

Caracterización fisicoquímica de los detritos y dinámica del deslizamiento en el sector Los Anaucos, carretera vieja de Charallave- Caracas, edo. Miranda

Physicochemical of debris characterization and dynamics slip in the plot "Los Anaucos", old road Charallave- Caracas, Miranda state

Mayerly Rodríguez Terán

mayerlygeofisica@outlook.com

Franklin Núñez Ravelo

franklingeove@hotmail.com

Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Instituto Pedagógico de Caracas

Artículo recibido en septiembre 2013 y publicado en enero 2014

RESUMEN

En el sector Los Anaucos, el desplazamiento de sedimentos ha ocasionado la pérdida de la principal vía de comunicación, dejando incomunicados a parte de sus habitantes. De allí que la investigación tiene como propósito, precisar las características fisicoquímicas de los detritos así como la dinámica del deslizamiento. La metodología se ejecuto en tres fases: (a) Campo a fin de coleccionar las muestras de sedimentos superficiales, (b) laboratorio, permitió la determinación de los parámetros fisicoquímicos de los sedimentos, y (c) oficina o análisis de resultados. Se establece que el material en deslizamiento es producto de la meteorización de los esquistos cuarzo-moscovíticos de la formación "Las Mercedes", presenta un alto índice de dispersión, bajo contenido de carbono orgánico y poca materia orgánica, los que expuestos en fuertes pendiente generan en la zona una alta susceptibilidad a procesos de remoción en masa durante la activación del período lluvioso.

Palabras clave: Detritos; deslizamiento; Formación Las Mercedes; Los Anaucos.

ABSTRACT

In the plot "Los Anaucos", the sediment movement has caused the loss of the main means of communication, leaving without transport step of its inhabitants. Hence the research is intended to, specify the physicochemical characteristics of the debris and the dynamics of the sliding. The methodology was executed in three phases: (a) Field, to collect surface sediment sample; (b) laboratory, allows the determination of physicochemical parameters of the sediment, and (c) office or analysis of results. It states that the sliding material is a product of weathering of schist quartz- moscovíticos, "Las Mercedes" formation, has a high rate of dispersion, low organic carbon content and low organic matter, what exposed in strong slope, causing high susceptibility to mass wasting processes during activation of the rainy season.

Key words: *Detritus; landslides; "Las Mercedes" formation; Los Anaucos.*

INTRODUCCIÓN

En la activación de un deslizamiento inciden diversos agentes desencadenantes, los cuales pueden variar de acuerdo al medio en que se originen. Al respecto Suarez (2006), indica que el mecanismo de falla de un talud es complejo y las causas de los movimientos tienen su razón en el ambiente natural externo e interno, el cual puede sufrir modificaciones, pero en los medio tropicales, esta problemática es particularmente complicada, ya que se debe tener en cuenta los suelos residuales, régimen hidrológico y demás factores ambientales (p.1)

En tal sentido, Hernández así como Soeteres y Van Westen, (citados por Aristizábal y Yokota, 2006) definen como procesos de remoción en masa a los desplazamientos pendiente abajo de la ladera, de una mezcla de material generalmente heterométrico, constituido por rocas, detritos, suelos o materiales artificiales, limitados o no, por superficie de deslizamientos, en repuesta a un tipo de ajuste que los materiales presentes en un talud o ladera hacen en relación con su ambiente físico, en donde la fuerza de gravedad, la precipitación, sismicidad y actividades

antropogénicas constituye los principales factores desencadenantes. En este mismo orden de ideas, Scheidegger (citado por Aristizábal y Yokota, 2006), indica que los procesos de remoción en masa, constituyen modificaciones del terreno dentro del ciclo geomorfológico continuo y que corresponden a la respuesta normal del sistema debido a complejos procesos exogénicos (meteorización) y endogénicos (tectónicos).

Estos procesos, pueden ser clasificados atendiendo a múltiples criterios, tales como: (a) la velocidad con la que se desplaza el material, y (b) la condición fisicoquímica de la mezcla en deslizamiento. En cuanto a la variable velocidad, estos suelen ser definidos como rápidos o lentos (Longwell y Flint, 1974; Holmes y Homes, 1980; Strahler, 1981; Leet y Judson, 1992; Wicander y Monroe, 1999 y Tarbuck y Lutgens, 2008), considerando como criterio de diferenciación el umbral de 200 km/h, velocidad a la cual, “el aire queda atrapado y comprimido debajo de la masa de derrubios que se precipita, permitiendo que se mueva como una lámina flexible y elástica a través de la superficie” (Tarbuck y Lutgens, 2008, p. 432).

Ahora bien, en lo referente a la composición físico-química del material, Oyarzun (1994), advierte que la mayoría de las investigaciones buscan evaluar la cantidad del material desplazado y no estudian las características fisicoquímicas, recalcando que la composición de los sedimentos es igual de importante que la cantidad de material, debido a que afecta el transporte y deposición y están asociada estrechamente con su velocidad. En relación a ellos Zinck (2012), afirma que las reacciones químicas tienen lugar en el suelo y el material parental (roca dura o sedimentos no consolidados) y que de acuerdo a las características o composición de estos se puede establecer el origen de los deslizamientos. De igual forma Castellanos *et. al.* (2012) exponen que la estructura y la composición de los materiales influyen en el desarrollo del relieve, establecen que la composición mineralógica está asociada a la mayor o menor resistencia de la roca al intemperismo, las rocas de mayor resistencia como las que poseen un alto contenido de cuarzo originan relieves más elevado y predominan sobre aquellas que son más débiles, formadas con una

menor cantidad de cuarzo y mayor proporción de feldespato. Así mismo, las características físicas del material pueden ser igualmente útiles, ya que estas inciden en el tamaño y forma de la partícula, con lo cual se puede inferir como ha sido el proceso de transporte del material. En efecto, Zinck (ob. cit. p.40), afirma que las partículas gruesas poseen la tendencia a empilarse, en cambio el comportamiento de las partículas finas depende de la intensidad de aglomeración.

