

ANALISIS DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD EL DURAZNO, MUNICIPIO DE TIXTLA DE GUERRERO, GUERRERO; A TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA.

Leobardo Alejandro
Ortiz

Calle Morelos 9
Col. Centro
Tixtla de Guerrero, Gro,
Mex.
C. P. 39170

virgolao1995@gmail
.com

M.I. Wendy Romero-
Rojas

Av. Lázaro Cárdenas
S/N. C.U.
Chilpancingo de los
Bravo, Gro, Mex.
C. P. 39087

[geowromero@gmail.c
om](mailto:geowromero@gmail.com)

Dra. Rocío N.
Ramos-Bernal

Av. Lázaro Cárdenas
S/N. C.U.
Chilpancingo de los
Bravo, Gro, Mex.
C. P. 39087

rnramos@uagro.
mx

Dr. René
Vázquez-Jiménez

Av. Lázaro Cárdenas
S/N. C.U.
Chilpancingo de los
Bravo, Gro, Mex.
C. P. 39087

rvazquez@uagro.
mx

RESUMEN

Entre los desastres naturales más devastadores a nivel mundial se encuentran las inundaciones, mismas que se producen por la presencia de lluvias extraordinarias derivadas de ciclones, tormentas tropicales y huracanes, pudiendo provocar cuantiosos daños materiales y la lamentable pérdida de vidas humanas. Una forma para estudiar los posibles efectos de las inundaciones, es a través de estudios relacionados con el análisis de amenaza de las poblaciones que puedan presentar las condiciones de riesgo. Este análisis nos permite a su vez, desarrollar modelos espaciales acudiendo a los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta para identificar las posibles zonas que presenten un mayor impacto si se produjera una inundación.

En el presente trabajo de investigación se desarrolló un modelo espacial que permitiera identificar cuáles serían las principales zonas afectadas por una inundación en la localidad El Durazno. El modelo espacial representa cinco zonas de afectación con diferentes escenarios de lluvia y se hizo una representación de la zona que se vería afectada si el nivel del agua de inundación alcanzara el mismo nivel que se registró en la ciudad de Tixtla de Guerrero. Los resultados obtenidos han mostrado que es posible identificar las zonas que presentarían menores afectaciones, así como las zonas que se verían afectadas por inundación siempre y cuando se cumplan las mismas condiciones que se plantearon en el presente estudio.

Palabras reservadas

SIG, Inundación, El Durazno, Lagunas.

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son uno de los peligros naturales producidos por fenómenos naturales como el desbordamiento de ríos o cuerpos de agua, maremotos y lluvias torrenciales, entre otros; que han ocasionado daños materiales y un gran número de pérdidas humanas en diversas partes del mundo [1].

Las grandes lluvias son la causa principal de las inundaciones a nivel mundial, pero existen otros factores importantes que a continuación se presentan:

- A. Exceso de precipitación. Los temporales de lluvias son el origen principal de las avenidas. Cuando el terreno no puede absorber o almacenar toda el agua que cae, esta resbala por la superficie y sube el nivel de los ríos o lagunas.
 - a. Rotura de presas. Cuando se rompe una presa toda el agua almacenada en el embalse es liberada bruscamente y se forman grandes inundaciones muy peligrosas.
- B. Actividad humana. Los efectos de las inundaciones se ven agravados por algunas actividades humanas tales como:
 - Asfaltar superficies cada vez más grandes ocasiona la impermeabilización del suelo evitando así la absorción del agua hacia la tierra y que esto facilite que con gran rapidez las aguas lleguen a los cauces de ríos a través de desagües y cunetas.
 - La tala de los bosques y cultivos que desnudan el suelo de su cobertura vegetal facilitan la erosión, esto ocasiona que lleguen a los ríos grandes cantidades de materiales en suspensión que agravan los efectos de la inundación.
 - Las canalizaciones solucionan los problemas de inundación en algunos tramos del río, pero los agravan en otros a los que el agua llega mucho más rápido.
 - La ocupación de los cauces por construcciones reduce la sección útil para evacuar el agua y reduce la capacidad de la llanura de inundación del río. Lo que trae como consecuencia el aumento de las aguas a un nivel más alto y por consiguiente llega mayor cantidad de agua a los siguientes tramos del río, porque no ha podido se embalsama en la llanura de inundación provocando mayores desbordamientos. Existe un riesgo muy alto de perder la vida y de daños personales sobre las personas que viven en esos lugares [2].

