

Aplicación de tecnologías de información geográfica en el análisis socio espacial

Mario René Baide Muñoz

Resumen

Las tecnologías de información geográfica y los sistemas de posicionamiento global han sido fundamentales en el trabajo de campo y análisis de los datos de la investigación de tesis Asentamientos en laderas en Tegucigalpa: morfología y riesgo urbano, que busca aportar a las intervenciones en el tema de riesgo urbano vinculado a la forma de emplazamiento, las condiciones topográficas del sitio y el manejo de las aguas en asentamientos irregulares en laderas.

Se realizó un estudio de caso desde dos aproximaciones metodológicas: en primer lugar, la investigación social propiamente, que permitió estudiar las categorías de análisis socioeconómicas, factores de vulnerabilidad, recursos de la comunidad y los usos del suelo, por medio de técnicas participativas. Por otro lado, el análisis espacial, donde las variables refieren a la forma urbana del asentamiento y su relación con la topografía del sitio, los sistemas de agua y saneamiento, los sistemas constructivos, y las amenazas a las que la comunidad está expuesta.

Para llevar a cabo el análisis espacial, se utilizaron distintas herramientas de información geográfica que facilitaron el análisis de las pendientes del terreno, la localización de elementos naturales y construidos, el mapeo de la evolución del asentamiento en el tiempo, la elaboración de planos de estructura y forma urbana del asentamiento, y la elaboración de mapas de amenazas.

El modelo digital de elevación, que fue la base de esta parte del estudio, se realizó a partir de un levantamiento de la topografía del sitio haciendo uso de equipo GNSS (Sistema Satelital de Navegación Global) con arreglo RTK (Cinemático de Tiempo Real), con el apoyo técnico del IHCIT-UNAH y el involucramiento de los pobladores de la comunidad.

Palabras clave: Análisis socio espacial. Aplicación de los SIG. Morfología urbana en laderas. Riesgos.

Abstract

Geographical information technologies and global positioning systems have been fundamental tools in the research data analysis and fieldwork for the thesis "Settlements in Slopes in Tegucigalpa: Morphology and Urban Risk", which intends to

generate pertinent knowledge towards interventions regarding the urban risk linked to type of placement, topographical conditions of the site, and water management in irregular settlements located in slopes.

A case study was done from two methodological approximations: on one side, the proper social investigation, which allowed to study the socio-economical analysis categories, vulnerability factors and community resources, through participative techniques. On the other side, spatial analysis, where the variables refer to the urban form and structure of the settlement and its relation with the sites topography, the water and sanitation systems, the constructive systems and the hazards which the community is exposed to.

Different geographical information tools were used to conduct the spatial analysis. These tools eased the analysis of the terrain inclinations, the localization of natural and constructed elements, the mapping of the evolution of the settlement over time, the creation of structural and urban form of the settlement and the development of threat maps.

The Digital Elevation Model, which was the basis of this part of the study, was created from a topographical survey of the site, using GNSS (Global Navigation Satellite System) RTK (Real Time Kinematic), with technical support from IHCIT-UNAH and involvement of the inhabitants of the community.

Keywords: Socio spatial analysis. GIS application. Urban morphology in slope terrains. Risks.

Mario Rene Baide Muñoz (mariobaidemunoz@gmail.com). Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Facultad de Ciencias Sociales, Maestría en Gestión Social Urbana. Centro Nacional Suizo de Competencia en Investigación Norte - Sur (NCCR North-South).

1. INTRODUCCIÓN

La presente comunicación corresponde a la experiencia en la utilización de tecnologías de información geográfica en el proyecto de investigación de tesis de maestría Asentamientos en laderas en Tegucigalpa: morfología y riesgo urbano, específicamente en el levantamiento físico del sitio de estudio, generación de mapas temáticos, y su aplicación en técnicas participativas.

Se presentan, de forma general, los conceptos principales que definen el proyecto de investigación, así como su aproximación metodológica y los criterios para la selección del sitio de estudio. La comunicación se centra en la descripción de las técnicas aplicadas haciendo uso de las tecnologías de información geográfica, la pertinencia de las mismas con las variables de estudio, y finalmente los productos obtenidos con su aplicación.

