

Preparación de las comunidades rurales de Agua Fría y Los Ángeles frente a una erupción del volcán Telica.

Preparation of the rural communities of Agua Fria and Los Angeles against an eruption of the Telica volcano.

Ericka Jazmín Flores¹, Karolina de los Ángeles D' Trinidad Almanza²

¹ORCID 0009-0008-9586-347X, ericka.jaz.flores@gmail.com

²ORCID 0000-0002-0966-6867, karolina.d'trinidad@igg.unan.edu.ni

¹Universidad Paul Valéry, Montpellier III, Francia.

²Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua (UNAN/Managua) - Instituto de Geología y Geofísica IGG-CIGEO, Nicaragua.

Resumen

Nicaragua es un país de América Central, expuesto a diversos riesgos naturales, entre ellos la actividad volcánica. El volcán Telica es uno de los 9 volcanes activos del país y está sometido a una actividad volcánica recurrente. Este volcán representa un riesgo para miles de personas que viven en sus alrededores. El objetivo de este estudio es analizar la preparación ante una crisis eruptiva del volcán Telica de dos comunidades, una en un radio de 5 km y otra en un radio de 10 km. Este estudio considera los planes de contingencia y las medidas preventivas que actualmente están llevando a cabo las autoridades encargadas de la protección civil. Los métodos utilizados fueron los estudios de vulnerabilidad estructural de las comunidades y de percepción del riesgo por parte de sus habitantes. Se aplicaron 107 cuestionarios y 3 entrevistas a los pobladores de las dos comunidades, con el objetivo de comprender cómo se prepara un país en vías de desarrollo ante los riesgos naturales a los que está expuesto y cómo aceptan estas medidas la población local.

Palabras clave: Telica, plan de contingencia, evacuación, erupción volcánica, Nicaragua.

Abstract

Nicaragua is a Central American country, exposed to various natural hazards, including volcanic activity. The Telica volcano is one of the 9 active volcanoes in the country and is subject to recurrent volcanic activity. This volcano represents a risk for thousands of people living in its surroundings. The objective of this study is to analyze the preparedness for an eruptive crisis of the Telica volcano in two communities, one within a 5 km radius and the other within a 10 km radius. This study considers the contingency plans and preventive measures currently being carried out by the authorities in charge of civil protection.

The methods used were studies of structural vulnerability of the communities and risk perception by their inhabitants. A total of 107 questionnaires and 3 interviews were applied to the inhabitants of the two communities, with the objective of understanding how a developing country prepares for the natural risks to which it is exposed and how the local population accepts these measures.

Keywords: Telica, contingency plan, evacuation, volcanic eruption, Nicaragua.

1. INTRODUCCIÓN

El peligro volcánico puede ser uno de los más predecibles si se cuenta con un monitoreo adecuado que permita establecer niveles de referencia y umbrales de alerta mediante la observación de patrones de sismicidad precursora y otros datos de monitoreo. Sin embargo, esta capacidad predictiva está sujeta a un grado de incertidumbre que depende de la cantidad y calidad de los datos en tiempo real. Un sistema de monitoreo limitado aumenta esta incertidumbre y conlleva un mayor riesgo, ya que una falla en un solo sensor puede dejar el observatorio "a ciegas" en momentos críticos (Pallister et al., 2019). Se calcula que el número de personas que viven en las proximidades (menos de 50 km) de un volcán activo asciende a 570 millones en todo el mundo (Leone, F et al 2010). Sin embargo, siguen produciéndose desastres de origen volcánico, como es el caso de Saint-Pierre, Martinica, donde 28.000 personas perdieron la vida tras la erupción de Montagne Pelée en 1902. En el último siglo se han producido catástrofes similares, como la de Santa María, Guatemala, en 1902, con 6.000 muertos, o la del Nevado del Ruiz, Colombia, 1985, con 25.000 muertos, y la erupción del Volcán de Fuego en Guatemala, que produjo 165 muertos y 250 desaparecidos en 2018.

Todos los volcanes de Nicaragua están ubicados dentro de reservas naturales, pero en las cercanías de estos volcanes habitan miles de personas expuestas a los riesgos que conlleva la actividad volcánica. Un ejemplo de esto es el volcán Telica, alrededor del cual viven aproximadamente 327,294 personas dentro de un radio de 30 km según el Global Volcanism Program (Smithsonian Institution National Museum of Natural History, s.f.).

De acuerdo con un estudio reciente sobre el ranking de riesgos volcánicos en Latinoamérica, varios volcanes nicaragüenses se encuentran entre los primeros lugares en términos de riesgo, entre ellos el volcán

Telica (Freitas Guimaraes et al., 2021). Esto resalta la importancia de su monitoreo y estudio debido a su potencial de riesgo elevado. El volcán Telica destaca no solo por su actividad persistente, sino también por su clasificación en un nivel alto de riesgo en el reciente ranking de riesgos volcánicos de Latinoamérica (Freitas Guimaraes et al., 2021). Este ranking evalúa el peligro potencial de los volcanes en función de múltiples factores, que incluye la frecuencia de erupciones, la cercanía a áreas pobladas, y la magnitud de sus posibles impactos socioeconómicos. El Telica es considerado uno de los volcanes de mayor riesgo en la región debido a su proximidad a comunidades y su patrón de actividad explosiva, lo cual lo convierte en una amenaza significativa para la seguridad y el bienestar de la población local.

El estudio enfatiza en la importancia del monitoreo y en la aplicación de estrategias de mitigación, y subraya que el Telica requiere un sistema de vigilancia constante para identificar signos tempranos de actividad inusual. Su inclusión en los primeros lugares del ranking resalta la urgencia de su estudio, no solo para comprender mejor su comportamiento, sino también para implementar medidas preventivas que reduzcan la vulnerabilidad de las áreas adyacentes. Este enfoque permite a los investigadores y autoridades priorizar recursos y esfuerzos en el monitoreo del Telica, reconociendo su potencial destructivo dentro del contexto geológico de Nicaragua y del Cinturón de Fuego del Pacífico.

El Programa de Vulcanismo Global del Museo Nacional de Historia Natural de la Institución Smithsonian (Smithsonian Institution National Museum of Natural History Global Volcanism Program, s.f.), menciona que 1.324 volcanes tienen estado activo debido a supuestas erupciones durante el Holoceno. Entre ellos se encuentran 9 volcanes de Nicaragua que siguen activos en la actualidad: Cosigüina, San Cristóbal, Telica, Cerro Negro, Las Pilas, Momotombo, Masaya, Mombacho y Concepción y que además forman parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, que atraviesa todo el

continente americano de norte a sur por la costa del Pacífico. Nicaragua tiene una población de 6,850,540 habitantes (Banco Mundial, 2021), muchos de los cuales viven en áreas cercanas a volcanes activos. Por ejemplo, alrededor del volcán Masaya residen 175,507 personas en un radio de 20 km (Leone, 2019). La ciudad de Chinandega, con 201,000 habitantes (Alcaldía de Chinandega, 2021), se sitúa a solo 15 km en línea recta del volcán San Cristóbal. Asimismo, la ciudad de León, con una población de 174,051 personas (Alcaldía de León, 2021), se encuentra a 20 km del volcán Telica.