Como un sumario de lo antes expuesto, Núñez (2012) presenta en los cuadros 1 y 2, una reclasificación de los movimientos de remoción en masa, a partir de los criterios referidos por Longwell y Flint (1974), Holmes y Homes (1980), Strahler (1981), Leet y Judson (1992) Wicander y Monroe (1999) y Tarbuck y Lutgens (2008). La referida reclasificación, permite adoptar un criterio para los términos usados por los autores en su clasificación de los distintos tipos de movimiento de ladera.

En otro orden de ideas y haciendo referencia al caso específico del territorio venezolano, se han reportado diversos procesos de remoción en masa, cuyo estudio, permite establecer los factores que influyen en el desplazamiento del material. Unos de esos casos, es el desborde del río El Limón, cuyo evento se originó por la conjugación de cuatro factores; la geomorfología de la zona, las precipitaciones acontecidas, los incendios forestales y por último el cual pudo incidir, la sismicidad propia de la zona. En efecto el desborde del río El Limón, cuyo evento afectó a los municipios Mario Briceño Iragorry, Girardot y Costa de Oro del estado Aragua en 1987, produjo un deslave caracterizado por el desprendimiento de grandes masas de tierra, vegetación y rocas a causa de la sobresaturación de los suelos. (Audemard 2000; Bertorelli 2006; Aranguren 2008; Briceño *et. al.* 2008; Ríos *et. al.* 2010 y Rodríguez, 2012)

Cuadro 1. Comparación y reclasificación de los distintos tipos de movimientos de remoción en masa, expuestos por Longwell y Flint (1974), Holmes y Holmes (1980), Strahler (1981), Leet, y Judson (1992), Wicander y Monroe (1999) y Tarbuck y Lutgens (2008).

Velocidad	Tipo de movimiento	Denominación					Nombre del movimiento
		Longwell y Flint	Holmes y Holmes	Strahler	Leet, y Judson	Wicander y Monroe	
Rápidos	Desprendimiento	Derrumbe	Caida de roca o derrubio	Desprendimiento de tierra	*****	*****	Desprendimiento
	Deslizamientos	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de roca	Rockslide	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de roca
		Desplome	Desplome	Slump	Desplome	Desplome	Desplome
		Movimiento de regolito y fragmentos	Deslizamiento de derrubio	*****	Deslizamiento de Escombros	*****	Deslizamiento de derrubio
		*****	Deslizamiento de Tierra	Deslizamiento de Tierra	*****	*****	Deslizamiento de Tierra
Flujos	Flujos	Flujo de lodo	Colada de barro	Colada de barro	Flujo de lodo	Avenida de lodo	Colada de barro o flujo de derrubio
		Flujo de escombros	Aludes de derrubio	*****	*****	Flujo de detritos	*****
							Flujo de detritos

Nota: Cuadro síntesis elaborado por Núñez (2012).

Cuadro 1 (cont.) Comparación y reclasificación de los distintos tipos de movimientos de remoción en masa, expuestos por Longwell y Flint (1974), Holmes y Holmes (1980), Strahler (1981), Leet, y Judson (1992), Wicander y Monroe (1999) y Tarbuck y Lutgens (2008).

Velocidad	Tipo de movimiento	D e n o m i n a c i ó n					Nombre del movimiento
		Longwell y Flint	Holmes y Holmes	Strahler	Leet, y Judson	Wicander y Monroe	Tarbuck y Lutgens
Lentos	Flujos	Flujo de tierra	Colada de tierra	*****	Flujo de tierra	Flujo de suelo	Flujo de tierra
		Flujo de suelo	*****	Lahars	*****	*****	Lahars
		Solifluxión	*****	*****	Solifluxión	Solifluxión	Solifluxión
		Desprendimiento (lento)	Reptación	Reptación del suelo	Resbalamiento	Movimiento de arrastre	Reptación
		*****	*****	*****	Glaciares de roca	*****	*****
							Glaciares de roca

Nota: Cuadro síntesis elaborado por Núñez (2012).

Cuadro 2. Definición de los distintos tipos de movimientos de remoción en masa.

VELOCIDAD	TIPO DE MOVIMIENTO	NOMBRE DEL MOVIMIENTO	DEFINICIÓN
Rápidos	Desprendimiento	<i>Desprendimiento</i>	Caída rápida y libre de fragmentos de roca de distintos tamaños
		<i>Deslizamiento de roca</i>	Deslizamiento del lecho rocoso sobre un plano de debilidad
	Deslizamiento	<i>Desplome</i>	Desplazamiento hacia abajo de material no consolidado que se mueve como unidad.
		<i>Deslizamiento de derrubio</i>	Desplazamiento pendiente abajo del material poco consolidado.
		<i>Deslizamiento de Tierra</i>	Desplazamiento pendiente abajo de la roca y el material de derrubio.
			Fluido pendiente abajo de un material constituido de por los menos un 50% de limo mas arcilla, combinado con una cantidad de agua por lo general superior al 30%. Son típicos de zonas semiáridas.
	Flujos	<i>Colada de barro</i>	Constituido por partículas más grandes que las de la colada de barro y con menor cantidad de agua, por lo que presenta un desplazamiento más lento. Son típicos de zonas húmedas y se caracterizan por el movimiento casi imperceptible del regolito. Se produce cuando esta se encuentra saturada de agua, se desprende dejando una cicatriz en la pendiente y se desliza lentamente a manera de lengua.
		<i>Flujo de detritos</i>	
		<i>Flujo de tierra</i>	
		<i>Lahars</i>	Fluido constituido fundamentalmente por material volcánico
		<i>Solifluxión</i>	Movimiento pendiente debajo del suelo en condiciones de saturación, en las altas latitudes en donde el suelo se ve fuertemente afectado por la congelación y el deshielo alterno.
Lentos		<i>Reptación</i>	Movimiento descendente y gradual del suelo y el regolito, debido a la expansión y contracción alternante del material superficial asociado a la humectación y sequedad
		<i>Glaciares de roca</i>	Largas lenguas de escombros de roca formados en valles de ciertas regiones montañosas y a consecuencia del hielo y deshielo glaciar.

