

Revista científica CENTROS
15 de julio de 2019 – Vol. 8 No. 2
ISSN: 2304-604X pp. 10-21

Recibido:02/04/19 ; Aceptado:03/05/19

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros>

indexada en



<http://www.latindex.unam.mx/>



<http://miar.ub.edu/issn/2304->



“EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS A
DESLIZAMIENTOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO GATÚN, UTILIZANDO SIG.”

Nataly Sánchez Keane

Universidad de Panamá. natalykeane08@gmail.com

RESUMEN

En el presente artículo se describirán los métodos utilizados para analizar los suelos de una subcuena hidrográfica y determinar la vulnerabilidad de estos a deslizamientos según los resultados obtenidos, en los primeros que se trabajo fue en crear un mapa de pendiente (topografía del terreno) para conocer la misma, para luego obtener distintas muestras que posteriormente serian analizadas bajo diferentes métodos en un laboratorio de suelos.

Estos métodos utilizados buscan demostrar cuales son las características que poseen los suelos vulnerables a deslizamientos, estos análisis nos arrojaron resultados que nos muestran la vulnerabilidad de los suelos a deslizamientos ante eventos hidrometeorológicos, el enfoque principal que le damos a los análisis es determinar la influencia que tiene la humedad sobre los suelos , ya que la humedad de estos determina el estado en el que ellos se encuentren ya sea semi-sólido, plástico o líquido denso, ya que al momento de presentarse un evento hidrometeorológico (lluvia) los suelos absorben gran cantidad de agua lo que influye en su estado, demostrando que estos poseen un límite de humedad para conservarse en un estado plástico, y no pasar a un estado líquido, en donde este perderá su resistencia y fluirá como un líquido denso, dándose así los deslizamientos, desastre natural que en nuestro país se da con regularidad en temporada lluviosa, provocando pérdidas económicas y humanas.

Palabras claves: Vulnerabilidad, Deslizamientos, pendiente, parámetros, hidrometeorológico.

ABSTRACT.

In this article, the methods used to analyze the soils of a hydrographic sub-basin and determine the vulnerability of these to landslides according to the results obtained will be described, in the first ones we worked was to create a slope map (topography of the land) to know the same, to then obtain different samples that would later be analyzed under different methods in a soil laboratory. These methods are used to demonstrate what are the characteristics of soils vulnerable to landslides, these analyzes showed results that show us the vulnerability of soils to landslides before hydrometeorological events, the main focus that we give to analyzes is to determine the influence that it has moisture on the floors, since the humidity of these determines the state in which they are either semi-solid, plastic or dense liquid, since at the time of a hydrometeorological event (rain) the soils absorb large quantities of water which influences their state, showing that they have a moisture limit to be kept in a plastic state, and not to go to a liquid state, where it will lose its resistance and flow like a dense liquid, thus causing landslides, natural disaster that occurs in our country regularly in the rainy season, causing economic losses micas and humans.

Keywords: Vulnerability, Landslides, slope, parameters, hydrometeorological.

INTRODUCCION

Actualmente la principal técnica que se utiliza para determinar si un suelo es vulnerable o no a deslizamientos, es determinar la pendiente de un suelo, la pendiente es el grado de inclinación que posee un suelo, los suelos que posean mayor pendiente serán los más vulnerables a deslizamientos. No obstante, a esto, existen otras características que demuestran junto con la pendiente la vulnerabilidad de un suelo a deslizamientos en comparación con otros.

Estas características dependerán de dos factores principales, precipitación (lluvia) y naturaleza plástica del suelo.

La precipitación es la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, en otras palabras, es la lluvia que cae sobre un área determinada. La naturaleza plástica del suelo es la propiedad que presentan algunos suelos de modificar su consistencia en función de la humedad. Por otra parte, la consistencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura.

Estas son dos características que debemos conocer del área de estudio, la precipitación determina la humedad que va a poseer un suelo en un momento dado, a mayor precipitación, mayor humedad en el suelo.

La naturaleza plástica del suelo está determinada por la humedad que posea el suelo, esta humedad estará condicionada por distintas propiedades, que posea el suelo en sí, (textura, densidad aparente,

limite líquido, limite plástico).

