
LITOESTRATIGRAFÍA Y PEDOESTRATIGRAFÍA DE LOS DEPÓSITOS RECIENTES EN EL ALTIPLANO DE SANTA ROSA DE OSOS (ASRO)

Susana Salazar¹; Luís Hernán González²; & Luís Alberto Arias³.

1. Facultad de Ciencias, 2. Profesor, Facultad de Ciencias, 3. Profesor, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

ssalaza0@unalmed.edu.co

Recibido para evaluación: 27 de Febrero de 2008 / Aceptación: 25 de Junio de 2008 / Recibida versión final: 20 de Junio de 2008

RESUMEN

En el Altiplano de Santa Rosa de Osos, la presencia de dos discontinuidades estratigráficas de carácter regional, ha permitido identificar depósitos de diversas edades y varios tipos de pedogénesis que se superponen a los diferentes materiales encontrados, realizados por el grupo de investigación "Evolución del relieve y los suelos tropicales". Los depósitos son de acuerdo a su relación con las discontinuidades: depósitos antiguos; depósitos intermedios y depósitos recientes. En este escenario se desarrollan patrones pedogenéticos de amplia distribución que permiten establecer correlaciones e interpretaciones del fenómeno ambiental que los originó. Los patrones desarrollados en los depósitos recientes son parte del registro paleoambiental y constituyen horizontes guía del registro estratigráfico, los cuales se definen como mantos pedoestratigráficos. Estos mantos se identificaron mediante la caracterización litoestratigráfica y pedoestratigráfica de los materiales que suprayacen la discontinuidad superior, un marcador regional que en otras regiones del departamento de Antioquia se correlaciona con la "línea de piedras". La litoestratigrafía se realizó con base en las descripciones de campo, análisis mineralógicos y análisis granulométricos. La pedoestratigrafía consistió en descripciones morfológicas y análisis químicos y físicos, permitiendo definir la génesis de cada uno de los perfiles. Este registro estratigráfico permite postular la existencia en los climas pasados, de fases secas y más frías respecto del clima actual y otras fases húmedas y frescas, similares a las condiciones actuales.

PALABRAS CLAVES: Altiplano Santa Rosa de Osos, Pedoestratigrafía, Litoestratigrafía, Cambio climático, Antioquia, Colombia.

ABSTRACT

Different deposits separated by two regional erosive discontinuities, as well as different kind of pedogenesis that superimposes these deposits, have been identified in the Santa Rosa de Osos Altiplano. In relation with the discontinuities, the deposits are from bottom to top: early deposits, middle age deposits and recent deposits. Several large-scale pedogenetic patterns allow the correlation and the elucidation of environmental conditions from which these patterns might have originated. These large-scale pedogenetic patterns developed in the recent deposits, are part of the the paleo-environmental record and can be used as guide horizons defined as pedostratigraphic mantles. Such patterns were identified thorough litostratigraphic and pedostratigraphic characterization of the material overlaying the discontinuity, which is a regional marker, associated with the "stone line" on other sectors of the Antioquia department. Thus, the litostratigraphy was carried out by means of field descriptions and mineralogical and granulometrical analysis. The pedostratigraphy was based on morphological profile description and physical and chemical analyses, allowing the identification of the profile genesis. This stratigraphic record allows elucidate environmental changes from cooler and dry phases to more humid and fresher with respect to recent climate.

KEY WORDS: Santa Rosa de Osos Altiplano, Pedostratigraphy, Lithostratigraphy, Climate change, Antioquia, Colombia.

1. INTRODUCCIÓN

El altiplano de Santa Rosa de Osos (ASRO) se localiza en el eje de la cordillera Central de Colombia, en su parte más septentrional. En esta unidad geomorfológica mayor, la presencia de dos discontinuidades estratigráficas de carácter regional permite identificar y referenciar tres generaciones de depósitos superficiales: antiguos, intermedios y recientes. Los depósitos recientes, localizados en las colinas, reposan sobre la discontinuidad superior y corresponden a arenas cuarzosas representativas de depósitos de escorrentía; depósitos coluvio-aluviales finogranulares; capas de cenizas volcánicas de caída directa y cenizas volcánicas retrabajadas por acción de la escorrentía, (Arias et al., 2000).