Como puede observarse, existen varios factores que provocan que las inundaciones se presenten en diferentes partes del mundo y que a su paso provoquen daños importantes atentando con la vida de las personas. Actualmente existen diversos estudios relacionados con la identificación, análisis o caracterización de zonas de mayor riesgo ante la presencia de este fenómeno que utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como una

herramienta para la integración, depuración, manipulación y análisis de la información [3-5].

Los SIG tienen una relevancia importante ya que nos ayudan a integrar, manipular y procesar información espacial y de otros tipos. Ofreciendo un marco consistente de análisis para los datos geográficamente referenciados, donde se aplican nuevas y novedosas formas para manipular y desplegar los datos para tener como resultado la visualización y el análisis de datos con base en las relaciones y proximidad geográficas de específicas áreas a estudiar o analizar. Dentro de las aplicaciones de los SIG se encuentran las áreas: catastro, planificación urbana, gestión de recursos naturales, gestión de servicios, rutas de transporte, cartografía, planificación comercial, impacto ambiental, estudios sociológicos y demográficos y la evaluación de riesgos y emergencias.

Respecto a esta última área, los mapas de riesgo de inundación se pueden agrupar en cinco tipologías: mapas de áreas inundables, mapas de peligrosidad, mapas de exposición (elementos en juego), mapas de vulnerabilidad a las inundaciones, y, mapas de riesgo de daños por inundación o mapas de daños potenciales por inundación, este último tipo es de desarrollo más reciente, donde se contempla la variable vulnerabilidad.

Los mapas de áreas inundables son los más comunes hasta el momento y hasta hace poco confundidos con los mapas de riesgo de daños potenciales por inundación, se limitan a concretar el área potencialmente afectada por las inundaciones. En definitiva, se trata de determinar la ocurrencia o no de un suceso en un punto del territorio a partir de la aplicación de diferentes metodologías ampliamente utilizadas y complementarias como son la histórica, la geomorfológica y la hidrológico-hidráulica [6].

Bajo este contexto, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar un análisis de la posible amenaza por inundación en la localidad El Durazno, la cual cuenta con las lagunas Altlixico y Acayehualco. Tomando como antecedente los hechos ocurridos en 2013 en la ciudad de Tixtla de Guerrero, en donde se han presentado inundaciones por la acumulación de agua en la laguna localizada en esa ciudad, afectando severamente a la población. [1]

Zona de estudio

La localidad El Durazno se ubica en el municipio de Tixtla de Guerrero perteneciente a la región centro del estado de Guerrero, en la vertiente interior de la Sierra Madre del Sur. Su clima predominante es subhúmedo – semicalido presentando temperaturas que van desde los 16 °C hasta los 30 °C en promedio (Figura 1). En tiempo de lluvias sus precipitaciones acumuladas presentan los valores desde 945 mm hasta 730 mm en su tiempo más caluroso donde presenta menos precipitación [6].