2. MARCO CONCEPTUAL DEL ESTUDIO DE CASO

La investigación plantea la relación entre la intervención humana no planificada sobre el territorio y la generación de condiciones de riesgo de desastres, incorporando el manejo inadecuado de las aguas como factor detonante de desastres.

Con el fin de analizar el resultado de la intervención humana sobre el territorio se partió del concepto de morfología urbana, definida en el contexto de esta investigación como la configuración física del espacio urbano en sus tres dimensiones espaciales (largo, ancho y alto); siendo resultado de la modificación del entorno natural a través de adaptaciones tecnológicas condicionadas por la naturaleza física del territorio y la situación socioeconómica de los ocupantes (Caballero, 2012). La construcción y evolución de un asentamiento responde a una dinámica funcional constituida por un conjunto de actividades sociales, económicas y culturales que se llevan a cabo sobre una plataforma espacial.

El sitio de emplazamiento del asentamiento en estudio, la ladera, posee pendientes de terreno pronunciadas que requieren de medidas en armonía con las condiciones inherentes al sitio, como la construcción de edificaciones adaptadas al entorno, con movimientos de adecuación del terreno realizados con criterios técnicos, estructuras de contención y cimentaciones que se adapten al relieve, así como una infraestructura de soporte que atienda la estabilidad y el manejo de las aguas (Escobar, 2002).

Dadas las características físicas (geomorfológicas, geológicas e hidroló-

gicas) del terreno y la intervención sin planificación sobre el mismo, se asocia el concepto de riesgo de desastres desde la perspectiva de la construcción social del riesgo (Lavell, 1999) donde tienen especial importancia las amenazas del tipo socio-natural, que nacen cuando se da la intersección de la sociedad con la naturaleza, y surgen como consecuencia del inadecuado manejo del entorno natural del espacio construido.

Desde la remoción de la capa vegetal natural y la modificación de la topografía se cambia la dinámica del proceso natural del control de las aguas, con consecuencias graves si no se compensa con la construcción de sistemas adecuados de drenaje (Lavell, 1999). En el contexto del caso de estudio, el manejo inadecuado del agua y residuos sólidos incrementa las condiciones de riesgo inherentes a un terreno escarpado intervenido sin una adecuada planificación.

3. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA Y SELECCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Partiendo de los conceptos de morfología urbana, riesgo de desastres y saneamiento ambiental en asentamientos irregulares en laderas, se diseñó una metodología de estudio de caso que permitiera analizar las variables relacionadas a la forma de emplazamiento del asentamiento, saneamiento ambiental, condiciones físicas del sitio y la dinámica funcional y organizacional, que constituyen un conjunto de factores que pueden incidir en la generación de condiciones de riesgo a desastres.

Al enfrentar un tema de investigación que requiere analizar variables físicas y espaciales, y por otro lado, estudiar variables referidas a dinámicas sociales, se planteó un abordaje desde dos aproximaciones metodológicas:

Aproximación desde el análisis espacial:

A. Morfología urbana y función del espacio (estudio de la forma urbana y su relación con la topografía del sitio, estructura urbana, dinámica funcional del hábitat, análisis físico del sitio).

Aproximación desde el análisis social

B. Territorio y riesgo urbano (situación socioeconómica de la población del barrio, reconstrucción histórica participativa, generación de un mapa de riesgos y recursos mediante un instrumento participativo con la comunidad del asentamiento).

El proceso partió con la definición de una serie de criterios que permitieran

escoger un asentamiento irregular en ladera que pudiera representar una realidad física, urbanística, social, y de exposición a amenaza de movimiento de ladera compartida por gran parte de los barrios y colonias informales de la zona urbana y periurbana de la ciudad: localización, geología del sitio de emplazamiento, topografía, estructura y forma urbana, proceso histórico de formación del asentamiento, organización comunitaria, ubicación en zona de riesgo, acceso y tipo de sistemas de agua y saneamiento, y situación actual respecto a proyectos de intervención estructural/no estructural por parte de las instituciones locales, nacionales y externas.

