

# Uso de Google Earth para evaluar el impacto de los huracanes Eta e Iota en el Valle de Sula, Honduras

## Using Google Earth to assess the impact of hurricanes Eta and Iota in the Sula Valley of Honduras

Luis Herrera Maldonado, (0000-0001-7690-2578)

Centro Universitario Tecnológico, Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras, /

**Resumen**— Este proyecto evaluó la vulnerabilidad de la ciudad de San Manuel, Cortés ubicada en el norte de Honduras después de los huracanes Eta e Iota que azotaron el área que rodea el Río Ulúa en noviembre de 2020. La información del impacto en sus 12 comunidades fue proporcionada por 169 habitantes, quienes identificaron 8 puntos de rompimiento del río. En la segunda fase, los rompimientos fueron analizados utilizando la aplicación de Google Earth con la cual se midió y visualizó el área de inundaciones. Este proyecto ilustra la importancia de la aplicación de nuevas tecnologías de observación de la tierra para la mitigación y prevención de desastres naturales.

**Keywords**— Google Earth, Inundaciones, Mitigación, Observaciones de la tierra, Vulnerabilidad.

**Abstract**— This project evaluated the vulnerability of the community of San Manuel, Cortes in North Honduras after hurricanes Eta and Iota hit the area around the Ulúa River in November 2020. Data on the impact in 12 localities was provided by 169 residents, who identified 8 breaks in the river. In a second phase, data on the breaks was analyzed using Google Earth tools to measure and visualize the flooded areas. This project illustrates the importance of applying earth observation technologies for the mitigation and prevention of natural disasters.

**Keywords**— Earth observations, Floods, Google Earth, Mitigation, Vulnerability.

### I. INTRODUCCIÓN

La región del Valle de Sula, en el norte de Honduras, fue especialmente impactada por dos huracanes que azotaron Honduras en noviembre de 2020 (Eta e Iota, tocaron tierra el 3 y el 17 de noviembre, respectivamente) [1]. Estos desastres naturales han puesto en realce cómo las metodologías de observaciones de la tierra pueden volverse instrumentos para fortalecer las estrategias locales y nacionales para mitigar y prevenir el riesgo de los desastres naturales [2].

San Manuel es una ciudad del departamento de Cortés que está ubicada entre los ríos Ulúa y Chamelecón, los cuales irrigan los diferentes cultivos de la agricultura de la comunidad y de varias empresas. Esta ciudad ha sufrido el impacto de 3 grandes huracanes que ha sufrido Honduras durante los últimos 50 años [3,4]. Como menciona el informe del BID y la CEPAL, Honduras ha tenido pérdidas considerables por estos fenómenos [5]. En 1974 el Huracán Fifi dañó la economía causando pérdidas materiales millonarias en el Valle de Sula, especialmente en los cultivos de banano y otras frutas. En 1998 pasó el huracán Mitch, siendo los más afectados los agricultores alrededor del río Ulúa, perdiendo el 60% de sus cultivos [4]. En 2020, el paso de los Huracanes Eta e Iota dejó pérdidas del 80% de los cultivos [5].

Estos desastres naturales plantean la preocupación por el nuevo azote de eventos futuros en la ciudad de San Manuel. Sabiendo que Honduras está catalogado como “un país altamente vulnerable”, siendo la zona norte del país la que persiste con alto riesgo y vulnerabilidad [6]. Es en este contexto que los usos de las técnicas de observación de la tierra pueden guiar estrategias de predicción, prevención y mitigación. Por ello, han surgido múltiples aplicaciones tecnológicas que se han vuelto una alternativa en países con riesgo, existiendo varios proyectos usando herramientas como Google Earth [7-9].

El presente reporte trata del análisis del estado de vulnerabilidad de la ciudad de San Manuel en el Valle de Sula, siguiendo las líneas de prevención trazadas por las autoridades gubernamentales. La herramienta utilizada fue Google Earth. Los resultados deberán considerarse en las estrategias de mitigación y prevención del impacto de futuros desastres que se anticipan.

### II. MÉTODOS

#### A. Zona de estudio

El estudio se centró en la región de San Manuel, perteneciente al departamento de Cortés (código 05), región 01 del Valle de Sula. El municipio cuenta con una extensión territorial de 141.38 km<sup>2</sup> y está conformada por 11 aldeas y 11 caseríos registrados en el Censo Nacional de Población y vivienda en el

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

2013, su código de identificación geográfica es el 0509 [10]. Durante varias décadas esta ciudad se ha destacado por exportar banano de calidad a compañías extranjeras de Estados Unidos y Europa, manteniendo la tradición del más conocido nombre de la fruta como “oro verde” [11]. Las coordenadas correspondientes son Latitud: 15.3328 Longitud: -87.9169 Latitud: 15° 19' 58" Norte Longitud: 87° 55' 1" Oeste (Fig. 1).

