural o barrera fotoprotectora natural**

Desde una vista satelital, se observa que la tierra permanentemente está cubierta por masas de nubes. Las nubes cubren constantemente, en promedio, la mitad del globo terráqueo (Chalon, 1998), además, las nubes son aislantes naturales debido a que funcionan como barreras fotoprotectoras (Wright, 2008). Aunado a esto, por efecto de reflexión, principalmente por la presencia de las nubes y los desiertos, alrededor del 30 % de la energía solar se refleja al espacio (Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires, 2012).



Según el vocabulario de los términos meteorológicos y ciencias afines, las nubes son el conjunto variable de diminutas partículas de agua líquida o hielo, o ambas a la vez, suspendidas en la atmósfera (IDEAM, 2019). Vinculado a esto, diversas investigaciones han demostrado que existe una relación entre el agua dulce y la resistividad (Pérez y col., 2010). Esta resistividad aumenta con la disminución de la temperatura, debido a que, cuando el agua se enfría por debajo de los cero grados centígrados se congela y el hielo es un aislante, a razón de que la movilidad de los fotones se detiene en el agua congelada. Como resultado, las nubes tienen una resistividad aumentada, comportándose como cuerpos aislantes, por lo que cumplen un rol de barrera fotoprotectora natural.

Por consiguiente, como lo referencia Claudio Valverde y colaborador en sus artículos (Valverde y Valverde, 2020 y 2021), algunos eventos naturales –como los sismos, volcanes, etc.– dependen de la presencia de los fotones solares, por lo que, ante la presencia prolongada de cuerpos que bloquean el paso de la energía externa (como son los días nublados: Figura 2), entonces, estos eventos naturales no se desarrollan o se desarrollan con menor intensidad debido a la poca cantidad de energía externa acumulada.



**Figura 2.** Representación de las nubes como barreras fotoprotectoras naturales.

Como se puede analizar, contrario a la presencia de nubes, los días despejados (sin nubes) favorecen la acumulación de la energía externa, por lo tanto, los acontecimientos que se desarrollan

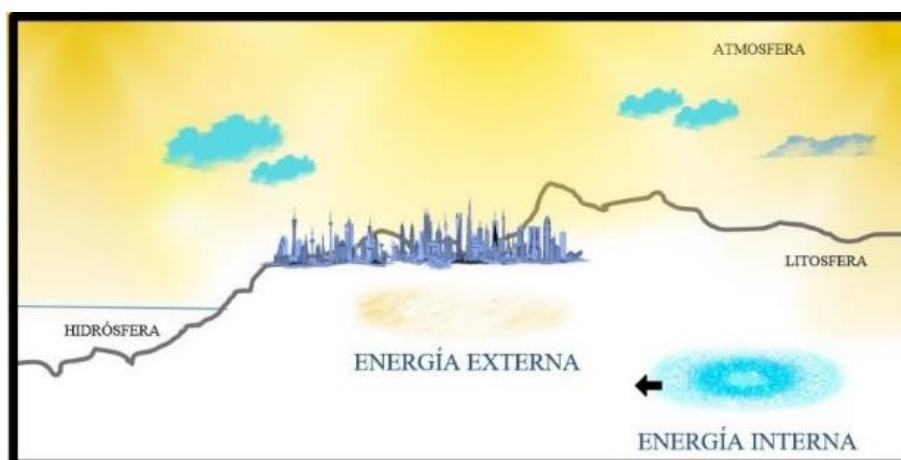
en esos días son de mayor intensidad, tal como lo describió el Virrey peruano Don Fernando Torre de Portugal, Conde de Villar, en una carta enviada a su majestad en 1586 (Levillier, 1925): “el Miércoles 9 de julio (...) amaneció muy claro y sosegado hasta cerca de la noche (...) entre las siete y las ocho della comenzó a temblar en esta ciudad de Lima y Puerto del Callao (...)”, terremoto que según especifica, había sido más intenso que los terremotos con características de epicentro que le precedieron en los años 1555, 1581 y 1584.

Debemos aclarar que, el número de días consecutivos sin nubes es una valoración muy importante a tener en cuenta, a razón de que, si la energía externa llega al subsuelo en forma constante y por períodos largos (días soleados consecutivos), entonces hay mayor formación de cúmulo y como consecuencia es mayor el riesgo de un evento sísmico de gran intensidad. Análogamente, vamos a analizar el reflejo de los rayos del sol con una lupa. En el lado A ponemos una lupa con un reflejo constante sobre una superficie de papel, y en el lado B un reflejo inconstante sobre una superficie de papel, para esto, movemos la lupa o interponemos objetos entre la lupa y la superficie del papel (creando una sombra por breves momentos). Pasado un tiempo observamos la diferencia, mientras que en el lado A hay una mayor concentración de energía, con un aumento de temperatura en el área reflejada e inicio de reacciones químicas (combustión del papel), en el lado B la acumulación de energía es menor, produciéndose un ligero aumento de la temperatura y con un ligero daño de la superficie del papel. Análisis comparativo con el que se evidencia la importancia de la constancia en la recepción de la energía externa.