En los depósitos recientes se desarrollaron y diferenciaron rasgos pedogenéticos muy diversos, tales como: horizontes plácicos, horizontes de mezclamiento mecánico, horizontes gleyzados, horizontes con pedotúbulos, horizontes espódicos, horizontes cementados, concreciones y un desarrollo reiterado de procesos de humificación (horizontes A). La diversidad de materiales, el carácter poligenético de los perfiles y la presencia de patrones pedogenéticos distintivos y de amplia distribución, asociados con pedogénesis pretéritas, permite establecer correlaciones pedoestratigráficas y postular algunas hipótesis relacionadas con los contextos ambientales de un pasado reciente (Holoceno).

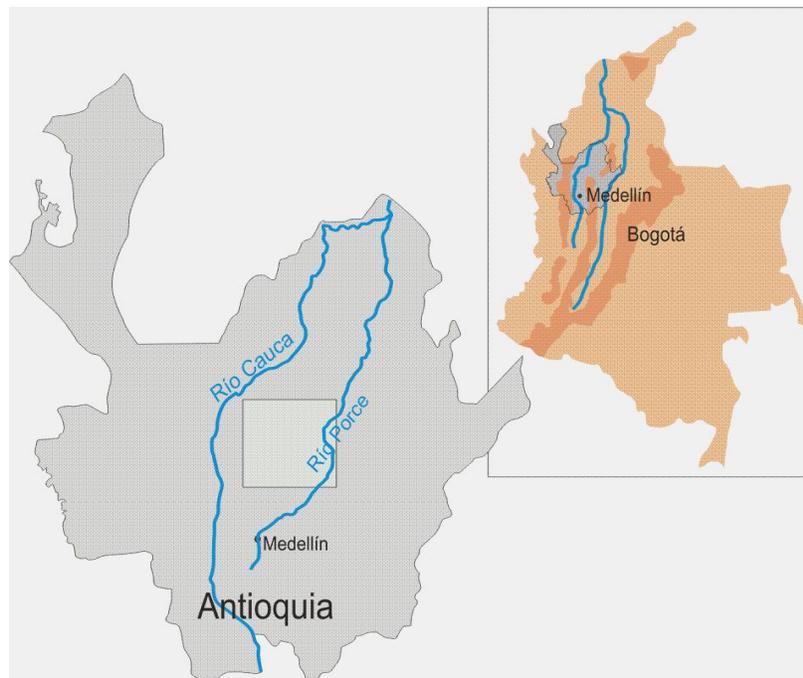


FIGURA 1. Ubicación de la zona de estudio.

2. ANTECEDENTES

En la región de estudio, Arias et al. (2000) y Arias et al. (2002) realizaron clasificaciones del relieve e identificaron diferentes tipos de depósitos superficiales, tanto aluviales como coluviales, finogranulares en unos casos y arenosos en otros; capas de cenizas volcánicas y varias generaciones de pedogénesis, cuya pedoestratigrafía formal no se estableció. Las generaciones de pedogénesis reportadas son: pedogénesis V (Oxisol), pedogénesis IV (Ultisoles con horizonte kándico), pedogénesis III (Ultisoles e Inceptisoles), pedogénesis II (Andisoles y subgrupos ándicos), pedogénesis I (Inceptisoles) y la pedogénesis 0 (procesos de humificación y de podzolización).

Varios horizontes y estructuras pedogenéticas están asociados espacialmente con la discontinuidad superior (Arias et al, 2000 y 2002): Un horizonte Kándico en el horizonte IB amarillo del perfil de meteorización subyacente, un horizonte endurecido por cementación con óxidos de hierro, una estructura laminar, un mezclamiento de materiales pertenecientes a horizontes localizados por debajo y por encima de la discontinuidad y desarrollo de una línea de piedra o de un depósito residual, dependiendo de la disponibilidad de materiales gruesos resistentes a la alteración.