Se llevó a cabo una valoración de las siguientes colonias de la ciudad capital: Col. Villanueva, Col. Los Pinos, Col. Guillén, Col. Campo Cielo, Col. Nueva Oriental/Mirador de Oriente, y Bo. El Reparto. Los criterios que tuvieron un mayor peso en la escogencia del sitio de estudio de acuerdo a la pertinencia con los objetivos de la investigación fueron:

- a. Topografía
- b. Ubicación en zona de riesgo
- c. Niveles de organización comunitaria
- d. Forma/estructura urbana

Finalmente se seleccionó la colonia Nueva Oriental, asentamiento periurbano que nace como consecuencia de un proceso de toma de tierras desde el año 2002 en la periferia este de la ciudad inmerso en el mercado informal de tierras posterior al paso del huracán Mitch. Ubicado en una zona catalogada como altamente amenazada por movimientos de ladera (IHCIT-UNAH-UNDP, 2011), cuenta con una población de más de 2000 habitantes procedentes en su mayoría de otros asentamientos irregulares de la ciudad, que encontraron en el sitio una oportunidad de acceder a un lote propio. Además de la ausencia de infraestructura adecuada para enfrentar la amenaza de deslizamiento, la comunidad no tiene acceso a la red de agua potable ni al sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad.

4. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ESTUDIO DE CASO

Las tecnologías de información geográfica y los sistemas de posicionamiento global han sido fundamentales en el trabajo de campo y análisis de los datos de la investigación. Una de las dos aproximaciones que componen el planteamiento metodológico del estudio, el análisis espacial, incluye variables que refieren a la forma urbana del asentamiento y su relación con la topografía del sitio, la ubicación espacial de los componentes de los sistemas de agua y saneamiento, los sistemas constructivos, y las amenazas naturales, socionaturales y antrópicas

a las que la comunidad está expuesta.

El modelo digital de elevación, que fue la base de esta parte del estudio, se realizó a partir de un levantamiento de la topografía del sitio haciendo uso de equipo GNSS (Sistema Satelital de Navegación Global) con arreglo RTK (Cinemático de Tiempo Real), llevando a cabo el análisis de los datos y la generación de mapas en Quantum Gis.

Por otro lado, el análisis sobre el proceso de construcción del asentamiento a lo largo de la historia se llevó a cabo mediante una técnica participativa donde las imágenes satelitales de distintos años disponibles en Google Earth se utilizaron como base para la discusión.

4.1 Técnicas aplicadas

4.1.1 Evolución del asentamiento en la historia

Como parte del taller correspondiente al tema de “Morfología y riesgo urbano” se llevó a cabo un ejercicio participativo de la evolución del asentamiento en la historia, haciendo uso de imágenes satelitales de los años disponibles en Google Earth (2003, 2007, 2008 y 2010) proyectadas en pantalla (Ver Figura 1), sobre las cuales los distintos participantes aportaron de manera dinámica e interactiva elementos que permitieron dibujar los sitios iniciales de emplazamiento, desplazamientos de la población y cambios en el uso del suelo, expansión de la colonia, y otros elementos relativos al crecimiento o densificación del asentamiento, así como identificar hitos y actores responsables del desarrollo de la comunidad (ver Tabla 1 y Figura 2).

Figura 1. Secuencia de imágenes de crecimiento del asentamiento y cronología de hitos