#### **b. Las ciudades como aislantes artificiales o barreras fotoprotectoras artificiales**

Si bien es cierto, las ciudades no cubren áreas tan representativas como lo hacen las nubes, sin embargo, las ciudades son un cuerpo de proporciones considerables que se interponen en el camino de los fotones solares y cuya área tiene una alta densidad poblacional; por lo tanto, la capacidad de conductividad de este cuerpo beneficiará o perjudicará a los residentes, como lo analizaremos.

En este contexto, identificamos a las ciudades como áreas geográficas cubiertas principalmente por diversas infraestructuras que en conjunto dejan pocas áreas libres para que los fotones de los rayos del sol puedan continuar su tránsito. Vinculado a esto, la mayor parte del área citadina está recubierta principalmente por cemento, vidrio, cerámica y derivados, asbesto, etc.; estos materiales tienen una característica en común: son aislantes, lo que significa que no permiten el paso de la energía solar o fotones de los rayos del sol. Es decir, al haber sido construidos en su mayoría por elementos que son malos conductores de energía, las ciudades actúan como cuerpos aislantes, aminorando significativamente el cúmulo de la energía externa en el área (Figura 3).



**Figura 3.** Las ciudades como barreras fotoprotectoras artificiales.

Ahora bien, al analizar las áreas urbanas, es válido decir que las ciudades bloquean el paso de energía externa en un área geográficamente importante y en expansión; en consecuencia, la acumulación de la energía externa en esta área no es representativa como para un epicentro de gran magnitud. Por ello, al realizar la revisión, no hay registros recientes de epicentros sísmicos de gran magnitud en áreas donde las ciudades están geolocalizadas, concluyendo que, las edificaciones de las ciudades cumplen la función de barrera fotoprotectora artificial.

Es importante tener en cuenta que, debido a la función aislante de las ciudades, no significa que estén completamente protegidas contra los eventos sísmicos, debido a que, en caso se desarrolle un evento sísmico con epicentro en áreas cercanas, las ciudades (como el resto de las áreas

aledañas) percibirán las ondas sísmicas, cuya intensidad va a depender de la distancia con el epicentro, intensidad del epicentro y el tipo de material geológico existente entre el epicentro y la ciudad, el cual puede conservar o disminuir la intensidad de las ondas.

A modo de ejemplo, podemos analizar el registro histórico de sismos en el actual área metropolitana de Lima y la Provincia Constitucional del Callao (Perú), ciudades vecinas que a lo largo de su historia han sido epicentro de importantes sismos (Silgado, 1978), los cuales han ido disminuyendo en frecuencia e intensidad a medida que avanzan las construcciones urbanas, en las que, coincidentemente predominan los materiales con características aislantes, por lo que, como es de esperarse, no existen registros recientes de que Lima y Callao hayan sido epicentro de sismos de una magnitud importante.

Hace poco, según datos reportados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2022), el 07 de enero de 2022 a las 05:27:05 hora local, 10:27:05 hora UTC, se presentó un evento sísmico de magnitud 5,6 grados, referencia a 22 km al nororiente de Lima, Lima-Lima (para este análisis es importante aclarar que las ciudades de Lima y Callao son colindantes). En este evento sísmico, la vibración ha sido percibida por la población de Lima y Callao con gran intensidad, aunque por un tiempo corto, además de percibirse el ruido de la vibración, todo esto debido a la gran cercanía al epicentro. Así, a pesar de la intensa percepción de la vibración por parte de los habitantes de las urbes colindantes, las regiones vecinas reportaron una percepción de ondas sísmicas de muy baja intensidad y el radio de expansión de estas ondas fue muy corto. Análisis que nos indica que, las ciudades no están protegidas de los eventos sísmicos en su totalidad, ya que es posible que no sean epicentros de sísmicos de gran intensidad, pero que es posible que por el subsuelo se desplacen las ondas sísmicas, cuya intensidad va a tener relación directa con la distancia e intensidad del epicentro.

## **CONCLUSIONES**

La intensidad de un evento sísmico es proporcional a la cantidad de energía externa acumulada en un área, por lo tanto, si existe un cuerpo que bloquea de forma natural o artificial el paso de

los fotones solares e impide la acumulación de la energía externa, entonces, este cuerpo cumplirá la función de barrera fotoprotectora, provocando que los epicentros sísmicos en la zona sean de menor intensidad o no se desarrollen.

Sin embargo, para que un cuerpo sea considerado como una barrera fotoprotectora natural o artificial se debe tener en cuenta su tamaño, por lo que este debe ser relevante en relación con la dimensión del cuerpo donde se manifiesta el evento sísmico (planeta Tierra).