Nota. Cuadro síntesis elaborado por Núñez (2012)

Como se evidencia, en el caso referido, las fuertes precipitaciones que se registraron los primeros días del mes de septiembre, por sí sola, no podrían haber ocasionado los daños que se registraron durante el evento. De allí que, se debe tener en cuenta que el sector ha experimentado una intervención crítica en su cuenca y se ha convertido en una región vulnerable a la ocurrencia de desastres. El evento dejó un saldo de al menos 100 personas muertas, más de 300 lesionadas, desaparecidos y damnificados. La fuerza del agua no solo logró arrastrar a personas sino carros y hasta casas enteras. (Audemard 2000; Bertorelli 2006; Aranguren 2008; Briceño *et. al.* 2008; Ríos *et. al.* 2010 y Rodríguez, 2012).

Otro evento de gran envergadura, lo constituye la tragedia de origen hidrometeorológico acontecida en Vargas en 1999, donde se registraron para la estación de Maiquetía lluvias continuas de baja intensidad del 1 al 13 de diciembre, para luego presentar un aumento entre el 14 al 16 alcanzando los 911mm (FAV citado por López *et. al.* 2006), las cuales ocasionaron crecidas extraordinarias del Litoral Central, arrastrando peñones, árboles y sedimentos finos, que luego se depositaron en los conos de deyección. Estos aludes torrenciales afectaron grandes extensiones, entre estas la periferia de la Fila Maestra de la Cordillera de la Costa.

Ahora bien, como la mayor parte de la población habita en los conos coluviales, barrios y urbanizaciones enteras fueron arrastrados por las avalanchas de lodo y escombros. Defensa Civil reporta 64.700 casas dañadas y más de 23.000 completamente destruidas. Las pérdidas de vidas humanas se calcula aproximadamente a 15.000 personas y los daños materiales superan los dos mil millones de dólares. (Urbani ,2000; Andressen y Pulwarty 2000; Schmitz, *et. al.* 2000; Audemard, 2000; Lopez, *et. al.* 2006; Hidalgo 2006 y Suárez y Pacheco, 2008).

Por su parte, Sardi (2006), reseña los daños que han ocasionado a lo largo de la historia los diferentes eventos asociados a procesos de remoción en masa activados a partir de la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos, para ellos desarrollo una escala que de acuerdo

a los daños registrados se pueden clasificar en grado I, pequeñas inundaciones con profundidades de 30 cm y el valor más alto grado V, grandes inundaciones con daños catastróficos que incluyen la pérdidas de vidas humanas.

Siendo así, los eventos ocurridos en el Litoral Central en el siglo XIX clasifican como: **(a)** Agosto de 1912, 30 de octubre de 1927, 15 de noviembre de 1944 y 14 de diciembre de 1954. Se ubican en el grado III debido a que se registraron inundaciones regulares con profundidades mayores a los 30 centímetros en áreas extensas, acarreando grandes cantidades de sedimentos, pérdida de sembradíos y de todo tipo de vegetación, así como de algunas vidas humanas. **(b)** los eventos registrados el 13 de febrero de 1798 y del 15 al 17 de febrero de 1951, clasifican como grado IV, ya que desencadenaron fuertes inundaciones, acarreando víctimas humanas por inmersión, las aguas adquieren en ciertas zonas gran velocidad arrastrando gran cantidad de sedimentos asociados a procesos de remoción en masa, los cursos de los ríos se desvían, sobre todo en las vértices de los conos de deyección, se produce gran acumulación de sedimentos, las casas son sepultadas y el fenómeno puede durar varios días y **(c)** la tragedia ocurrida entre el 15 y 16 de diciembre de 1999, clasifica como grado V, debido a que los daños fueron de gran envergadura, ocasionando fuertes inundaciones como consecuencias de gran precipitación pluvial, los torrentes se sale de su cauce y sus aguas adquieren gran velocidad, arrastrando muchos sedimentos y transportando rocas de grandes dimensiones (bloques ciclópeos), así como árboles y todo tipo de vegetación. Hay muchas víctimas humanas por ahogamiento, lapidación o efecto de la gran cineticidad de las corrientes, la tormenta dura varios días (Sardi, 2006).

Durante este mismo período, específicamente entre el 14 y 16 de diciembre, otros sectores del territorio venezolano, se vieron afectados por las constantes lluvias, entre estos, las costas de los estados Miranda, Falcón y otros cinco estados. En general, de acuerdo con los datos reportados por la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (citados por Aranguren, 2008) se

estima para los 8 estados afectados un aproximado de 273 mil personas afectadas y 64 mil viviendas sufrieron daños.

Así mismo, se han reportado diversos episodios de lluvias torrenciales como detonante de procesos de remoción en masa, que han ocasionados una infinidad de impactos socioeconómicos, un ejemplo de lo anterior es la vaguada registrada entre el 7 y 12 de febrero de 2005, dichas lluvias comenzaron a propagarse hacia toda la región norte costera de Venezuela pasando por los estados Aragua y Carabobo, y afectando fuertemente al Distrito Capital, al estado Vargas y la región Andina específicamente el estado Mérida. (Ayala, Páez y Araque, 2007)

Para el área objeto de este estudio, constituida por el sector Los Anaucos, la prensa mirandina, reseña que para el año 2011, se evidencian procesos de remoción en masa, los cuales han ocasionado afectaciones sociales y de infraestructura. En efecto, Olivo (2011), reporta que las precipitaciones del 19 de mayo de 2011, ocasionaron deslizamientos en el sector, colapsando la carretera vieja Charallave-Caracas, dejando incomunicados a los habitantes de la zona.

De allí que la presente investigación, tenga como propósito caracterizar los parámetros físicoquímicos de los detritos y la dinámica del deslizamiento en el sector Los Anaucos, carretera vieja de Charallave-Caracas, estado Miranda.

Área de estudio

El área objeto de estudio se encuentra ubicado en la carretera vieja de Charallave-Caracas, perteneciendo a la parroquia Las Brisas de Charallave del municipio Cristóbal Rojas en el estado Bolivariano de Miranda. El deslizamiento estudiado se encuentra a los 10°18'28'' N y 66°52'21''O, (figura 1).