historia

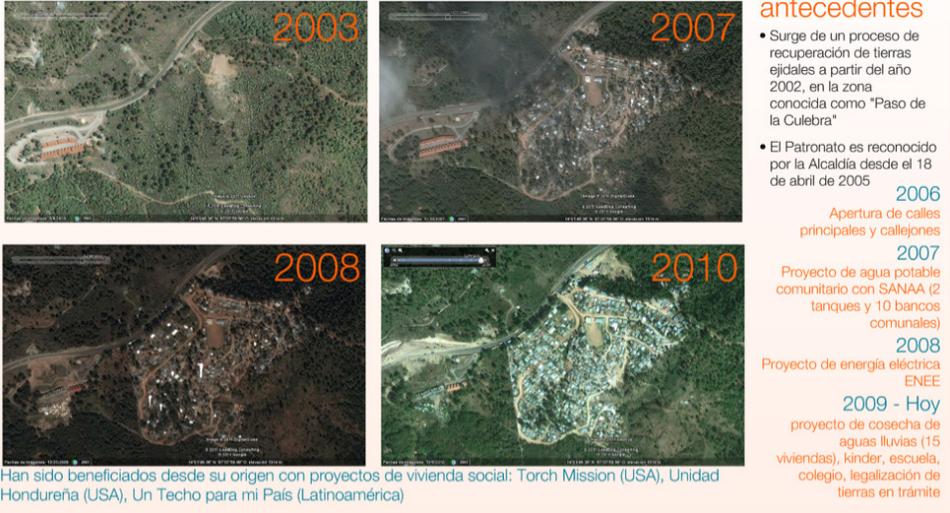
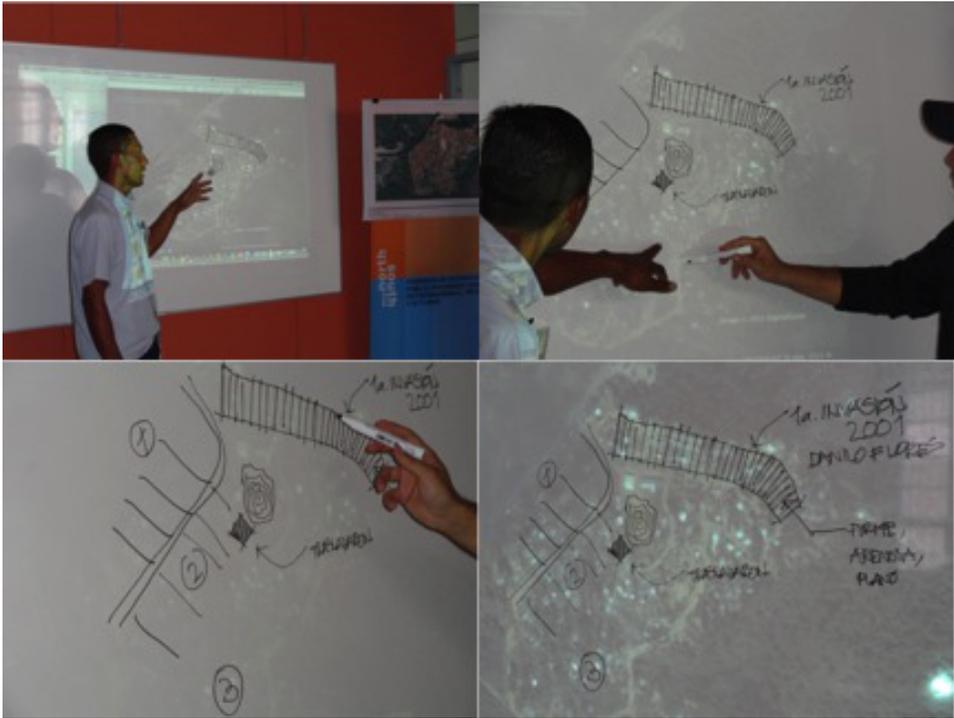


Tabla 1. Técnica: Evolución del asentamiento en la historia. Indicadores, variables y unidades de observación

Técnica: Evolución del asentamiento en la historia	Indicadores	Variables	Unidad de observación
Morfología / Territorio y riesgo urbano análisis socio espacial	- Sitio original del emplazamiento - Zonas de expansión - Hitos - Actores	Historia del asentamiento	Proceso de construcción del asentamiento

Figura 2. Ejercicio participativo de la evolución del asentamiento en la historia, haciendo uso de imágenes satelitales de los años disponibles en Google Earth (2003, 2007, 2008 y 2010)



4.2.2 Levantamiento físico del sitio

Al momento de iniciar el trabajo de investigación en este sitio solo se contaba con un croquis elaborado con fines catastrales y con las imágenes satelitales disponibles en Google Earth.