Los desastres volcánicos en Nicaragua han dejado profundas huellas en la población, algunas de las cuales perduran hasta hoy. Entre los eventos más significativos se encuentra el lahar del volcán Casita, desencadenado por el huracán Mitch en 1998, que causó gran devastación. Otro ejemplo notable son las "Huellas de Acahualinca," donde se conservan huellas humanas y de animales petrificadas tras una antigua erupción del volcán Masaya.

Desde hace algunos años, el gobierno de Nicaragua busca proteger a la población, y a nivel nacional se han creado planes multirriesgo por parte del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres Naturales (SINAPRED). En 2018, se creó e implementó el Plan de Respuesta al Evento Volcánico Telica, diseñado para prevenir y mitigar los riesgos asociados con la actividad volcánica. Este plan establece procedimientos de monitoreo y alerta temprana, organiza la evacuación segura de las comunidades cercanas en caso de erupción y coordina los recursos y personal de emergencia para responder de manera rápida y eficiente. También incluye campañas de sensibilización y capacitación para que la población esté preparada y sepa cómo actuar en situaciones de emergencia.

Este estudio ofrece una visión general de la vulnerabilidad de dos comunidades ubicadas a menos de 10 km del cráter del volcán Telica. La primera, Agua Fría, se encuentra en un radio no mayor a los 5 km y Los Angeles, situada en un radio de 10 km del volcán. El objetivo principal del estudio es conocer cómo se preparan las comunidades de Agua Fría y Los Angeles ante una erupción del volcán Telica.

A continuación, se presenta un análisis del plan de contingencia y un estudio de la población, que nos permitirá entender el nivel de exposición de estas dos comunidades en caso de una erupción volcánica.

1. El riesgo volcánico en Nicaragua

El Riesgo volcánico se define como la posibilidad de que ocurran consecuencias adversas para la vida, la propiedad, las infraestructuras y el medioambiente debido a la actividad volcánica. Así mismo, cuando nos referimos al riesgo volcánico, se debe considerar tanto la peligrosidad del fenómeno natural, es decir, la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento volcánico, como la vulnerabilidad de la sociedad y del ecosistema ante esta amenaza y su exposición a ella, incluyendo la susceptibilidad al daño, su impacto económico y la capacidad para hacerle frente y adaptarse (Bolíós et al., 2024)

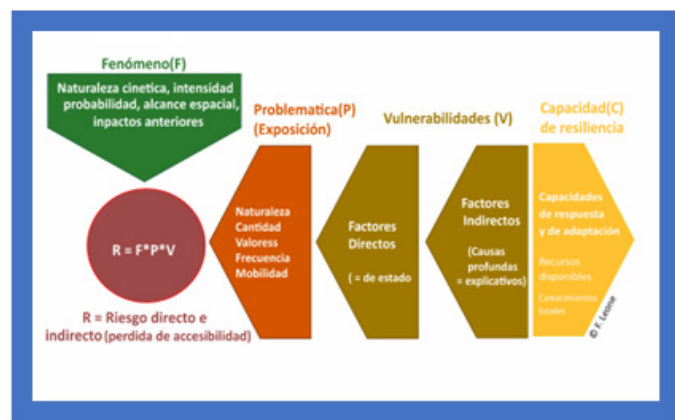
El territorio nicaragüense presenta una alta actividad volcánica, generada principalmente por la interacción tectónica de las placas Cocos y Caribe. Este ambiente tectónico da origen a una determinada recurrencia de erupciones volcánicas, lo que implica algún nivel de riesgo sobre la población e infraestructura expuestas. (Evaluación de Riesgos Naturales, 2009) El vulcanismo ha jugado un papel determinante durante la historia geológica de la Tierra, ya que la corteza oceánica y la continental tienen orígenes volcánicos. En la escala geológica del tiempo, la actividad volcánica ha beneficiado a la humanidad creando terrenos fértiles, permitiendo el surgimiento y desarrollo de civilizaciones. Sin embargo, si se considera la escala humana del tiempo, la actividad volcánica explosiva impacta negativamente, especialmente las áreas pobladas o agrícolas (Gómez-Castillo et al., 2017).

Figura 1 Diagrama de Venn del Riesgo Volcánico



Nota. Diagrama modificado del 5.º Informe (AR5) del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Figura 2 Cuadro conceptual de la definición del riesgo



Nota. tomado de F. Leone.

La mayor actividad volcánica se presenta en los límites de las placas tectónicas (Cottrell, 2014) y los diferentes peligros volcánicos se asocian con tipo de magma y el ambiente tectónico en el que éste se desarrolla (López-Ruiz y Cebriá, 2007). Por ejemplo, la actividad volcánica efusiva se relaciona con magma básico, muy fluido, pobre en sílice y bajo contenido de volátiles (baja explosividad), este magma es característico de límites de placa divergentes y puntos calientes, por el contrario, el vulcanismo explosivo se localiza, principalmente, en márgenes convergentes, donde el magma es ácido, tiene un alto contenido en sílice y volátiles (KusNy, 2008), (Gómez-Castillo et al., 2017).

Nicaragua se divide en tres grandes regiones según su relieve: la cadena volcánica del Pacífico, la meseta central y las llanuras del Caribe. La región del Pacífico es la más poblada del país. Según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), esta zona se caracteriza por una cadena volcánica paralela a la costa, y forma parte de una zona de subducción. Esta condición geológica conlleva un alto riesgo volcánico y sísmico, así como una mayor vulnerabilidad a deslizamientos en las laderas de los volcanes.

Para comprender los objetivos de este estudio, es esencial entender y definir los términos que se utilizarán en este trabajo. El riesgo puede definirse como el resultado de la interacción de un peligro dado (H) y los elementos expuestos (E), que se caracterizan por varias dimensiones de vulnerabilidad (V) y niveles de resiliencia (R) o, en otras palabras, la combinación de todas las pérdidas potencialmente resultantes de un desastre natural particular (Nieto Torrez et al., 2021, como se citó en UNDRR, 1991; UNISDR, 2004).

El riesgo se compone del producto entre el fenómeno, los elementos expuestos, es decir, los problemas y las vulnerabilidades de una zona determinada (Leone).

Se define el término fenómeno como "(...) la posibilidad de que ocurra un evento implicando una perturbación de equilibrio que pueda alterar un entorno". Los problemas se entienden como aquellos elementos susceptibles que podrían resultar afectados por fenómenos de origen natural y/o antrópico, incluyendo bienes, equipos, sistemas y las actividades humanas que podrían sufrir perjuicios o daños. Por su parte, la vulnerabilidad se define como el nivel probable de afectación que un fenómeno natural podría causar sobre estos elementos, especialmente en el contexto de las sociedades humanas y sus actividades. Estas definiciones facilitan el análisis de las etapas siguientes, inicialmente con la cronología de los acontecimientos ocurridos durante la erupción del volcán Telica.