En este sector, se evidencian procesos de remoción en masa, los cuales han bloqueado la principal vía de comunicación, dejando incomunicada a

la población y en algunos casos ha dejado sin vivienda a varias familias del sector.

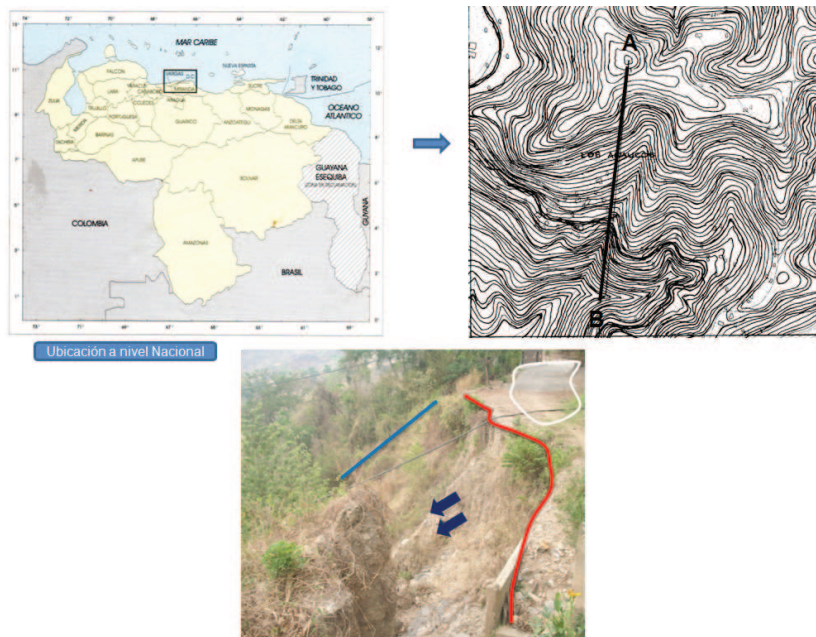


Figura 1. Localización del área de estudio. Nótese en la fotografía del extremo inferior izquierdo, los detalles señalados como: (1) el polígono indica el relictus de la antigua carretera principal, (2) la línea inclinada señala la pendiente del flanco derecho visto desde la carretera, (3) la línea curva, evidencia el contorno de la corona del deslizamiento y (4) las flechas muestran la dirección del material en deslizamiento. Mapa base hoja LL-44 del IGVS.

Se trata de un área montañosa que alcanza los 1185 metros de elevación en el Cerro Los Anaucos, con una pendiente promedio de 40% (figura 2), clasificando de acuerdo al criterio expuesto por Henao (1998) como un relieve muy fuerte, en donde afloran los Esquisto cuarzo-moscovíticos perteneciente a la Formación Las Mercedes (PDVSA-INTEVEP, 1997).

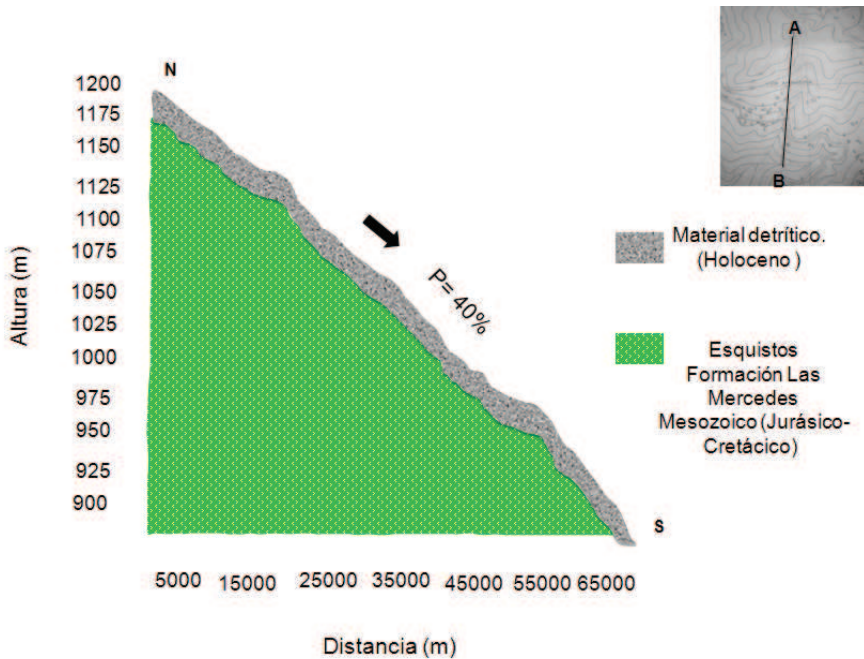


Figura 2. Perfil topográfico del área del Cerro Los Anaucos.

De acuerdo con los datos pluviométricos correspondientes a la estación meteorológica tipo C, ubicada en Charallave, las lluvias en la zona presentan un comportamiento unimodal, determinado por el desplazamiento de la Convergencia Intertropical (CIT) por esta área del territorio venezolano entre los meses de mayo a noviembre. En efecto, en esta época del año se concentran aproximadamente el 83% de las lluvias de la zona, alcanzando su máximo pico durante el mes de julio (158 mm). Durante los meses de diciembre – abril, las lluvias son escasas, lo que constituye el período seco para la zona (gráfico 1).

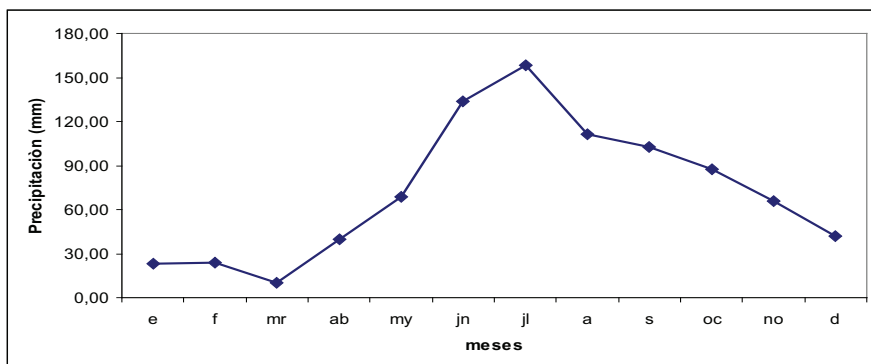


Grafico 1. Pluviograma de la estación meteorológica (tipo C) Charallave. Datos tomados del Instituto Nacional de Meteorología e hidrología (INAMEH, 2013).

