

# RELACIÓN DE LA COBERTURA DE SUELOS Y DESLIZAMIENTOS EN ÁREA URBANA LAS VEGAS, SANTA BÁRBARA 2014-2018

Liza Mariel Kafati Vásquez<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ordenamiento y Gestión del Territorio

Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras

**Recibido:** 30-01-2024

**Aceptado:** 06-05-2024

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v15i1.18124>

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se analiza la influencia de los cambios y dinámica en la cobertura de suelo sobre la susceptibilidad a los eventos de deslizamientos de tierra para escenarios pasados y futuros en el área urbana del Municipio de Las Vegas, municipio que ha tenido crecimiento urbano significativo y descontrolado en los últimos años. Con este propósito se pretenden elaborar inventarios de deslizamientos y mapas de cobertura de suelos para los años 2014 y 2016 y poder determinar los años de mayor deterioro y/o degradados en escenarios de periodos futuros, identificando las áreas más y menos boscosas del Municipio de Las Vegas, Departamento de Santa Bárbara. Se pretende analizar los eventos de probabilidad de deslizamientos de tierra en dos periodos de seis años hasta el año 2018, y algunos datos relevantes entre el mismo periodo de tiempo. Todos estos avances nos permitirán conocer si, en áreas menos boscosas, con cambios de usos de suelo, ganadería extensiva e intensiva, crecimiento urbano y actividades antropogénicas las cuales provocan un impacto en las condiciones del suelo y sus propiedades, se genera un aumento en la susceptibilidad a los deslizamientos. Los datos de los resultados pueden utilizarse como apoyo para los lineamientos del ordenamiento territorial, zonificación urbana y gestión de riesgos y amenazas naturales para reducir el riesgo a deslizamientos en el área urbana del Municipio de Las Vegas.

**Palabras clave:** Análisis multitemporal, análisis de riesgos, deslizamientos de tierra, cobertura de suelo, deforestación y cambios de uso de suelos.

## ABSTRACT

In this research work, the influence of changes and dynamics in land cover on the susceptibility to landslide events for past and future scenarios in the urban area of the Municipality of Las Vegas, a municipality that has had urban growth, is analyzed. significant and uncontrolled in recent years. With this purpose, the aim is to prepare landslide inventories and soil cover maps for the years 2014 and 2016 and to be able to determine the years of greatest deterioration and/or degraded in scenarios of future periods, identifying the most and least forested areas of the Municipality of Las Vegas, Department of Santa Barbara. The aim is to analyze the probability events of landslides in two six-year periods until 2018, and some relevant data between the same period of time. All these advances will allow us to know if, in less forested areas, with changes in land use, extensive and intensive livestock farming, urban growth and anthropogenic activities which cause an impact on the conditions of the soil and its properties, an increase in the susceptibility to landslides. The data from the results can be used as support for territorial planning guidelines, urban zoning and risk and natural hazard management to reduce the risk of landslides in the urban area of the Municipality of Las Vegas.

**Keywords:** Multitemporal analysis, risk analysis, landslides, land cover, deforestation and land use changes.

\*[lizakv2003@hotmail.com](mailto:lizakv2003@hotmail.com),  <https://orcid.org/0009-0004-2784-5609>

## 1 **Introducción**

Honduras por su situación geográfica y las características socioeconómicas que presenta, es considerado entre los 5 países más vulnerables del mundo ante las amenazas naturales, ya que su ubicación favorece el paso de fenómenos climáticos extremos (SINAGER, 2013).

La principal problemática identificada y que afronta el Municipio de Las Vegas es una serie de eventualidades a riesgos y amenazas naturales de tipo meteorológico, hidrometeorológico y eventos a deslizamientos. Actualmente en el país se registran eventos de amenazas naturales a nivel nacional y municipal. Los principales eventos a nivel nacional son las inundaciones, deslizamientos o movimientos de masa, movimientos sísmicos, mismos que son eventos derivados en su mayoría por actividades antropogénicas y cambios en la cobertura de suelo y sus usos (COPECO, 2017).

En los últimos años a nivel nacional y municipal se han presentado eventos mayormente de riesgos por inundaciones y deslizamientos, siendo las causas y elementos detonantes que los desarrollan las intensas precipitaciones, la topografía de estudio, tipo de suelos, pendientes y actividades de origen antropogénico.

Actualmente, el uso y cobertura del suelo es uno de los detonantes fundamentales para producir eventos de riesgos y amenazas naturales, ya que la alteración de la cobertura vegetal y forestal y la materia orgánica presente son factores que influyen en reacción y comportamiento del suelo. Por otro lado, la geología juega un papel fundamental en el movimiento de masa ya que el suelo está compuesto de material poroso, arenas, limos o arcilla, factores que con las precipitaciones son detonantes para provocar deslizamientos, por lo tanto, para que esto no suceda es necesario una cobertura vegetal sana y vigorosa. Se estima que el 12 % de la lluvia puede comportarse de diferente manera atendiendo el tipo de suelo o geología de la que esté compuesta el área de interés (SINAGER, 2013).

### 1.1 **Área de estudio**

El Municipio de Las Vegas se encuentra localizado al Sur del departamento de Santa Bárbara, ubicado en la región nor-occidental de Honduras, comparte el Lago de Yojoa, con los Municipios de Santa Cruz de Yojoa, Cortés, el Municipio de Taulabé, Comayagua y San Pedro de Zacapa (Ver Figura 1). Se encuentra ubicado en la montaña de Santa Bárbara que pertenece a la Sierra de Santa Bárbara, siendo sus principales elevaciones la montaña del cielo con una elevación de 2.528 msnm (metros sobre el nivel medio del mar) y la montaña de La Leona con 2,400 msnm.

El mapa expuesto ilustra el área de estudio en el Municipio de Las Vegas, también muestra límites del Municipio de Las Vegas en el Departamento de Santa Bárbara. El área cuenta con una extensión territorial de 123 km<sup>2</sup> y presenta una topografía en su mayoría irregular, salvo una pequeña parte del noreste y la franja Este colindante con el Lago de Yojoa donde su topografía es más plana. Así mismo, por la variedad de elevaciones se cuenta con biodiversidad de flora y fauna, diversas fuentes de agua, diferentes ecosistemas y variedad climática.

### 1.2 **Justificación de la Investigación**

La finalidad de la investigación es poder identificar las áreas de mayor susceptibilidad, riesgos a deslizamientos en las coberturas de suelos en el Municipio de Las Vegas Santa Barbara, debido a que será de utilidad a nivel Municipal a través de las unidades de riesgos y unidad catastral para poder identificar las áreas de mayor riesgo en las aldeas y casco urbano y posteriormente ubicar a la población en áreas adecuadas dentro del Municipio y casco urbano.