Dada la naturaleza de la investigación era imprescindible contar con un levantamiento topográfico con curvas de nivel a cada 2.00 metros mínimo para poder elaborar un modelo digital de elevación que permitiera hacer un análisis de pendientes, así como poder ubicar los elementos que conforman físicamente el asentamiento para determinar los factores naturales condicionantes de riesgo y analizar la forma de emplazamiento del asentamiento respecto al terreno natural.

Debido al alto costo económico que significa la realización de un levanta-

miento topográfico de manera tradicional (teodolito y nivel, estación total), se optó por buscar otras alternativas que permitieran obtener el mínimo de información espacial requerida para llevar a cabo los análisis planteados en la metodología.

Se hizo una alianza con el Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra de la UNAH, llevando a cabo el levantamiento de la topografía del sitio haciendo uso de equipo GNSS (Sistema Satelital de Navegación Global) con arreglo RTK (Cinemático de Tiempo Real), con el apoyo técnico del IHCIT-UNAH y el involucramiento de los pobladores de la comunidad. Con los resultados del levantamiento fue posible, a partir de la construcción del Modelo Digital de Elevación (MDE) del sitio de estudio, el mapeo de las variables espaciales correspondientes a la estructura urbana, trama urbana, y los elementos del medio físico natural y construido que se constituyen en factores condicionantes del riesgo (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Levantamiento físico del sitio. Indicadores, variables y unidades de observación

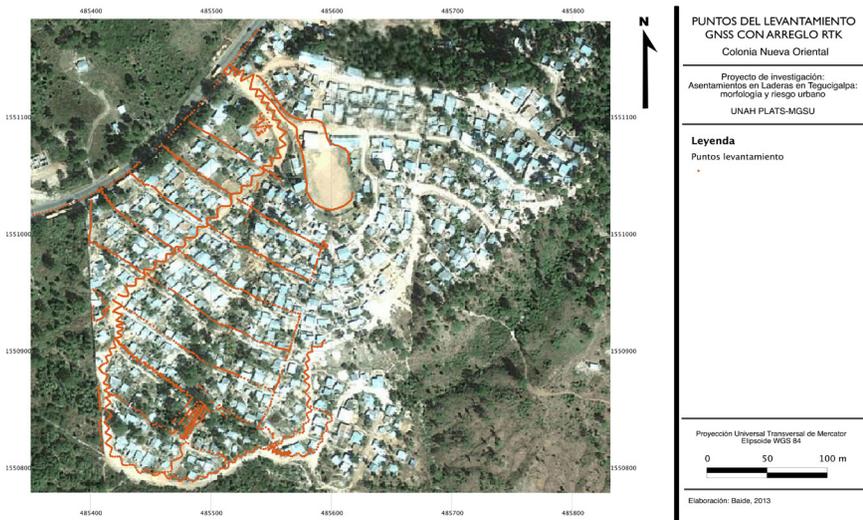
Técnica: Levantamiento físico del sitio GNSS con arreglo RTK	Indicadores	Variables	Unidad de observación
Morfología urbana y función del espacio análisis espacial	- Estructura vial y peatonal - pendientes de calles - pendientes de callejones - Ancho	Accesibilidad	Estructura Urbana
	- Límites naturales - Límites construidos	Jerarquización de vías	
	- Calles de acceso y articulación con el resto de la ciudad	Límites Conectividad	
Medio físico natural y construido	- ortogonal - reticular - orgánica - Irregular	Tipología	Trama urbana
	- correderos naturales de invierno - quebradas - pozos - pendiente del terreno - cortes - taludes - terracería	Hidrología Topografía	Elementos naturales y siconaturales factores condicionantes del riesgo

El levantamiento se inició con la instalación de una estación base en un punto fijo en la parte sur del área de estudio, la cual se mantuvo captando la señal satelital y corrigiendo la lectura del punto por un lapso de 4 horas. Posterior a esta primera etapa del levantamiento en el sitio, se hizo uso de la aplicación en línea Gipsy¹ para lograr una mayor corrección que permitiera obtener la precisión deseada.

