

ANÁLISIS DEL USO DE SUELO E INESTABILIDAD DE LADERAS PARA ATLAS DE RIESGOS DE SANTA MARÍA HUATULCO 2023, OAXACA, MÉXICO

Rocío Marisol Alanís Anaya^{1*}

1. Colegio de Geografía,
Facultad de Filosofía y
Letras, Universidad Nacional
Autónoma de México, Ciudad
de México, México.

*Autor de correspondencia:
rocioalanis@filos.unam.mx

RESUMEN

En México, los atlas de riesgos son herramientas para el ordenamiento territorial y la creación de políticas públicas que ayudan a mitigar la construcción social del riesgo, siendo la Ley General de Protección Civil la que decreta que sean actualizados regularmente. Por ello, se realizó el 2023 un análisis del uso de suelo e inestabilidad de laderas para el Atlas de Riesgos, Vulnerabilidad y Cambio Climático del municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca. Este artículo reflexiona sobre el proceso metodológico y el análisis espacial del mapa de uso de suelo y vegetación; y del mapa de susceptibilidad a inestabilidad de laderas elaborado con un análisis multicriterio ponderado de factores condicionantes y desencadenantes. Los resultados, además de mostrar la categorización espacial del uso de suelo e inestabilidad de laderas, evidenciaron temas socioambientales que ponen en riesgo a la población; como son el establecimiento de asentamientos irregulares en zonas con inestabilidad de laderas, y su relación con el desplazamiento poblacional en el municipio. Este documento provee de un análisis cartográfico sobre riesgos socioambientales que mejora la toma de decisiones para el ordenamiento territorial del municipio de Santa María Huatulco.

PALABRAS CLAVES

Atlas de riesgos; Inestabilidad de laderas; Oaxaca; Santa María Huatulco; Usos de suelo y vegetación; México

ANALYSIS OF LAND USE AND SLOPE INSTABILITY FOR THE RISK ATLAS OF SANTA MARÍA HUATULCO 2023, OAXACA, MEXICO

ABSTRACT

In Mexico, risk atlas are tools for territorial planning and the creation of public policies that help to mitigate the social construction of risk. The General Civil Protection Law mandates that such atlas must be updated regularly, which is why in 2023 an analysis was carried out on land use and slope instability for the Atlas of Risks, Vulnerability and Climate Change at the municipality of Santa María Huatulco, Oaxaca. The article discusses the methodological process and spatial analysis of land use and vegetation maps, while susceptibility to slope instability was prepared with a weighted multicriteria analysis of conditioning and triggering factors. The results, in addition to showing the spatial categorization of land use and slope instability, highlighting socio-environmental issues that put the population at risk, such as the establishment of irregular settlements in areas with slopes instability and their relationship to population displacement in the municipality. This work provides a cartographic analysis of socio-environmental risks that contributes to better decision-making for the territorial planning of the municipality of Santa María Huatulco.

KEYWORDS

Risk atlas; Slope instability; Oaxaca; Santa Maria Huatulco; Land and vegetation uses; Mexico

DOI:

<https://doi.org/10.55467/reder.v10i1.214>

RECIBIDO

6 de marzo de 2025

ACEPTADO

17 de julio de 2025

PUBLICADO

1 de enero de 2026

Formato cita

Recomendada (APA):

Alanís Anaya, R.M. (2026). Análisis del Uso de Suelo e Inestabilidad de Laderas para Atlas de Riesgos de Santa María Huatulco 2023, Oaxaca, México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 10(1), 163-180. <https://doi.org/10.55467/reder.v10i1.214>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

INTRODUCCIÓN

Los atlas son un compendio de mapas de corte físico, ambiental, social, cultural, económico y/o político, que representan una síntesis de información temática que interpreta a los territorios utilizando un lenguaje visual que refleja los resultados de investigaciones científicas que integran diversas perspectivas y temáticas (IGG, 2024). Dentro de la diversidad de información que contienen, también es posible identificar que vinculan datos referentes a una temática en particular, con el propósito de abordar de manera específica una problemática o área de estudio. Tal es el caso de los atlas de riesgos, definidos como documentos que contribuyen a la identificación de distintos riesgos asociados a peligros que pueden generar factores subyacentes de vulnerabilidad en la población; por ello funcionan como una herramienta fundamental que muestra los peligros, la exposición, la vulnerabilidad y los riesgos que ocurren en el territorio (CENAPRED, 2024; IGG, 2024; Saulnier, et al., 2022).

Para México, los atlas de riesgos municipales son documentos útiles para la gestión del territorio, el ordenamiento de los asentamientos humanos y la creación de programas y políticas públicas enfocadas en mitigar los efectos de la construcción social del riesgo en términos de producción y reproducción de escenarios de vulnerabilidad ante la presencia de un peligro (Ruiz Rivera, et al., 2015; García Acosta, 2005). De acuerdo con la Ley General de Protección Civil en su artículo 19 fracción XXII, estos documentos deben ser actualizados regularmente, incorporando los peligros y riesgos que coadyuven a identificar la vulnerabilidad a nivel municipal y nacional; y en su elaboración se debe considerar el obtener datos a través del trabajo de campo, el usar sistemas de información geográfica, y analizar y/o simular escenarios de riesgo para la estimación de pérdidas derivadas de un desastre (LGPC, 2023; Ruiz Rivera, et al., 2015).

En el caso del municipio de Santa María Huatulco, en 2012 fue publicado un atlas de riesgos enfocado en identificar los peligros de origen geológico e hidrometeorológico, delimitar el nivel de riesgo al que está expuesta la infraestructura y la población, y ser una herramienta base para la planeación, definición y diseño de estrategias de mitigación de riesgos en el municipio (ARNMSMH, 2012).

Y desde entonces no se contaba con la actualización del documento, es por ello que en 2022 se hizo una colaboración de autoridades del Municipio de Santa María Huatulco (Oaxaca) con investigadores y estudiantes pertenecientes al Colegio de San Luis A. C, Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (CONAHCYT), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); y con ello se dio inicio a los trabajos de campo para realizar la actualización del Atlas de Riesgos, Vulnerabilidad y Cambio Climático del municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca 2023 (ARVCCSMH). Este atlas destaca por ser elaborado y diseñado para ser actualizado de manera más fácil y práctica, además cuenta con un diseño didáctico y accesible para que pueda ser consultado, leído y analizado por los pobladores y especialistas, asimismo la información contenida se puede integrar a los planes de desarrollo municipal, planes de desarrollo urbano y reglamentos de ordenamiento territorial, sustentabilidad ambiental y cambio climático (ARVCCSMH, 2023).

Cabe destacar que el grupo de investigación se conformó con la intención y el compromiso de obtener un atlas que dotara de conocimiento académico, horizontal y sin jerarquías entre los participantes y la población que apoyo durante los trabajos de campo. Lo anterior para brindar información de calidad para las personas, las autoridades y los tomadores de decisiones que se encuentran en el municipio de Santa María Huatulco, es por ello que la colaboración se hizo sin fines de lucro por lo que ningún miembro del grupo de investigación recibió alguna retribución económica. El apoyo que el municipio otorgo fue en formato de viáticos, transporte durante el trabajo de campo, apoyo con personal de protección civil y bomberos durante los recorridos, y seis becas para estudiantes que apoyaron durante la elaboración del atlas; esto con la intención de generar un documento veraz, confiable y libre de intereses que pudieran sesgar la información en beneficio de particulares.

Si bien, el ARVCCSMH está conformado por 87 mapas, estos fueron descritos de manera general para respetar el enfoque didáctico y práctico del atlas, es por ello que el objetivo de este artículo es mostrar a detalle el proceso metodológico y el análisis espacial de dos mapas incluidos en el atlas: uso de suelo y vegetación y susceptibilidad a inestabilidad de laderas. Por ello, en este

trabajo se abordarán los pormenores de las técnicas metodológicas, los resultados cartográficos y los hallazgos socio-territoriales que se visualizaron durante el trabajo de campo que se realizó 4 semanas posteriores al paso del huracán Agatha en 2022.

Siendo así, este documento además de ser una guía metodológica que puntualiza el enfoque de investigación que se utilizó para el diseño y elaboración de cartografía de uso de suelo e inestabilidad de laderas, también es una herramienta para quienes deseen elaborar nuevas cartografías en atlas de riesgos o artículos de investigación científica con un enfoque socio-territorial. Dado lo anterior, se asume que este documento va más allá de un informe técnico y provee de un análisis cartográfico más profundo que da contexto al territorio municipal en términos de riesgos socioambientales, y que puede coadyuvar a una mejor toma de decisiones para el ordenamiento territorial en favor de la población que vive en el municipio de Santa María Huatulco.