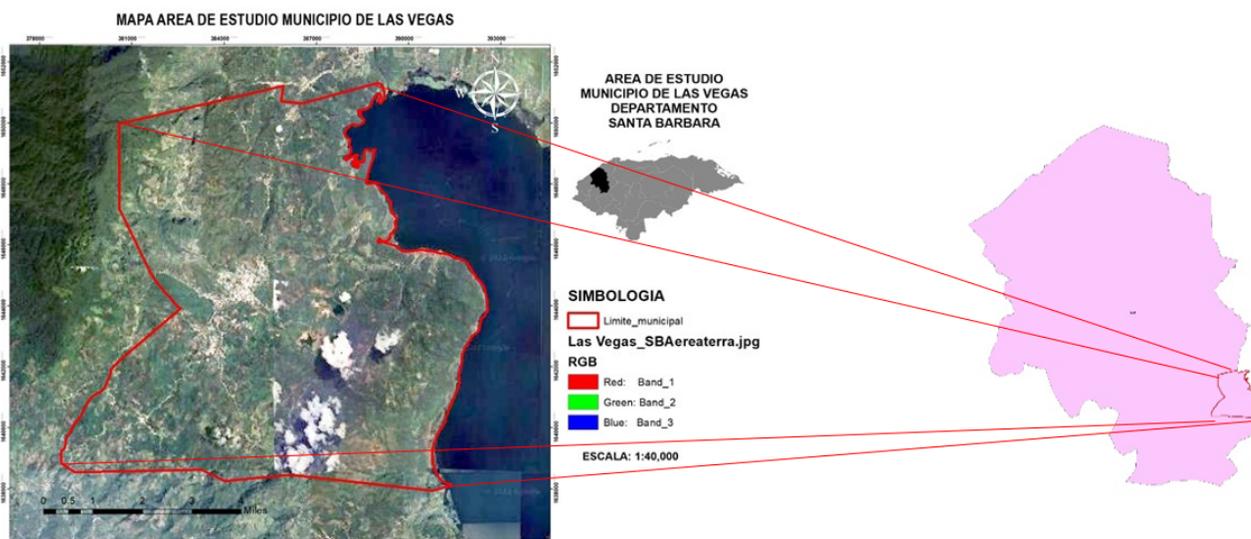


Figura 1: Límites área de estudio en Las Vegas Santa, Bárbara. Fuente: Terra Incógnita, Base MapArcgis. Elaboración propia 2023.

La justificación de la investigación se presenta debido a que el área de interés cuenta con una ubicación estratégica dentro del Departamento de Santa Bárbara, pues se ha podido identificar que se encuentra en las cercanías de zonas de importancia ambiental como la cuenca del Lago de Yojoa, montaña de Santa Bárbara y otras áreas de importancia ambiental y económicas para el Municipio y el País, y que todas estas variables conjugadas forman parte de la óptica y análisis en esta investigación.

Primeramente, se realizó un análisis espacial a escala Municipal global para poder identificar la distribución urbana y densidad poblacional y posteriormente verificar detalladamente el análisis a escala en el sector urbano el cual contiene mayor concentración poblacional (asentamiento humano) en el cual va se ha identificado un crecimiento significativo acelerado en los últimos años. Este crecimiento poblacional viene acompañado de actividades antropogénicas de subsistencia como la agricultura, ganadería y en menor escala a actividades de construcción y comerciales.

Es importante mencionar que la presente investigación está orientada y focalizado en un trabajo de investigación de tema conocido, pero con pocos datos o resultados relacionados entre sí, es decir, los resultados obtenidos son originales de la relación de la cobertura de suelos, condiciones del suelo y eventos de deslizamientos o movimientos de masa.

## 2 Metodología

El objetivo principal de esta investigación fue realizar un análisis del territorio (área de estudio) durante los últimos años (periodo de estudio 2014-2016-2018-2020), utilizando insumos cartográficos, mapeo básico nacional, Landsat8 con resoluciones 30x30, 15x15, imágenes digitalizadas a nivel nacional en el periodo de estudio (Ariza, 2013), y posteriormente de una forma estructurada visualizar los resultados del análisis y así poder obtener el conocimiento o información del sitio en estudio.

### 2.1 Metodología empleada

Al mismo tiempo fue realizado un análisis multitemporal en el área de estudio. Se consideraron análisis de

mapas de uso de suelo de distintas fuentes para visualizar una comparación las cuales fueron bases para describir las dinámicas y los cambios en el área directa. De igual forma se utilizaron Modelos Digitales de Elevación (DEM) de alta resolución con el fin de analizar la morfología de la superficie de la zona en estudio, características del terreno, la interpretación visual y el análisis semiautomático de diferentes tipos de imágenes de satélite, incluyendo imágenes pancromáticas a escala de grises. De igual forma se utilizaron mapas de deslizamientos o movimientos de masa generados por estudios geomorfológicos y litológicos, mapas tipo vector de las pendientes, y el tipo de geología en el área de estudio.

La manera estructurada en la que se llegó a construir la metodología de esta investigación y la que ha sido de ayuda y apoyo para encontrar la solución a la problemática del municipio consistió en un proceso de análisis de tres fases de investigativas. Estas fases consisten en la revisión inicial, causas y efectos de la investigación y las variables utilizadas.

La metodología principal utilizada en la investigación fue el Análisis espacial Multitemporal de imágenes satelitales, seguidamente un análisis cuantitativo de uso de suelo y análisis de la Cobertura de la Tierra más reciente en el Municipio de Las Vegas, Santa Bárbara.

La forma de recolección de datos de la investigación cuantitativa fue realizada con el procesamiento de datos a nivel regional de vulnerabilidad y amenazas a nivel Municipal y posteriormente para cada una de las aldeas del Municipio.

En la figura 2 se muestran las fases tomadas en la investigación: Desde la fase I, en la que se ha tenido en cuenta la recopilación de información nacional, regional y local, la fase II, con la Identificación de las áreas de estudio, y la fase III con el análisis de resultados de la investigación.



Figura 2: Diagrama de las fases de Investigación. Fuente: Elaboración y estructuración propia, 2023.

En la metodología de análisis espacial se utilizaron imágenes Landsat8 OLI TIRS con 30 m y 15 m de resolución espacial que fueron fundamentales para poder realizar el análisis de cobertura sana y no sana del Municipio. Estas imágenes están activas desde febrero de 2013 e incorpora dos sensores: el Operational Land Imager (OLI) con 11 bandas que incluyen una imagen pancromática y, por otro lado, el Thermal Infrared Sensor Sensor (TIRS) con dos bandas y es operado por el USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Estas imágenes fueron utilizadas realizando correcciones atmosféricas y de coberturas de los años 2013, 2014, 2016 el procesamiento de imágenes satelitales de la fuente Earth Explorer utilizando las clases de uso de suelos de la región (U.S. Geological Survey, 2018).

Posteriormente, se utilizó el Software de ArcGis, utilizando un sistema de referencia WGS\_84 UTM Zona 16N, complementario a todos los softwares e imágenes. Se aprovecharon mapas de cobertura de suelos y cambio de uso y estudios de campo del área de interés de fuentes nacionales e internacionales oficiales de Honduras, como el mapa mosaico forestal por parte del Instituto de Conservación Forestal ICF/SIGMOF y fuentes de coberturas y usos de suelo del Comité Permanente de Contingencias COPECO.