MÉTODO

La investigación, por su propósito es de tipo cuantitativa enmarcada en un modelo de campo, ya que busca al análisis sistemático de problemas de la realidad con el propósito de describirlos, interpretarlos, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, entender su naturaleza y factores constituyentes (UPEL, 2011) además de facilitar la indagación in situ de los efectos producidos por la interrelación entre diferentes tipos de variables (Kerlinger, citado por Bautista, 2004). Ahora bien, por su alcance, se enmarca en un nivel explicativo, ya que este tipo de estudio permite establecer el por qué de los hechos mediante las relaciones causa-efecto. (Arias, 2006)

En efecto, a partir de las muestras colectadas in situ se pretende reconocer las características sedimentológica del material a fin de explicar la dinámica del deslizamiento ocurrido en el sector Los Anauco.

Fases de la investigación

Para el logro del objetivo propuesto, se desarrollaron las siguientes fases de investigación: campo, laboratorio y oficina.

Fase de campo Se basó en el reconocimiento in situ del sector, el día 6 de marzo de 2013, coincidiendo con el período seco ya que favorece la recolección de las muestras de sedimentos en un área de muy fuerte pendiente. Se procedió a limitar la zona del deslizamiento, en atención al fácil acceso y la menor intervención antrópica.

Posteriormente se procedió a coleccionar las muestras superficiales, tomadas según las posiciones topográficas evidenciadas en uno de los deslizamientos: corona (1 muestra), valle (1 muestra), flancos (2 muestras) y base (1 muestra) del deslizamiento para un total de cinco (5) muestras.

Fase de laboratorio. En esta fase, se procedió al análisis de las características del material detrítico. Como parte de las variables físicas se reconoció: (a) la textura de los sedimentos mediante el método de Bouyoucos, atendiendo al protocolo referido por Lara (1985) y (b) el grado de dispersión utilizando el método del doble hidrómetro de acuerdo a lo reportado por Porteros y Alba (1999).

En cuanto a las determinaciones químicas, se analizó: (a) el contenido de Carbono orgánico a partir del método de Walkley y Black siguiendo el protocolo reseñado por Arrieché y Pacheco (s/f) y Toledo (2008); (b) el porcentaje de materia orgánica según el factor convencional de Vammelen, atendiendo a lo referido por Navarro (2007) y Toledo (2008), y (c) la composición mineralógica mediante el análisis de rocas totales por difracción de rayos X, estudio que fue realizado por el Instituto de Ciencias de la Tierra de la Universidad Central de Venezuela.

Fase de oficina. En ella se procedió a la interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio aplicado a las muestras de sedimentos. Así mismo, se procedió al análisis de mapas topográficos sector sur-oeste del Distrito Federal- Estados Aragua y Miranda, Hoja LL-44, escala 1:5.000, con el propósito de elaborar perfiles de deslizamiento y establecer el grado de pendiente.

RESULTADOS

Características físicas del material en deslizamiento

Textura de los sedimentos

Desde el punto de vista sedimentológico, el material en deslizamiento, está constituido por fracciones de 51.8% de arenas, 40% de limos y 8.2% de arcillas (cuadro 1), presentando una textura franco-arenosa, lo que Según Rucks, *et. al* (2004) los sedimentos que pertenecen a esta clase, poseen en términos generales una textura moderadamente gruesa y pertenecen al grupo de los suelos arenosos.

Cuadro 1. Distribución granulométrica y clase textural de los sedimentos superficiales

Muestra Nº	Posición	%Arena	%arcilla	%Limo	Clase Textural
1	Corona	49.25	0.75	50	Franco limoso
2	Flanco 1	56.75	13.25	30	Franco arenoso
3	Flanco 2	52	13	35	Franco arenoso
4	Valle	49.25	3.25	47.5	Franco arenoso
5	Base	51.75	10.75	37.5	Franco arenoso
Media	*****	51.8	8.2	40	Franco arenoso

Este tipo de suelo, es ligero a consecuencia de su escasa plasticidad, ya que el gran tamaño de sus partículas, facilita la penetración del aire y en presencia de intensas lluvias se puede producir un encharcamiento o escorrentía entre las partículas, favoreciendo la erosión laminar (Gisbert, Moreno e Ibáñez, 2009)

Grado de dispersión del material

El análisis de las muestras indica que el material en deslizamientos posee un porcentaje de dispersión promedio de 100.93%, lo que indican que se trata de sedimentos dispersivos (cuadro 2).

Cuadro 2. Grado de dispersión de las muestras de sedimentos superficiales

Muestra N°	Posición topográfica	%Dispersión	Clasificación
1	Corona	104.92	Dispersivos
2	Flanco derecho	105.78	Dispersivos
3	Flanco izquierdo	104.10	Dispersivos
4	Valle	95.07	Dispersivos
5	Base	94.81	Dispersivos
Promedio	*****	100.93	Dispersivos

Para esta condición, Porteros y Alba (1999), establecen que los suelos dispersivos son altamente erosivos a bajos gradiente hidráulicos, lo que lo hace susceptibles a la separación de las partículas ante un ligero incremento del agua en el suelo, favoreciendo no solo la erosión, sino además ante una condición de pendiente inclinada, propicia el deslizamiento del material.

Características químicas del material en deslizamiento

Carbono orgánico

Las muestras analizadas, como parte de esta investigación, indican que el contenido Carbono Orgánico en el suelo es bajo (cuadro 3). De esto se puede inferir que los sedimentos del sector Los Anaucos, posee un bajo índice de intercambio catiónico y la distribución en sus espacios porosos es poca.

Cuadro 3. Contenido de Carbono orgánico en las muestras de sedimentos superficiales.