METODOLOGÍA

Sitio de estudio

Santa María Huatulco es uno de los 570 municipios del estado de Oaxaca en México, se ubica entre los paralelos 15°40' y 15°58' latitud Norte y los meridianos 96°02' y 96°23' longitud Oeste, abarca 515.8 km², su rango altitudinal va de 0 a 1300 m s. n. m y colinda con los municipios de San Pedro Pochutla, San Mateo Piñas, Santiago Xanica y San Miguel del Puerto (ver Figura 1).

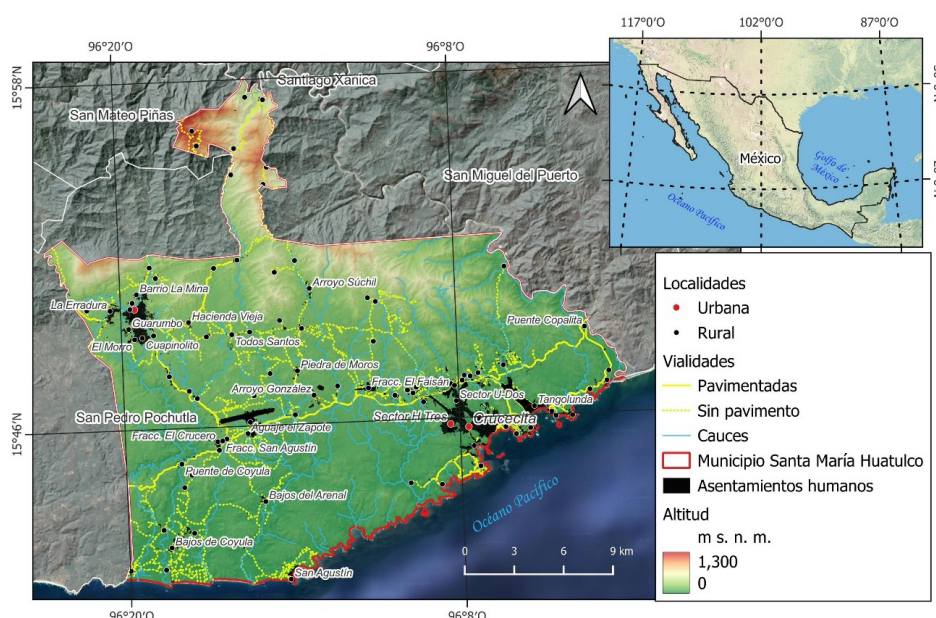


Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca

Fuente: Autora, 2026, a partir de datos vectoriales de INEGI, 2020a.

El municipio cuenta con 85 localidades en las cuales habitan 50,862 personas de las cuales 51.13% son mujeres y 48.87% son hombres; las localidades que concentran más población son las localidades urbanas de La Crucecita (19,252), Santa María Huatulco (10,540) y Sector H3 (4,837). Asimismo, en el municipio se observa que el 10.06% de la población se identifica como indígena, el 4.59% como afrodescendiente, el 6.27% vive con una discapacidad y el 14.32% con una limitación (INEGI, 2020b).

El municipio es considerado un destino turístico conocido como Bahías de Huatulco constituido por 9 bahías (Conejos, Tangolunda, Santa Cruz, Chahué, Maguey, Órgano, Cacaluta, Chachacual y San Agustín) y 36 playas; además se regionaliza de acuerdo a sus actividades regionales, económicas, sociales y demográficas en 6 microrregiones: Samahua, Fincas cafetaleras, El Faisán-Arroyo Xúchil-Pueblo Viejo-Piedra de Moros-Hacienda Vieja, Los Bajos, Parque Nacional Huatulco y Bahías de Huatulco (ARVCCSMH, 2023).

Respecto a sus aspectos físicos el municipio se ubica en la Sierra Madre del Sur, subdividido en la subprovincia la Costa del Sur (95.87%) y en la subprovincia de la Cordillera Costera del Sur (4.13%). El territorio municipal está constituido por rocas metamórficas e ígneas intrusivas

(granodioritas); su edafología destaca por la presencia de regosol, cambisol, phaeozem, leptosol y arenosol; está conformado por 3 cuencas exorreicas que descargan al Océano Pacífico: Río Copalita 1 (1335.59 km²), Río Copalita 2 (193.86 km²) y Río Coyula (647.68 km²); en el territorio las temperaturas oscilan entre los 15.9°C en enero y los 36.4°C en abril; y la precipitación promedio va de los 1.3 mm en diciembre a los 292.7 mm en septiembre (ARVCCSMH, 2023).

Métodos

Uso de suelo y vegetación

El uso de suelo y vegetación se refiere a la clasificación que se le da a una superficie en función de sus características intrínsecas, ya sea por la vegetación natural que posee o por el uso potencial que pudiera desarrollarse en ella (forestal, agrícola, ganadero, urbano y/o industrial) (Lambin y Geist, 2003).

Para su análisis se requiere identificar y delimitar la distribución de la ocupación de coberturas forestales y de actividades antrópicas desarrolladas en el territorio. Lo anterior puede realizarse principalmente por observaciones directas en campo, procesos de fotointerpretación o a través de técnicas de percepción remota que consisten en la clasificación de imágenes multiespectrales, que permitan diferenciar los usos actuales para generar una cartografía sistemática, clara y replicable (Maza-Villalobos, et al., 2023; Alanís Anaya, 2017; Pineda, 2009).

En el caso del municipio de Santa María Huatulco, la elaboración del mapa de uso de suelo y vegetación se realizó a partir de un análisis de clasificación supervisada (Alanís Anaya, et al., 2017), que consideró el mapa de Uso de suelo y vegetación Serie VII (INEGI, 2021), la clasificación de una imagen multiespectral a través de polígonos de entrenamiento, el procesamiento cartográfico utilizando sistemas de información geográfica y el uso de 74 puntos de control obtenidos por medio de inventarios realizados durante un trabajo de campo en julio de 2022.

La definición de clases de uso de suelo y vegetación que se usaron en la clasificación supervisada partió del mapa de Uso de suelo y vegetación Serie VII con escala 1:250,000 (INEGI, 2021), y se afino con los puntos de control que se realizaron durante los recorridos en campo para incorporar o renombrar las clases previamente seleccionadas.

Por otro lado, se descargaron del portal Copernicus dos imágenes Sentinel 2A correspondientes al mes de marzo de 2022 con una resolución espacial de 10 m para cubrir todo el territorio municipal, y las bandas de ambas imágenes se unieron usando la herramienta combinar del software QGIS; cabe mencionar que las imágenes utilizadas poseen buenas cualidades espectrales y geométricas al no tener presencia de nubes y/o desplazamientos espaciales, por lo que no fue necesario recurrir a correcciones espectrales u ortorectificaciones.

Posteriormente, en QGIS se realizó una combinación de falso color infrarrojo (bandas 8,4,3) para resaltar las cualidades espectrales de los diferentes tipos de usos de suelo y vegetación en el municipio, y esa imagen se importó al software ENVI para delimitar los polígonos de entrenamiento correspondientes a las clases de uso de suelo y vegetación, mismas que se clasificaron por máxima verosimilitud.

La imagen resultante se exportó y vectorizó en QGIS para poder comparar con los puntos de control y hacer una corrección por objetos para los polígonos que fueron clasificados erróneamente; y en este punto es necesario mencionar que para los polígonos correspondientes a los asentamientos humanos sobre una imagen de Google Earth (2022) se tuvo que realizar una fotointerpretación para poder precisar mejor la delimitación vectorial, ya que en los bordes de esa clase fue donde más errores tuvo la clasificación supervisada.

Finalmente, a la capa vectorial corregida se le aplicó un diseño cartográfico, se agregó la capa vectorial del Parque Nacional y se obtuvo el mapa de uso de suelo y vegetación para el municipio de Santa María Huatulco.

Susceptibilidad a inestabilidad de laderas

La inestabilidad de laderas es un proceso geomorfológico que se expresa mediante movimientos masivos de rocas, depósitos, detritos, suelo y vegetación, los cuales siguen la dirección de la pendiente cuando una ladera pierde su estabilidad debido a procesos erosivos o de intemperismo, eventos sísmicos, lluvias atípicas y/o actividades antrópicas (Mendoza y Domínguez, 2006).

En los análisis de inestabilidad de laderas destacan los métodos determinísticos, probabilísticos y heurísticos, siendo estos últimos los que se usan para evaluar la susceptibilidad, considerando si las condiciones de estabilidad de una ladera son favorables o desfavorables a corto y mediano plazo, mediante un análisis multicriterio que integra principalmente factores geológicos, hidrometeorológicos y antrópicos que intervienen en la estabilidad de laderas (Alanís-Anaya, 2017; Azañón, et al., 2012).