A continuación, se describen los elementos analizados en la metodología:

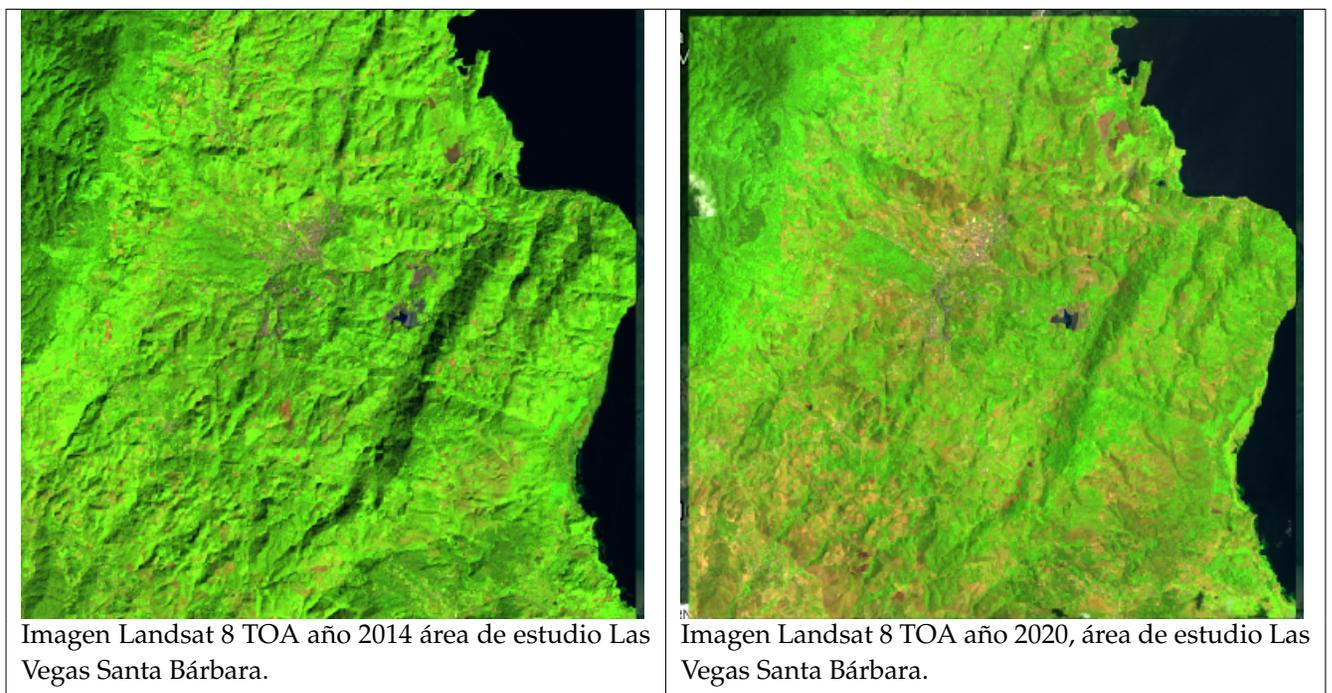
### 2.1.1 Procesamiento digital de imágenes satelitales Landsat 8

Las imágenes utilizadas en esta investigación fueron las imágenes Landsat 8 de los sensores OLI/TIRS las cuales fueron descargadas de la plataforma USGS Earth Explorer para el año 2014, 2016, 2018 ya que para los demás años de estudio no se encontraron imágenes de calidad. Al mismo tiempo se le realizó un mejoramiento de resolución a la banda pancromática o banda Pansharpening para tener una mejor calidad de resolución espacial obteniendo una mejor resolución espacial (Ariza, 2013).

La Tabla 1 muestra el cambio de todas bandas 1,2,3 RGB para poder identificar cobertura vegetal sana, realizando la combinación de bandas 5,6,2 cobertura no sana con la combinación 6,5,4, vegetación vigorosa, agricultura con la combinación de bandas 6,5,2, penetración atmosférica con la combinación 7,6,5 y áreas urbanas. Debido a que no incorpora bandas del espectro visible, esta combinación también reduce las influencias atmosféricas en la imagen, por lo tanto, en este caso no fue necesario realizar correcciones atmosféricas a las imágenes.

En la Tabla 1 se puede observar Imágenes Landsat 8 USGS periodo 2014-2020, imágenes satelitales con corrección atmosférica para visualizar cobertura de vegetal saludable y/o sana, solamente se representan de estos años ya que no se encontraron imágenes de calidad.

Tabla 1: Imágenes Landsat 8 USGS periodo 2014-2020, imágenes satelitales con corrección atmosférica para visualizar cobertura de vegetal saludable y/o sana. Fuente: Imágenes Landsat USGS, elaboración propia, octubre 2021.



### 2.1.2 Tratamiento de las imágenes y software utilizado

Se realizó mejoramiento de las imágenes satelitales Landsat 8 y correcciones atmosféricas utilizando el Arcgis, y la herramienta Analysis Tools en donde se pueden visualizar las imágenes ráster y .tif utilizando la opción Pan Sharpen para mejoramiento y calidad de imágenes tratamiento de imágenes como la resolución y las opciones de ArcToolbox agregando las opciones de reflectancia y corrección atmosférica para las imágenes Landsat8. Se obtiene la imagen de mayor calidad y resolución realizando el procedimiento de la combinación de la imagen RGB más la imagen pancromática de máxima resolución.

#### Breve esquema metodológico para explicar el tratamiento de las imágenes:

Obtención de las imágenes satelitales <https://earthexplorer.usgs.gov/Landsat8OLI/TIRS> Level 1 y Level 2 para los años en estudio 2014-2018-2020. Se muestran las Figuras 3 y 4 con la selección de las imágenes satelitales.

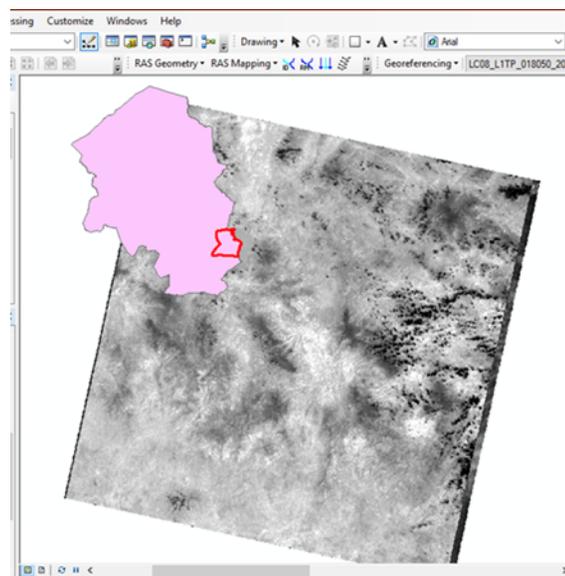


Figura 3: Selección y tratamiento de las imágenes satelitales 2023, imagen Landsat 8 LC08\_L1TP\_018050\_20141006\_20200910\_02\_T1.TIF. Fuente: Elaboración y procesamiento 2024.

Se seleccionó esta imagen L1TP debido a que las mismas se encuentran radiométrica y geoméricamente corregidas y están disponibles en formato GeoTIFF. Sin embargo, se requirió realizar un mejoramiento de resolución y calidad de la imagen con los siguientes pasos:

Realizar Composite bands RGB con la opción Analisis Tool, posteriormente se utilizó la banda pancromática para realizar el mejoramiento de calidad con la opción Pan Sharpen como se muestra en la Figura 5 en la siguiente ilustración.

Se conoce que los deslizamientos superficiales (flujos de lodos y flujos de detritos) son asociados a lluvias intensas de corta duración, mientras que los deslizamientos profundos se relacionan principalmente con lluvias acumuladas en largos periodos (Ramos *et al.*, 2015).

**Deslizamiento:** Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura. Con frecuencia, la formación de grietas transversales es la primera señal de la ocurrencia de este tipo de movimientos, las cuales se localizan en la zona que ocupará el escarpe principal (Cruden y Varnes, 1996).