Muestra N°	%CO	Clasificación
1	0.39	Muy bajo
2	0.50	Bajo
3	0.24	Bajo
4	0.20	Bajo
5	0.21	Bajo
Promedio	0.20	Bajo

Materia Orgánica (MO)

Los resultados demuestran un bajo porcentaje de MO (ver cuadro 4), lo cual se debe a las características estacionales de la vegetación de la zona. Por lo general las precipitaciones y a la presencia de la *Bambusa vulgaris* (bambú), especie que si bien suele ser empleada para el control de cárcavas debido a su capacidad de sujeción al sustrato mediante sus raíces y rizomas (Hurtado, *et. al.* 2012). No obstante en el caso particular de la zona en estudio, se encuentra en parches aislados producto de la tala, su aporte de materia orgánica al suelo es muy poco significativo.

Cuadro 4. Contenido de Materia Orgánica en las muestras de sedimentos superficiales.

Muestra N	%MO	Clasificación
1	0.23	Muy bajo
2	0.86	Bajo
3	0.42	Bajo
4	0.35	Bajo
5	0.36	Bajo
Promedio	0.44	Bajo

Ahora bien, la materia orgánica posee un efecto sobre las propiedades físicas del suelo, ya que favorece la formación de agregados, lo que le da una estabilidad a la estructura. Así mismo al unirse con las arcillas favorece la penetración del agua y su retención, trayendo como consecuencia una disminución de la erosión (Graetz citado por Julca *et al.* 2006)

No obstante como se puede observar en el sector Los Anaucos, se evidencia un porcentaje de materia orgánica (MO) bajo, trayendo como consecuencias que el materia superficial, sea susceptible a la erosión.

Composición Mineralógica

El análisis de Difracción de rayo X, permitió identificar los minerales que constituyen el material en deslizamiento, el cual está conformado

fundamentalmente por: cuarzos y moscovitas (Gráfico 2) lo que guarda correspondencia con los esquistos cuarzo-moscovíticos de la formación Las Mercedes que afloran en la zona.

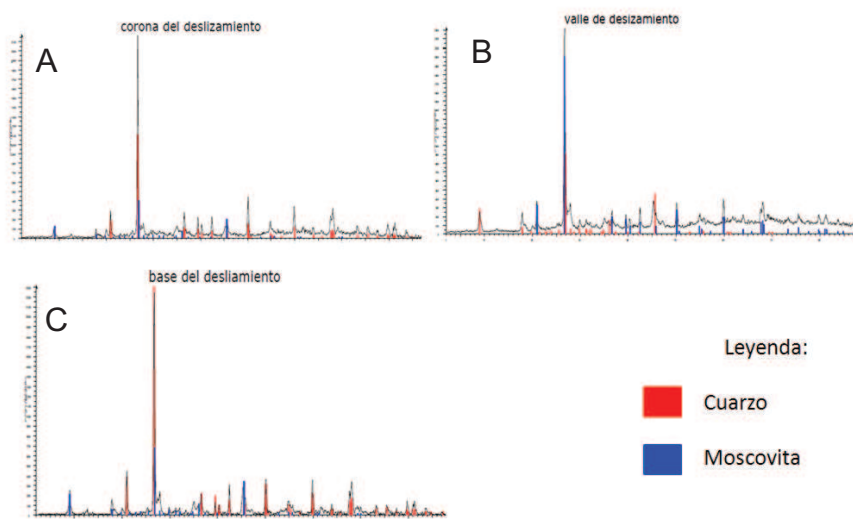


Gráfico 2. Difractogramas de los sedimentos en deslizamiento. Nótese la similitud mineralógica del material en las posiciones topográficas del deslizamiento: (A) corona, (B) valle y (c) base del deslizamiento.

Ahora bien, es conocido que el cuarzo es un mineral duro, ligero, que carece de exfoliación y drenaje y se presenta generalmente en cristales claros y transparentes. (PDVSA-INTERVEP, 1997) y Monkhouse, 1978).

En cuanto a la Moscovita “es un mineral que no presenta sustituciones en sus capas octaédrica pero sí en la tetraédrica, donde entra un Al^{3+} por cada tres Si^{4+} . Por consiguiente, se produce un defecto iónico que lleva a los K^{+} a fijarse entre las diferentes capas” (Grupo Editorial Oceano, 2011. pp 142). Este mineral cristaliza en el sistema monoclinico, dando tabillas, prismas piramidales o bien agregados granulares o masivos, presenta una dureza que varía entre 2 a 2,5 y posee una excelente exfoliación. Además es un componente muy frecuente en todo tipo de rocas como los esquistos y muy común en rocas detríticas.

En relación a lo anterior Atterberg (citado por Rucks *et. al.* 2004) advierte que de acuerdo a la cantidad o presencia de alguno elementos puede afectar la plasticidad de los suelos, en dicho estudio indicó que los minerales que presentan una estructura laminar, muestra plasticidad siempre y cuando sean pulverizados.

La presencia de cuarzo en los sedimentos es muy común, ya que este mineral se encuentra en la mayoría de las rocas. En la zona de estudio, este mineral se puede asociar con la presencia de las arenas, lo que aporta mayor porosidad a la estructura del material, generando inestabilidad en los agregados y favoreciendo su dispersión. (Higueras y Oyarzun, 2013)

Por otro lado la moscovita, en condiciones de meteorización está asociada a la presencia de granos de las tallas de los limos y las arcillas. Este mineral le aporta al suelo distintas propiedades mecánicas, entre ellas, origina suelos expansivos e inestables. (Higueras y Oyarzun, 2013)

Dinámica de los deslizamientos en el sector Los Anaucos, Carretera Vieja Charallave- Caracas.

En el sector de Los Anaucos, se conjugan una serie de elementos que favorecen los procesos de remoción en masa. En efecto, las propiedades fisicoquímicas de los sedimentos, indican la presencia de un material de textura franco arenosa, lo que permite advertir que se trata de clastos de granos más o menos gruesos con amplios intersticios, lo cual aunado al bajo porcentaje de carbono orgánico y materia orgánica, le confiere a estos sedimentos una alta vulnerabilidad de dispersión ya que no posee estabilidad en su estructura.