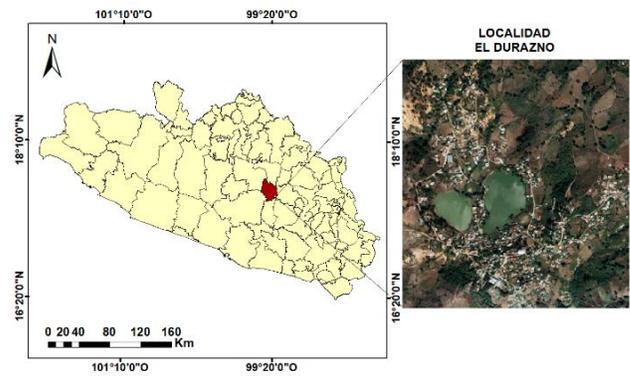


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

La comunidad de El Durazno tiene una superficie de 536,061 m² y está ubicada en las coordenadas 99°17'31.540" W, 17°31'39.099" N con una altitud de 1904 msnm. Cuenta una población total de 1,015 habitantes siendo un total de 568 mujeres y 447 hombres según el Censo de Población y Vivienda del INEGI 2020 [7]. En la Figura 2 se puede observar a la población que se encuentra en los márgenes de dos lagunas de nombre Altlixico (izquierda) y Acayehualco (derecha) las cuales presentan una superficie de 23040 m² y 42540 m².



Figura 2. Acercamiento a la localidad El Durazno. Fuente: Google Earth.

En septiembre de 2013, el nivel del agua de las lagunas alcanzó a inundar y afectar las viviendas y calles aledañas a la periferia de los mismos” [8], este hecho indica que en un futuro el nivel del agua podría incrementar a tal grado de que termine afectando a las viviendas más cercanas a las lagunas.

La cota de nivel de agua en tiempo de secas que presentan las lagunas es de 1894 metros sobre el nivel medio del mar, en tiempo de secas puede llegar a no almacenar agua, siendo en tiempo de lluvias donde se presenta un aumento en el nivel de las aguas.

1.- METODOLOGÍA

1.1.- Insumos

Dentro de los insumos utilizados en el presente estudio, fue requerida la carta topográfica E14C29, la cual contiene información de relieve de la zona de estudio, obtenida en el portal web del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La información derivada de la carta topográfica es:

- Archivo vectorial del perímetro de la localidad del Durazno. Este polígono se extrajo del vectorial de localidades (Figura 3).

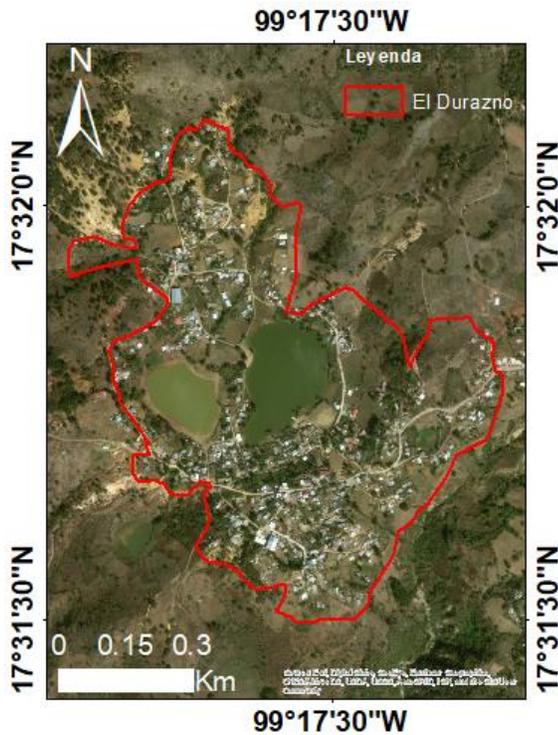


Figura 3. Perímetro de la localidad El Durazno.

- Archivo vectorial de cuerpos de agua. Se utilizó la información vectorial de los polígonos de cuerpos de agua de donde se extrajeron los polígonos de las lagunas Altlixico y Acayehualco las cuales están ubicadas dentro de la localidad (Figura 4).