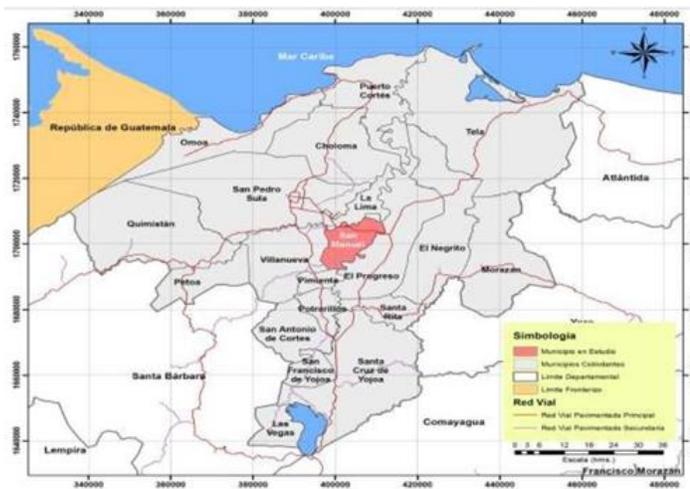


Fig. 1. Ubicación del Municipio de San Manuel en la Región 01 del Valle de Sula. Fuente: Elaboración con base Sinit, 2006

Según el Instituto de Ciencias Forestales de Honduras, este municipio cuenta con el 40% de territorio productivo de agricultura tecnificada y además el 28% de pastos/cultivos a la orilla del río Ulúa y un 9% de bosque latifoliado húmedo [12]. Cada año, estos porcentajes de bosque se han reducido debido a las quemadas, tala y destrucción del suelo. Además, San Manuel cuenta con diferentes actividades económicas y plantaciones de palma africana, cítricos, frutas, verduras y legumbres, localizadas a la orilla del río y en el Cerro El Zate.

### B. Entrevistas a pobladores

Se calculó una muestra ideal de 382 personas, basada en población utilizando el programa Stats 2.0. Se aplicó un instrumento a los pobladores previo consentimiento informado, con 16 preguntas referentes a aspectos demográficos e impacto sufrido durante los huracanes Eta e Iota. El instrumento se aplicó por formulario Google Forms o por entrevista presencial o por vía Zoom. Para la fecha, el país atravesaba por un pico de casos por el COVID-19, combinándose así una crisis sanitaria.

### C. Uso de herramientas de Google Earth

Se creó mapas de la zona de estudio utilizando la herramienta de escritorio de Google Earth según el protocolo en <https://earth.google.com/web> [13], utilizando capas y navegación para combinar características como territorio, flujo de ríos, vistas en 3D. Se mapeó los 8 puntos de rompimientos

ubicados en el río Ulúa en base a los reportes de los entrevistados. Además, se delimitó de manera aproximada el área de inundaciones según las imágenes enviadas por los pobladores durante la colecta de datos y las entrevistas en grupos focales. También se tomó fotografías directas de las zonas que pudieron visitarse, haciendo validación de detalles detectados en Google Earth. Como permite la herramienta, luego de crear los mapas, se configuró almacenamiento en la nube y se guardó metadatos como archivos locales.

## II. RESULTADOS

### A. Reporte de pobladores sobre los daños sufridos y zonas con inundación o deslizamiento

La Tabla 1 resume las características demográficas y los reportes de los pobladores que se usaron para diseñar los mapas posteriormente. Participaron 169 habitantes con ocupaciones variadas como campesinos, trabajadores de empresas textiles, agricultores, trabajadoras domésticas, amas de casa, docentes, estudiantes y emprendedores. La media de edad fue de 34 años (SD +/- 10.28), con mayor participación de mujeres (68% del total de entrevistados). Se recibió cientos de fotografías mostrando la magnitud del desastre en todas las comunidades.

Tabla 1  
PERFIL DE ENCUESTADOS Y VULNERABILIDADES REPORTADAS.