Telica, ¿un riesgo real?

El volcán Telica es un estratovolcán de subducción que forma parte del Anillo de Fuego, con rocas de tipo basalto y andesita y una altitud de 1.036 msnm. Está situado en el municipio de Telica, en el departamento de León. Es un complejo volcánico formado por un cono principal y otros cinco conos adventicios. El cono principal está orientado noroeste-sureste y tiene un cráter de 700 m de diámetro y 120 m de profundidad. Hay tres zonas termales y fumarolas en los flancos (Ver Figura 3) (Smithsonian Institution National Museum of Natural History Global Volcanism Program, s.f.). Las erupciones volcánicas pueden ser violentas, liberando una variedad de materiales como cenizas, rocas, magma y gases. Estos fenómenos pueden ocurrir de manera repentina o gradual, dependiendo del tipo de erupción y del nivel de actividad del volcán, afectando grave-

Figura 3
Reserva Natural Complejo Volcánico Telica Rota.



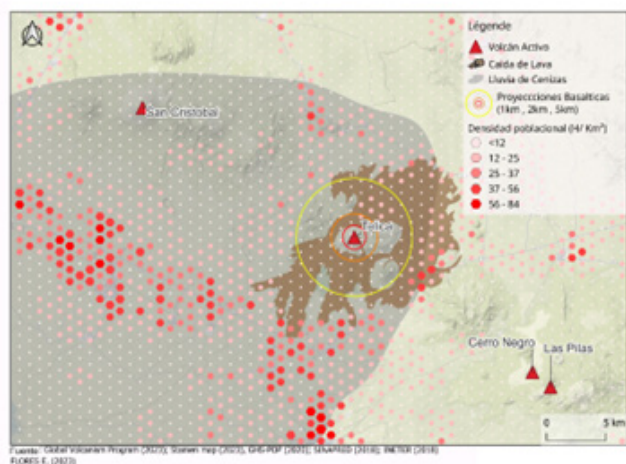
mente a las personas, viviendas, cultivos, animales y al entorno. Según los estudios realizados por INETER y SINAPRED, la extensión máxima de la lava puede llegar hasta 10 km, mientras que la dispersión de la ceniza puede alcanzar hasta 10,5 km, aunque en casos más extremos, la ceniza puede llegar a cubrir más de 35 km en línea recta.

El volcán Telica está en constante actividad. Un total de 49 eventos de actividad volcánica han sido registrados por las autoridades desde la colonización en 1492.

Se observa que las descripciones de los fenómenos eruptivos y sus consecuencias son más explícitas desde 1981, tras la creación de INETER cinco erupciones han sido de particular interés desde la ampliación de la información eruptiva. En lo que respecta a las evacuaciones durante las erupciones, no se han registrado víctimas, sólo daños materiales. Los daños registrados por el Programa Mundial de Vulcanismo son los causados por los bloques. Pero los residentes locales explicaron que también hubo daños causados por la ceniza, no sólo en la agricultura sino también en las viviendas, principalmente en los tejados. En los últimos cuarenta y dos años se han producido no menos de diecisiete erupciones, con al menos una explosión y caída de ceniza. Cinco erupciones necesitaron una evacuación: en este caso, se trataba de un volcán muy activo. No hay registros de víctimas mortales por erupciones, pero es importante tener en cuenta que los municipios están creciendo y la densidad poblacional también (ver figura 4), y esto implica campañas de concienciación más frecuentes, ya que los nuevos residentes necesitan saber qué hacer en caso de evacuación de emergencia. Las proyecciones de rocas ya han afectado a algunos municipios, entre ellos Agua Fría, lo que significa que estas proyecciones pueden causar la pérdida de vidas humanas si no se da la alarma en el momento oportuno o si la evacuación no es eficaz al 100%.

El volcán ha estado muy activo en los últimos años, y en algunos casos las casas están muy separadas, lo que podría impedir una buena comunicación durante una evacuación, ya que en algunas zonas no hay red telefónica.

Figura 4
Densidad poblacional expuesta los fenómenos del volcán Telica



Nota. (FLORES E. 2023).

Evacuación: Plan de evacuación en caso de fenómenos naturales

En 2007, el Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), en colaboración con las municipalidades, inició la elaboración de los “Planes de Intervención Multirriesgo”. Estos planes, son documentos oficiales que permiten a cada alcaldía identificar los fenómenos a los que está expuesta, como el riesgo volcánico, deslizamientos, inundaciones, terremotos, entre otros. Con una extensión de aproximadamente cincuenta páginas, su objetivo es identificar los principales riesgos y factores de vulnerabilidad de la población, establecer procedimientos de actuación y coordinar las acciones de las instituciones y la comunidad en caso de emergencia. Además, buscan mejorar las condiciones generales del municipio para reducir la probabilidad de desastres y asegurar que la respuesta se ajuste a la perspectiva local de gestión de riesgos.

Creación de un plan específico para el volcán Telica

Después de elaborar un plan multirriesgo, SINAPRED decidió crear planes de respuestas para cada complejo volcánico. Desde 2018, han estado trabajando en la creación de planes de respuesta para los complejos volcánicos uno por uno. El primero en crearse fue para el volcán Masaya en 2018, seguido por el volcán Concepción, y los volcanes Cerro Negro y Telica. El último en crearse fue para el volcán San Cristóbal, que fue presentado por las autoridades competentes el 12 de mayo de 2023.

En el caso del volcán Telica, un volcán explosivo situado en el Cinturón de Fuego, se han identificado 6 peligros directos: lluvias de cenizas, proyecciones basálticas, flujos de lava, flujos piroclásticos, sismicidad y emanaciones de gas. (Figura 3).

Dentro de su radio de amenaza mayor (5 km), el volcán alberga 13 comunidades, con 5,538 habitantes en 3 municipios (SINAPRED, 2018). Si tomamos en cuenta un radio mayor a 5 km, basado en erupciones pasadas con un nivel de explosividad alto, son 8 municipios implicados que deben ser evacuados (Chichigalpa, Corinto, El Realejo, El Viejo, Chinandega, Quezalguaque, Posoltega y Telica) con 214,439 personas en total (SINAPRED, 2018).

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y el SINAPRED son responsables del estudio científico de los volcanes. Elaboran tablas de afectación que indican el grado de alerta y el número de habitantes en riesgo por municipio, según la amenaza volcánica. Dependiendo del nivel de alerta (Verde, Amarillo o Rojo), se desarrollan diversos escenarios con intervenciones posibles para cada caso.

Según el arquitecto Edmond Barrera, director de la Dirección de Organización Territorial e Institucional DOTI-SINAPRED, ya se han distribuido 153 planes de intervención multirriesgo en los municipios. Es decir, cada municipio del país cuenta con un plan que explica los protocolos a seguir en caso de un evento natural de cualquier tipo, y este plan se actualiza anualmente. Estas actualizaciones se basan en cualquier acontecimiento que haya alterado la morfología del terreno, los cambios en la población vulnerable (incluidas las mujeres embarazadas, los niños y los ancianos) o la infraestructura de las zonas de refugio y las rutas de evacuación.