Por ende, para el municipio de Santa María Huatulco, la susceptibilidad a inestabilidad de laderas se realizó utilizando un análisis multicriterio ponderado que considera factores condicionantes y desencadenantes (Alanís Anaya, et al., 2017), por lo que se integraron variables cartográficas relacionadas a factores condicionantes topográficos (pendientes, disección vertical del terreno y cercanía a ríos y escorrentías) y geoedafológicos (unidades geológicas y textura edafológica); así como factores desencadenantes hidrometeorológicos (erosividad de lluvias) y antrópicos (uso de suelo y vegetación y cercanía a caminos).

Los factores condicionantes topográficos se elaboraron por medio de un modelo digital de elevación (MDE) con resolución de 15 m (INEGI, 2022), el cual se importó a QGIS y usando la herramienta pendiente se obtuvieron los grados de inclinación del terreno. La disección vertical del terreno se obtuvo usando una gradilla de 1 km² con el fin de medir la altitud relativa en cada cuadro sobrepuesto en el MDE y con ello identificar sitios abruptos en el relieve. Y la cercanía a ríos y escorrentías se produjo con la digitalización de las corrientes hídricas a partir de un sombreado del MDE, las curvas de nivel con una equidistancia de 10 m y una imagen de Google Earth de 2022; y a la capa resultante se le aplicó un buffer de 50 m considerando la posible influencia lateral en la inestabilidad de laderas.

El factor condicionante geoedafológico correspondiente a las unidades geológicas se obtuvo de la digitación de la carta Geológico-Minera Puerto Escondido D14-3 Oaxaca (SGM, 2002) y de los puntos de control tomados durante el trabajo de campo. Por otro lado, el factor condicionante geoedafológico de textura edafológica se elaboró a partir de la extracción de texturas del conjunto de datos vectoriales Edafológico, escala 1:250000 (INEGI, 2013), y su confirmación en el trabajo de campo.

Para la elaboración del factor desencadenante hidrometeorológico se evaluó el impacto de la precipitación en el relieve por medio del Índice de Fournier Modificado (IFM). Para ello, se inició con la reconstrucción de datos de precipitación diaria para el periodo del 1 de enero de 1990 al 31 de diciembre de 2021 descargados del Servicio Meteorológico Nacional para las estaciones climatológicas de Puerto Ángel (OBS), San José del Pacífico, San Mateo Río Hondo, San Miguel del Puerto, San Miguel Suchixtepec, Santa María Huatulco, Tapanala y Tonameca (SMN-CONAGUA, 2022); lo anterior debido a que en las estaciones se identificaron datos faltantes (25% del total de días). Dicha reconstrucción de precipitación se realizó con el método de razones promedio (Ecuación 1) (Pizarro, et al., 2003).

Ecuación 1

$$PX = \frac{\overline{Px}}{N} * \frac{PA}{PA} + \frac{PB}{PB} + \dots + \frac{PN}{PN}$$

Donde:

Px = Razón promedio

$\frac{\overline{Px}}{N}$ = Promedio de precipitaciones en la estación de interés entre N estaciones de validación

$\frac{PA}{PA} + \frac{PB}{PB} + \dots + \frac{PN}{PN}$ = Precipitación en estación de validación entre el promedio total de la misma

Posteriormente, se calculó erosividad por lluvias con el Índice de Fournier Modificado (IFM) que relaciona la suma de lluvia mensual y la lluvia anual (Ecuación 2) (Arnoldus, 1980; Lobo, et al., 2005).

Ecuación 2

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} (p^2 / P)$$

Donde:

IFM = Índice de Fournier Modificado (mm)

p = Lluvia mensual (mm)

P = Lluvia anual (mm)

Finalmente, se hizo un promedio de los resultados del IFM en cada estación climatológica y el resultado se integró a una capa vectorial con las georreferencias de las estaciones y se procedió a realizar una interpolación de Kriging para conocer la distribución de la erosividad por lluvias en el municipio.

Para elaborar el factor desencadenante antrópico de uso de suelo y vegetación se realizó una clasificación supervisada y trabajo de campo, proceso que ya fue descrito previamente en el apartado anterior. Por último, el factor desencadenante de cercanía a caminos se realizó a partir de la capa Red Nacional de Caminos 2021 a escala 1:50,000, de la cual se tomaron los datos vectoriales correspondientes a las vialidades primarias y áreas circundantes, asimismo, se hizo una digitalización usando una imagen de Google Earth 2022 para actualizar y completar la información sobre caminos pavimentados y no pavimentados; por último, se realizó un buffer de 50 m para evaluar la influencia que puede ejercer la cercanía a caminos con la inestabilidad de laderas.

Una vez completadas todas las variables cartográficas asociadas a factores condicionantes y desencadenantes, se hizo una reclasificación de clases internas utilizando el módulo r.reclass en Qgis (raster 10 m), donde a cada variable cartográfica se le asignaron los pesos ponderados por clase, los cuales fueron producto de la valoración de la contribución que tiene cada clase en la inestabilidad de laderas utilizando matrices de jerarquización analítica (Roa, 2007).

Finalmente, para obtener la cartografía de susceptibilidad a inestabilidad de laderas se realizó una suma lineal ponderada, en la cual se utilizaron pesos relativos para cada clase y para cada grupo de factores condicionantes y desencadenantes (Alanís Anaya, et al., 2017). La ecuación se construyó de la siguiente forma:

Ecuación 3

$$\text{Susceptibilidad} = [\text{Top} \cdot \text{PRG}\%] + [\text{Geo} \cdot \text{PRG}\%] + [\text{Hidrom} \cdot \text{PRG}\%] + [\text{Antrop} \cdot \text{PRG}\%]$$

Donde:

Top = Factores condicionantes topográficos

Geo = Factores condicionantes geoedafológicos

Hidrom = Factor desencadenante hidrometeorológico

Antrop = Factores desencadenantes antrópicos

PRG% = Peso relativo de grupo (%)

RESULTADOS**Mapa de uso de suelo y vegetación**

En el mapa resultante del proceso de clasificación supervisada, digitalización por fotointerpretación y trabajo de campo, se pueden observar 10 clases de uso de suelo y vegetación al interior del municipio de Santa María Huatulco (ver Figura 2).

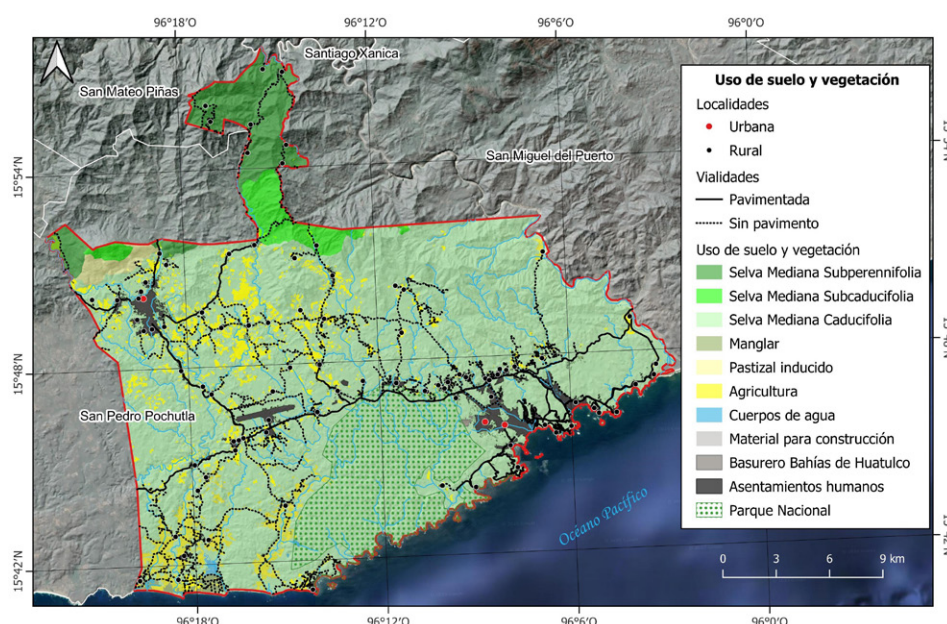


Figura 2. Mapa de uso de suelo y vegetación en el municipio de Santa María Huatulco
Fuente: Autora, 2026.