La segunda visita al campo consistió en la instalación de la estación base de referencia en el punto definido en la visita previa, procediendo a realizar el recorrido con el rover GNSS por las vías principales, callejones, espacios públicos y límites del área de estudio.

El levantamiento tuvo una duración aproximada de 12 horas y dio como resultado una capa de 2816 puntos con sus coordenadas x,y,z (ver Mapa 1), que son la base para la generación del Modelo Digital de Elevación utilizado posteriormente en el análisis.

Mapa 1. Puntos del levantamiento GNSS con arreglo RTK

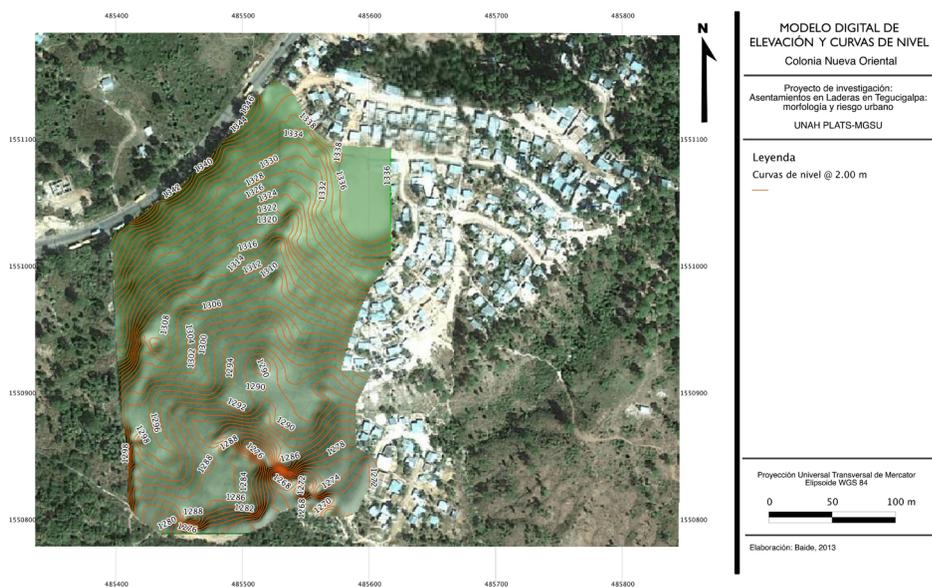


¹ Software científico para el procesado y ajuste de datos GNSS desarrollado por el Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA.

4.2 Productos obtenidos

Para el procesamiento y análisis de los datos espaciales obtenidos en el levantamiento físico del sitio se utilizó el software SIG de licencia pública general Quantum GIS versión 1.8.0-Lisboa, en Mac OSX versión 10.7.5. A partir de la capa de puntos se obtuvo, mediante interpolación, el Modelo Digital de Elevación (ver Mapa 2), del cual se generaron las curvas de nivel a cada 2.00 metros (ver Mapa 2) y el mapa de pendientes (ver Mapa 3). El análisis se llevó a cabo utilizando los algoritmos de GRASS² contenidos en el SEXTANTE Toolbox³, específicamente los referidos a interpolación, curvas y análisis de pendientes.