Las diferentes rutas de evacuación

Las rutas de evacuación se crearon en el momento de la elaboración de este plan y se dividen en función de la localidad del municipio afectado y del municipio receptor. Cada ruta tiene un itinerario único con la información importante que hay que poner en marcha, así como el número de habitantes que la utilizan y el nombre de la persona responsable de garantizar su buen funcionamiento. Las rutas ya han sido probadas por los habitantes durante los ejercicios y el tiempo estimado de evacuación depende de las medidas adoptadas en su momento y de las pruebas realizadas por los técnicos. El plan de contingencia del volcán Telica incluye 17 rutas de evacuación con más de 150 mil evacuados (SINAPRED, 2018).

2. Estudio de la vulnerabilidad de los habitantes de las comunidades de Agua Fría y Los Angeles

La población de los municipios de Los Ángeles y Agua Fría

La percepción de un fenómeno y del riesgo que representa, varía entre los habitantes de un municipio que ya ha experimentado un evento volcánico y con aquellos que nunca han enfrentado una amenaza de este tipo. Este estudio ofrece una visión general de la vulnerabilidad de dos comunidades ubicadas a menos de 10 km del cráter del volcán Telica. La primera, Agua Fría, se encuentra en un radio de 5 km y la segunda Los Angeles, situada en un radio de 10 km del volcán. El objetivo principal del

estudio es conocer cómo se preparan las comunidades de Agua Fría y Los Ángeles ante una erupción del volcán Telica.

Antes de visitar las comunidades, se pensaba que los habitantes de Agua Fría temían más los peligros del volcán. Sin embargo, las encuestas revelaron lo contrario: los residentes de Los Ángeles muestran un temor mucho mayor. El cráter del volcán está orientado al noroeste-sureste, que es la misma dirección que el municipio de Los Ángeles, a diferencia del municipio de Agua Fría, que se encuentra al noreste del cráter. Gracias a estos cuestionarios, conocemos mejor la relación entre los habitantes y el volcán. La ceniza es el principal peligro. Según los habitantes, el comienzo del invierno es un periodo muy activo para el volcán, lo que puede plantear un problema, ya que es el periodo en que se siembran los cultivos. Ambas comunidades tienen una población predominantemente agrícola, y el 66% de sus cultivos son de maíz y frijoles: la dieta básica del país. Los cultivan para alimentarse. Sin embargo, gran parte de sus cosechas se queman al entrar en contacto con cenizas o gases. Y en algunos casos, los agricultores están perdiendo sus productos.

Para este estudio, se consideró la ausencia de coordenadas GPS correspondientes a los hogares, lo que implicó la imposibilidad de determinar un número exacto de viviendas. En consecuencia, se optó por realizar las encuestas en su totalidad con el fin de obtener la información más precisa posible. En lo que respecta a las entrevistas, estas se llevaron a cabo con los secretarios políticos, quienes desempeñaron un papel clave como guías a lo largo del proceso investigativo, además de ser los individuos con un conocimiento exhaustivo sobre la totalidad de la población residente en las comunidades.

Diagnóstico de las casas

Un estudio de las viviendas de las comunidades afectadas por el riesgo volcánico permitió evaluar la vulnerabilidad de los habitantes en caso de erupción volcánica y de imposibilidad de evacuación de más de 127 viviendas. Además, un estudio de las carreteras permitió comprender la elección de las vías de evacuación y evaluar su viabilidad.

La elección de los indicadores se realizó tras una primera visita a las comunidades y se basó en la lluvia de cenizas y la vulnerabilidad física de los tejados en el volcán Galeras en Colombia (Torres-Corredor, et al 2017). Este estudio permitió entender la elección de ciertos indicadores en una zona volcánica en la cual el riesgo mayor es el de caída de cenizas. En la siguiente tabla podemos observar los criterios elegidos con su ponderación (ver figura 5), esta fue realizada basándose en información existente sobre elementos (ceniza) que afectan la infraestructura, y en la percepción de los pobladores.

Se divide en 4 niveles de vulnerabilidad, siendo 1 el más débil y 4 el más fuerte. Se tienen en cuenta 9 índices: si la casa está habitada, el material del tejado, el material de las paredes, el estado del tejado (es decir, su corrosión), el material de las vigas, el ángulo del tejado, el estado de las paredes, el "acople" y la presencia o ausencia de termitas.

Figura 5
Ponderación de los criterios para el estudio de vulnerabilidad de las casas

	1	2	3	4	Ponderación
Habitada	No	-	-	Si	4
Material del tejado	Zinc	Teja	Paja	Plástico	4
Material de los muros	Bloque o Cuarterón	Adobe o "Embarrada"	Tejas o Madera	Plástico	3
Estado del tejado / Corrosión	+	++	+++	-	2
Material de las vigas	Perlin	-	Madera	-	2
Angulo del tejado	Importante	Medio	Plano	-	1,5
Estado de los muros	Bueno	-	Viejo	-	1,5
Acople	Bueno	Medio	Malo	-	1
Presencia de plagas	No	-	-	Si	1

Nota. (FLORES E. 2023).

Figura 6

Tipos de construcciones en las comunidades de Agua Fría y Los Ángeles según los índices de vulnerabilidad escogidos



Nota. (FLORES E. 2023).

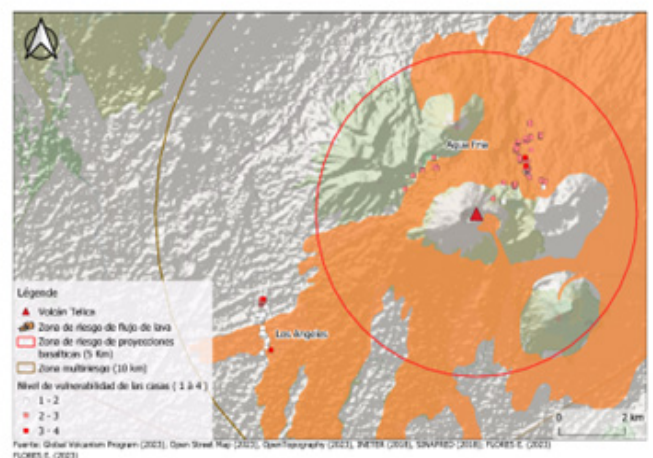
Una casa no se considera vulnerable si no está habitada, ya que la vulnerabilidad está relacionada con la probabilidad de que un elemento sea afectado por un fenómeno. La presencia de habitantes en el hogar es el principal indicador de vulnerabilidad, ya que sin personas expuestas no se puede hablar de una vulnerabilidad significativa.