Estos análisis validan la teoría de la Energía Sísmica, al entenderse que la intensidad del evento sísmico tiene relación directa con el cúmulo de energía externa, por lo que, al evitarse la formación de ese cúmulo, se evita el desarrollo de los eventos sísmicos de gran intensidad. En este caso, las nubes y las ciudades funcionan como fotoprotectores. Los compuestos de las nubes son en su mayoría aislantes, por lo que funcionan como una barrera fotoprotectora natural y las ciudades al haber sido construidas coincidentemente con material aislante en su mayoría, cumplen el rol de barrera fotoprotectora artificial, por ello no hay registros recientes de epicentros a gran escala en ciudades, a pesar de que el suelo y el clima sean favorables para la acumulación de la energía externa, identificando que las vibraciones sísmicas intensas que se perciben en las ciudades son las ondas sísmicas de los epicentros sísmicos cercanos, de áreas no cubiertas con un cuerpo aislante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Chemical Society. 2005. *Química*, Reverté, Barcelona.

Chalon, Jean-Perre; Gillet, Marc. 1998. «Las Nubes». *Investigación y Ciencia: La atmósfera*. N.º 12: 24-31, abril-junio.

Díaz, M.; Salas, D; Monreal, M. 2017. «Origin and Evolution of Cyclonic Eddy of the Bay of Campeche, Gulf of Mexico». *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Vol. 52: N.º 3: 441-450. <<https://revbiolmar.uv.cl/resumenes/v523/523-441.pdf>> [Consulta: 13-01-2022].

- Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires. 2012. «Las Nubes y el Ciclo de la Energía». *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*. N.º 3: 35-39. Buenos Aires, Argentina. <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53559383004>>
- García, Yahir. 2018. *Geografía: El estudio del espacio de una perspectiva social*. México DF: Grupo Editorial Patria.
- Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2019. *Glosario Meteorológico*. Bogotá, Colombia
- Levillier, Roberto. 1925. *Gobernantes del Perú. Cartas y Papeles. Siglo XVI*. Tomo X, Madrid: Sucesores de Rivadeneya S. A. 171.
- Morán, Xosé y otros. 2001. «Physical-biological Coupling in the Algerian Basin (SW Mediterranean): Influence of Mesoscale Instabilities on the Biomass and Production of Phytoplankton and Bacterioplankton». *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Vol. 48; N.º 2: 405-437. <[https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(00\)00042-X](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(00)00042-X)>
- Ortiz, Juan. 2015. *Introducción a la Oceanografía Física*. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte.
- Pérez-Brunius, Paula; Candela, J. 2013. «Direct Observations of the Upper Layer Circulation in the Southern Gulf of Mexico». *Deep-Sea Research Part II*, Vol. 85; N.º 2: 182-194. <<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2012.07.020>>
- Pérez, Natalia y otros. 2010. *Evaluación de la Resistividad en Campo y en Laboratorio y su Aplicación a Pavimentos*. Publicación Técnica No. 325. Querétaro, México. <<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt325.pdf>> [Consulta: 21-02-2022].

Claudio Valverde Ramírez, Yulisa Valverde Romero, Milton Valverde Romero, Yeny Valverde Romero, Maritza Valverde Romero

Reporte sísmico: IGP/CENSIS/RS 2022-0016. Instituto Geofísico del Perú: Portal IGP. <<https://www.igp.gob.pe/servicios/centro-sismologico-nacional/evento/2022-0016>> [Consulta: 20-01-2022].

Silgado, Enrique. 1978. *Historia de los Sismos más Notables Ocurridos en el Perú (1513 -1974)*. Boletín N.º: 3. Lima: Editado por el Instituto de Geología y Minería. <[https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/251/2/C-003-Boletin-Historia\\_sismos\\_mas\\_notables\\_Peru.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/251/2/C-003-Boletin-Historia_sismos_mas_notables_Peru.pdf)> [Consulta: 27-01-2022].

Valverde Ramírez, C.; Valverde Romero, Y. 2020. «Teoría de la Energía Sísmica». *Aporte Santiaguino*, N.º 13: 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 2: N.º 14: 159-173. <<https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n2.779>>

Valverde Ramírez, C.; Valverde Romero, Y. 2015. «Teoría de la Energía Sísmica». *Libro de lecturas el XIX Congreso Nacional de Ingeniería Civil*. Colegio de Ingenieros del Perú, Huaraz. N.º 1: 103-106.

Wright, Jaime. 2010. «Medición y Predicción de la Radiación Solar Global UV-B Bajo Cielos Claros y sin Nubes». *Uniciencia*. National University, Costa Rica. N.º 24: 111-120 <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475947765012>> [Consulta: 14-12-2021].

Fecha de recepción: 08/04/22

Fecha de aceptación: 12/05/22

### **Correspondencia**

Claudio Valverde Ramírez

claudio.unasam@hotmail.com