Los caracteres enumerados deben ser analizados a través de diferentes metodologías para así determinar si los suelos son o no vulnerables a deslizamientos.

Podríamos resumir a continuación que la precipitación y la naturaleza plástica del suelo son dos características que acompañados de la pendiente determina la vulnerabilidad a deslizamientos de un suelo.

Ahora bien, existe un factor que modifica la vulnerabilidad a deslizamientos, este factor es la cobertura boscosa, determinando que un área con cobertura boscosa será menos vulnerable a un área que no posea cobertura boscosa, agravando la vulnerabilidad a deslizamientos.

Los suelos por analizar pertenecen a la Subcuenca del río Gatún, nuestra área de estudio, esta posee una superficie de 12,973 hectáreas. Se encuentra totalmente en el distrito de Colón, provincia de Colón, esta es una subcuenca extensa, tiene áreas de difícil acceso, como las comunidades de la parte alta, pero en su parte baja es atravesada por el corredor Transístmico. Esta subcuenca nace dentro del Parque Nacional Chagres a 650 msnm.

La subcuenca del Río Gatún, posee un drenaje tipo con una longitud de 50.3 km. Este vierte sus aguas directamente en brazo del río: El Limón del lago Gatún.

Esta subcuenca limita: al norte con la sierra Llorona, al sur con la subcuenca del río Gatuncillo y la sierra Maestra, al este con la subcuenca del río Boquerón y el Parque Nacional Chagres y al oeste con el lago Gatún.

El área alta de esta subcuenca está ocupada por muy poco poblados se dedican principalmente a la agricultura de subsistencia, por lo que en esta parte aún se observa mucha cobertura boscosa.

En la parte media de la subcuenca se observa más población, los pobladores de esta parte se dedican principalmente a la ganadería por lo que se va a observar un panorama bastante impactado por el desarrollo de esta actividad.

El área baja de la subcuenca del de Río Gatún es la más urbanizada, con mayor población y con las pendientes más bajas.

El propósito de este estudio fue evaluar los métodos utilizados para determinar la vulnerabilidad de un área a deslizamientos.

MÉTODOS

Dentro de este marco mostraremos los métodos que utilizamos para conocer las características de los suelos muestreados, suelo que pertenecen a nuestra área de estudio.

Evidentemente el primer carácter a conocer para el área de estudio, es la pendiente, es por ello que

el primer método o técnica utilizado para esta investigación fue ArcGIS que es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, a través de ArcGIS se realizó un mapa de pendiente, pendiente distribuida en 6 rangos, que son de 0 a 8%, 9 a 15%, 16 a 25%, 26 a 45%, 46 a 75%, y más de 76%, estos rangos nos ayudan a ver las pendientes más bajas y las más altas y ya de esta manera identificar las áreas que por pendiente son vulnerables.

Ahora bien, conociendo el primer método, procedemos a conocer el siguiente método utilizado, este para analizar la característica precipitación para nuestra área de estudio, la esencia de este método está basado en la obtención de datos de precipitación, a través de estaciones hidrometeorológicas adyacentes al área de estudio, es necesario destacar estas estaciones pertenecen a ETESA, Empresa de Transmisión Eléctrica S.A., estas recopilan datos diarios, generando una base de datos con información de precipitación del área, para nuestro estudio utilizamos datos para un año en donde se presentaron excesivas lluvias, año 2010, año en donde se presenció el evento de la Purísima, un evento hidrometeorológico en donde se obtuvieron datos de precipitación altos, con la ayuda de estos datos de precipitación y ArcGIS generamos un mapa de isoyetas, las isoyetas en resumidas son líneas o curvas de igual precipitación, con la ayuda de este mapa se observan la precipitación que cae sobre nuestra área de estudio.

Otra de las características a conocer, la naturaleza plástica del suelo, este es una característica que depende de otras como lo son textura y densidad, para conocer la plasticidad de un suelo, antes debemos conocer la textura y la densidad.