Ahora bien, por tratarse de una zona montañosa, donde se registran pendientes superiores al 40%, se hace factible que ante la llegada del período lluvioso, entre los meses mayo a noviembre, se active el transporte del material hacia las zonas topográficamente más bajas.

CONCLUSIONES

La meteorización de los Esquistos cuarzo-moscovíticos de la Formación Las Mercedes, deja disponible una considerable capa de detritos franco arenosos con bajo CO y MO en una zona de fuerte pendiente, los cuales, durante la evolución del período de lluvias, se activan en procesos de remoción en masa, generando afectaciones socio-económicas en el sector de Los Anaucos.

La activación de los sedimentos se debe a su alto índice de dispersión, el cual hace de este material, altamente vulnerable al desplazamiento ante el incremento de las condiciones hídricas.

Partiendo de lo anterior se recomienda, profundizar en estudios de riesgos y prevención de deslizamientos en dicho sector, para poder establecer cuáles son las zonas de vulnerabilidad y permitir una mejor calidad de vida a los habitantes del sector Los Anaucos.

REFERENCIAS

- Andressen, R. y Pulwarty, R. (2000). Análisis de las lluvias excepcionales causantes de la tragedia del estado Vargas, Venezuela, en diciembre de 1999 [Documento en línea] IV simposio internacional de desarrollo sustentable, Taller cambios climáticos, recursos hídricos, Geo-Riesgos y Desastres Naturales, Lugar. Disponible: <http://www.hoeger.com.ve/ama/pdf/taller-cambiosclimaticos00.pdf#page=148> [Consulta: 2013, Agosto 9]
- Aranguren, M. (2008). Venezuela. Informe de análisis bases de datos de pérdidas por desastres naturales [Documento en línea]. Creación, actualización y/o homogeneización de inventarios de desastres por eventos históricos y cotidianos a nivel de la Subregión Andina. Cali-Colombia. Disponible: <http://www.comunidadandina.org/PREDECAN/doc/r2/osso/Cons025-2006-CorporacionOSSO-informefinal-Venezuela.v.1.8.pdf> [Consulta: 2013, Agosto 9]

- Arias, F. (2006). Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. (5ª ed.) Caracas: Episteme.
- Aristizábal, E. y Yokota, S. (2006). Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamiento en el Valle Aburrá. Universidad Nacional de Colombia [Revista en línea] Vol, 73. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v73n149/a01v73n149.pdf> [Consulta: 2012, Junio 22]
- Audemard, F. (2000). Aludes torrenciales en los sistemas montañosos de Venezuela: ¿Imprevisibles? Memorias X Congreso Venezolano de Geografía. Caracas.
- Arrieche, I y Pacheco, Y (S/F) determinación de carbono orgánico en muestra de suelos mediante procedimientos analíticos. Revista Venesuelo. 6 (1 y 2) [Revista en línea] Disponible: http://avepagro.org.ve/venesuel/v6_1-2/v612a020html [Consulta: 2013 Marzo, 6]
- Ayala, R, Páez, G y Araque, F (2007) Análisis geomorfológico de la microcuenca El Guayabal, a propósito de la ocurrencia de las lluvias excepcionales de febrero 2005. Cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. [Revista en línea] Disponible: http://www.scielo.org.ve/scielo.ppp?script=sci_arttex&pid=s101216172007000100004&lng=pt&nrm=i [Consulta: 2013 Julio, 6]
- Bautista, M. (2004) Manual de metodología de investigación. Caracas-Venezuela
- Bertorelli, G. (2006) El alud torrencial ocurrido en el Limón, Maracay, Edo. Aragua, Venezuela: Un fenómeno latente. En López, J y García, R (comp). Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela. (pp 847-851) Caracas-Venezuela
- Briceño, K., Sánchez, Y., Uzcategui, M y González, L. (2008). Estudio de riesgos geológicos de la cuenca hidrográfica del río El Limón como aporte de ordenación de territorio del Estado Aragua. Ciencia e ingeniería. Universidad de Los Andes, Venezuela. [Artículo en línea] Vol 29. Disponible: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/view/266> [Consulta: 2013 Agosto, 12]
- Castellanos, Y., Machado, D. y Vargas, G. (2012) Litología y estructura geológica. Universidad Central de Venezuela. [Documento en línea] disponible:<https://docs.google.com/document/d/1K-y2vBSsQu>

- DmQAv YG0GEM1ihUp_ay68gz3cK0Azb3_g/edit?pli=1 [Consulta: 2013 Agosto, 12]
- Gisbert, J. Moreno, H. e Ibáñez, S. (2009). La textura de un suelo. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. [Artículo en línea] disponible: http://rinet.upv.es/bitstream/handle/10251/universidad_poli_tecnica_de_valencia.7775/textura.pdf [Consulta: 2013, Agosto, 31]
- Grupo Editorial Océano (2011) Minerales y Rocas. España
- Henao, J. (1998) introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomas. Colombia
- Hidalgo, L (2006) La gran lluvia Venezuela de diciembre 1999. En López, J y García, R (comp). Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela. (pp 68.73) Caracas-Venezuela
- Higueras, P. y Oyarzun, R. (2013) Mineralogía y procesos de contaminación del suelo. En P, Higueras, Mineralogía y geoquímica ambiental: Introducción al curso. [Documento en línea]. Departamento de ingeniería geológica y minera universidad de Castilla-La Mancha, España. Disponible: www.eclm.es/users/higueras/MGA/Tema03/Tema_03_Suelos_3_1.htm [Consulta: 2013, Agostos 9]
- Holmes, A y Holmes, D. (1980) Geología física. Barcelona, España
- Hurtado, O., Freire, M., Leiva, M. y García, Y. (2012). Caracterización morfológica y anatómica foliar de *Bambusa vulgaris var. vulgaris* en fase de aclimatación. *Biotecnología Vegetal* [Revista en línea], 12-3. Disponible: http://revista.ibp.co.cu/component/docman/doc_download/1560-bv050312.html. [Consulta: 2013 septiembre, 3]
- Instituto geográfico venezolano Simón Bolívar (IGVSB). Dirección general de planificación y presupuesto. Mapa topográfico área metropolitana de caracas, sector sur-oeste Dtto. Federal-Edos. Aragua y Miranda hoja LL-44. . [Escala: 1: 5000] Caracas, Venezuela: Autor
- INAMEH (2013). Reporte pluviométrico de la estación meteorológica de Charallave (1946-1999). En INAMEH sistema de información-datos hidrometeorológicos mensuales. [Datos en línea] Disponible: http://www.inameh.gob.ve/mensual/info_climatologica_reporte.php [Consulta: 2013 septiembre, 3]
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R. y Bello, S (2006) La materia organica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. [Revista en