La amenaza que más afecta a estas comunidades es la de lluvia de cenizas como lo plantea (Torres-Corredor, et al, 2017) por lo que el resto de los indicadores están relacionados con ésta, principalmente el techo. Los materiales del tejado permiten conocer el nivel de resistencia al peso y temperatura de las cenizas, así como las proyecciones balísticas. Del mismo modo, el material de las paredes será otro indicador de resistencia de la casa al peso de los riesgos volcánicos. El estado del tejado, o corrosión, es importante porque las cenizas provocan en ciertos materiales, como el zinc, y también crean agujeros por los que la ceniza puede acabar penetrando. La resistencia del tejado viene determinada por una serie de criterios, como el material de las vigas y la presencia o ausencia de termitas, ya que la madera es uno de los materiales más utilizados en estas zonas. El ángulo del tejado explica el nivel de acumulación de ceniza en las casas y, por último, el estado de las paredes y las uniones (entre los pilares y el armazón).

La construcción de viviendas en estas comunidades es un proceso prolongado, especialmente en la comunidad de Los Ángeles, pero aún más complejo y lento en Agua Fría. Los materiales se transportan en varias partes por razones económicas o de accesibilidad. Los materiales se eligen por diversas razones. Por ejemplo, cuando se trata de techar, ¿Por qué usar zinc que son menos resistentes que las tejas? Las tejas son más pesadas y pequeñas, por lo que son más difíciles de transportar, y los residentes explicaron que limpiar las tejas después de una lluvia de cenizas era más difícil: tenían que retirarlas todas para poder limpiarlas bien. En cambio, las láminas de zinc son más ligeras y fáciles de limpiar, con el único problema de la corrosión, ya que la lluvia de cenizas es un fenómeno anual que provoca la corrosión de las láminas de zinc a largo plazo. Según los habitantes, tienen que cambiarlas cada 4 años aproximadamente. Se trata de una opción mucho más rentable que las tejas.

Figura 7

Vulnerabilidad de los hogares en las comunidades de Agua Fría y Los Ángeles.



En Agua Fría también es muy común tener un espacio fuera de la casa con techos de paja y paredes de madera. Estos espacios se utilizan para cocinar o en algunos casos, cuando no tienen paredes, para pasar un rato a la sombra o al aire libre. Dentro de las casas, las temperaturas son más altas.

La presencia de termitas es importante porque las vigas son de madera y su presencia provoca inestabilidad en el tejado, lo que puede ser un obstáculo cuando caen las cenizas.

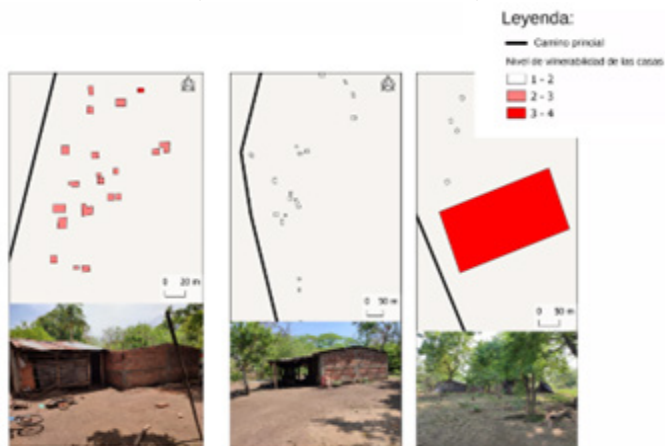
El nivel de vulnerabilidad de las casas de las dos comunidades es muy similar. La comunidad de Los Ángeles tiene un menor nivel de vulnerabilidad estructural que Agua fría. Esto se debe a 3 razones; la primera se debe al proyecto que se puso en marcha después del huracán Mitch. Una ONG, realizó una dotación a la comunidad para reconstruir las casas que fueron destruidas, y se donaron materiales de calidad que están en el lugar. La segunda razón es el transporte de los materiales. La comunidad de Los Ángeles está cerca de la carretera principal, por lo que el acceso con cualquier tipo de vehículo es más fácil. Agua Fría, en cambio, está más alejada y solo se puede acceder con vehículo 4x4, motos, caballos y carretas.

La última razón es la situación económica de las comunidades, al estar Los Ángeles más cerca de la carretera las oportunidades de trabajar fuera de la comunidad son más accesibles y esto permite que la comunidad cuente con pobladores que invierten un poco más en sus hogares.

Las figuras 8 y 9, muestran la vulnerabilidad estructural de las comunidades. La vulnerabilidad de Los Ángeles oscila entre el nivel 1 y el nivel 3, y sólo dos zonas muestran una vulnerabilidad significativa. El gran rectángulo rojo al sur del municipio es un asentamiento. Se trata de familias con muy pocos recursos que no son de la comunidad, no pueden construirse una casa porque pueden verse obligadas a abandonar la zona ya que no son propietarios de estos terrenos.

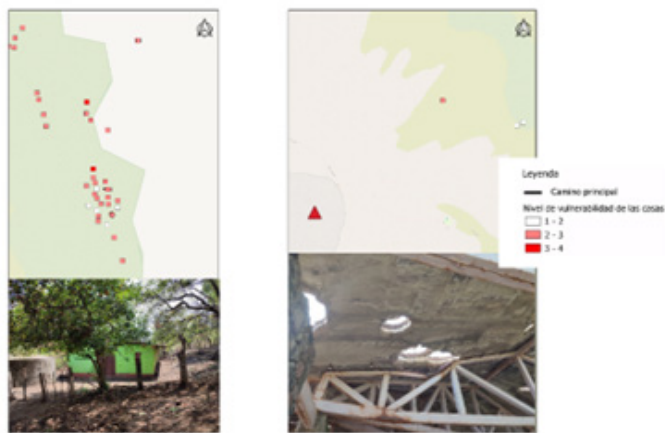
Las casas de nivel 1 son principalmente las que se construyeron con

Figura 8
Vulnerabilidad de los hogares en la comunidad de Los Angeles



Nota. (FLORES E. 2023).

Figura 9
Vulnerabilidad de los hogares en la comunidad de Agua Fría



Nota. (FLORES E. 2023).

Figura 10
Camino hacia comunidad Los Ángeles.



Figura 11
Camino hacia comunidad Agua Fría.



el proyecto tras el huracán y que ahora los propietarios han realizado mejoras.

Por último, las casas de nivel 2 y 3 son principalmente familias jóvenes que acaban de formarse y que aún no disponen de recursos suficientes para mejorar sus viviendas.

Agua Fría, por su parte, tiene la mayoría de las viviendas con un nivel de vulnerabilidad medio, por las razones explicadas anteriormente. La única casa destacable es la que fue parcialmente destruida durante la erupción de 2015.