Aspecto	No.	%
Sexo		
Masculino	54	31%
Femenino	115	68%
Hubo inundaciones en su zona de residencia	83	49%
Hubo deslizamientos en su zona de residencia	39	23%
Sufrió pérdidas materiales por inundaciones	80	47%
Sufrió pérdidas materiales por deslizamientos	23	14%

Se colectó fotografías proporcionadas por los pobladores, las cuales corroboraron el nivel, localización y tipo de daños materiales sufridos en sus comunidades (Fig. 2).



Fig. 1 Imágenes de inundaciones proporcionadas por los entrevistados.  
B). Visualización de zonas vulnerables en la región estudiada.

El detalle de los rompimientos y áreas de inundación se puede visualizar en las figuras 3 y 4, pudiendo consultarse directamente en la nube mediante este enlace de Google Earth: <https://bit.ly/3L1wOn1>.

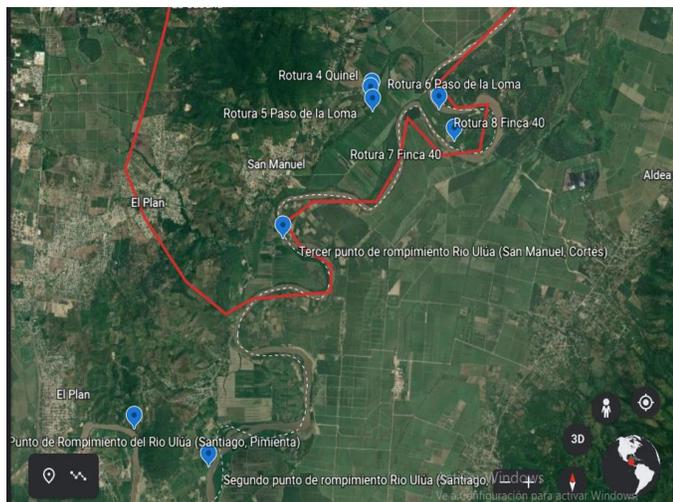


Fig. 3. Mapa de los rompimientos y el área de inundaciones de la comunidad de San Manuel, Cortés según Google Earth.



Fig. 4. Rompimiento número 7 localizado con Google Earth.

### C). Consulta a grupos focales y a expertos

Se hizo validación y discusión de datos cualitativos sobre vulnerabilidad mediante entrevistas a grupos focales de campesinos de la comunidad, grupo técnico de ingenieros y autoridades municipales. Se sistematizó información sobre sus percepciones ante el problema y las propuestas de fuentes de información adicionales para validar los resultados del estudio. Los detalles se publicarán por separado, pero las percepciones y propuestas más comunes fueron:

- a) Se necesita más investigación sobre los eventos naturales que afectan la zona.

- b) La ciudad de San Manuel no contaba con los recursos técnicos para responder a la pandemia y a los huracanes ocurridos en el año 2020.
- c) Se debe explorar a profundidad los desastres naturales ocurridos en la comunidad para realizar comparativas del nivel de desastres y puntos geográficos afectados a través de documentación u organizaciones que provean de esta información. Los resultados deben usarse para trabajar en la mitigación y la prevención.
- d) Se debe de socializar el plan de prevención de riesgos con toda la comunidad de San Manuel, Cortés.

### III. DISCUSIÓN

El estudio combinó técnicas cualitativas y cuantitativas con entrevista a pobladores, obtención de material fotográfico y análisis con Google Earth, detectando 8 rompimientos en varias zonas del río Ulúa. Los pobladores, grupos focales y expertos tienen percepciones de los aspectos humanos y geográficos que esperan sean tomados en cuenta para intervenciones y prevención. Algunos grupos focales conocieron sobre los resultados preliminares en la fase piloto del estudio [14]. y el mismo continúa para ayudar a la elaboración de un plan estratégico para la zona.

Las herramientas tecnológicas para el mapeo de desastres o situaciones anormales en el contexto geográfico son de mucha importancia debido a que brindan un panorama claro tanto para las autoridades de las comunidades, investigadores y la población que las habita una región, como se ha mostrado en múltiples reportes [7-9]. En el caso de San Manuel, el mapeo ha actualizado el panorama en cuanto a las fuentes de rompimiento no solo en el cauce principal del río Ulúa, sino que también varios brazos del río, canales artificiales, quebradas y lagunas que afectan a la comunidad cuando se registran inundaciones. Hace una década el Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC) lanzó una herramienta, esta es el Geovisor CATHALAC que permite estimar amenazas según escala de daños que puedan causar en cuanto a los aspectos de modelación climatológica, ambiente y geofísica y que pueden ser utilizadas como recursos útiles para la prevención de desastres en Centroamérica (17). Además, la NASA en el 2022 debido a la necesidad de recursos de observación manipulables en la región del triángulo norte en Centroamérica ofrece sus productos para la observación y prevención de desastres entre ellos está la herramienta SALaD la cual puede detectar deslizamiento, imágenes satelitales de inundaciones y alertas de posibles desastres, también la herramienta ARIA que sirve para analizar las áreas de inundaciones utilizando satélites específicos. (18)