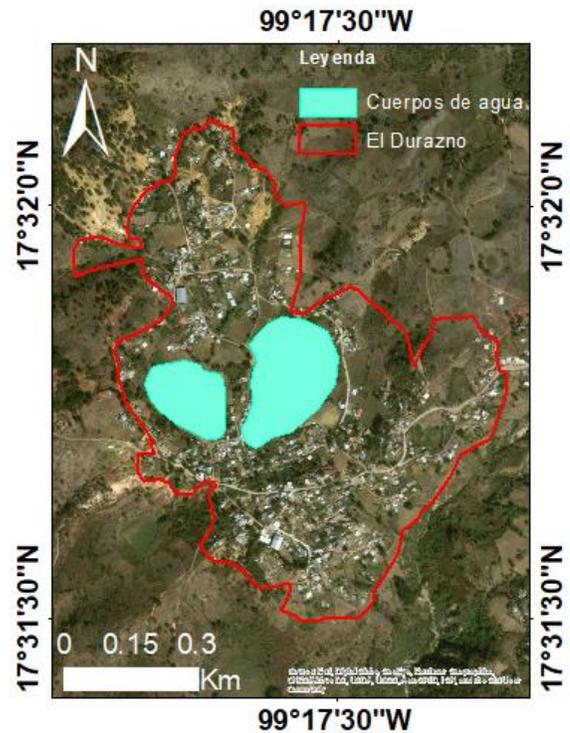


Figura 4. Ubicación de cuerpos de agua.

El segundo insumo corresponde al archivo vectorial de curvas de nivel obtenidas con el software Global Mapper. La información de las curvas de nivel tiene una precisión vertical de 5 m y fue utilizada para generar un Modelo Digital de Elevación (MDE) con una resolución espacial de 5 m (Figura 5).

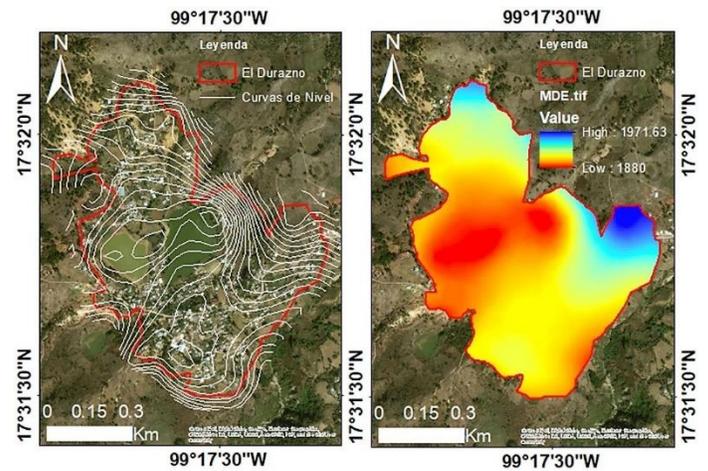


Figura 5. Curvas de Nivel (lado izquierdo) y Modelo Digital de Elevación (lado derecho) de la zona de estudio.

Con el MDE se obtuvo la cota de ambas lagunas y fue considerada como la cota de éstas en temporada normal.

También se utilizaron los datos de precipitación diaria, obtenidos del sitio web de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA),

identificándose una sola estación meteorológica activa con clave 12125 y nombre Tixtla. El registro de precipitación diaria corresponde al periodo del 10 de septiembre de 2013 al 30 de septiembre del mismo año, debido a que comprende las fechas del antes y después de que se produjeran los fenómenos hidrometeorológicos Ingrid y Manuel, que afectaron severamente al estado de Guerrero, ocasionando importantes deslizamientos e inundaciones y cobrando vidas humanas [9].

Adicionalmente se obtuvo la cota de embalse de la inundación registrada en septiembre de 2013 a partir de una encuesta realizada a los habitantes de la localidad y en campo llevándose a cabo un levantamiento de los puntos hasta donde los habitantes aseguran que se registró la inundación. Para ello se utilizó un navegador GPS marca Garmin eTrex Serie con un mapa base mundial precargado y pantalla monocroma de 2,2 pulgadas, receptor GPS con soporte HotFix y GLONASS para un posicionamiento rápido. La metodología seguida para el levantamiento fue hacer el recorrido por los límites de la inundación y durante un periodo de 15 minutos se registraron las coordenadas UTM de cada uno de los puntos, se tomaron todos los cambios que hubo en cada periodo y se calcularon promedios de coordenadas para establecer un solo par de coordenadas por punto.