Para determinar la textura, se trabajó el método del hidrómetro de Bouyoucos es una de las formas más rápidas para analizar el tamaño de las partículas del suelo, este método consiste en tomar 40 gramos de suelo tamizarlo, secarlos y luego este es mezclado en una copa de dispersión para su digestión luego es transferida a un cilindro de sedimentación, combinándolo con la ayuda de un embolo, terminando este paso se realizarán tres lecturas con la ayuda del hidrómetro la primera lectura será a los 40 segundos, la siguiente a los 4 minutos y la última será luego de 2 horas, cada lectura será para obtener el % de arena, limo y arcilla respectivamente. Este método nos ayuda a conocer la textura del suelo ya sea arenosa, limosa o arcillosa, es importante conocer la textura del suelo ya que esto nos ayuda a conocer su comportamiento de estos frente a la precipitación.

Para conocer la densidad aparente del suelo se utilizó del método de anillo volumétrico. Este método consiste en tomar una muestra de suelo en campo, introduciendo el cilindro en el suelo y una vez introducido con la muestra del suelo no deformada, se cubre con papel aluminio en un extremo y en el otro extremo con papel filtro, una vez en el laboratorio esta muestra se pesa y luego lleva al horno en donde se seca a 110°C una vez seca esta se pesa y se determina junto con el volumen del anillo, la densidad de la muestra.

Los Límites de Atterberg método utilizados para conocer la naturaleza plástica del suelo estos límites se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contengan. Así, un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso. Los límites Atterberg son el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad.

Límite líquido: Es el punto de paso del estado líquido al estado plástico, y se mide por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la fluidez y la capacidad de escurrir como un líquido denso, para obtener este límite el método utilizado consiste en tomar una muestra de suelo añadirle agua destilada hasta obtener una pasta homogénea luego colocarla en el aparato de casa grande, se pasa el ranurador para dividir la pasta en dos partes, a través de un surco que se vea el fondo de la taza una vez se tiene el surco, se inician los golpes del aparato, siempre observando el surco para así obtener el momento exacto en que el suelo dentro de la taza se une, una vez este se una se toman aproximadamente 10 gramos del material para determinar la humedad. Se debe repetir el procedimiento 2 veces más para obtener tres puntos que varíen en un rango de 18 a 25 golpes.

Límite plástico: Es el punto de paso del estado plástico al estado de semisólido, y se mide por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la plasticidad y que no puede ser modelado, para obtener este límite utilizamos el método basado en tomar 20 gramos de suelo, se le añade agua, se procede a amasar con las manos, luego se hace rodar sobre una base homogénea, formando un cilindro con un diámetro aproximado a 3 mm, este se amasa hasta observar en él rasgos de rajaduras una vez estas se observen el cilindro se introduce en una capsula se pesa húmedo y luego se pesan nuevamente cuando son sacadas del horno.

Para finalizar y conocer el índice de plasticidad que es el campo plástico de un suelo y representa el porcentaje de humedad que deben tener las arcillas para conservarse en estado plástico, simplemente se realiza una sencilla operación matemática, una sustracción en donde restamos el límite líquido del límite plástico y el resultado obtenido será nuestro índice de plasticidad.

RESULTADOS

Resultados obtenidos para los análisis de laboratorio:

La **Textura** de las muestras de suelo analizadas presentaron en su mayoría una textura arcillosa, estos son suelos que poseen altos % de arcilla en su estructura, como en la tabla 1 de los resultados se observa el mayor porcentaje se observa en el rango de 16 a 25% con un % de arcilla de 66.81%, el porcentaje de arcilla más bajo obtenido para la subcuenca pertenece al rango que van desde 0 a 8% esto son suelos con baja o poca pendiente y son suelos que están presentes en la parte baja de la subcuenca, estos suelos poseen poco % de arcilla 8.44 y un alto % de arena 68.37 por lo que los hace suelos con textura en este caso franco.

Tabla 1 resultados obtenidos luego de analizar las muestras de suelo.

La **densidad aparente** refleja el estado de compactación de los suelos siendo menor en suelos no disturbados. Según los resultados de la Tabla1, los suelos de la cuenca del río Gatún demuestran valores entre 1.01 y 1.25 gramos por centímetros cúbicos. El valor más alto de densidad lo encontramos en las pendientes entre 26 y 45 por ciento. Los valores de densidad más bajos están asociados a la parte alta de la subcuenca.