Diagnóstico de caminos

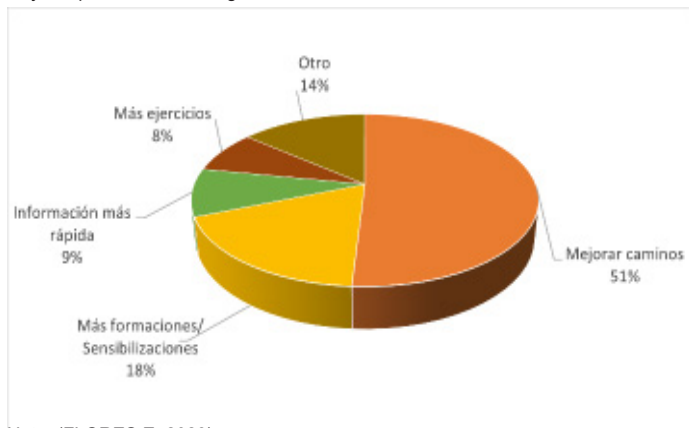
El diagnóstico de los caminos es equivalente entre los dos municipios; los caminos son de tierra con varias piedras sueltas. Como se explicó anteriormente, el acceso a Los Ángeles es posible con todo tipo de vehículo (ver figura 10). A Agua Fría sólo se puede acceder con vehículos 4x4, motos, caballos o carretas (ver figura 11).

Los Ángeles está a 4 km de la carretera principal y Agua Fría está a 9 km de la carretera principal, pero sólo se puede acceder a pie o a caballo, y aproximadamente a 15 km de la carretera principal, a la que se puede acceder en vehículo. El trayecto en vehículo desde la carretera principal hasta Los Ángeles dura unos 30 minutos, y desde la carretera principal hasta Agua Fría unas 2 horas.

Durante la temporada de lluvias (mayo-octubre), ambos caminos sufren desprendimientos rocosos que complican el uso de los caminos. Los residentes explican que los caminos son reparados después de las lluvias por los lugareños, en Agua Fría una vez a la semana y en Los Ángeles los caminos son reparados con menos frecuencia porque por allí pasan 2 autobuses diario. Este camino es la ruta de evacuación del municipio de Los Ángeles, y aunque haya algunos movimientos de tierra, todavía es posible utilizarlo.

En Agua Fría, la ruta de evacuación también está sujeta a movimientos del terreno en invierno. Sin embargo, es el único camino que permite una evacuación fluida. Los residentes que ya han realizado el ejercicio explican que tienen que utilizar hamacas para transportar a las personas con movilidad reducida. También han realizado ejercicios de evacuaciones reales para medir el tiempo de evacuación y estimar el peso de este transporte improvisado. Cada persona vulnerable figura en una tabla del

Figura 12
Mejoras para realizarse según los habitantes



Nota. (FLORES E. 2023).

plan de contingencia. A nivel de la comunidad, el “secretario político” tiene el control de todos los habitantes, mujeres embarazadas, niños, ancianos, personas con movilidad reducida y heridos, por lo que su evacuación puede organizarse más fácilmente.

Aunque estos caminos son de tierra, no plantean mayores problemas durante las evacuaciones porque los vecinos les dan mantenimiento en invierno para facilitar su propia movilidad.

Los residentes locales, expresan que las principales áreas de mejora son las carreteras y los caminos.

Estas carreteras pueden utilizarse tanto como vía principal como ruta de evacuación. El municipio de Los Ángeles sólo tiene una carretera y es accesible en vehículo. Sólo pasan dos autobuses por la mañana. Esto facilita los desplazamientos de los habitantes fuera de la comunidad.

La comunidad de Agua Fría tiene dos caminos que permiten el acceso a la localidad: una en vehículo, pero sólo hasta cierto punto, y la otra a pie o a caballo. La única forma que tienen los residentes de salir de la comunidad es por sus propios medios. Por tanto, los residentes tienen pocas opciones para desplazarse ya sea en vehículo, a pie o a caballo.

El difícil acceso a la comunidad no solo representa un desafío cotidiano, sino que también se convierte en un problema crítico en situaciones de emergencia, dificultando la llegada oportuna de los servicios de urgencia. La señalización vial es sumamente limitada: la primera señal visible en la carretera principal solo marca la entrada al volcán, y una segunda indica el camino hacia este. A partir de ahí, no existen más indicaciones claras a lo largo del trayecto. Además, la carretera presenta numerosas curvas sin señalización adecuada, lo que aumenta los riesgos de tránsito. Algunas zonas son particularmente complicadas de cruzar debido a la estrechez del camino, lo que agrava aún más las dificultades de acceso.

Las mejoras en los caminos requieren una inversión significativa que debe ser asumida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Sin embargo, este proyecto se considera de largo plazo, ya que actualmente no figura como una prioridad. No obstante, el desarrollo de esta carretera tiene el potencial de incrementar los recursos y oportunidades para la comunidad, impulsando su crecimiento y conectividad.

El riesgo y su percepción cotidiana

El 69,15% de los habitantes de estas dos comunidades han residido allí por más de 15 años, siendo algunos de ellos nativos de la zona. Entre los residentes más jóvenes, la mayoría también son originarios de estas comunidades, aunque se mudaron a su residencia actual en fechas más recientes. Haber crecido cerca del volcán sin haber enfrentado situaciones de peligro les brinda tranquilidad y refuerza su decisión de permanecer viviendo en sus proximidades.

Los habitantes de las dos ciudades tenían algunas cosas en común en cuanto a su percepción del riesgo. En efecto, vivir tan cerca de un volcán no les causa gran estrés ni temor mientras no se produzcan erupciones importantes. Este punto parece coherente con la actividad del volcán. Todos los años hay actividad volcánica, aunque sólo sea en forma de emisiones de ceniza. Los habitantes de Agua Fría afirman que su temor sigue siendo oír el sonido de las detonaciones cuando el volcán entra en actividad. Sin embargo, no se sienten amenazados por la actividad violenta del volcán. Los únicos impactos que les preocupan por el momento son la ceniza y el olor a azufre pero que no les obliga a ser evacuados, en algunos casos para las casas más cerca del cráter se presentan erupciones balísticas.

La situación en Los Ángeles es similar. La comunidad se encuentra en la dirección del cráter y en la dirección en la que está fluyendo la mayor parte de la ceniza. “Los residentes no están saliendo de sus casas y, al igual que los enfermos por vías respiratorias, el uso de mascarillas no es una opción”, como nos explicó Doña María, una residente asmática de Los Ángeles. Han desarrollado una capacidad de resiliencia ante este peligro que les ha permitido seguir viviendo en estas comunidades.

La presencia de ceniza durante el invierno se ha convertido en parte de su vida cotidiana, y saben qué hacer cuando se producen estos fenómenos. Los jóvenes de Agua Fría explicaron que sus padres vivían en la comunidad y nunca habían experimentado un evento mayor. Por eso no quieren mudarse a otras comunidades porque, para ellos, el volcán no es tan peligroso.

Además, la mayoría de los habitantes de ambas comunidades son agricultores y, como la zona está en peligro, vender sus propiedades sería complicado. El apego de una población a una zona es muy importante, más aún cuando se trata de la misma tierra que es su fuente de alimentación y supervivencia. Explican que, aunque algunos años se haya perdido parte de la cosecha, han sabido encontrar la manera de sobrevivir. Cada año buscan nuevas formas de evitar que las cenizas les afecten. La pertenencia a una zona es una cuestión importante en el estudio de la gestión de riesgos.