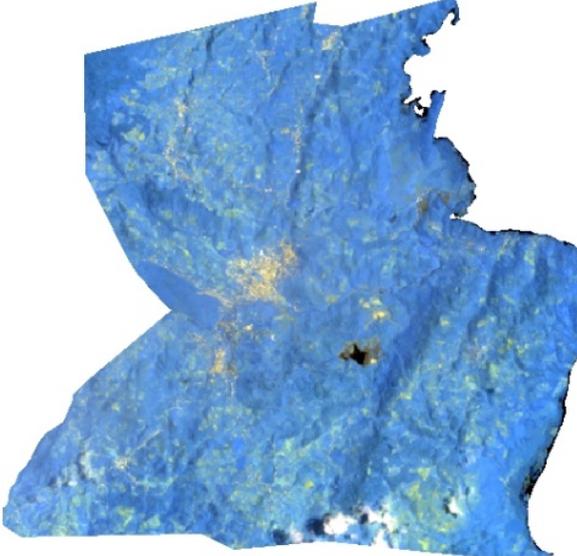
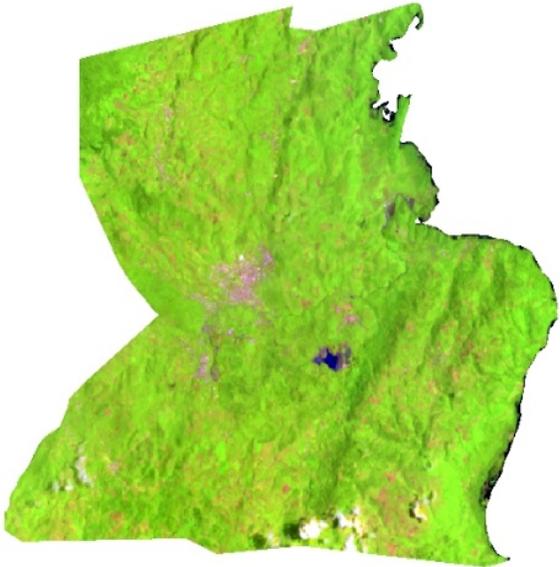
Figura 6: Resultado procesamiento de imágenes. Fuente: Elaboración y procesamiento 2024, Resultado imagen Landsat 8 OLI/TIRS L1 Acquired 10-06-2014 (Path 018, Row 058).

**Frentes de socavación:** Una zona de llanura de inundación se puede identificar en el campo observando la superficie del suelo para detectar indicios geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos (forma del relieve), pedológicos (suelos), edafológicos (vegetación) y otros, como por ejemplo humedad del terreno, áreas con aguas empozadas, socavación de suelos, terrazas de aluviones, sedimentos, zonas con vegetación baja o vegetación dañada y líneas de escombros (Suárez, 2013).

**Pendientes:** Pendientes <de 2 %: presentan un potencial de sedimentación y/o inundaciones estáticas. Pendientes entre 2 y 6 %: presentan un potencial para inundaciones dinámicas y erosión. Pendientes >6 %: presentan un alto potencial erosivo. Se pueden formar avalanchas torrenciales (Suárez, 2013).

A continuación, se presenta en la tabla 2, la representación de las combinaciones de imágenes RGB, para poder visualizar los cambios en la vegetación del área de estudio, como áreas urbanas, agricultura, vegetación vigorosa y no vigorosa.

Tabla 2: Procesamiento y cambio de bandas RGB Landsat8 OLI/TIRS C2 L1 2020 para poder visualizar vegetación sana, vigorosa, área urbana en el área de estudio. Fuente: USGS Earth Explorer Imágenes Satelitales LANDSAT8 OLI/TIRS 2014, 2016 y 2018. Elaboración propia.

 <p>LC08_L2SP_018050_20180814_20200831_02_T1_SR_B7.TIF                      RGB: 5, 4, 3                      Falso color</p>	 <p>LC08_L2SP_018050_20180814_20200831_02_T1_SR.TIF                      RGB: 4, 3, 2                      Color verdadero</p>
 <p>LC08_L2SP_018050_20180814_20200831_02_T1_SR_B7.TIF                      RGB: 7, 6, 5                      Falso color</p> <p>LC08_L1TP_018050_20141006_20200910_02_T1</p>	 <p>Vegetación sana a nivel municipal                      RGB: 5, 6, 2                      LC08_L2SP_018050_20180814_20200831_02_T1_SR_B7.TIF                      Usos agrícolas 2014</p>



RGB: 4, 3, 2  
Color natural 2014

Análisis de vegetación sana

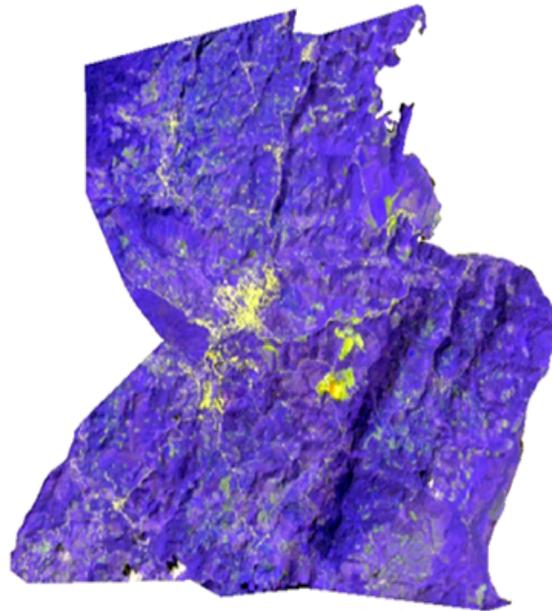


LC08\_L1TP\_018050\_20141006\_20200910\_02\_T1  
RGB: 6, 5, 2

Análisis de vegetación



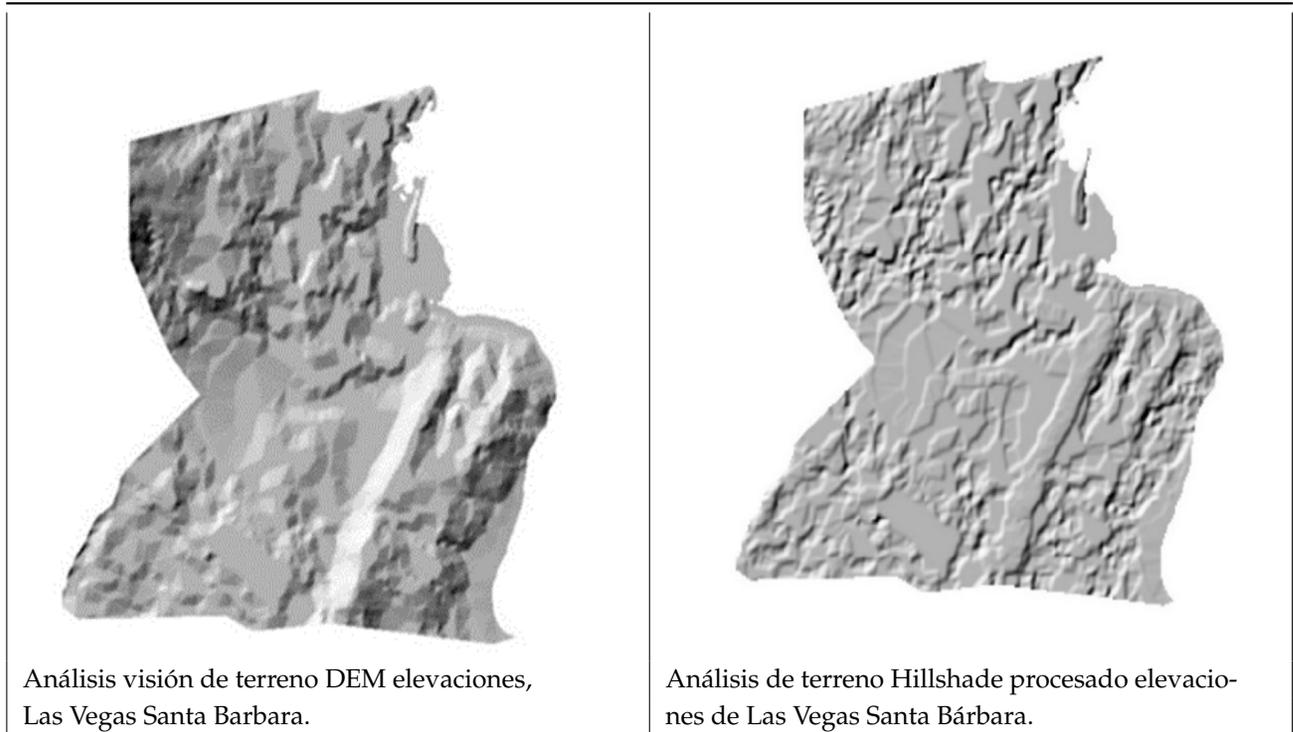
LC08\_L1TP\_018050\_20141006\_20200910\_02\_T1  
RGB: 5, 6, 2