1.2.- Características de la inundación de la laguna de Tixtla de Guerrero

Se determinó identificar las características físicas de la laguna de Tixtla de Guerrero, así como las condiciones de la inundación ocurrida en 2013, debido a que servirá como un antecedente para analizar las posibles condiciones bajo las cuales podría ocurrir un hecho similar en la localidad El Durazno.

La laguna de Tixtla al momento de la inundación ocurrida en septiembre de 2013 presentaba taponamientos en sus resumideros que era la única salida del agua, siendo esta la razón principal para suscitarse la inundación; los resumideros se encontraban ensolvados siendo esto un factor para la inundación.

Dentro de la ciudad se localizó un área afectada por la inundación la cual abarco aproximadamente 1.32 Km² de asentamiento humano. Esta zona se localiza al oriente de la ciudad donde se presentan las zonas más bajas (Figura 6).



■ ZONA AFECTADA

Figura 6. Ubicación del área afectada por la inundación ocurrida en 2013. Fuente: [1]

En tiempos de sequías para 2013 la cota que presentó la laguna de Tixtla fue de 1333 m sobre el nivel medio del mar, elevación tomada de la información geográfica de la plataforma Google Earth. Tomando en cuenta lo ocurrido en el año 2013 con los huracanes Ingrid y Manuel su cota máxima de agua fue de 1340 m, presentando una diferencia de 7.00 m; cabe resaltar que en el periodo en el que se presentaron los huracanes Ingrid y Manuel, la estación meteorológica 12125 registró 554.3 mm de lluvia en el periodo del 10 al 30 de septiembre de 2013.

A partir de la información recabada tanto de las elevaciones de las lagunas y la inundación, así como la diferencia de nivel de 7.00 m que alcanzó la inundación de Tixtla, se hizo un ejercicio de cálculo de curvas de embalse con el supuesto de qué pasaría si la precipitación registrada en el periodo señalado anteriormente aumentara de 554.3 a 560, 1120 y 2240 mm, con ello podríamos saber cuál podría haber sido la afectación que tendría la localidad.

El procesamiento de la información se hizo a través de las herramientas ArcGIS y Dinamica EGO, las cuales permiten trabajar con datos geográficamente referenciados [5-10]

2.- RESULTADOS

La Figura 7 muestra una gráfica de registro de precipitación diaria para el periodo del 10 al 30 de septiembre de 2013.



Figura 7. Precipitación diaria del periodo del 10 al 30 de septiembre de 2013, de la estación 12125-Tixtla.

La grafica indica que los niveles más altos de precipitación se registraron en los días 14 y 15 de septiembre con 165 y 167.5 mm respectivamente. En estos días se inundaron El Durazno y Tixtla de Guerrero. Puede constatarse que para el periodo indicado en la gráfica se registraron 554.3 mm de lluvia. Lo cual fue suficiente para que las viviendas más cercanas a la laguna de Tixtla fueran severamente afectadas, sin embargo, en la localidad de El Durazno, este registro de precipitación acumulada no alcanzo a afectar con la misma intensidad a la comunidad y solo se verían afectada la primera línea de viviendas y vialidades aledañas al margen de ambas lagunas.

La Figura 8 muestra el polígono de embalse obtenido de la medición topográfica.