Para el parámetro límite líquido de los suelos se obtuvieron valores en su mayoría altos y esto es debido a que los valores del límite líquido dependen de la cantidad de arcilla presente en el suelo, el resultado más alto obtenido en la subcuenca para el rango de pendiente que va desde 8 a 15 por ciento con un límite líquido de 63.67 por ciento y por otro lado el resultado más bajo es el obtenido para los suelos que pertenecen a la pendiente que va desde 0 a 8 por ciento con un límite líquido de

Parámetro	Unidad	Rango de pendiente					
		0-8%	9-15%	16-25%	26-45%	46-75%	>76%
Arena	%	68.37	27.72	15.58	26.20	21.96	26.25
Arcilla	%	8.44	64.02	66.81	46.06	46.05	52.88
Limo	%	23.17	8.25	17.21	27.74	31.98	20.86
Textura (USDA)	---	Franco arenosa	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla
Densidad Aparente	g/cm ³	1.15	1.01	1.06	1.25	1.01	1.01
Límite Líquido	%	29.85	63.85	63.67	47.6	60.0	61.5
Límite Plástico	%	28.15	50.24	53.91	41.45	56.0	52.26
Índice de Plasticidad.	%	1.7	13.61	9.76	6.15	4	9.24

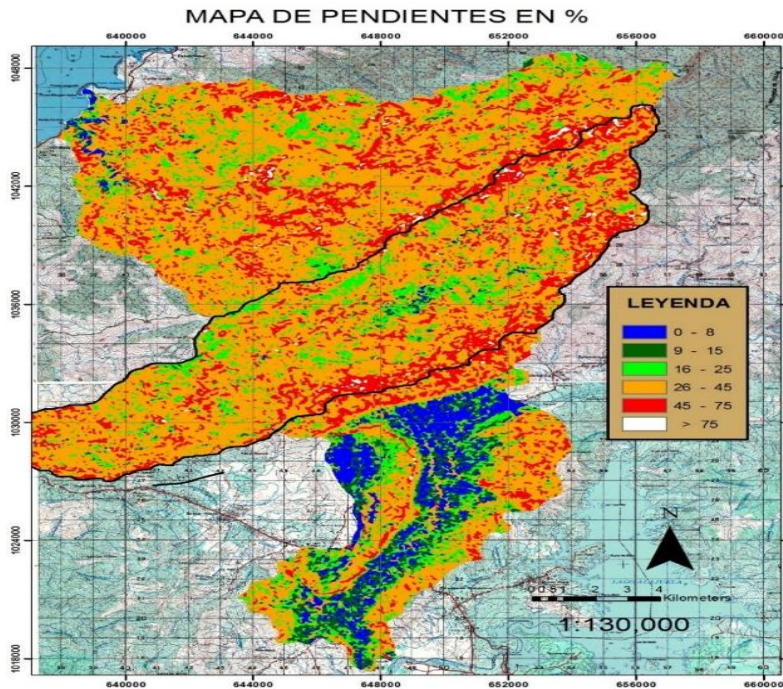
29.85 por ciento.

El límite plástico, otro de los parámetros analizados, el resultado más alto para este parámetro es el obtenido por el rango de pendiente que va desde 46 a 75 por ciento con un límite plástico de 56.0 por ciento; por otro lado, y como ya era de esperarse debido al bajo porcentaje de arcilla, el límite plástico más bajo de la subcuenca es el límite plástico de 28.15 por ciento obtenido por el rango que va desde 0 a 8 por ciento.

Para el índice de Plasticidad se obtuvieron resultados considerado bajos, el mismo fue obtenido por el rango de pendiente que va desde 0 a 8 por ciento con índice de plasticidad de 1.7 por ciento, el más bajo de toda la subcuenca, los suelos que se encuentran en este rango, son considerados no plástico y esto es debido su bajo índice de plasticidad, seguido de este, tenemos el rango de pendiente que va desde a 46 a 75 por ciento con un índice de 4 por ciento y el índice de plasticidad de 6.15 por ciento obtenido por el rango dependiente de 26 a 45 por ciento lo que nos indica que estamos

frente a suelos muy sensible a cambios de humedad.