3. MARCO GEOLÓGICO

El ASRO está modelado en un perfil de meteorización espeso (70-90 metros), producto de la alteración de rocas graníticas del batolito Antioqueño (Arias et al, 2000). La granodiorita y la cuarzdiorita son los tipos de roca predominantes en este cuerpo (Feninger & Botero, 1982). Para el Batolito se tiene una edad de cristalización del magma, isocrónica Rb-Sr obtenida en roca total, de 98 ± 27 Ma (Ordóñez & Pimentel, 2001). El basamento metamórfico está representado por esquistos cuarzo-sericíticos y anfibolitas pertenecientes al Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central, en el sentido de Restrepo & Toussaint (1984). Sobre los perfiles de meteorización de las rocas graníticas reposan dos secuencias de depósitos aluviales y una de carácter coluvio-aluvial, separadas por discontinuidades erosivas, (Arias et al., 2000). La secuencia inferior, denominada "depósitos antiguos", está constituida por intercalación de conglomerados arenosos, areniscas, limolitas y arcillolitas (Arias et al., 2002; Sánchez, 2007); esta secuencia alcanza espesores del orden de 50-70 metros y presentan un grado de compactación débil a moderado, inducido por la cementación de óxidos de Fe. La secuencia suprayacente, denominada "depósitos intermedios", está conformada por arenas laminadas de color rojizo, muy oxidadas y por arcillas limosas de color amarillo, igualmente oxidadas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La litoestratigrafía se describió con base en los parámetros propuestos por Miall (1990). La descripción pedológica, se realizó según los parámetros de SSDS (Soil Survey División Staff, 1993) y la definición de las unidades pedoestratigráficas de acuerdo a Finkl (1980) y Finkl (1984). Los análisis químicos para identificar las propiedades ándicas y los materiales espódicos se basaron en: extracción de Fe, Al y Si con oxalato ácido y extracción de Fe y Al con pirofosfato, de acuerdo con el protocolo de Blackemore et al. (1987); obtención de índice melánico mediante el procedimiento propuesto por Honna et al. (1988), obtención de pH acorde al protocolo 2A de Blackemore et al. (1987) y retención de fosfatos de acuerdo al protocolo 4D8 del "Soil Survey Laboratory Methods Manual" (2004).

Los análisis mineralógicos y granulométricos incluyeron: granulometría mediante tamizado y prueba del hidrómetro; mineralogía mediante montaje de granos y observación en microscopio petrográfico y microscopio electrónico de barrido (JEOL, JSM-5910LV).

5. RESULTADOS

Los reconocimientos de campo, las descripciones estratigráficas y los análisis mineralógicos y granulométricos confirman la presencia de dos discontinuidades de carácter regional en el altiplano de Santa Rosa de Osos (ASRO). La discontinuidad inferior marca la separación entre los depósitos antiguos e intermedios y está presente de manera persistente en aquellos corredores alargados donde aparecen ambos depósitos.

La discontinuidad superior es una estructura erosiva, lateralmente continua y persistente en todas las colinas del altiplano, sepultada por los depósitos recientes. Esta discontinuidad genera un truncamiento regional de los materiales preexistentes a ella (depósitos intermedios, depósitos antiguos y perfil de meteorización del batolito Antioqueño). Las estructuras asociadas a este fenómeno erosivo de gran escala son: la formación de un horizonte Kándico en el horizonte

IB amarillo del perfil de meteorización, cementación de óxidos de hierro, formación de estructura laminar, mezclamiento de materiales por debajo y por encima de la discontinuidad y desarrollo de una línea de piedra.

Los depósitos recientes difieren en su naturaleza dependiendo de la ubicación en el relieve; son de carácter coluvial en el sistema colinado y de carácter coluvio-aluvial y aluvial en los valles. Están constituidos por: depósitos de escorrentía dominados por arenas cuarzosas de diferentes tamaños (arenas gruesas, medias y finas); depósitos coluviales finogranulares; cenizas volcánicas de caída directa y cenizas volcánicas re TRABAJADAS por la erosión.

Las intercalaciones de capas de cenizas volcánicas corresponden a diferentes episodios de emisión, posiblemente del Pleistoceno superior y del Holoceno. En algunos casos, la capa volcánica se puede correlacionar con la secuencia Pácora, definida por González et al. (1990), con base en la mineralogía y la morfología (color de la capa). Para los autores previamente citados, la secuencia Pácora marca el inicio del Holoceno; sin embargo, Jaramillo (1993) propone para esta secuencia una edad mayor a los 25,900 años BP. Esta unidad es correlacionable con la denominada unidad volcánica superior por Toro (1999), para la cual reporta una edad $14C$ aproximada entre 20-30 ka.