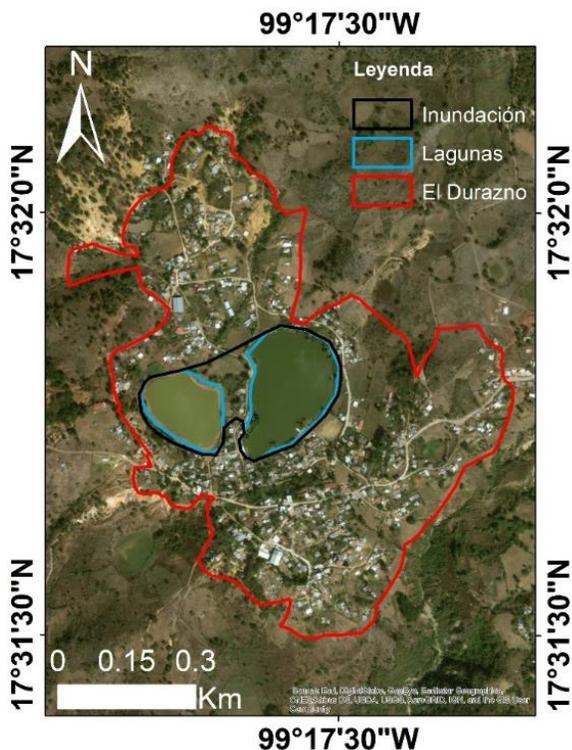


Figura 8. Inundación de la localidad El Durazno registrada en 2013.

De acuerdo con los datos del MDE y los polígonos de las lagunas se obtuvo su cota máxima de 1903.494 m, mientras que la cota de inundación fue de 1903.910 m y la superficie de esta alcanzó los 83,690.00 m² (Figura 9).

La diferencia entre las cotas registradas es de 0.416 m, es decir que el nivel del agua subió casi medio metro con 554.3 mm de precipitación registrada por la estación 12125-Tixtla, esto a diferencia de la ciudad de Tixtla que, por las características de la zona, la curva de embalse alcanzó los 7.00 m de elevación.

Respecto al ejercicio de cálculo de curvas de embalse con diferentes registros de precipitación, la Figura 10 muestra los resultados obtenidos.

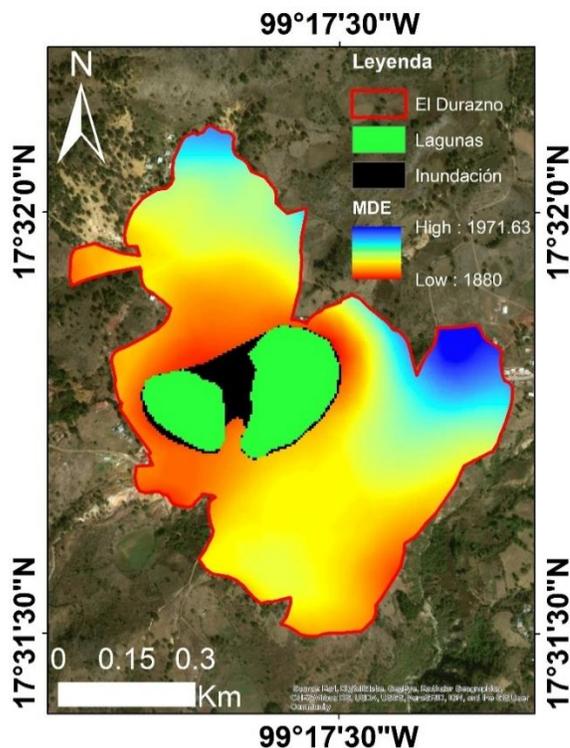


Figura 9. Visualización de las elevaciones, los cuerpos de agua y el polígono de inundación de la zona de estudio.