Para la realización de los mapas se utilizó ArcGIS, como ya antes lo mencione, los resultados en este caso mapas generados son:



Mapa de pendiente

El presente mapa muestra las pendiente por % de rango de pendiente en distintos colores, en el podemos observar nuestra subcuenca a trabajar ,la subcuenca de rio Gatún , que es la que tiene su divisorio plenamente marcado en negro, en ella se observa que predominan las altas pendientes, se puede observar que la pendiente que tiene más área sobre el la subcuenca es la pendiente que va desde 26 a 45%, además de esto también se observa que hay poca pendiente baja ,

Ilustración 1 Mapa de pendiente para el área de estudio, Generado por ArcGIS.

el rango de pendiente que va de 0 a 8% está casi ausente en la subcuenca del rio Gatún. Ya con observar este mapa de pendiente se pueden identificar las áreas de mayor vulnerabilidad a deslizamientos, estas áreas, son aquellas en donde predominan la mayor pendiente.

Mapa de isoyetas sobre las subcuencas del Rio Gatún, Gatuncillo y Piedras.

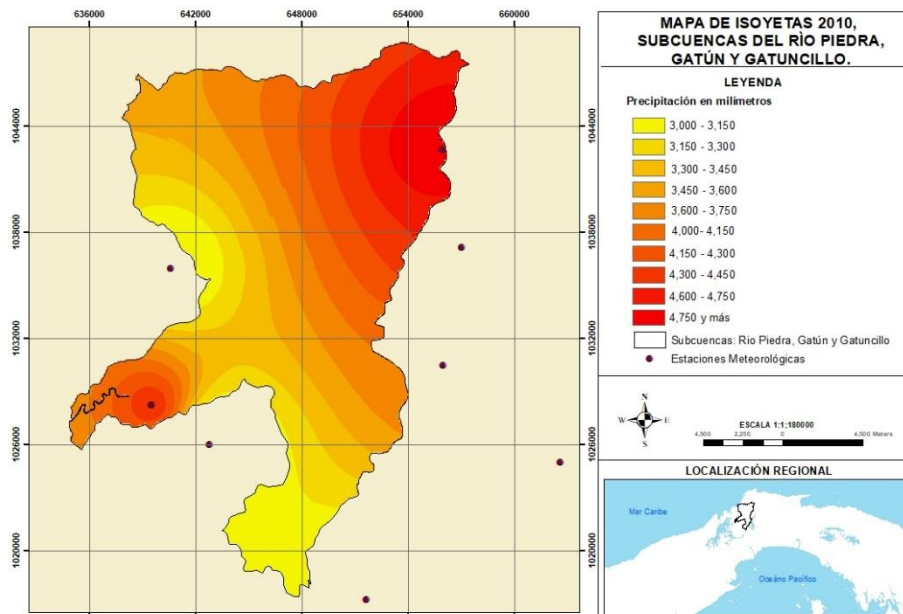


Ilustración 2 Mapa de isoyetas para el área de estudio, Generado por ArcGIS.

Este mapa resultado de los datos de precipitación obtenidos de las estaciones hidrometeorológicas adyacentes al área de estudio, como anteriormente se mencionó este es un mapa de isoyeta, en donde se observarán curvas de igual precipitación y las mismas nos darán a conocerla precipitación que cae sobre nuestra subcuenca, para así determinar cuáles son las áreas en donde hay mayor precipitación y por ende mayor vulnerabilidad. Estas isoyetas van desde 3000 milímetros que es la precipitación más baja hasta más de 4750 milímetros, siendo esta la más alta.

Mapa de cobertura boscosa sobre a Subcuenca del rio Gatún

Otro de las características que es necesaria conocer para determinar la vulnerabilidad a deslizamientos, es la cobertura boscosa, esta cobertura nos indicara las áreas más desprotegidas, área en donde no haya bosque, esta será la área más vulnerable si solo de cobertura boscosa se tratase, pero hay que recordar que esta es una característica modificadora de la vulnerabilidad, y esto quiere decir que para que exista un deslizamiento en una área sin bosque, se deben tener