A continuación, se describen las características principales de cada una de ellas:

- Selva mediana subperennifolia:** Esta clase se distribuye en el extremo norte del municipio ocupando el 5.77% del territorio (29.82 km²) en altitudes que van de 545 a 1400 m s. n. m. El estrato arbóreo va de los 25 a 30 m de altura con especies características como *Enterolobium cyclocarpum*, *Homalium trichostemon*, *Tabebuia rosea*, *Ficus sp.*, *Bursera simaruba* y *Acacia sp.*
- Selva mediana subcaducifolia:** Es una clase se ubica al norte del municipio abarcando el 2.85% del municipio (14.76 km²) en altitudes de 545 a 1100 m s. n. m. Posee un estrato arbóreo de entre 10 y 15 m y una riqueza florística se compone principalmente por las especies *Enterolobium cyclocarpum*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Plumeria rubra* y *Erythrina sp.*
- Selva mediana caducifolia:** Se localiza en la región centro-sur del municipio, y destaca por ser la clase con mayor extensión ocupando un 77.77% (402.13 km²) del área total del municipio, su rango altimétrico va de 0 a 823 m s. n. m. El estrato arbóreo va de 6 a 10 m con especies principales de *Bursera simaruba*, *Bursera excelsa*, *Ceiba sp.*, *Lysiloma divaricata*, *Plumeria rubra* y *Thevetia ovata*.
- Manglar:** Esta clase tiene una distribución exclusiva en el extremo suroeste del municipio, su extensión corresponde al 0.42% del municipio (2.17 km²) y su altitud es a nivel del mar. Su composición florística corresponde a *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Rizophora mangle*.
- Pastizal inducido:** Se ubica al noroeste del municipio ocupando 0.89% del territorio (4.61 km²) con un rango altimétrico de 545 a 1100 m s. n. m. Su utilización se enfoca en la alimentación del ganado y usualmente corresponden a zonas agrícolas abandonadas.
- Campo de cultivo agrícola:** La distribución de esta clase está más cargada al sector oeste del municipio abarcando un 8.37% del municipio (43.31 km²), se distribuye entre los 0 y los 545 m s. n. m. Los cultivos que se observan principalmente pertenecen a maíz, café, coco, plátano, papaya y mango.
- Cuerpos de agua:** Es una clase constituida principalmente por una zona de inundación cercana al Manglar, el río Copalita y el río Coyula, cubre una superficie de 0.47% (2.46 km²) con un rango altitudinal de los 0 a los 1100 m s. n. m.

- h. Material para construcción: Corresponde a la clase de menor extensión en el municipio con un 0.004% de territorio (0.025 km²), su distribución se alinea con los asentamientos humanos entre los 0 y 270 m s. n. m. Los materiales para construcción que se extraen son arenas, arcillas y gravas.
- i. Basurero bahías de Huatulco: Esta clase corresponde al basurero municipal de Santa María Huatulco, se ubica dentro del Parque Nacional Huatulco al noroeste de la zona urbana de La Crucecita en la región este del municipio; ocupa un 0.04% del territorio (0.21 km²) y se encuentra a los 70 m s. n. m. Es sitio que ya ha sido expuesto debido a la amenaza que representa para el Parque Nacional y los mantos acuíferos al verter lodos de plantas tratadoras de agua y lixiviados propios de la descomposición de los desechos (Gómez, et al., 2006).
- j. Asentamientos humanos: Su distribución se alinea con las vialidades principales siendo menos frecuente al norte del municipio, tiene una extensión del 3.39% del municipio (17.51 km²) y un rango altimétrico de 0 a 1400 m s. n. m. Si bien la distribución de los asentamientos humanos está regulada, existe un crecimiento de asentamientos irregulares principalmente en la zona urbana de La Crucecita, mismos que responden a la necesidad de vivienda para la población que vive con salarios precarizados y que se emplea en los sectores de turismo y servicios (ARVCCSMH, 2023).

Mapa de Susceptibilidad a inestabilidad de laderas

En este apartado se abordará inicialmente la descripción de los principales resultados correspondientes a las variables cartográficas que integran los factores condicionantes y desencadenantes; y posteriormente se expondrán los resultados sobre la susceptibilidad a inestabilidad de laderas para el municipio de Santa María Huatulco.

Siendo así, en los factores condicionantes topográficos se observó que para el municipio de Santa María Huatulco las pendientes van de 0 a 45° de inclinación, la disección vertical presenta valores de altura relativa 0 a 478 m²/km², y la longitud total de cauces es de 415.41 km.

Respecto a los factores condicionantes geoedafológicos se pudo determinar la presencia de 8 tipos de rocas (Aluvión, Caliza-Dolomita, 2 complejos metamórficos, granito-granodiorita, granodiorita ígnea intrusiva, depósitos litorales y volcánico-sedimentarios), en tanto que la textura edafológica es arenosa, limosa y pedregosa-limosa.

En el caso del factor desencadenante hidrometeorológico, el Índice Modificado de Fournier arrojó resultados de 187.83 a 190.5, los cuales corresponden a valores muy altos de erosividad de acuerdo con los rangos propuestos para el Índice por Lobo, et al., 2005.

Finalmente, los factores desencadenantes antrópicos de uso de suelo y vegetación consideraron las clases asentamientos humanos, campo de cultivo agrícola, basurero Bahías de Huatulco, material para construcción, cuerpos de agua, selva mediana caducifolia, selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia, manglar y pastizal inducido (descritas en el apartado a). Por último, el factor desencadenante de cercanía a caminos muestra la presencia de 574.56 km de vialidades pavimentadas y no pavimentadas al interior del municipio.

Si bien, el trabajo de campo inicialmente se había planteado con recorridos en todo el municipio, esto no fue posible debido a que el paso del huracán Agatha comprometió la accesibilidad en los caminos hacia las laderas noreste del municipio; no obstante, para esta área se tomaron como referencia los resultados publicados sobre susceptibilidad a inestabilidad de laderas para la subcuenca Copalita, la cual es adyacente al municipio de Santa María Huatulco y muestra la relación entre la variabilidad topográfica y los procesos gravitacionales (Alanís Anaya, 2022).

En las zonas restantes del municipio se pudieron realizar inventarios y se lograron identificar 74 procesos de gravitacionales: 31 deslizamientos (41.89%), 26 caídas de rocas (35.13%) y 17 flujos de escombros (22.98%) (ver Figura 3). Las caídas de rocas se observaron principalmente en cortes de carretera, en tanto que los deslizamientos y los flujos de escombros tuvieron mayor incidencia tanto en sitios cercanos a los afluentes del río Coyula, como en cauces y laderas de la zona urbana de La Crucecita.

Los resultados del análisis multicriterio ponderado a partir de factores condicionantes y desencadenantes, muestran que la susceptibilidad a inestabilidad de laderas se sectoriza principalmente en la región norte, noreste, suroeste y sureste principalmente (ver Figura 3).

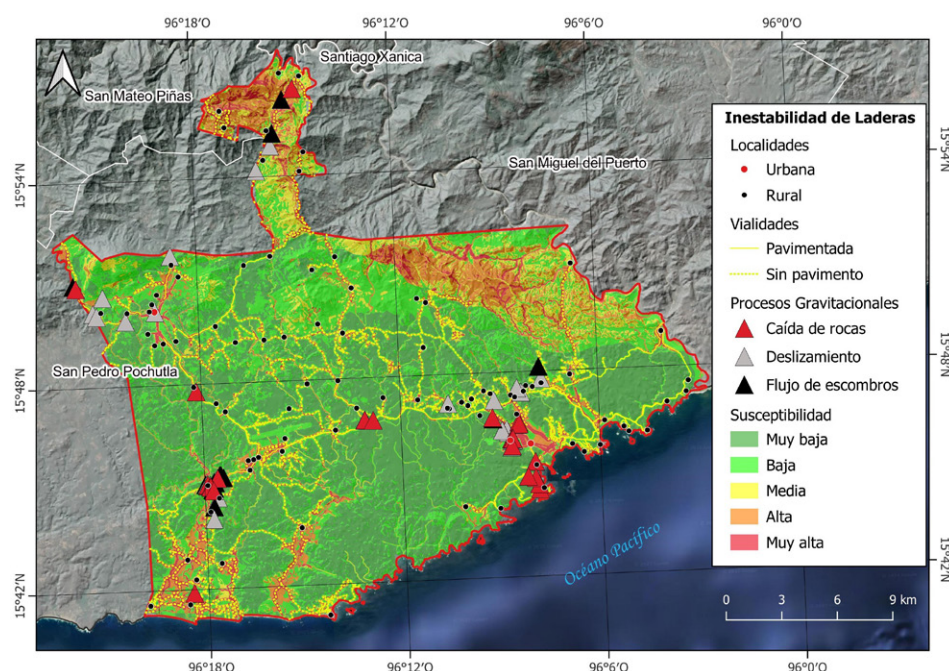


Figura 3. Mapa de Susceptibilidad a inestabilidad de laderas en el municipio de Santa María Huatulco
Fuente: Autora, 2026.

La distribución de la susceptibilidad a inestabilidad de laderas en el municipio muestra que 199.33 km² corresponden a sitios con muy baja susceptibilidad a inestabilidad de laderas (39.13%), 155.5 km² presentan baja susceptibilidad (30.52%), 57.18 km² corresponden a susceptibilidad moderada (11.23%), en 59.25 km² se observa alta susceptibilidad (11.63%), y en 38.18 km² muy alta susceptibilidad (7.49%).