- línea] vol. 24. Disponible: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292006000100009&script=sci_arttext [Consulta: 2013 septiembre, 3]
- Lara, S (1985) Técnicas del hidrómetro. Material didáctico para el curso seminario de investigación. No publicado, UPEL-IPC
- Leet, L. y Judson, S (1992) Fundamentos de geología física. Editorial Limusa. México
- Longwell, C. R y Flint, R.F (1974). Geología física. Limusa. México
- Lopez, J., Pérez, D., Garcia, R. y Shuncheng, Z. (2006) Evaluación hidrogeomorfológica de los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela. En López, J y Garcia, R (comp). Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela. (pp 41-56) Caracas-Venezuela
- Monkhouse, F. (1978). Diccionario de Términos Geográficos. Barcelona-España: Oikos_tau, s.a.- ediciones
- Navarro, J (2007) Variaciones del contenido de materia orgánica de suelos volcánicos sometidos a distintos manejos agrícolas. Tesis de grado no publicada. Universidad Austral de Chile, Facultad de ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Disponible: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fan936v/oc/fan936v.pdf>
- Núñez, F (2012) Geomorfología y sedimentología de tramo costero ubicado al sur del castillo de Araya, Estado Sucre. Trabajo de ascenso no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas
- Olivo, L (2011) Lluvias provocan deslizamientos de tierra en sector Los Anaucos. Prensa Alcaldía. Disponible: <http://www.noticias24.com/actualidad/noticia/316579/deslizamientos-de-tierra-dejaronincomunicado-al-sector-los-anauco-en-charallave/> [Consulta: 2013 Marzo, 16]
- Oyarzun, C (1994) Características física y química de los sedimentos erosionados desde suelos con plantaciones forestales. Instituto de Geociencia, Universidad Austral de Chile. [Revista electrónica uach] Disponible: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v15n2/art05.pdf>
- PDVSA-INTEVEP (1997) Código geológico de Venezuela. Disponible: <http://www.pdvsa.com/lexico/museo/rocas/e-gñosario.htm>

- Porteros, H y Alba, J. (1999) Identificación y ensayos en suelos dispersivos [Documento en línea] Ponencia presentada en el XII Congreso anual de Ingeniería Civil, Huánuco Disponible: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo.18_a.pdf. [Consulta: 2013 Marzo, 6]
- Ríos, M., Ruiz, M., Maduro, R. y García, H. (2010). Estudio exploratorio de las propiedades físicas de suelos y su relación con los deslizamientos superficiales: Cuenca del río Maracay, estado Aragua-Venezuela. (pp. 225-247)[Revista en línea] vol. 51 Disponible: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/32787/1/articulo3.pdf> [Consulta: 2013 Agosto, 09]
- Rodríguez, F. (2012). Tragedia El Limón una huella imborrable en la memoria de los aragüeños. Disponible en: <http://elperiodiquito.com/article/35815/Tragedia-de-El-Limon-una-huella-imborrable-en-la-memoria-de-los-arag%C3%BCenos> [Consulta: 2013 Julio, 25]
- Rucks, L., Garcia, F., Kaplan, A., Ponce, J. y Hill, M. (2004) propiedades física del suelo. Departamento de suelo y agua, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay Disponible: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICAS/fisicas.pdf> [Consulta: 2013 Agosto, 30]
- Sardi, V. (2006) Inundaciones del Litoral Central de Venezuela- Escala de magnitud. En López, J y Garcia, R (comp). Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela. (pp.74-87) Caracas-Venezuela
- Schmitz, M., Malavé, G., La Cruz, A., Cavada, J., Orihuela, N., Audemard, F., Kantak, P. y Diaz, M. (2000) determinación de la geometría de los conos aluviales en el Estado Vargas con métodos geofísicos y geológicos. [Artículo en línea] Disponible: http://www.funvisis.gob.ve/archivos/pdf/ponencias/2000_10CVG_MS.pdf [consulta: 2013 Agosto, 9]
- Strahler, A. (1981) Geografía física. Barcelona: España
- Suarez, C y Pacheco, H (2008) El desastre de Vargas de 1999: Interpretación geográfica y percepciones populares. [Revista en línea] 63. Disponible: dialnet-eldesastredevargasde1999-2547192.pdf [Consulta: 2013 Agosto, 9]
- Suarez, J (2006) Deslizamientos: análisis geotécnico. Tomo I [Libro en línea] Disponible: <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i->

- an%C3%A1lisis-geot%C3%A9cnico.html [Consulta: 2012, Junio 13]
- Tarbut, E y Lutgens, F (2008) Ciencia de la Tierra. Una introducción a la geología física. Madrid: España
- Toledo, V. (2008) Determinación de carbono orgánico en muestras de suelos por la técnica colorimétrica, en el método de combustión húmeda de Walkley-Black. Trabajo no publicado. Línea de investigación Ambiente Áridos y semiáridos en Venezuela, UPEL-IPC
- UPEL (2011). Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales. Caracas: Autor
- Urbani, F (2000) Consideraciones geológicas de la catástrofe del estado Vargas de diciembre 1999
- Wicander, R y Monroe, J (1999) Fundamentos de geología. Internacional Thomson editores S.A: 2 edición
- Zinck, A (2012) Geopedología. Elementos de geomorfología para el estudio de suelos y de riesgos naturales. [Libro en línea] Disponible: http://www.itc.nl/library/papers_2012/general/zinck_geopedologia_2012.pdf [Consulta: 2012 Junio 12]