LC08\_L1TP\_018050\_20141006\_20200910\_02\_T1  
RGB: 6, 5, 4

A continuación, en la Tabla 3, se describe el análisis de terreno del área en estudio, elevaciones y análisis Hillshade sombras de terreno. En este sentido se pueden observar en una simple observación las diferencias en las elevaciones y sombras de terreno

Tabla 3: Análisis de terreno DEM Elevaciones y análisis de Hillshade Municipio de Las Vegas Santa Bárbara.  
Fuente: Imagen satelital USGS, elaboración propia, mayo 2022.



En la Tabla 3 adicionalmente se muestra el análisis de terreno y visión de elevaciones de Las Vegas. Aplicado a visualizar superficies, elevaciones y cobertura de suelos cabe mencionar que en general los Modelos Digitales de Elevación son de suma importancia para identificar las propiedades del terreno. El entendimiento de dichas propiedades conlleva a una mejor toma de decisiones en el área de Las Vegas. Este ráster permite obtener una visión más clara del terreno o área de estudio.

### 3 Resultados

Según datos del “Atlas Municipal y Cobertura de la Tierra 2016” en las distintas categorías de tipo de bosque del área de estudio un 47.99 % corresponde a áreas de bosque siendo un total de 3,729.10 hectáreas las que corresponden a un total de 48 % de áreas de bosque y 58 % clasificadas como áreas de no bosque.

Desde el punto de vista de la clasificación realizada en el año 2018 y oficializada en el año 2019, por parte del Instituto de Conservación Forestal ICF/SIGMOF, las coberturas de bosque en el área de estudio se clasifican los usos de suelo predominantes como cafetales, bosques de conífera denso, vegetación secundaria húmeda, zonas urbanas discontinuas y áreas de pastos y cultivos (ICF Honduras, 2023).

Con base en el procesamiento del mapa forestal mosaico del año 2018 el área de estudio cuenta con una cobertura vegetal de 12 clases de uso. Se pudo determinar que el área que cubre mayor cobertura en área es la clase de bosque latifoliado húmedo con un total de 6,568.88 hectáreas, la clase en segundo lugar con mayor área es la vegetación secundaria húmeda con un área de 1,010.44 Hectáreas.

En la Tabla 4 se describen los datos de pérdidas y ganancias de bosque. En el año 2012-2016 fue de 119 Ha de pérdida de bosque deciduo (1.30 ha) y latifoliado (117.82 ha), y de ganancia un total de 10 ha de Bosque Deciduo (4.15 ha) y Latifoliado (6.31 ha), causando mayores pérdidas en el bosque latifoliado. Se describe que las pérdidas y ganancias de bosques a nivel municipal para los años 2012-2016 de los tipos de bosque latifoliado fueron de aproximadamente 118 Has, Bosque Deciduo de 1.30 Has, para los años 2016-2018 Bosque Latifoliado 33.51 Has, Bosque Deciduo 1.38 has.

Tabla 4: Dinámica de pérdidas y ganancias de cobertura de Bosque a nivel Municipal de Las Vegas, Santa Bárbara.  
 Fuente: Elaboración propia con base en datos ICF/SIGMOF 2014-2016-2018.

Período año	Municipio	Bosque Latifoliado (Has)	Bosque Deciduo (Has)	Pérdida Total (Has)	Ganancia Total (Has)
2000-2006	Las Vegas	21.35	32.64	54	0
2006-2012	Las Vegas	56.94	0.49	57	0
2012-2016	Las Vegas	117.82	1.30	119	0
2016-2018	Las Vegas	33.51	1.38	35	0

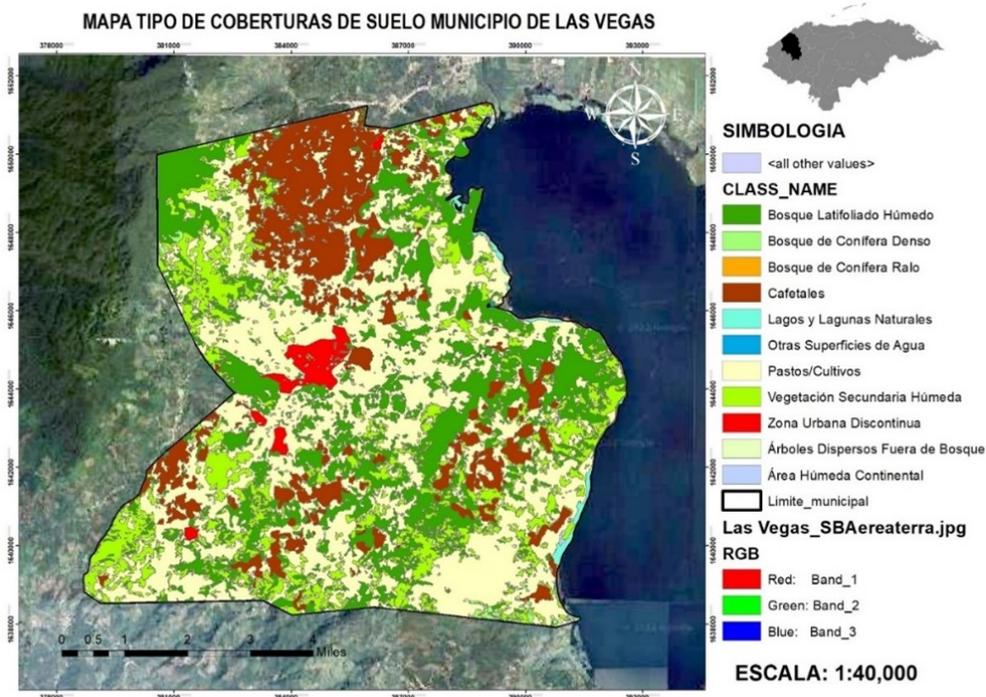


Figura 7: Representación tipos de Cobertura de Suelos nivel Municipal Las Vegas, Santa Bárbara. Fuente: Información fotografías aéreas Terra Incógnita, tipos de coberturas de suelo mapa mosaico (ICF) en área de estudio, Escala 1:40,000, octubre 2022.