A medida que aumenta el nivel de vulnerabilidad, el riesgo también se incrementa, y en muchos casos, la población no es plenamente consciente de este peligro o se niega a aceptarlo, ignorando las posibles amenazas para su vida. Un ejemplo claro de esta situación fue el traslado de los residentes de Pacífica, en California. En 2016, tras el colapso de un acantilado, se vieron obligados a ser reubicados de emergencia. Aunque previamente se habían negado a abandonar la zona, ese año enfrentaron una decisión ineludible: aceptar la reubicación o arriesgar sus vidas.

Escenarios similares se presentan en todo el mundo y suelen ser de los más riesgosos. Sin embargo, estos casos destacan un elemento clave: el profundo sentido de pertenencia de los residentes a sus comunidades. Este vínculo emocional es un hilo conductor que conecta a diversas comunidades y sus lugares de residencia. Como expresó un habitante de Agua Fría: “Aunque el cielo se caiga, a mí no me sacan de mi casa”. Este sentimiento refleja no solo el apego a sus hogares, sino también la resistencia a abandonarlos, incluso en situaciones de emergencia. Además, evacuar sus viviendas implicaría dejar desatendidos sus cultivos, fuente vital de sustento, lo que agrava su decisión de quedarse pese al peligro. En algunos casos, las familias optan por dejar a uno de sus miembros, generalmente un hombre, para cuidar la tierra y los cultivos, a pesar del peligro que esto conlleva. Aunque las evacuaciones son obligatorias, las autoridades no pueden evitar que algunos residentes permanezcan cerca de sus hogares en áreas que consideran relativamente seguras, incluso si la alerta no ha sido levantada. La permanencia en los refugios suele ser breve, ya que muchos habitantes se resisten a quedarse por mucho tiempo y prefieren regresar a sus hogares lo antes posible, aun cuando esto implique asumir riesgos para ellos mismos y sus familias. Este comportamiento refleja tanto su apego al territorio como la importancia de los cultivos como sustento vital.

Lo que desde fuera puede percibirse como un riesgo, para ellos es simplemente parte de su rutina diaria. Estas situaciones no representan un problema en su vida cotidiana, a menos que el impacto del peligro sea extremadamente grave. Este enfoque refleja su capacidad de adaptación al entorno y su percepción del riesgo como algo manejable dentro de su experiencia y contexto.

2. CONCLUSIÓN

Hablar de riesgos en un país como Nicaragua resulta lógico, dado que su ubicación geográfica lo expone a diversas amenazas naturales. Terremotos, erupciones volcánicas, huracanes e inundaciones son fenómenos recurrentes que forman parte de la realidad del país, obligando a las comunidades a convivir en un entorno cambiante y peligroso.

Las encuestas realizadas muestran que los residentes mantienen una preocupación latente por la posibilidad de una erupción similar a la del volcán Casita. No obstante, esta inquietud se entrelaza con una marcada ambivalencia: el temor a enfrentar un evento tan devastador y, al mismo tiempo, un profundo sentimiento de pertenencia al lugar. La pregunta “¿Irse o no irse?” se convierte en un dilema crucial, no solo para los habitantes, sino también para las autoridades responsables de garantizar su seguridad, quienes deben equilibrar la protección de la vida y el respeto a los vínculos emocionales y culturales de las comunidades con su territorio.

El período de retorno de los sucesos ha disminuido en el último siglo (XXI), evidentemente, la actividad volcánica ha aumentado en los últimos años, produciéndose aproximadamente cada 2 años. La población de las comunidades cercanas a los volcanes está aumentando, al igual que el riesgo. Por lo tanto, es necesario actualizar los datos anualmente. Con la creación de planes de contingencia ante una erupción volcánica nos ha permitido acercarnos a las autoridades locales.

El SINAPRED continúa implementando planes de contingencia para los volcanes activos del país, sin embargo, su labor no concluye con la puesta en marcha de estos planes. Se realizan ejercicios periódicos y sesiones de sensibilización en momentos clave para fortalecer la preparación de las comunidades. Este estudio sobre la preparación ante erupciones volcánicas en las comunidades de Agua Fría y Los Ángeles, frente al volcán Telica, brinda una visión clara de su capacidad de respuesta en caso de catástrofe.

Un aspecto destacado es la relación homogénea entre los órganos gubernamentales, municipales y las comunidades, lo que asegura que las instrucciones y procedimientos se apliquen eficazmente en situaciones reales. Este modelo organizativo demuestra que no se necesitan grandes recursos para implementar estrategias efectivas que reduzcan significativamente la vulnerabilidad, subrayando el valor de la coordinación y el compromiso colectivo en la gestión de riesgos.