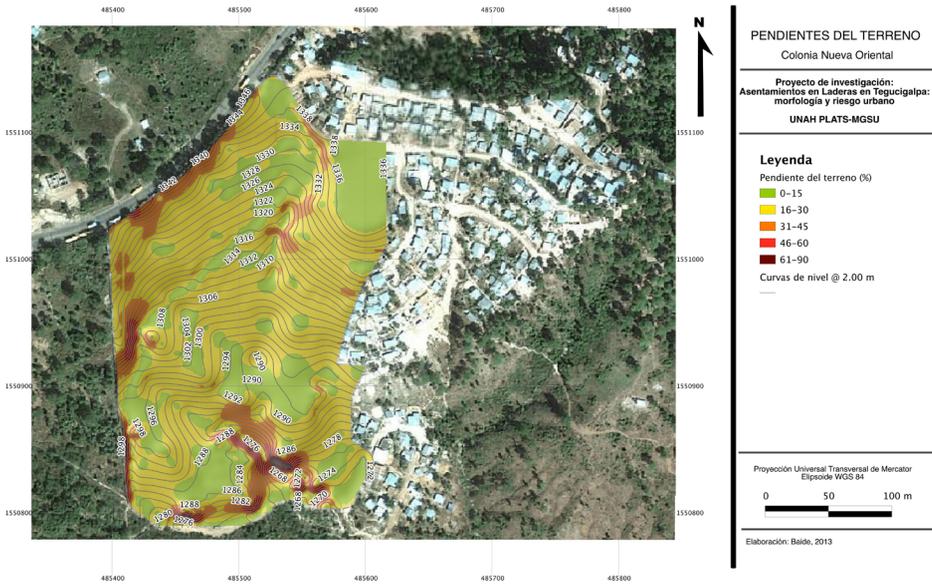
Mapa 2. Topografía del sitio de estudio



² GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), es un software de SIG gratuito utilizado para la gestión y análisis de datos geoespaciales, procesamiento de imágenes, producción de mapas y gráficos, modelado espacial y visualización.

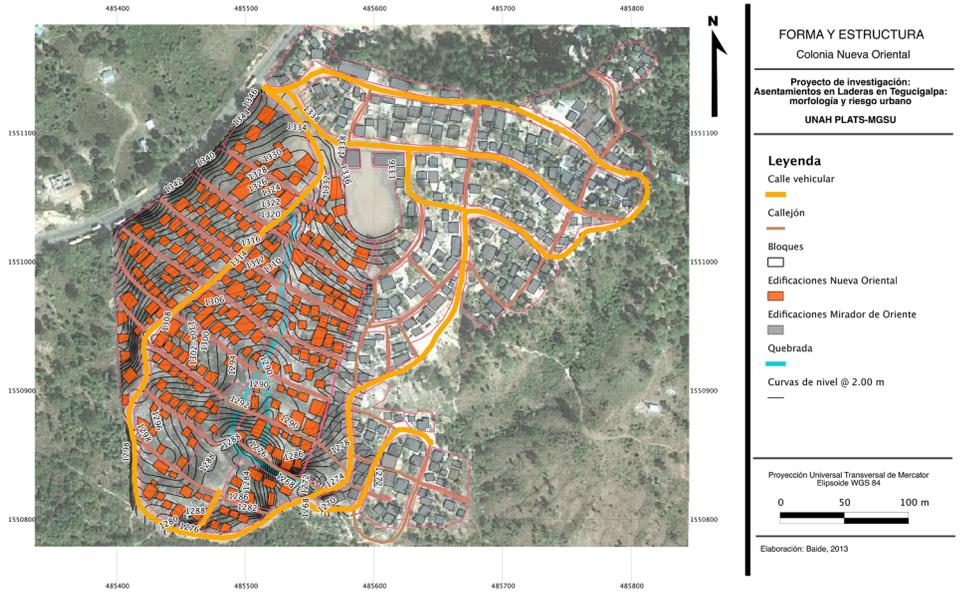
³ SEXTANTE Toolbox es un marco de proceso de datos espaciales que brinda capacidades avanzadas de análisis al Quantum GIS. Aparte de los algoritmos nativos, soporta aplicaciones externas como GRASS, SAGA o Orfeo Toolbox, facilitando su utilización en Quantum GIS e integrándolos en un marco común y homogéneo.