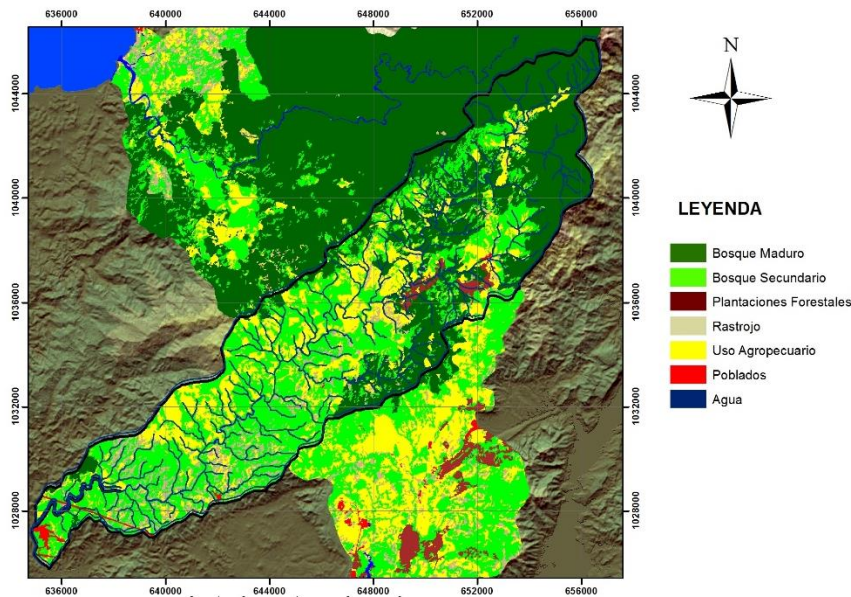


Ilustración 3 Mapa de cobertura boscosa para el área de estudio, Generado por ArcGIS.

obligatoriamente otra característica, la principal para que se dé un deslizamiento son las altas pendientes, contrario a esto si estamos frente a un área sin cobertura boscosa y con poca pendiente, esta será un área con riesgo a deslizamiento.

En el mapa de cobertura boscosa podemos observar que en la parte alta de la subcuenca aún se conserva los bosque maduros, pero para esta área ya tenemos dos factores que la hacen vulnerables, pendiente y precipitación, por lo que para estas áreas al momento de presentarse una precipitación baja, existirá poco riesgo a deslizamiento, pero si se llegase a presentar un evento de precipitación extremo el bosque no tendrá mucha influencia sobre estos, ya que los suelos se saturan de agua, llevándolo más tarde al deslave.

Mapa de pendiente, isoyetas y cobertura boscosa.

Para este mapa en la parte alta de la subcuenca se observa un panorama de áreas vulnerables a deslizamientos, ya que, esta área presenta mayor pendiente, con rangos de 46 a 75 por ciento y más, mayor precipitación, precipitación anual de 4,650 milímetros, un bajo índice de plasticidad, 4 a 9.24 por ciento y un porcentaje de arcilla de más de 46.06 por ciento.

En estas condiciones si se llegase a presentar un evento de fuerte precipitación provocaría la saturación completa del suelo y por ende provocaría deslizamientos.

En la subcuenca del río Gatún las comunidades asociadas a esta son: **La Llana, El Bajo.**