La mayoría de los sitios con alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidad de laderas se han caracterizado por la presencia de cultivos de café y maíz en regiones escarpadas al norte del municipio, y en zonas al noreste que se encuentran altamente diseccionadas por los afluentes del río Copalita. En el caso de la alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidad de laderas que se observa en el sector suroeste del municipio, esta se atribuye a que las llanuras de inundación alcanzan y desestabilizan los lomeríos que enmarcan el cauce del río Coyula. Asimismo, la alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidad de laderas al sureste del municipio se ubica al interior de la zona urbana de La Crucecita, Sector U-Dos, Arroyo Chahué y Sector H3, se asocia a la presencia de asentamientos irregulares o colonias de reciente creación en áreas de cauces y laderas mayores a 25° de inclinación. Dado lo anterior, es evidente que la incidencia de procesos gravitacionales y la alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidad de laderas está asociada principalmente a las actividades antrópicas que implican prácticas agrícolas y antrópicas.

DISCUSIÓN

Uso de suelo y vegetación

En términos metodológicos el mapa de uso de suelo y vegetación resultante de la clasificación supervisada requirió de una revisión minuciosa y, en algunos casos, la corrección de polígonos que no fueron asignados de manera adecuada por el clasificador y una fotointerpretación para dejar el mapa lo más actualizado posible. Por ende, la aplicación de este procedimiento semiautomatizado para un territorio municipal y para un atlas de riesgos que puede requerir premura en sus actualizaciones, permite obtener resultados precisos en un menor tiempo comparado con métodos más tradicionales como son los que usan otros autores basándose únicamente en fotointerpretación para una escala local (Iglesias-Carreño, et al., 2025; Cruz-Arévalo, et al., 2021).

Y en los resultados del uso de suelo y vegetación en el municipio de Santa María Huatulco destaca que en la región aún se conserva el 87.29% de vegetación natural (selva mediana

caducifolia, selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, manglar y cuerpos de agua); en tanto el territorio intervenido corresponde solo al 12.71% (campo de cultivo agrícola, asentamientos humanos, pastizal inducido, basurero Bahías de Huatulco y material para construcción).

No obstante, en el uso de suelo de asentamientos humanos destacan aquellos ubicados en las laderas cercanas a la cabecera turística La Crucecita y el basurero de Bahías de Huatulco, ya que poseen las superficies con mayor conflicto en términos socioambientales. Estos corresponden a asentamientos irregulares, autodenominados como colonias de reciente creación, conformadas por pobladores que, ante la necesidad de vivienda y la oferta de trabajo que provee la zona urbana de La Crucecita, se han establecido en zonas con inclinaciones mayores a 25°, suelos altamente intemperizados e incluso dentro de los cauces con afluentes de temporal. En el resto del municipio también fue posible ubicar algunos asentamientos humanos en sitios con inclinaciones de 20°, suelos altamente intemperizados, áreas cercanas a cauces de ríos perennes y en llanuras de inundación. Por lo que muchos de estos sitios no cuentan con servicios de energía eléctrica, agua o drenaje, lo que ha generado problemas secundarios como la inseguridad, escasez de agua, vertederos de aguas grises y negras, así como acumulación de basura en áreas circundantes.

En el caso específico del basurero de Bahías de Huatulco, este uso de suelo ha sido cuestionado desde su origen debido a que fue establecido a un costado del Parque Nacional de Huatulco, situación que pone no solo en riesgo el área de reserva por los flujos de lodo producto de una planta tratadora de agua, sino que los propios lixiviados resultado de la descomposición de basura están alcanzando los mantos acuíferos (Gómez, et al., 2006). Otro punto a destacar es que el basurero es un nicho que favorece la proliferación de fauna nociva que atenta contra la flora y fauna endémica del Parque Nacional, además de la obvia pérdida de territorio de conservación.

En este sentido, también es necesario mencionar que la ubicación del basurero es contigua a una región de viviendas en la colonia de reciente creación Sector H3, la cual esta conformada por pescadores y trabajadores en el sector turístico. Esta zona urbana posee el tercer lugar con más cantidad de población (4,837 habitantes) habitando viviendas que carecen de servicios de luz, agua y/o drenaje, por lo que ante la escasez de agua han recurrido a la excavación de un pozo acuífero, con lo cual están expuestos al consumo de agua que puede estar directamente contaminada por el basurero, y en consecuencia, al riesgo de desarrollar enfermedades que pongan en peligro su salud.

Otro aspecto que es necesario señalar es que las viviendas establecidas en colonias de reciente creación se construyen con materiales no permanentes como son madera y cartón, por lo que están expuestas a condiciones climatológicas adversas y/o incendios accidentales, especialmente cuando las colonias se establecen cerca de sitios peligrosos como lo es una gasera.

Esto se puede vincular con los contextos latinoamericanos que se exponen en Sandoval, et al., 2024, donde se menciona que existen dinámicas de poder y sistemas económicos que anteponen sus ganancias a la población, desposeyéndola de sus tierras y forzándola a vivir en áreas marginales susceptibles a desastres.

Lo anterior pudo identificarse durante los recorridos en campo, cuando algunos pobladores expresaron que la decisión de habitar laderas inestables fue producto de un desplazamiento derivado de las actividades turísticas, ocurrido con la construcción de infraestructura turística en sitios cercanos a la playa, por lo que, ante la presión tuvieron que abandonar sus tierras. Si bien mencionan que tienen conocimiento de las circunstancias de vulnerabilidad en las que habitan, también han tenido que aprender a vivir en esas condiciones por falta de otras opciones de vivienda digna cercana a sus empleos.

Y para comprender mejor la secuencia de situaciones que llevaron a las personas a habitar en una colonia de reciente creación, es necesario señalar que la incursión turística en el municipio de Santa María Huatulco inicio de manera formal en 1984, con la implementación del complejo turístico Bahías de Huatulco, el cual fue propuesto mediante un programa gubernamental para establecer un Centro Integralmente Planeado (CIP), cuyo objetivo era atraer turistas a sitios con bajo desarrollo, pero con alto potencial turístico. Y para ello expropiaron 21,000 hectáreas de tierras comunales con el fin de equipar el desarrollo turístico (Esquivel-Ríos, et al., 2022; Mendoza, et al., 2011).

No obstante, en dicha decisión la población no fue considerada ni en el despojo de sus tierras ni de sus formas de vida, ya que tuvieron que abandonar sus actividades como pescadores y agricultores para incorporarse a los de servicios requeridos por la turistificación. A ello se suma que el impacto la migración de personas provenientes del extranjero y de otras regiones del país ha incidido en el encarecimiento de los bienes y servicios, ocasionado desigualdad para la población originaria principalmente en la zona urbana La Crucecita (Esquivel-Ríos, et al., 2022).

Con lo anterior se pone de manifiesto, que los asentamientos humanos ubicados en las colonias de reciente creación son producto de una injusticia sistémica derivada del capitalismo, que margina a la población y la orilla a vivir en permanente resiliencia de subsistencia, para poder tener acceso a un empleo que les permita disponer de un poco más de tiempo para sus familias, en lugar de atravesar largas distancias en transporte público.

Susceptibilidad a inestabilidad de laderas

La metodología utilizada en el ARVCCSMH considera los factores fundamentales para el análisis heurístico que determina la susceptibilidad a inestabilidad de laderas, tales como la pendiente, disección vertical del terreno, geología, edafología, hidrología, uso de suelo y vegetación (Paz-Tenorio, 2017; Azañón, et al., 2012; Mendoza y Domínguez, 2006).

Asimismo, en esta cartografía se incorpora un factor desencadenante hidrometeorológico desde un enfoque preventivo al integrar la evaluación del impacto de la erosividad de lluvias durante 31 años a través del Índice de Fournier Modificado, y no únicamente de la presencia de lluvias atípicas, como se sugiere en la Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos en México (Mendoza y Domínguez, 2006).

Lo anterior permite reconocer que la erosividad de lluvias constituye un proceso gradual que impacta en el territorio e incide en la estabilidad de las laderas a lo largo del tiempo, potenciando la vulnerabilidad y las desigualdades de la población ante la ocurrencia de un colapso inminente derivado de una lluvia atípica.

No obstante, debido a la falta de acceso a la información, no fue posible incorporar un factor desencadenante relacionado a la sismicidad, variable que puede ser de gran relevancia para el municipio, ya que presenta eventos sísmicos de manera regular al ubicarse muy cerca de la zona de subducción activa de la placa tectónica de Cocos bajo la placa Norteamericana.