3. REFERENCIAS

- Arcos, N. ; Dunbar, P. ; Stroker, K. ; I, . (2017). The Legacy of the 1992 Nicaragua Tsunami. Obtenido de <https://eos.org/features/the-legacy-of-the-1992-nicaragua-tsunami>
- Adolph, R. (2016). Crónicas sobre el Volcán Masaya. 1–23.
- Ana Icela Collado Urbina, E. I. C. L. (2022). Desastres Naturales que Afectan Nicaragua: una Amenaza Latente. Universidad Autonomas de Nicaragua.
- Bolós, X., Geyer, A., Fraile-nuez, E., Barde, S., Tommás, J., Sánchez, N., Galindo, I., & Policy, S. (2024). El Riesgo volcánico.
- Broda, J. (2023). Simbolismo de los volcanes. Los Volcanes en la cosmivisión Mesoamericana. Obtenido de <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/simbolismo-de-los-volcanes-en-la-cosmovision-mesoamericana>.
- CD-SINAPRED. (2010). Plan Nacional De Gestión Del Riesgo De Desastres Metas Nacionales. <http://gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/emergencia.aspx?id=41%5Cnhttp://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>
- Castilla, W., Oporta, D., & Villagra, A. (2016). Desastres Naturales que afectan a Nicaragua una Amenaza Latente.
- CEPAL, C. E. (1999). NICARAGUA: EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR EL HURACÁN MITCH, 1998.
- CNE, C. N. (2001). Plan maestro geotérmico de Nicaragua
- Doocy, S.; Daniels, A.; Dooling, S.; Gorokhovich, Y.; (2013). The human impact of volcanoes: a historical review of events 1900-2009 and systematic literature review.
- Duque, S. (2019). Volcánica.
- Escuela Centroamericano de Geología, Dirección de . (2008). Memoria del IX Congreso Geológico de América Central.
- Evaluación de Riesgos Naturales. (2009). Metodología de Modelación Probabilística de Riesgos Naturales. Informe Técnico ERN-CAPRA-T2-16.Tomo I Escenario de Riesgo Volcánico en Managua.
- Geirsson, H. et al (2014). Multidisciplinary observations of the 2011 explosive eruption of Telica volcano, Nicaragua: Implications for the dynamics of .
- Gómez-Castillo, G., Mendoza, M. E., Macías, J. L., & López Granados, E. (2017). Riesgo volcánico: estado del arte y desafíos de trabajo. *Revista Geográfica*, 158(1), 69–106.
- Gomez, A., & Rico, L. (2006). Efectos de tres tratamientos silviculturales sobre la composición florística y la estructura horizontal del bosque seco secundario latifoliado en la microcuenca Las Marias, Telica, Leon.
- Gutierrez Cruz, M. (2019). Pueblos Namotivos: una región entre calderas. Obtenido de [https://rcientificaesteli.unan.edu.ni/index.php/RCientifica/article/download/914/887?inline=](https://rcientificaesteli.unan.edu.ni/index.php/RCientifica/article/download/914/887?inline=1)
- Hanagan, C.; LaFemina, P. C.; Rodgers, M.; (2020). Changes in Crater Morphology Associated With Volcanic Activity at Telica Volcano, Nicaragua.
- Hernandez Davila, C. (2023). Los cerros que devoran a la gente. Obtenido de <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/los-cerros-que-devoran-la-gente>
- Hradecký, P. (2011). Introduction to the special volume “subduction-related igneous activity in Central America - its nature, causes and consequences.” *Journal of Geosciences*, 56(1), 1–7. <https://doi.org/10.3190/jgeosci.089>
- Incer, J., Wheelock, J., Cardenal, L., & Rodríguez, A. (n.d.). Desastres Naturales de Nicaragua-Guías para prevenirlos.
- INETER. (2014). Sismos y Volcánes de Nicaragua.
- Instituto, E., & Sismología, N. De. (2019). Informe Erupción Volcan Fuego 03/06/2018. 209, 1–40.
- Leone, F., Meschinet, N., & Vinet, F. (2010). Aleas Naturels Et Gestion Des Risques 2010 PUF Leone Vinet MeschinetDeRichemond Complet leger.
- Leone, F., Richemond, N. M. De, Freddy, V., Leone, F., Richemond, N. M. De, & Freddy, V. (2021). Aléas naturels et gestion des risques To cite this version : HAL Id : hal-03279213.
- Mauricio;. (2017). Vulnerabilidad física de cubiertas de edificaciones de uso de ocupación normal ante caídas de ceniza en la zona de influencia.
- MARENA. (2008). 3-B. Plan de Manejo de la Reserva Natural Complejo Volcánico Telica-Rota.
- Marín, E. (2009). Plan de manejo de la reserva natural complejo volcánico Telica-Rota. 4. Informe final.
- Martínez, I. (2013). Diagnóstico de Poblaciones de Fitonematodos y Nematodos de la vida libre asociados al cultivo de plátano variedad Hartón enano (AAB) en tres fincas productoras de León y Telica, Nicaragua.
- Marlu, M. (2022). Retour d'expérience l'éruption volcanique de Saint-Vincent et les Grenadines 2021: reconstitution spatiale et temporelle des évacuations.
- Martínez, I. (2013). Diagnostico de poblaciones de fitonematodos y Miomatodos de vida libre asociados al cultivo de platano variedad Harton enano (AAB) en tres fincas productoras de Leon y Telica, Nicaragua.
- Mather, T.A; Pyle, D.M; Tsanev, V.I; McGonigle, A.J.S; Oppenheimer, C.; Allen, A.G; (2006). A reassessment of current volcanic emissions from the Central American arc with specific examples from Nicaragua.
- National Centers for Environmental Information, N. (s.f.). On This Day: 1992 Nicaragua Tsunami. Obtenido de <https://www.ncei.noaa.gov/news/day-1992-nicaragua-tsunami>
- NCEI/WWDS Global Historical Tsunami Database, 2100 BC to Present. (s.f.). National Geophysical Data Center / World Data Service: NCEI/WWDS Global Historical Tsunami Database. Obtenido de NOAA National Centers for Environmental Information.: https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml
- Quedo Herrera, J. (2019). Caracterización Geológica y estructural del Complejo Volcánico Telica
- Rizzo, A. L., Robidoux, P., Aiuppa, A., & Di Piazza, A. (2022). 3 He/4He Signature of Magmatic Fluids from Telica (Nicaragua) and Baru (Panama) Volcanoes, Central American Volcanic Arc. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/app12094241>
- Robert, B., & Brown, E. B. (2004). Efectos de Tres Tratamientos Silviculturales sobre la Composición Florística y la Estructura Horizontal del Gosque Seco Secundario Latifoliado en la Microcuensa Las Marias, Telica, León. (Issue 1, pp. 1–14).
- RILMAC; Universidad de Wuppertal (Alemania). (2022). Jornadas: El terremoto de Managua de 1972: política, cultura y memoria.
- Rodgers, Mel; Roman, Diane C.; Geirsson, Halldor; LaFergina, Peter; Muñoz, Angelica; Guzman, Carlos; Tenorio, Virginia. (2013). Seismicity accompanying the 1999 eruptive episode at Telica Volcano, Nicaragua.
- Roman, D. C.; LaFemina, P. C.; Bussard, R.; Stephens, K.; Wauthier, C.; Higgins, M.; (2019). Mechanisms of unrest and eruption at persistently restless volcanoes: Insights from the 2015 eruption of Telica Volcano, Nicaragua.
- Scott, W.; Gardner, C.; Devoli, G.; Alvarez, A.; (2006). Volcanic Hazards in Central America.
- Self, S.; Rampino, M. R.; Carr, M. J.; (1989). A reappraisal of the 1835 eruption of Cosigüina and its atmospheric impact.
- SINAPRED. (2018). Plan contingente ante erupción volcánica, municipio de Telica.
- SINAPRED, S. (2019). guía del método para el monitoreo, evaluación y actualización de los planes municipales de gestión integral de riesgo (PMGIR).

- SINAPRED, S. (s.f.). Guía Nacional para el Funcionamiento de los Comités Departamentales para la Prevención, Mitigación y Atención a Desastres (CODEPRED).
- SINAPRED, Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres. (2010). Plan Nacional de Gestión del Riesgo, Nicaragua.
- SINAPRED; Mairie de Quezalaguaque. (2022). Plan d'intervention multirisque de Quezalaguaque.
- Smithsonian Institution National Museum of Natural History Global Volcanism Program. (s.f.). Global Volcanism Program. Récupéré sur Global Volcanism Program. Obtenido de <https://volcano.si.edu/>
- Torres-Corredor, R. A., Ponce-Villarreal, P., & Gómez-Martínez, D. M. (2017). Vulnerabilidad física de cubiertas de edificaciones de uso de ocupación normal ante caídas de ceniza en la zona de influencia del volcán Galeras. *Boletín de Geología*, 39(2), 67–82. <https://doi.org/10.18273/revbol.v39n2-2017005>
- Torres Lezama, M. (2020). Un recurso disponible en Nicaragua: la geotermia.
- Wheelock Román, J. (2017). Desastres naturales en Nicaragua. *Cultura de Paz*, 23(72), 51. <https://doi.org/10.5377/cultura.v23i72.4982>