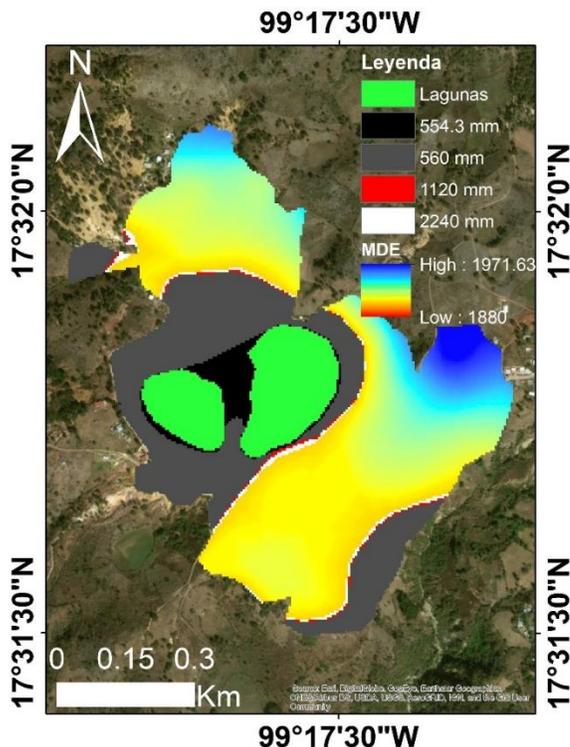


Figura 10. Visualización de las elevaciones, los cuerpos de agua, la inundación y las curvas de embalse sobre la zona de estudio al modificar los valores de precipitación.

Como puede constatarse, al solo aumentar el registro de precipitación 5.7 mm la zona de afectación aumenta su superficie arriba del doble.

Al aumentar los registros de agua con 1120 mm y 2240 mm puede observarse que no existe mucha variación en cuanto a la superficie de afectación. En colores rojo y blanco se muestran las variaciones de superficie para esos incrementos de precipitación respectivamente. La siguiente Tabla muestra las superficies de las curvas de embalse.

Tabla 1. Características de las curvas de embalse al variar el valor del registro de precipitación.

Objeto	Registro de precipitación (mm)	Incremento respecto al registro original (%)	Superficie de la curva de embalse (m ²)	Incremento de la superficie respecto a la original (%)
Inundación	554.3	---	83,690.00	---
Primera curva de embalse	560	1.03	224,125.00	267.80
Segunda curva de embalse	1,120	102.06	227,825.00	272.22
Tercera curva de embalse	2,240	304.11	236,450.00	282.53

Aplicando de forma invertida el ejercicio de afectación y considerando en este caso que la cota de inundación es de 7.00 m como ocurrió en Tixtla, se buscó la cantidad de precipitación que se requiere para que la curva de embalse aumente los 7.00 m en relación a la cota de las lagunas mediante la siguiente relación:

$$\frac{554.3mm}{0.416m} = \frac{x}{7.000m}$$

Despejando x de la relación:

$$x = \frac{7.000m(554.3mm)}{0.416m} = 9,329.600mm$$

Es decir, que se requiere un registro de 9,329.600 mm de precipitación para que el nivel del agua en El Durazno aumente 7.00 m como en la ciudad de Tixtla, un registro muy elevado que indica que se requiere llover bastante en la zona de estudio, lo cual es poco probable. Para conocer la zona que podría resultar afectada si se presentara este fenómeno se muestra la Figura 11.

Como se muestra en la Figura 11, más de la mitad de la localidad la que resultaría afectada (polígono gris claro). La superficie de la localidad es de 536,061 m², mientras que la superficie de afectación representada en gris claro es de 333,250 m².

En la Tabla 1 se puede corroborar que la superficie de afectación incrementa en un 267.80% al solo aumentar 1.03% la precipitación original, sin embargo la superficie de afectación no varía mucho respecto a la primera curva de embalse si se duplica o triplica el valor de la precipitación en un 102.06% o un 304.11% pues el aumento en la superficie es de 4.42% y 10.31% respecto a la superficie que alcanzaría la zona de afectación con 560 mm de precipitación.