Mapa 3. Pendientes del terreno del sitio de estudio

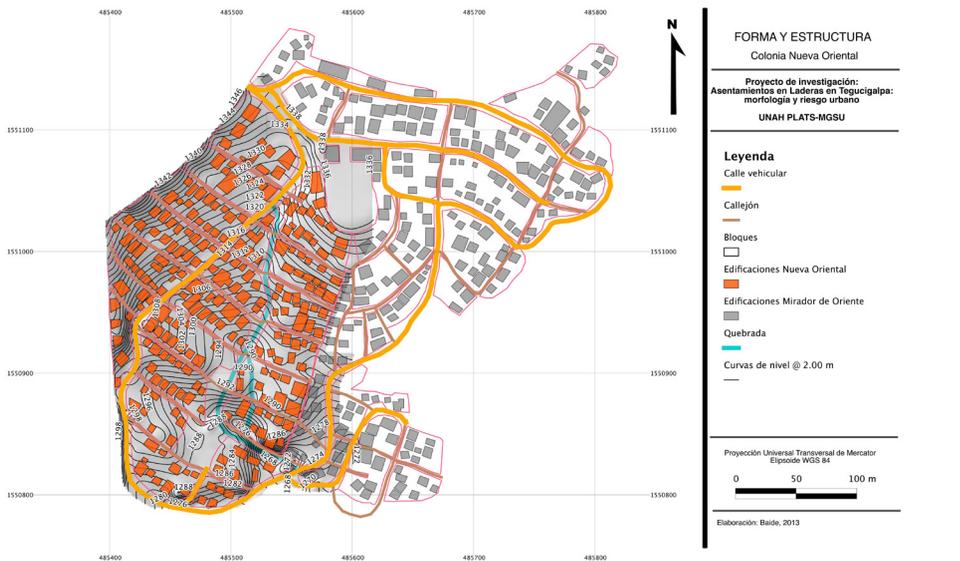


Además de los datos espaciales producto del levantamiento, se generaron las capas correspondientes a la forma y estructura del asentamiento en estudio (ver Mapas 4 y 5): calles vehiculares, callejones, bloques, edificaciones y elementos naturales principales. Se tomó como base la imagen satelital del sitio disponible en Google Earth y la información recolectada en los recorridos de campo realizados. La superposición de las capas permitió realizar el análisis de la forma de ocupación del terreno respecto a la topografía, analizar la densidad de ocupación del terreno, e identificar las zonas más expuestas a movimientos de ladera debido a la ocupación de terrenos con pendientes pronunciadas carentes de adecuadas obras de infraestructura.

Mapa 4. Forma y estructura del asentamiento con imagen satelital



Mapa 5. Forma y estructura del asentamiento



5. CONCLUSIONES

Ante la ausencia de datos espaciales disponibles a escalas adecuadas para llevar a cabo análisis socioespacial a nivel comunitario en nuestro medio, el uso de equipos GNSS con arreglo RTK es una alternativa que permite llevar a cabo el levantamiento topográfico de una forma rápida, precisa de acuerdo a la naturaleza del estudio, y de bajo costo, tomando en cuenta la disponibilidad del equipo y de los especialistas para fines investigativos académicos en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

Por otra parte, el uso de software SIG de licencia pública como el Quantum GIS es una opción gratuita que permite llevar a cabo el análisis de los datos espaciales y la generación de mapas para su divulgación en el campo académico y para la sociedad en general. Finalmente, herramientas disponibles en línea de forma gratuita, como Google Earth, permiten reforzar las técnicas participativas de una forma interactiva, proporcionando la información de base para generar una discusión con los actores comunitarios sobre la evolución de su asentamiento en el tiempo producto de sus propias acciones y, de igual forma, apoyar a la comunidad en la toma de decisiones sobre la planificación de su desarrollo futuro.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Caballero, Elsa Lily (2012). "El concepto de ladera urbana". UNAH-MGSU, NCCR North-South.
- Escobar, Carlos (2002). "La degradación de laderas urbanas y su relación con la pobreza" en *Revista Luna Azul* (Manizales) Universidad de Caldas, julio-diciembre, No. 15. URL: http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Revista15_4.pdf
- IHCIT-UNAH-UNDP (2011). Mapa multiamenaza (inundaciones y movimiento de laderas) del municipio del Distrito Central, República de Honduras. UNAH-UNDP
- Lavell, Allan (1999). *Gestión de riesgos ambientales urbanos*. Costa Rica: FLACSO, La Red.