Respecto a los resultados, estos indican que la distribución de la susceptibilidad a inestabilidad de laderas presenta áreas con muy baja, baja y moderada susceptibilidad que representan el 80.87% del territorio municipal (412.01 km²), mientras que en el 19.13% se observan áreas de alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidad de laderas (97.43km²). Y los sitios con alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidad de laderas se ubican principalmente en la región norte, noreste, suroeste y sureste.

Los procesos gravitacionales que se identificaron en la región corresponden a caídas de rocas principalmente en cortes de carretera (26), deslizamientos (31) y flujos de escombros (17) que se observaron en sitios cercanos a los afluentes del río Coyula y en cauces cercanos a la zona urbana de La Crucecita.

En este punto es necesario vincular el uso de suelo concerniente con los asentamientos humanos, específicamente el de las colonias de reciente creación, con la susceptibilidad a inestabilidad de laderas, ya que durante los recorridos en estas colonias se observaron viviendas ubicadas en sitios con pendientes mayores a los 25°, con suelos y rocas altamente intemperizadas y dentro de cauces de temporal.

A esto se suma que, en busca de un bienestar sanitario, las personas remueven la vegetación circundante a sus viviendas para evitar la proliferación de fauna nociva, como los arácnidos de importancia médica y el mosquito *Aedes aegypti*, transmisor del dengue. Sin embargo, esta práctica resulta contraproducente en términos de estabilidad de laderas, ya que al dejar expuestos los depósitos se inician procesos erosivos que pueden desencadenar eventos de remoción en masa durante la temporada de lluvias.

Esta situación ya ocurre, y por ello los habitantes tratan de contener la pérdida de suelo y la formación de procesos gravitacionales usando llantas, costales, postes, gaviones y otros materiales que aminoren la pérdida de suelo bajo sus viviendas (ver Figura 4).



Figura 4. Medidas de contención ante la pérdida de suelo y la formación de procesos gravitacionales

Fuente: Autora, 2026.

Notas: a) Inserción de llantas bajo vivienda. b) Formación de carcavas. c) Colocación de postes para evitar el colapso de la vivienda.

Lo anterior expone que la población que habita en estos sitios debe convivir no solo con la falta de servicios básicos en sus viviendas, sino también con la susceptibilidad a inestabilidad de laderas y con los riesgos sanitarios derivados de fauna nociva de importancia médica. Con ello se reitera que la población desplazada vive en condiciones de resistencia y resiliencia de subsistencia, obligada por un sistema que prioriza la economía del sector turístico y que deja en condiciones de desigualdad, vulnerabilidad y marginación a las personas con menos recursos.

Hallazgos derivados del huracán Agatha

El huracán Agatha se formó el 26 de mayo de 2022 a 460 km al sureste de Puerto Ángel, Oaxaca; el 30 de mayo tocó tierra con categoría 2 y vientos máximos sostenidos de 165 km/h, y el 31 de mayo se convirtió en depresión tropical a 90 km al norte de Salina Cruz Oaxaca con vientos de 130 km/h; Agatha fue el huracán más fuerte que haya tocado tierra en el mes de mayo en la costa del pacífico de México (NASA, 2022; SMN, 2022; BBC, 2022). De acuerdo con cifras oficiales, con el impacto del huracán Agatha hubo 100,000 personas afectadas, 70,082 viviendas sin luz eléctrica, 28,021 viviendas dañadas, 25,134 familias damnificadas, 560 km de caminos dañados, 16 puentes colapsados, 9 fallecidos, 5 desaparecidos, deslizamientos, árboles caídos, daños en cultivos de café, papaya y ajonjolí, y afectaciones en telefonía e internet (SEDENA, 2022).

Como ya se había mencionado, parte de las actividades requeridas para la actualización del ARVCCSMH se enfocaron en realizar un trabajo de campo, el cual ocurrió seis semanas después del paso del huracán Agatha (15 de julio de 2022); es por ello que durante la toma de datos se pudieron observar los diversos daños detonados por el huracán en el municipio de Santa María Huatulco, y que se incluyen en la actualización del atlas (ARVCCSMH, 2023). No obstante, en este documento es necesario detallar la información que se logró obtener con respecto a las temáticas involucradas tanto para el mapa de uso de suelo y vegetación, como para el mapa de susceptibilidad a inestabilidad de laderas.

Entre las afectaciones más grandes se pudo observar un deslizamiento de asentamiento profundo que sepultó varias casas, dejó una lesionada y un fallecido en la comunidad de Paso Limón (ver Figura 5a). Los pobladores mencionan que este deslizamiento se produjo unos días después de la ocurrencia del huracán, al evaluar la zona en profundidad se observó que la comunidad se localiza en la terraza más alta de una llanura de inundación del Río Coyula y el deslizamiento se produjo en una ladera contigua a dicha área; si bien la crecida del río no impactó en la superficie dicha terraza, se estableció la hipótesis de que el reblandecimiento de la ladera ocurrió por dos motivos, uno la sobrecarga de precipitación originada por la depresión tropical y el otro por la infiltración lateral y profunda de la crecida del río dada su cercanía con la ladera.

Otro hallazgo fue la observación de viviendas dañadas en las colonias de reciente creación, las cuales perdieron material edáfico en su base, se inundaron o colapsaron, dejando en todos los casos a sus habitantes en condición de damnificados (ver Figura 5b). Esta afectación vincula

el paso de la depresión tropical con la remoción total de vegetación en sitios con asentamientos humanos, ya que la vegetación por un lado amortigua el impacto de las gotas de lluvia evitando la desestabilización de agregados de suelo y por otro lado contribuye a la infiltración de la precipitación evitando escurrimientos que ocasionan la formación de cárcavas e inundaciones en zonas de menor altitud.

Un hallazgo que también es necesario mencionar es la presencia acumulaciones de restos de ramas, arboles, lodo, rocas y escombros en las llanuras de inundación de los ríos Coyula y Copalita (ver Figura 5c); lo que es indicativo de que durante el paso de Agatha ocurrieron procesos gravitacionales y socavamientos en las laderas y riberas de los ríos ocasionando que descendiera materiales desde las serranías no solo del municipio de Santa María Huatulco sino de los municipios de San Mateo Piñas, Santiago Xanica, San Miguel del Puerto, y que posteriormente fueron depositados en las llanuras de inundación próximas a las desembocaduras al mar donde la inclinación es mínima.



Figura 5. Hallazgos derivados del huracán Agatha en el municipio de Santa María Huatulco

Fuente: Autora, 2026.

Notas: a) Deslizamiento de asentamiento profundo. b) Pérdida de suelo bajo vivienda. c) Acumulación de restos provenientes de la serranía.

Y en este punto, es necesario destacar que los daños mencionados son resultado directo de las condiciones estructurales que obligan a las personas a construir sus viviendas en sitios no seguros, como son las riberas de los ríos y sitios con pendientes pronunciadas. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de que los gobiernos regulen estos espacios con el fin de evitar nuevos daños a la población, enfatizando que dicha regulación debe priorizar que la población tenga acceso a una vivienda digna y cercana a los centros de trabajo, en áreas que no pongan en riesgo sus vidas y donde se garantice el acceso a servicios básicos, evitando así el incremento de los niveles de marginación y vulnerabilidad que actualmente se observan en el municipio, especialmente en las personas desplazadas que habitan en las colonias de reciente creación.

Contribuciones de los mapas de uso de suelo y vegetación y de susceptibilidad a inestabilidad de laderas al municipio de Santa María Huatulco

Como ya se había mencionado el ARVCCSMH es una actualización al atlas de riesgos publicado en 2012, el cual también presentó cartografía referente al uso de suelo y vegetación en la región. En este punto la versión del atlas de riesgo de 2012 muestra dos diferentes clasificaciones de los usos de suelo y vegetación para una región que incluye áreas fuera de la delimitación oficial del polígono municipal; la primera menciona la presencia de bosques tropicales caducifolios o selva media caducifolia, bosque espinoso y chaparral; y la segunda que se representa en un mapa con las clases de bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, manglar, agrícola-pecuaria-forestal, pastizal inducido, selva de galería, sabanoide, selva mediana caducifolia, selva mediana subcaducifolia y selva mediana subperennifolia.

Lo anterior no precisa cuáles son los tipos de uso de suelo y vegetación al interior del municipio, por ello en la actualización del atlas se realizó la comparación de la información del atlas de 2012 con la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI (Serie VII); esto para especificar cuáles son las clases de vegetación y uso de suelo al interior del municipio y lograr ubicarlas durante el trabajo de campo.

Asimismo, se integraron tres clases relacionadas con el uso de suelo antrópico como son los asentamientos humanos, material para construcción, basurero Bahías de Huatulco y cuerpos

de agua; lo anterior para dar énfasis a los cambios ocasionados por el crecimiento de sitios urbanizados derivados tanto del aumento poblacional como de la oferta turística y de servicios en la zona.