En la Figura 7 se muestra que la aldea con mayor intervención de uso de suelos pastos y cultivos es El Sauce con 1,278.677 Has y un área de 12.786 m<sup>2</sup>, y el área de bosque latifoliado húmedo de 4,975.401 Has y 49.754 m<sup>2</sup>.

Tabla 5: Áreas de clases de cobertura de suelos y relación porcentual a nivel Municipal. Fuente: Clasificación de cobertura de suelos elaboración propia con base en el Mapa mosaico Forestal ([Instituto de Conservación Forestal, 2018](#)).

No.	Clases de uso de suelos	Área (Has)	Porcentaje %	Perímetro
1	Árboles dispersos	90.527	0.735	107,933.36
2	Área húmeda continental	9.806	0.079	5,505.55
3	Bosque de conífera denso	35.954	0.292	13,701.40
4	Bosque de conífera ralo	1.891	0.015	2,018.83
5	Bosque latifoliado húmedo	6,568.88	53.401	953,591.69
6	Cafetales	1,979.255	16.090	312,106.66
7	Lagos y lagunas naturales de agua	44.636	0.362	25,561.71
8	Palma africana	39.418	0.320	5,799.33
9	Pastos / cultivos	2,316.436	18.831	704,870.94
10	Ríos y otras superficies de agua	1.226	0.009	817.37
11	Vegetación secundaria húmeda	1,010.438	8.214	700,244.55
12	Zona urbana continua	202.486	1.646	42,424.21

En la Tabla 5 se pudo determinar que los resultados generados demuestran que la clase de uso de suelos con mayor cobertura en el área de estudio es la de bosque latifoliado húmedo con un área total de 6,568.88 hectáreas y un porcentaje de 53.40 % del área de interés, lo que significa que el área territorial urbana y rural está compuesto en su mayoría de Bosque Latifoliado Húmedo por lo que las áreas de susceptibilidades a deslizamientos se encuentran en esas áreas del Municipio de Las Vegas, se puede visualizar en los mapas los cuales representan estas zonas ubicadas en áreas rurales y urbanas.

La mayor parte de las áreas en los municipios representan susceptibilidades a deslizamientos o movimientos de masa. El área urbana se encuentra en niveles bajos a muy bajos de amenaza ya que se encuentra en pendientes relativamente planas con rangos de 0-15 %.

De igual forma se pudo determinar que la aldea de El Sauce es la que cuenta con mayores susceptibilidades a deslizamientos en áreas de pendientes pronunciadas. De igual forma la Aldea de San José de Los Andes ubicada al norte del Municipio (ver Figura 8).

En la Figura 9 se puede verificar la susceptibilidad a deslizamientos y la división política de aldeas, siendo la aldea el Sauce la de mayor extensión territorial, con niveles de deslizamientos bajos, altos y muy alto, originadas por las diferencias en las áreas de pendientes. A nivel Municipal se pudo identificar que la aldea El Sauce cuenta con el relieve más irregular y pendientes más pronunciadas del municipio en comparación con todas las aldeas que rodean el área de estudio.

En la Tabla 6 se muestra la clasificación del tipo de evento en relación al tipo de geología del área de estudio, los niveles de amenazas y las áreas aproximadas a las que los eventos se reflejan los niveles de amenazas, siendo el tipo de geología más abundante en la zona las formaciones de calizas del grupo de Yojoa.

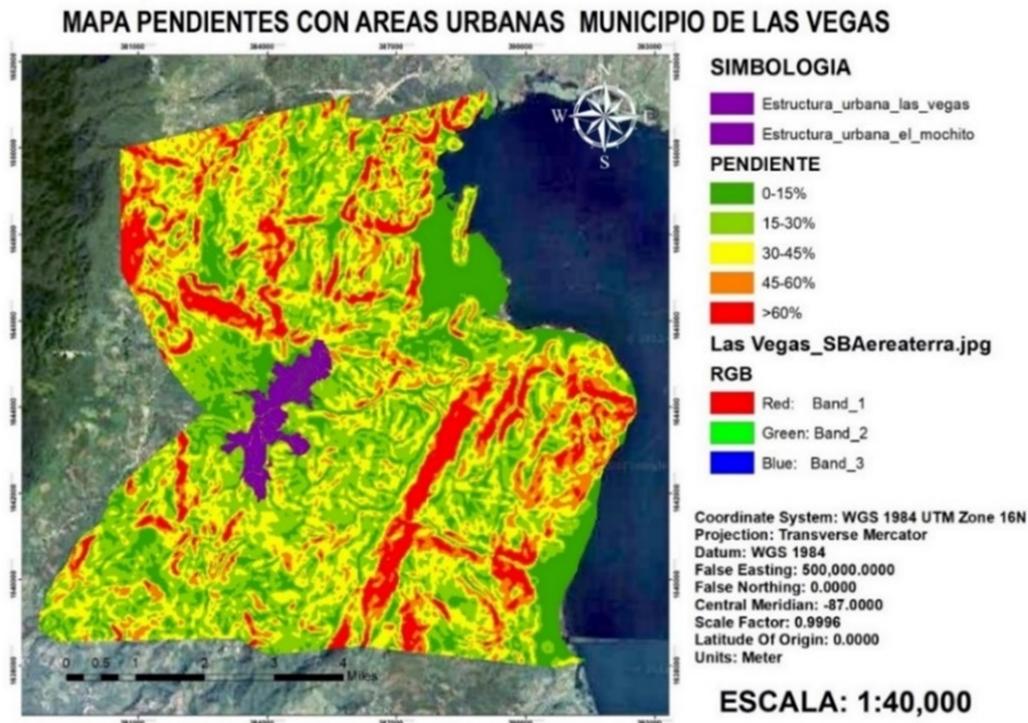


Figura 8: Pendientes nivel Municipal, Las Vegas Santa Barbara. Fuente: Información fotografías aéreas Terra In-cógnita, pendientes Atlas Municipal de Honduras en área de estudio, Escala 1:40,000, elaboración propia, octubre 2022.

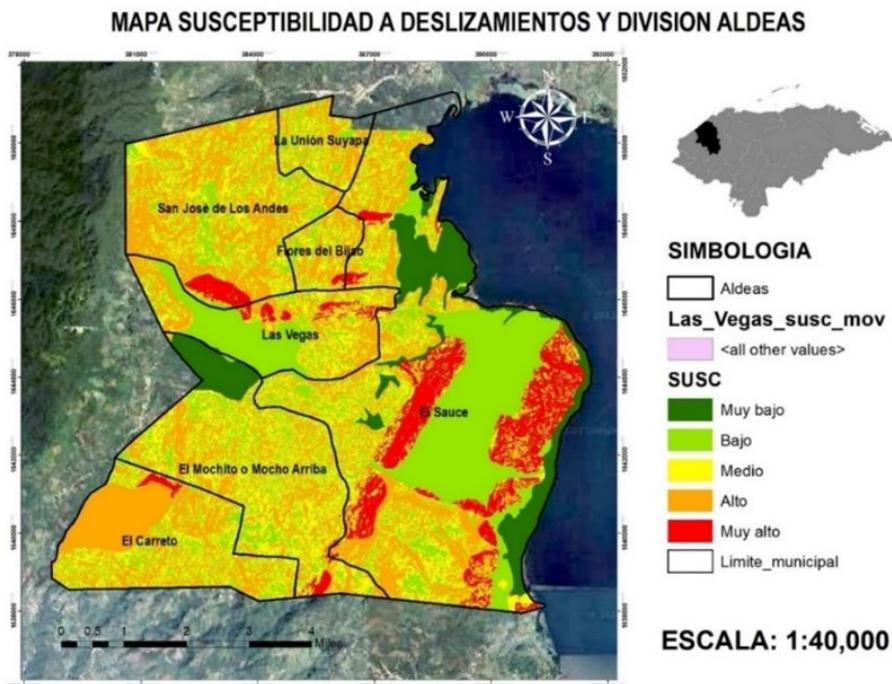


Figura 9: Pendientes nivel Municipal, Las Vegas Santa Barbara. Fuente: Información fotografías aéreas Terra In-cógnita, pendientes Atlas Municipal de Honduras en área de estudio, Escala 1:40,000, elaboración propia, octubre 2022.