El Plan Municipal de Gestión de Riesgos para San Manuel data de 2017 y contempla reglamentaciones sobre zonificación [15]. Este tema deberá reanalizarse en base a los nuevos datos. La vigilancia con técnicas de observación de la tierra debe ser una actividad permanente por las autoridades locales. Las herramientas tecnológicas existentes facilitarán ese proceso. La magnitud del volumen de agua visto durante la crisis del 2020 en el río Ulúa advierte que, según los cambios climáticos en el

planeta, los futuros eventos geológicos y fenómenos naturales pueden tener un impacto más fuerte que los anteriores.

Durante el proceso de investigación se observó que la población cuenta con un gran temor ante nuevos desastres y los grupos técnicos expresan que se deben de crear varios mapeos en toda la comunidad para que los habitantes puedan estar tranquilos y los futuros fenómenos naturales no causen daños considerables a la comunidad. Los habitantes campesinos han promovido una campaña de reparación de los bordos con estrategias integrales y eficientes ya que por más de 50 años se han reparado y los puntos de rompimientos son cercanos o los mismos ante la llegada de cada huracán.

Las propuestas que los ciudadanos esperan ante el panorama expuesto deben considerarse, por el bien de la economía, hábitat y crecimiento urbano de la comunidad. Se debe crear planes de contingencia claros y se deben gestionar los recursos para que los entes encargados de salvaguardar las vidas humanas puedan hacer mejor su trabajo en la ciudad de San Manuel, Cortés. Una ventaja actual es que los ciudadanos también pueden convertirse en observadores de la tierra, dado que muchas nuevas tecnologías están disponibles al público, como el mismo Google Earth y otras accesibles por los dispositivos móviles conectados al internet [16].

#### IV. CONCLUSIONES

Este proyecto ha generado interés y conciencia sobre la importancia y el tipo de técnicas disponibles para observación de la tierra en San Manuel, Cortés. La comunidad y los organismos locales están alertas ante el considerable impacto que amerita mitigación, así como anticipan los riesgos y desastres inminentes que pueden amenazar la vida, la propiedad, el medio ambiente y la productividad local. Aunque el estudio continúa, la información recolectada deberá usarse para identificar las estrategias a planificar para prevención de futuros desastres en la comunidad. En la comunidad existe un plan de riesgos y prevención de desastres el cual necesita ser apoyado con recursos económicos en la adquisición de herramientas y mobiliario que les permita a los socorristas el rescate de personas, capacitación para los voluntarios en cuanto al manejo emocional los socorridos y voluntarios. Dentro del plan para apoyar los cambios de mejora en el Cerro El Zate esta la reforestación con el apoyo instituciones educativas, religiosas y empresas aledañas al casco urbano, la creación de un espacio deportivo en la cumbre del cerro y la rotulación de esta reserva para generar turismo a través de actividades deportivas. En el río Ulúa se ha planificado mecanismos de prevención de desbordamientos con el mantenimiento de los bordos, la solicitud de herramientas satelitales que permitan la vigilancia de este sector y la implementación de comités de vigilancia a través de la Cruz Roja, Unidad de Medio Ambiente de la municipalidad, investigadores e interesados en aminorar el impacto de desastres en la comunidad.

#### AGRADECIMIENTOS

A los pobladores de las 11 comunidades participantes en la encuesta y al financiamiento provisto por la Escuela Agrícola Panamericana en Zamorano y la Universidad Tecnológica Centroamericana. A la Dra. Reyna M. Durón por su asistencia editorial en la elaboración de este manuscrito.