Con el propósito de mantener una adecuada actualización de la clase asentamientos humanos al momento de la publicación del ARVCCSMH, durante la elaboración de la cartografía se solicitó a las autoridades municipales y a los habitantes de las colonias de reciente creación la delimitación de un polígono aproximado que representara el desarrollo urbano proyectado para los próximos años. No obstante, dicha información no fue proporcionada por motivos de seguridad vinculados con la organización interna de cada asentamiento humano. Ante esta situación, se optó por identificar áreas deforestadas contiguas a las zonas urbanizadas, considerando su posible ocupación en caso de no resulte viable su restauración ecológica.

La decisión de no aportar la información antes mencionada, es comprensible debido a las circunstancias sociales que se viven en este municipio, no obstante, esta información en otras condiciones podría enriquecer y mantener vigente la cartografía de uso de suelo y vegetación varios años después de su publicación.

Por otro lado, la inestabilidad de laderas expuesta en el atlas de riesgos de 2012 evalúa los rubros de deslizamientos, derrumbes y flujos desde la exposición de inventarios que muestran el nombre de la comunidad, descripción del evento, coordenadas, tipo de proceso gravitacional y grado de peligro; lo cual resulta en un aporte invaluable para quienes tienen referencias de la localización de las comunidades mencionadas sin la necesidad de ver un mapa. Y es por ello que en la actualización del ARVCCSMH se revisó, actualizó y complementó dicha información.

Asimismo, es pertinente mencionar que en la actualización del ARVCCSMH se realizó un análisis multicriterio ponderado que no solo considera los factores condicionantes y desencadenantes recomendados para regionalizar de los sitios susceptibles a inestabilidad de laderas en la elaboración de los atlas de riesgo municipales (Mendoza y Domínguez, 2006), sino que también se complementó con la incorporación de un índice de erosividad que evalúa el impacto de la lluvia a lo largo de 31 años, y no únicamente el efecto de las lluvias atípicas.

Lo anterior, dio como resultado una herramienta cartográfica que permite, por un lado, contar con la regionalización espacial del fenómeno, y dar atención y seguimiento ante posibles desastres; y, por otro lado, brindar a los tomadores de decisiones un mejor manejo en términos de ordenamiento territorial y el establecimiento de nuevos asentamientos humanos que prioricen las necesidades de la población.

Por último, para ambos mapas se utilizaron métodos cartográficos adecuados que consideran el contenido, la escala y el nivel de precisión requeridos en un atlas de riesgo municipal (Ruiz-Rivera, et al., 2015; SEDATU, 2014; Mendoza y Domínguez, 2006); no obstante, se recomienda que en futuras actualizaciones se incorporaren datos de sismicidad para el análisis multicriterio utilizado en el mapa de susceptibilidad a inestabilidad de laderas, así como apoyarse en análisis prospectivos para identificar sitios potenciales que no impliquen un riesgo y no incrementen la vulnerabilidad de la población en caso de requerirse nuevas áreas para asentamientos humanos.

CONCLUSIONES

El municipio de Santa María Huatulco destaca principalmente por ser un destino turístico, no obstante, en él habitan 50,862 personas que requieren de planes de ordenamiento territorial afines a sus actividades de producción, consumo y vivienda segura; es por ello que la incorporación de los mapas de uso de suelo y de susceptibilidad a inestabilidad de laderas al ARVCCSMH, requirió principalmente de trabajo de campo y técnicas metodológicas rigurosas que garanticen resultados cartográficos de calidad y utilidad.

Los resultados de uso de suelo y vegetación muestran la presencia de 10 clases (selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva mediana caducifolia, manglar, pastizal inducido, campo de cultivo agrícola, cuerpos de agua, material para construcción, basurero Bahías de Huatulco y asentamientos humanos), predominando la vegetación natural con el 87.29% del territorio municipal y solo el 12.71% corresponde a usos de suelo relacionados con actividades antrópicas.

Si bien, el territorio destinado a las actividades humanas representa un área pequeña con respecto a todo el municipio, algunos usos de suelo antrópico (asentamientos humanos, los campos de cultivo y el basurero Bahías de Huatulco) han impactado de manera notable en toda el área municipal, lo anterior, a través de la pérdida de vegetación natural dentro y fuera del Parque Nacional Huatulco, la contaminación de los suelos y la pérdida de cobertura forestal que ha derivado en la presencia de procesos erosivos y de inestabilidad de ladera.

En cuanto a los resultados sobre susceptibilidad a inestabilidad de laderas estos muestran la presencia de 31 deslizamientos, 26 caídas de rocas y 17 flujos de escombros, esto sumado a la influencia de los factores condicionantes y desencadenantes que operan en el municipio se traduce a tener un 30.35% del territorio municipal con moderada, alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidad de laderas.

La mayoría de las zonas que poseen alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidad de laderas se ubican cultivos de café y maíz sobre terrenos escarpados al norte del municipio, y al noreste en sitios fuertemente disecionados por los afluentes del río Copalita; así como en la región suroeste del municipio donde las crecidas anegan las llanuras de inundación y desestabilizan los lomeríos en los bordes del cauce del río Coyula.

Asimismo, los deslizamientos y los flujos de escombros identificados sobre los cauces y laderas de zonas urbanas de La Crucecita, son de alta relevancia para la población, específicamente para las colonias de reciente creación ubicadas en pendientes pronunciadas a las que se les removió la cobertura vegetal para evitar la proliferación de fauna nociva para la salud; ya que con ello se dejaron expuestos los depósitos ocasionando que durante la temporada de lluvias se formen procesos erosivos y de inestabilidad de ladera que ponen en riesgo de colapso a las viviendas, tal como sucedió con el paso del huracán Agatha.

El hecho de haber realizado el trabajo de campo en semanas posteriores al paso de un huracán brinda la posibilidad de identificar escenarios realistas sobre los comportamientos de los factores condicionantes y desencadenantes que inciden en la inestabilidad de laderas, situación que permitió establecer de manera más eficiente los pesos ponderados por clase para cada factor y posteriormente para la suma ponderada; lo anterior, al haber observado los efectos de dichos factores en una realidad posterior a una construcción social del riesgo.

Es necesario enfatizar que, en gran medida, las circunstancias desfavorables asociadas a inestabilidad de laderas que ocurren en el municipio de Santa María Huatulco responden a la construcción social del riesgo, específicamente en lo referente a que los asentamientos humanos ubicados en las colonias de reciente creación son producto de una injusticia sistémica derivada del desarrollo turístico en el municipio, el cual desplazo y marginó a la población hacia sitios inseguros, orillándola a vivir en una resiliencia de subsistencia permanente para poder acceder a un empleo que les permita disponer de un poco más de tiempo para sus familias, en lugar de recorrer largas distancias en transporte público para llegar a su vivienda.

Respecto a la metodología, ambos mapas cumplen con el contenido, escala y precisión requeridos para un atlas de riesgo municipal y, a su vez, integran información original para este tipo de documentos, como la consideración áreas deforestadas contiguas a los asentamientos humanos como potenciales zonas de expansión urbana, así como la inclusión del papel desencadenante de la lluvia entendido como un factor que trasciende en el tiempo y no solo impacta durante episodios de lluvias atípicas.

No obstante, se recomienda que en las próximas actualizaciones del ARVCCSMH se incluyan factores asociados a la sismicidad, dado que el municipio se ubica en una zona de subducción tectónica y los sismos también inciden en la estabilidad de las laderas. Finalmente, se demuestra que los mapas de uso de suelo y vegetación, así como el de susceptibilidad a inestabilidad de laderas incluidos en el ARVCCSMH, constituyen herramientas que, por su diseño didáctico, proveen de información veraz y precisa para la toma de decisiones tanto de los pobladores como de las autoridades involucradas en el ordenamiento territorial. En este sentido, la información presentada en este documento se describe de manera detallada y evidencia los rigurosos procesos de elaboración cartográfica de ambos mapas, lo cual se traduce en una guía metodológica para la actualización y/o creación de nuevos materiales cartográficos que se incorporen en atlas o artículos de investigación científica.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen todas las atenciones brindadas por las autoridades, personal administrativo, personal de protección civil y bomberos, representantes locales y pobladores del municipio de Santa María Huatulco, quienes facilitaron el trabajo de campo y la gestión administrativa durante la elaboración del ARVCCSMH. Asimismo, al Dr. Edgar Talledos Sánchez y a la Dra. Rosalía Camacho Lomelí por la invitación y confianza para integrarme al grupo de investigación conformado para la elaboración del ARVCCSMH. Esta investigación se realizó con el financiamiento del Municipio de Santa María Huatulco quien apoyo con viáticos, transporte para los recorridos en el trabajo de campo, personal de protección civil y bomberos, y seis becas para los estudiantes que apoyaron con la elaboración de Atlas.