Tabla 6: Relación con tipo de geología, niveles de amenazas a deslizamientos en el Municipio. Fuente: Clasificación de amenazas a deslizamientos, elaboración propia con base en el Comité Permanente de Contingencias (COPECO) 2019.

Clasificación del evento	Total de clases	Tipo de geología	Nivel de amenaza	Tipo	Área Has
Deslizamiento	20	Formaciones de calizas (Grupo de Yojoa)	Alta	Área de Impacto	125.872
Frente socavación	7	Formaciones de calizas (Grupo de Yojoa)	Baja	Área de Impacto	30.630

Tabla 7: Relación entre conteo de clases de deslizamientos y niveles de amenaza Las Vegas, Santa Bárbara. Fuente: Elaboración propia, base datos SIG Las Vegas Comité Permanente de Contingencias (COPECO).

FID	Amenaza	Conteo de clases
0	Alta	15
1	Baja	2
2	Media	10
Total:		27

De acuerdo con el análisis multitemporal de las coberturas de la tierra y tomando una comparación del año 2014 versus el año 2018, es decir un análisis multitemporal de seis años, las coberturas que presentaron pérdidas determinadas por disminución de área son las zonas de pastos y cultivos y espacios naturales. Actualmente se pudo identificar mediante análisis SIG y fuentes oficiales de investigación que las áreas en donde predomina la susceptibilidad de deslizamientos son superficies ubicadas en áreas de usos de suelos de pastos y cultivos, matorrales, bosques mixtos, agricultura tradicional y áreas de pastizales y sabanas.

En la Tabla 6 se describe el recuento de los deslizamientos en el tipo de geología a nivel Municipal y se pudo observar que existen mayores eventos de deslizamientos en las formaciones de calizas del Grupo Yojoa cubriendo una mayor área de impacto a nivel municipal.

## 4 Discusión

Los niveles de susceptibilidad a deslizamientos del Municipio de Las Vegas se clasifican entre niveles medio, alto y muy alto, los cuales se concentran mayormente en los sectores de altas pendientes en el Municipio, generándose un mayor índice en el extremo sureste del municipio, y en las áreas de mayores pendientes del municipio las cuales están ubicadas en los sectores norte y este del área de estudio.

Así mismo debido a las bajas pendientes que se presentan principalmente en el casco urbano del municipio y extremo sur este, se localizan niveles de susceptibilidad muy bajos a deslizamientos. En la Tabla 7 se describe la relación entre deslizamientos y niveles de amenazas nivel municipal.

Se pudo determinar que el área del municipio cuenta con dos clases de eventos a deslizamientos y frentes de socavación, los cuales están ubicados en su mayoría a los tipos de suelos de formaciones de calizas

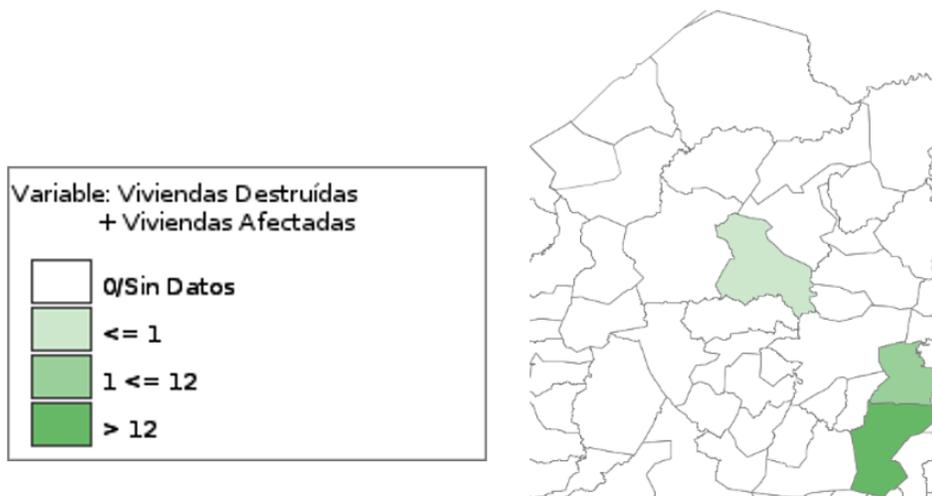


Figura 10: Viviendas Destruídas + Viviendas Afectadas en el 2014. Fuente: Viviendas Destruídas + Viviendas Afectadas, Municipio de Las Vegas Santa Barbara (Sendai Framework, 2015).

(Grupo Yojoa), con niveles de amenazas altas y en los frentes de socavación con amenazas bajas, en la clasificación de deslizamiento cuenta con un área de 125.87 Hectáreas y los frentes de socavación con 30.63 hectáreas (ver Tabla 6).

Una de las limitantes en el estudio fue la escasa y desactualizada información base sobre amenazas y riesgos en el municipio, por lo que, una de las implicaciones en el transcurso de los años es el crecimiento urbano descontrolado en áreas y zonas inadecuadas para viviendas, ubicación de estructuras urbanas en áreas de amenazas naturales, asentamientos humanos y por ende crecimiento del territorio de forma desordenada.

Los barrios y colonias más afectados y con vulnerabilidades en niveles altos a deslizamientos son la aldea El Carreto y la aldea El Sauce, las cuales cuentan con la mayor extensión territorial del Municipio de Las Vegas a nivel de aldea. En cuanto al cambio de coberturas en la zona urbana en expansión se pudo encontrar que el bosque latifoliado húmedo está siendo sustituido por los pastos y cultivos en el municipio (ver Figura 5).

A continuación, se muestra Viviendas Destruídas + Viviendas Afectadas en el 2014 producto de los eventos a deslizamientos en el Municipio de Las Vegas Santa Barbara (ver Figura 10).

## 5 Conclusiones

- El área del Municipio de Las Vegas cuenta con áreas vulnerables a deslizamientos en cercanías del casco urbano de la aldea Las Vegas, por lo que se debe de considerar una zonificación territorial de áreas de mayor susceptibilidad y amenaza, lo cual permite establecer zonas de riesgo con la finalidad de promover la construcción de todo tipo de proyectos en zonas seguras, tomando en consideración las elevaciones, pendientes máximas y mínimas para la construcción en terrenos inclinados. Estos eventos en el área de estudio se han incrementado mayormente por actividades antropogénicas y en menor escala de forma natural. Los barrios y colonias más afectados y con vulnerabilidades altas a deslizamientos son la aldea El Carreto, y la aldea El Sauce la cual cuenta con la mayor ex-

tensión territorial del Municipio de Las Vegas. A continuación, en la Figura 11 se puede observar la división de aldeas y eventos a deslizamientos del Municipio de Las Vegas, Santa Bárbara.