#### REFERENCES

- [1] Durón, R. M., Sánchez, E., Choi, J. N., Peralta, G., Ventura, S. G., Soto, R. J., Rodríguez, G., Ahrens, C., Farach, E., Figueroa, J., Pineda, G., Romero, A., Rodríguez, O., Discua, D., & Salgado, J. (2021). Honduras: two hurricanes, COVID-19, dengue and the need for a new digital health surveillance system. *Journal of public health* (Oxford, England), 43(2), e297–e298. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdaa266>
- [2] Geo Group on Earth Observations. How Earth observation can support Disaster Risk Reduction strategies (2022). Recuperado de: [https://earthobservations.org/geo\\_blog\\_obs.php?id=477](https://earthobservations.org/geo_blog_obs.php?id=477)
- [3] CEPAL. (1974). Informe sobre los daños y repercusiones del huracán Fiff en la economía hondureña. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/15031/S7400458\\_e\\_s.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/15031/S7400458_e_s.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [4] Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (1998). Honduras: Evaluación de los daños ocasionados por el huracán Mitch, 1998. (LC/MEX/L367).
- [5] Banco Interamericano de Desarrollo, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). Evaluación de los efectos e impactos causados por la tormenta tropical Eta y el huracán Iota en Honduras. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11362/46853>
- [6] Suarez, G., & Sánchez, W. (2012). Desastres, Riesgos y Desarrollo en Honduras. Tegucigalpa: PNUD Honduras. Recuperado de: [Construccion de riesgos en HN \(cepeco.gov.hn\)](http://www.cepeco.gov.hn)
- [7] Hu, T., Yao, Y., & Kong, J. (2021). Study of spatial and temporal variations of ionospheric total electron content in Japan, during 2014-2019 and the 2016 Kumamoto Earthquake. *Sensors* (Basel, Switzerland), 21(6), 2156. <https://doi.org/10.3390/s21062156>
- [8] Djukem, W., Braun, A., Wouatong, A., Guedjeo, C., Dohmen, K., Wotchoko, P., Fernandez-Steege, T. M., & Havenith, H. B. (2020). Effect of Soil Geomechanical Properties and Geo-Environmental Factors on Landslide Predisposition at Mount Oku, Cameroon. *International journal of environmental research and public health*, 17(18), 6795. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186795>
- [9] Tiwari, V., Kumar, V., Matin, M. A., Thapa, A., Ellenburg, W. L., Gupta, N., & Thapa, S. (2020). Flood inundation mapping- Kerala 2018; Harnessing the power of SAR, automatic threshold detection method and Google Earth Engine. *PLoS one*, 15(8), e0237324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237324>
- [10] INE. (2018). Estadística San Manuel Cortes. Tegucigalpa, MDC, Honduras: Instituto Nacional de Estadísticas.
- [11] Tribuna, L. (27 de Julio de 2017). Colocan más banano hondureño en Europa. Obtenido de <https://www.latribuna.hn/2017/07/27/colocan-mas-banano-hondureno-europa/>
- [12] IFC. (2015). Atlas Municipal Forestal y Cobertura de Tierras de San Manuel, Cortes. Comayagua: Instituto de Conservación Forestal.
- [13] Google Earth. Create a map or story in Google Earth Web (2021). Recuperado de: <https://www.google.com/earth/outreach/learn/create-a-map-or-story-in-google-earth-web/>
- [14] Herrera L. River flood vulnerability after 2020 hurricanes in San Manuel, Cortés, Honduras (2021). AmeriGeo Week 2021. Recuperado de: [https://services3.arcgis.com/80SCmgj6pZGiNLhd/ArcGIS/rest/services/AmeriGEO\\_Week\\_2021\\_Poster\\_Submission\\_PUBLICVIEW/FeatureServer/0/62/attachments/123](https://services3.arcgis.com/80SCmgj6pZGiNLhd/ArcGIS/rest/services/AmeriGEO_Week_2021_Poster_Submission_PUBLICVIEW/FeatureServer/0/62/attachments/123)
- [15] Comisión Permanente de Contingencias (COPECO) (2017). Plan Municipal de Gestión de Riesgo y Propuesta de Zonificación Territorial. Recuperado de: <https://www.pgrd-copeco.gob.hn/wp-content/uploads/2019/07/PMGR-San-Manuel.pdf>
- [16] Fritz, S., Fonte, C. C., See, L. (2017). The role of citizen science in earth observation. *Remote Sens.* 7, 9, 357. <https://doi.org/10.3390/rs9040357>

17. Caribe CdAdTHpALye. [www.servir.net](http://www.servir.net). [Online].; 2012 [cited 2022 mayo 15. Available from: <https://www.servir.net/servir-en-accion/analisis-de-desastres/540-lanzamiento-de-herramienta-de-prediccion-de-amenazas-por-deslizamientos-en-mesoamerica.html>].
18. NASA. [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov). [Online].; 2021 [cited 2022 mayo 15. Available from: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2021/tras-los-historicos-huracanes-eta-e-iota-la-nasa-ayuda-a-preparar-a-centroam-rica-para-los>].