REFERENCIAS

- Alanís Anaya, R.M., Legorreta Paulin, P.G., Mas, J.F. & Granados Ramírez, G.R. (2017). Susceptibility to gravitational processes due to land cover change in the Río Chiquito-Barranca del Muerto subbasin (Pico de Orizaba Volcano, México). *Journal of Mountain Science*, 14(12), 2511-2526. <https://doi.org/10.1007/s11629-016-4268-9>
- Alanís Anaya, R.M. (2022). Susceptibilidad a inestabilidad de ladera en municipios de difícil acceso a servicios de emergencia en la subcuenca Copalita, Oaxaca, México. *Geographicalia*, (74), 59-82. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2022746082
- ARNMSMH. (2012). Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca 2012. H. Ayuntamiento Constitucional Santa María Huatulco. Estrategias GIS S.C. https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2012/20413_SANTA_MARIA_HUATULCO.pdf
- ARVCCSMH. (2023). Atlas de Riesgos, Vulnerabilidad y Cambio Climático del municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca. Gobierno Municipal Huatulco. Santa María Huatulco, Oaxaca, México. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.32167.66726>
- Azañón, J. M., Pérez-Peña, J. V., Yesares, J., Rodríguez-Peces, M. J., Roldan, F. J., Mateos, R. M., Rodríguez-Fernández, J., Delgado, J., Pérez García, J. L., Azor, A., Booth-Rea, G. & Martínez-Martínez, J. M. (2012). Metodología para el análisis de la susceptibilidad frente a deslizamientos en el parque nacional de Sierra Nevada mediante SIG. *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2008-2011*. Editorial Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 7-24 pp. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/oapn_inv_arto801_tcm30-65865.pdf
- BBC. (2022, 30 de mayo). Agatha deja al menos 10 muertos y 20 desaparecidos tras tocar tierra en México como el huracán más intenso en afectar el país en el mes de mayo. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-61640555>
- Esquivel-Ríos, R., Martínez-Sánchez, A. & Villaseñor-Ramírez, M. (2022). El proceso de turistización en bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Revista Gestión Turística*, (38), 8-33. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9057626>
- CENAPRED. (2024). Atlas Nacional de Riesgos. Sistema Nacional de Información sobre Riesgos. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>
- Cruz-Arévalo, B., Gavi-Reyes, F., Martínez-Menez, M. & Juárez-Méndez, J. (2021). Uso de suelo y su efecto en el escurrimiento modelado con SWAT. *Tecnología y ciencias del agua*, 12 (2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222021000200157&script=sci_arttext
- García Acosta, V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. *Desastros*, (19), 11-24. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-050X2005000300002&lng=es&tlng=es
- Gómez Rojo, V.R., Domínguez Licona, J. & González Hernández, T.D. (2006). Análisis territorial de la micro-cuenca y bahía del Río Cacaluta, Santa María Huatulco, Oaxaca (parte A). *Investigaciones Geográficas (Mx)*, 60, 22-39. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112006000200003&script=sci_abstract
- IGG. (2024). Atlas. Publicaciones. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/series/anm>

- Iglesias-Carreño, I.L., Salgado-Hernández, M.C. & Pérez- Gutiérrez, R. (2025). Análisis de la influencia de los cambios de uso del suelo y vegetación en la ocurrencia de deslizamientos de ladera en la región Zoque, norte de Chiapas, México. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 35, 1-23. <https://dx.doi.org/10.21138/GF.875>
- INEGI. (2013). Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250000, serie II (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551131916>
- INEGI (2020a). Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>
- INEGI (2020b). Censo de Población y Vivienda 2020. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- INEGI. (2021). Uso de suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s7gw.html>
- INEGI. (2022). Continuo de elevaciones mexicano y modelos digitales de elevación. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. <https://www.inegi.org.mx/app/ge02/elevacionesmex/>
- Lambin, E. & Geist, H. (2003). The land managers who have lost control of their land use: Implications for sustainability. *Trop. Ecol.*, 44, 15-24. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6c6a6fd62c53edo316176758f5e8004c62bofio2>
- LGPC. (2023). Ley General de Protección Civil. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de Federación el 6 de junio de 2012. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC.pdf>
- Lobo, D., Lozano, Z. & Delgado, F. (2005). Water erosion risk assessment and impact on productivity of a Venezuelan soil. *Catena.*, 64, 297-306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2005.08.011>
- Maza-Villalobos, S., Alvarado-Sosa, E., Arriaza-Rodríguez, A.D., Infante, F., & Castillo-Santiago, M.A. (2023). Dinámica del uso de suelo y vegetación en paisajes altamente modificados por actividades agropecuarias en el sur de México. *Botanical Sciences*, 101(2), 374-386. <https://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v10i02/2007-4476-bs-101-02-374.pdf>
- Mendoza, M. & Domínguez, L. (2006). Estimación de la amenaza y el riesgo de deslizamientos en laderas. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. SEGOB-CENAPRED. México. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/archivo/documentos/GB_Elaboracion_AE&M_Peligros_Riesgos_FEN_GEO.pdf
- Mendoza, M., Monterrubio, J. & Fernández, M. (2011). Impactos sociales del turismo en el centro integralmente planeado (CIP) Bahías de Huatulco, México. *Revista Gestión Turística*, 15, 47-73. <https://www.redalyc.org/pdf/2233/223318904003.pdf>
- NASA. (2022, 2 de junio). Huracán Agatha azota México. 3 min read. <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/huracan-agatha-azota-mexico/>
- Paz-Tenorio, J.A., González-Herrera, R., Gómez-Ramírez, M., & Velasco-Herrera, J. A. (2017). Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Investigaciones geográficas*, (92). <https://doi.org/10.14350/ig.52822>
- Pizarro, R., Ausensi, P., Aravena, D. & Sangüesa, C. (2003). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones pluviométricas de la VII Región del Maule, Chile. *Aqua-LAC*, 1(2), 172-184. <http://dx.doi.org/10.29104/phi-aqualac/2009-v1-2-07>
- Pineda, N., Bosque, J., Gómez, M. & Plata, W. (2009). Análisis de cambio del uso de suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. *Investigaciones Geográficas* 69. Instituto de Geografía, UNAM. México. 33-52p. <https://www.redalyc.org/pdf/569/56912295004.pdf>
- Roa, J. (2007). Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuenca del río Mocotíes, estado de Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 48(2), 183-219. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347730366003>

- Ruiz Rivera, N., Casado Izquierdo, J.M. & Sánchez Salazar, M.T. (2015). Los Atlas de Riesgo municipales en México como instrumentos de ordenamiento territorial. *Investigaciones geográficas*, (88), 146-162. <https://doi.org/10.14350/rig.46476>
- Sandoval, V., González-Muzzio, C. & Castro, C.P. (2024). El poder de una re-imaginación radical de los desastres: nexo poscolonial y capitalista en Chile y América Latina (e ideas para un futuro justo y equitativo). *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 8(2), 241-250. <https://doi.org/10.55467/reder.v8i2.170>
- Saulnier, D.D., Dixit, A.M., Nunes, A.R. & Murray, V. (2022). Disaster risk factors – hazards, exposure and vulnerability. En: WHO Guidance on Research Methods for Health Emergency and Disaster Risk Management. Creative Commons AttributionNonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO. 151-153 pp. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/363502/9789240057968-eng.pdf?sequence=1>
- SEDATU. (2014). Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014. Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano Subsecretaría de Ordenamiento Territorial. 113 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/40838/Bases_AR_PRAH_2014.pdf
- SEDENA. (2022). Plan de apoyo a la población afectada por el huracán Agatha en Oaxaca. Prensa. Comunicado. Secretaría de la Defensa Nacional. 9 de junio de 2022. <https://www.gob.mx/sedena/prensa/plan-de-apoyo-a-la-poblacion-afectada-por-el-huracan-agatha-en-oaxaca?idiom=es>
- SGM. (2002). Carta Geológico-Minera Puerto Escondido D14-3 Oaxaca. Primera Edición Septiembre del 2002. Servicio Geológico Mexicano (SGM). https://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/101_D14-3_GM.pdf
- SMN. (2022). Registro en las estaciones del Servicio Mareográfico Nacional de la marea de tormenta producida por el huracán Agatha del 29 al 31 de mayo de 2022. Boletín del Servicio Mareográfico Nacional del Instituto de Geofísica de la UNAM (2022/05/31). Servicio Mareográfico Nacional, México. https://chalchiuhtlicue.geofisica.unam.mx/wp-content/uploads/2022/09/2022-05-31_HURACAN_AGATHA.pdf
- SMN-CONAGUA. (2022). Información de estaciones climatológicas. Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-esta-distica-climatologica>