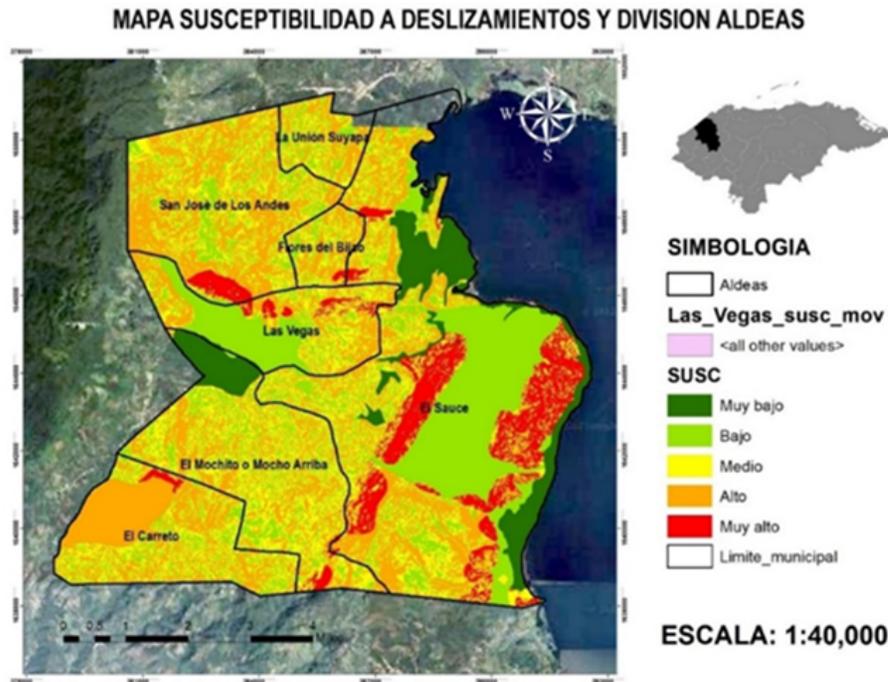


Figura 11: Susceptibilidad a deslizamientos y división política de aldeas, Las Vegas Santa Bárbara. Fuente: Base-map Terra Incógnita, elaboración propia, octubre 2022.

- En cuanto al cambio de coberturas en la zona urbana en expansión se pudo encontrar que el bosque latifoliado húmedo está siendo sustituido por los pastos y cultivos en el municipio debido al incremento de la población en ese sector urbano. Los factores específicos en la cobertura de suelos para la susceptibilidad a deslizamientos son directamente proporcionales a los cambios de uso de suelos, deforestación, los factores erosivos, áreas desprovistas de cobertura natural, y a los alrededores de la mancha urbana en expansión, donde se encuentran las topografías más pronunciadas en el municipio.
- Para el crecimiento futuro urbano y rural del Municipio de Las Vegas será necesario implementar políticas más definidas de ordenamiento y zonificación territorial con relación a la tendencia acelerada del cambio de uso de suelo, a través de las entidades regionales y municipales, por medio de técnicos de las Unidades Municipales Ambientales (UMA), junto con el trabajo y labor catastral, que igualmente integrará técnicos municipales y de ordenamiento y gestión territorial de la región. Los cambios de uso que están afectando mayormente son la expansión de los pastos y cultivos y cafetales en la zona.
- Es necesario considerar a nivel regional y de la zona en estudio la conservación de las coberturas de uso de suelo, realizar las evaluaciones y gestiones de riesgos necesarias previamente a la ubicación de instalaciones u obras civiles, considerar los aspectos topográficos y áreas de altas vulnerabilidades a deslizamientos para la construcción y las restricciones para ubicar obras civiles, implementación de sistemas de drenajes de aguas lluvias y residuales adecuados. De igual manera incidir en la educación y conciencia ambiental local y comunitaria.

- Los factores y variables que inciden en las coberturas de suelos para susceptibilidades a movimientos de masa los visualizamos en el tipo de suelos y geologías del área de estudio, como ser en las unidades o grupos Valle de Ángeles y suelos Yojoa
- Los tipos de coberturas de bosques latifoliados son los de mayor predominancia en el Municipio de Las Vegas, Santa Bárbara.
- El cambio de cobertura endémica en la zona y tipos de suelos para otros usos, como agricultura y factores antropogénicos y de supervivencia, son los principales cambios que inciden directamente en la vulnerabilidad y susceptibilidad a movimientos de masa en el Municipio. El cambio de cobertura como bosque latifoliado húmedo a coberturas de cafetales.
- En el tipo de formación geológica del Grupo Yojoa la cual abarca una extensión territorial de 104.94 m<sup>2</sup> del área municipal se pudo determinar que existen mayores vulnerabilidades en amenazas medias, altas y muy altas a deslizamientos y en menor proporción la formación geológica del grupo de Valle de ángeles con un área de 12.24 m<sup>2</sup> en niveles altos, medios y muy altos de amenazas.

## 6 Recomendaciones

- Una de las soluciones a nivel nacional es poder contar con los planes de Ordenamiento Territorial a nivel Municipal. Estos instrumentos de planeamiento serían una herramienta para la solución a las crisis en riesgos y amenazas naturales, pues tienen como finalidad la ocupación del territorio de forma ordenada y apropiada en áreas con altas vulnerabilidades, tanto en las áreas urbanas como en las rurales. Así mismo se marcarían directrices para ocupar espacios con bajas amenazas naturales ya que estos instrumentos cuentan con un enfoque a la gestión de riesgos, instrumentos que serán útiles a nivel Municipal y Nacional.

## 7 Referencias

Ariza, A. (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). Technical report, Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

COPECO (2017). *Plan Municipal de Gestión de Riesgo y Propuesta de Zonificación Territorial: Municipio de las Vegas, Santa Bárbara*. Obtenido de: <https://sheltercluster.s3.eu-central-1.amazonaws.com/public/docs/pmgr-las-vegas.pdf>.

Cruden, D. y Varnes, D. (1996). Landslide types and processes. En Turner, A. y Schuster, R., (Eds.), *Landslides: Investigation and Mitigation*, volumen 247, pp. 36–75.

ICF Honduras (2023). SIGMOF: Información de los bosques hondureños a tu alcance. Obtenido de <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-olitirs-level-2-data-products>.

Instituto de Conservación Forestal (2018). Geoportal del Sector Forestal de Honduras. Obtenido de: <https://geoportal.icf.gob.hn/geoportal/main>.

Ramos, A. M., Trujillo, M. G., y Prada, L. F. (2015). Análisis descriptivo de procesos de remoción de masa en Bogotá. *Obras y Proyectos: Revista de Ingeniería Civil*, (18):63–75.

Sendai Framework (2015). UNDRR Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. Obtenido de: <http://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp>.

SINAGER (2013). *Política de Estado para la Gestión Integral del Riesgo en Honduras*. Obtenido de: [https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver\\_documento.php?uid=OTYyMzg5MzQ3Nm00DcxMjQ2MTk4NzIzNDI=](https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver_documento.php?uid=OTYyMzg5MzQ3Nm00DcxMjQ2MTk4NzIzNDI=).

Suárez, G. (2013). *Manual para la Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido*. PNUD. ISBN: 978-99926-821-4-2.

U.S. Geological Survey (2018). USGS EROS Archive. Obtenido de <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-olitirs-level-2-data-products>.