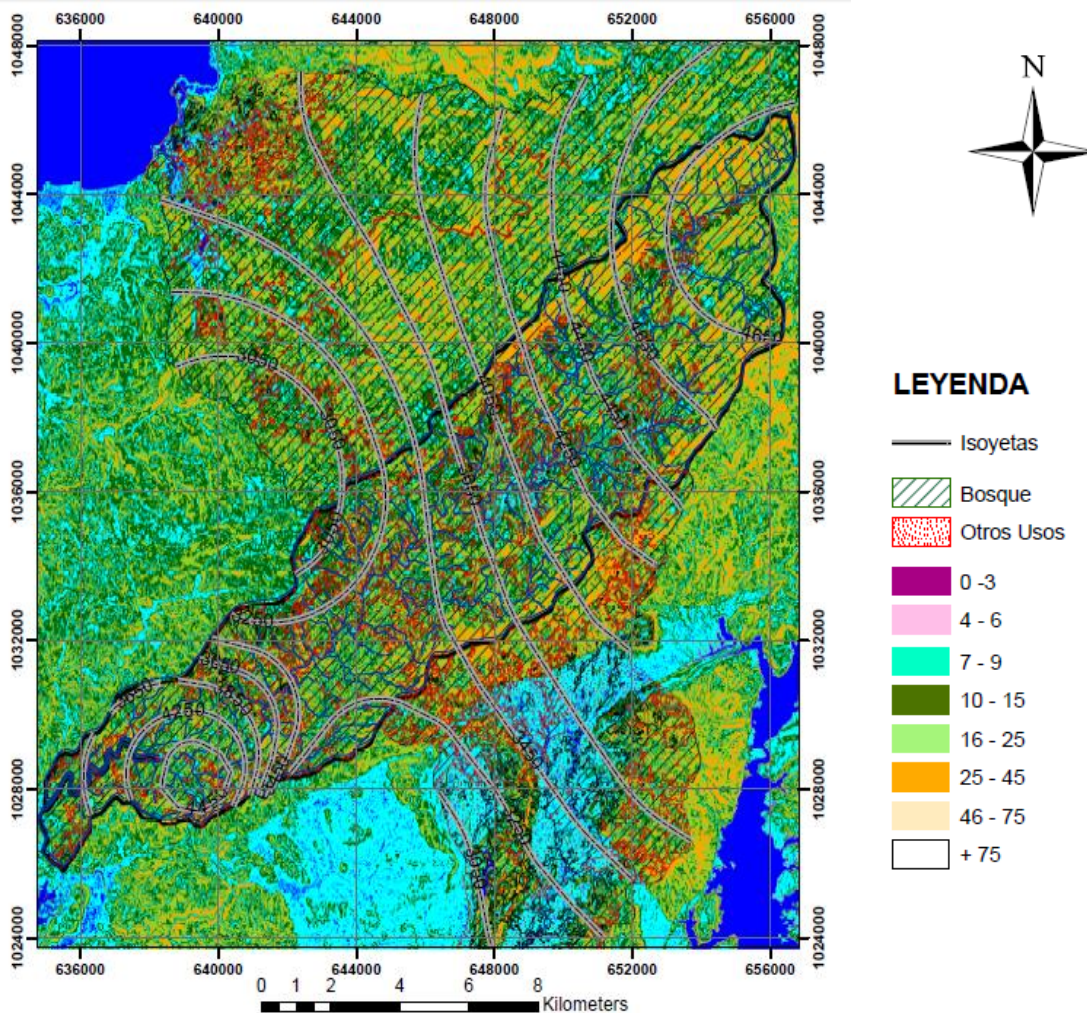


Ilustración 4 Mapa de pendiente, cobertura boscosa e isoyetas para el área de estudio. Generado por ArcGIS.

Las áreas con pendiente de 26 a 45 por ciento son áreas menos vulnerables que las anteriores, si de pendiente se tratase; estas pendientes son las que predominan en la subcuenca, son las que mayor área poseen, por ende, están asociadas a actividades agropecuarias, lo que las hace más vulnerables por este uso que le dan al suelo desprotegiéndolo lo que los hace vulnerable.

El índice de plasticidad es bajo de 6.15 por ciento con un porcentaje de arcilla de 46.06 por ciento, lo que los hace suelos más susceptibles a cambios de humedad, con una elevada precipitación de 4,450

milímetros anuales; para estas áreas vulnerables están asociadas las siguientes comunidades: **Santo Domingo, La Escandalosa, Sierra Llorona**, ya para estas áreas se observa mayor intervención antropogénica, se observan más potreros, más erosión del suelo, y por ende mucha más vulnerabilidad, ya que es un suelo sin resistencia y esto es debido a la deforestación que se da para la introducción de la ganadería.

CONCLUSIÓN

Luego de conocer los resultados obtenidos para la subcuenca podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- La subcuenca del río Gatún se encuentra medianamente intervenida, se observan en ella aun reductos de bosque maduro; las altas precipitaciones y las altas pendientes la hacen más vulnerables a deslizamientos.
- Las áreas que posean más altas pendientes y mayor precipitación son las que presentan más vulnerables a deslizamientos.
- *Cuando los suelos se saturan debido a altas precipitaciones llegando al límite líquido los mismos fluyen como un líquido denso, y esto se observa en las áreas que presenten mayor precipitación. para este caso serían las áreas en donde la precipitación anual va desde 4,350 milímetros hasta más de 4,750 milímetros, la misma predomina en la parte alta de la subcuenca, por ende, estas será la más vulnerables.* Los poblados que se encuentra con mayor vulnerabilidad son: **La Llana, El Bajo, Santo Domingo, La Escandalosa y Sierra Llorona.**

AGRADECIMIENTO

Ayuda por parte del Centro de investigación de Hidráulica e Hidrotecnia de la Universidad Tecnológica (CIHH) y financiamiento por parte de la SENACYT (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología).