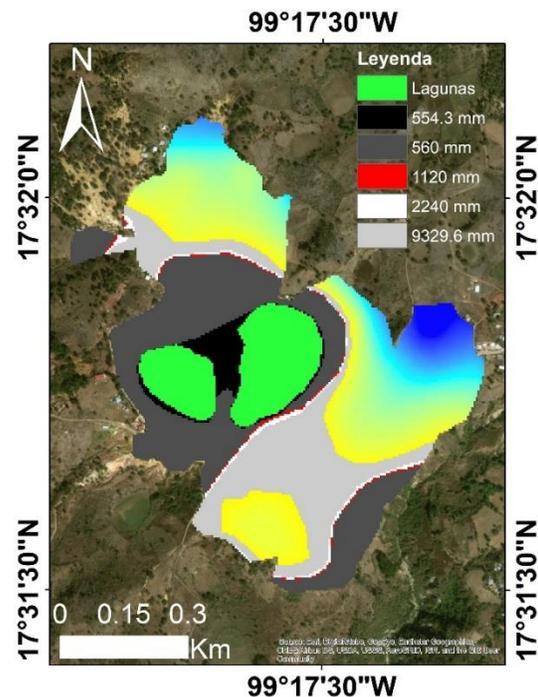


Figura 11. Visualización de las elevaciones, los cuerpos de agua, la inundación y las curvas de embalse sobre la zona de estudio al modificar los valores de precipitación y la curva de embalse si el nivel del agua incrementa 7.00 m.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos han mostrado que es posible identificar las zonas que resultarían ser las más afectadas en caso de presentarse un evento de gran impacto en la localidad El Durazno a través de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica. La metodología planteada permite utilizar como

insumo la información oficial y de libre acceso, lo cual es una gran ventaja en estudios como el presente.

Fue posible determinar el registro de precipitación que se requiere para que el nivel del agua en El Durazno aumente 7.00 m como en la ciudad de Tixtla, llegando a la conclusión de que es un registro muy elevado, lo cual es poco probable que ocurra por el historial de la precipitación y la propia zona de estudio; sin embargo, es importante mencionar que aunque hasta el momento la localidad no se ha visto severamente afectada por las inundaciones, existe la amenaza de que en un futuro pueda verse afectada en una mayor porción que la registrada en 2013, pues como puede constatarse en la Tabla 1, solo se necesita aumentar el registro de precipitación en un 1.03% para que la curva de embalse duplique su superficie.

RECONOCIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Estadística y Geografía, por la información proporcionada en su portal web.

REFERENCIAS

- [1] Bello Alcocer, C. (2019). Propuesta de reubicación de colonias identificadas sobre zonas de riesgo por inundación en Tixtla de Guerrero aplicando Sistemas de Información Geográfica. UAGro, 6p.
- [2] Echarri, L. 1998. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Ed. Teide. Libro electrónico.
- [3] Rodríguez Miranda, W., & Valcarce Ortega, R. M. (2005). Aplicación SIG para evaluar el peligro de inundaciones. 12p.
- [4] Vázquez Jiménez, R., Manrique González, I., & Ramos Bernal, R. (2014). SIG aplicado a la evaluación de vulnerabilidad por inundación en la ciudad de Tixtla, Guerrero. Mexico. Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, 10p.
- [5] Domínguez Bravo, J. (2000). "Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)". Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, 33. Ribera Masgrau, L. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. a. Departament de Geografia, Història i Història de l'Art, 19p.
- [6] Ribera Masgrau, L. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. a. Departament de Geografia, Història i Història de l'Art, 19p.
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (16 de MARZO de 2021). INEGI. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/>
- [8] CENAPRED. (2013). Inestabilidad de laderas en la comunidad de El Durazno. Tixtla de Guerrero. Secretaría de Gobernación.
- [9] Ramos-Bernal, R.N., Vázquez-Jiménez, R., Romero-Calcerrada, R., Novillo, C.J., Arrogante-Funes, P., Sánchez-Tizapa, S. 2015. Identificación de deslizamientos de laderas aplicando técnicas de detección de cambios a imágenes Landsat en la zona costera del Estado de Guerrero, México.
- [10] Espinoza Mendoza, V. (2016). Dinámica EGO: Una herramienta. *Boletín de Colegio de Geógrafos del Perú*, 20p.

Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación: 827-834. Universidad de Zaragoza-AGE. España 8p.