BIBLIOGRAFÍA

Jean Dercourt Jacques. 1984. Geología. 421 pág. Disponible en: <https://books.google.com.pa/books?id=K89EbQmDS9UC&pg=PA185&dq=los+deslizamiento+de+tierra&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiQu6PGy4fYAhWETN8KHV6DBnYQ6AEIMjAC#v=onepage&q=los%20deslizamiento%20de%20tierra&f=false>

Andrew Maskey. 1998. NAVEGANDO ENTRE BRUMAS. LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS

DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL ANÁLISIS DE RIESGO EN AMÉRICA LATINA. 293 pág.
Disponible en

<https://books.google.com.mx/books?id=YiWxRrb28mMC&printsec=frontcover&dq=Aplicaciones+de+los+SIG+al+an%C3%A1lisis+y+gesti%C3%B3n+del+riesgo+de+inundaciones&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjVmvuN48vWAhXlqVQKHT8kDrIQ6AEIJTAA#v=onepage&q&f=false>

Jesús G. Martínez de León. 2002. Introducción al análisis de riesgos. 217 pág.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. USA. Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres (en línea) Roma IT. Consultado 7 sep. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0304s.pdf>

NoSoloSIG.ES. El uso de tecnologías de la información geográfica en la gestión de riesgos naturales. (En línea) Valencia. ES. Consultado 15 sep. 2017. Disponible en: <http://www.nosolosig.com/articulos/259-el-uso-de-tecnologias-de-la-informacion-geografica-en-la-gestion-de-riesgos-naturales>

Luis Lain Huerta. 1999. Los Sistemas de Información Geográfica en los Riesgos Naturales y el Medio Ambiente. Madrid, Es. 222 pág. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=KcXmlbFHqVQC&pg=PA87&dq=An%C3%A1lisis+de+Sistemas+de+Gesti%C3%B3n+del+Riesgo+de+Desastres+y+SIG&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj7t_B6N_WAhVj4oMKHVJrCnkQ6AEITTAI#v=onepage&q=An%C3%A1lisis%20de%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20y%20SIG&f=false

C. Cabarillo, S. Goldberg. 2014. Comunidad e Información Ambiental del Riesgo. Buenos Aire. AR. 159 pág. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=_7ZmBAAQBAJ&pg=PA110&dq=An%C3%A1lisis+de+Sistemas+de+Gesti%C3%B3n+del+Riesgo+de+Desastres+y+SIG&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigsPuN6d_WAhXkyoMKHeKJDLY4ChDoAQgkMAA#v=onepage&q=An%C3%A1lisis%20de%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20y%20SIG&f=false

Comisión internacional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, PA. Plan de acción inmediata Subcuenca del Rio Gatún. (En línea). Panamá, PA. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: <http://www.cich.org/publicaciones/5/pai-gatun.pdf>

Banco Mundial, BR. Cómo evitar que los desastres naturales causen terremotos en las economías latinoamericanas (en línea). Brasil, BR. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/01/17/reporte-perdidas-economicas-causadas-desastres-naturales-brasil-latinoamerica>

Fundamentos físicos de la teledetección. Consultado 6 abr. 2017. Disponible en: <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/fundamento.html>

González, J. (noviembre, 2007) El concepto de resiliencia en la gestión de desastres.

Referencia:<https://www.icog.es/TyT/index.php/2007/11/concepto-resiliencia-la-gestion-desastres>
Rojas, O. (agosto de 2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. Referencia:
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652011000100005
Gestión del riesgo de desastres para un desarrollo con capacidad de adaptación. (abril, 2014).
Banco Mundial (BD) Referencia:<http://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/12/managing-disaster-risks-resilient-development>