Como puede observarse las columnas litoestratigráficas (FIGURA 3, 5, 6, 8, 9 y 10) representan la variedad de materiales recientes, donde los procesos pedogenéticos se superponen, independientemente del material parental que los alberga. Es decir, el proceso de gleización tiene lugar en depósitos de ceniza volcánica, depósitos de ceniza volcánica re TRABAJADA, depósitos de escorrentía y depósitos coluviales finogranulares. Asimismo el desarrollo de horizonte plácico, horizonte humificado (úmbrico), horizonte de pedotúbulos y estructura laminar, no discrimina el tipo de material parental. Por lo anterior, estos rasgos pedogenéticos de extensión geográfica considerable y posición pedoestratigráfica constante, constituyen unidades pedoestratigráficas. Adicionalmente a las unidades anteriormente mencionadas, se definieron dos unidades pedoestratigráficas conformadas por un horizonte con propiedades ándicas (Andisol) y una secuencia de horizonte álbico (E/Bhs, (Spodosol), los cuales dependen del contenido de ceniza volcánica.

Algunos de estos horizontes constituyen por su espesor un suelo que se puede clasificar en el contexto del Soil Taxonomy, USDA, NRCS (1999), otros son horizontes que si bien son indicadores pedogenéticos, no constituyen por su espesor un individuo suelo. En general, consisten de suelos poligenéticos, separados por discontinuidades erosivas. Esta situación permite establecer la estratigrafía de los suelos o Pedoestratigrafía, para la cual la unidad básica utilizada es el Manto Pedoestratigráfico, modificado del concepto "Manto de Suelo" de Finkl (1980).

Se definieron los siguientes mantos pedoestratigráficos: Llanos de Cuivá (Estructura laminar), Aragón (Pedotúbulos), La Samaria (Horizonte gleyzado basal), Santa Isabel (Andisol), Yermo de los Camandulenses (Spodosol), Vallecitos (Horizonte humificado, úmbrico).

El manto pedoestratigráfico Llanos de Cuivá (FIGURA 4) presenta una estructura laminar bien definida, un mezclamiento mecánico natural de materiales y un horizonte de material residual: "líneas de piedra" y "depósitos residuales", compuestos por materiales primarios como gravas y cantos de cuarzo y materiales secundarios como concreciones bauxíticas y ferruginosas. El espesor de estas acumulaciones es del orden de 5-15 cm. La columna tipo de este manto se localiza en Llanos de Cuivá, coordenadas N:1247152 E: 843940.

El manto pedoestratigráfico Aragón (FIGURA 4) tipifica el horizonte de pedotúbulos, estructuras de canales asociadas a raíces, rellenas de material mineral humificado, de color generalmente oscuro; existen al menos, dos generaciones de pedotúbulos. Este horizonte presenta un límite superior abrupto y de carácter erosivo; su espesor es variable, entre 15-30 cm. y su columna tipo está localizada en el corregimiento de Aragón, coordenadas N: 1243428 y E: 833532.

El manto pedoestratigráfico La Samaria (FIGURA 7) está definido por el horizonte de gleización localizado en la parte basal de los depósitos recientes; de color gris claro (2,5Y7/2), el espesor es en promedio de 15 cm. y está localizado en la vía que de Santa Isabel lleva a Aragón por la Samaria, coordenadas N: 1243408 y E: 833123.

El manto pedoestratigráfico Santa Isabel (FIGURA 7) presenta materiales con propiedades ándicas y cumple los requisitos de un Andisol, USDA NRCS (1999); presenta un espesor de 65 cm. en el sitio, pero en muchas otras localidades no se cumple con el espesor requerido para un Andisol. La columna típica se localiza en la vía Santa Isabel-Aragón por la Samaria, coordenadas N: 1245639 y E: 83507.

El manto pedoestratigráfico Yermo de los Camandulenses (FIGURA 7) presenta materiales espódicos, asociados a la presencia de una secuencia de horizontes E/Bhs, producido por la migración de complejos de humus-sesquióxidos y formado en arenas cuarcíticas pertenecientes a depósitos de escorrentía. El suelo formado corresponde a un esodosol y la columna tipo se describió en la entrada del convento del Yermo de los Camandulenses, coordenadas N: 1243447, E: 833542.

El manto pedoestratigráfico Vallecitos, caracteriza la presencia de un horizonte humificado de color negro (2YR2/0), úmbrico, con espesores que no superan los 40 cm., su limite inferior es de carácter erosivo. Este manto es el de formación más reciente en la historia de los comportamientos pedogénicos; la columna tipo esta ubicada en la vía que de la "Troncal de la Costa" conduce a la vereda Vallecitos en Santa Rosa de Osos, coordenadas N: 1234982, E: 843360.



FIGURA 2. Convenciones litoestratigráficas y pedoestratigráficas de las columnas.

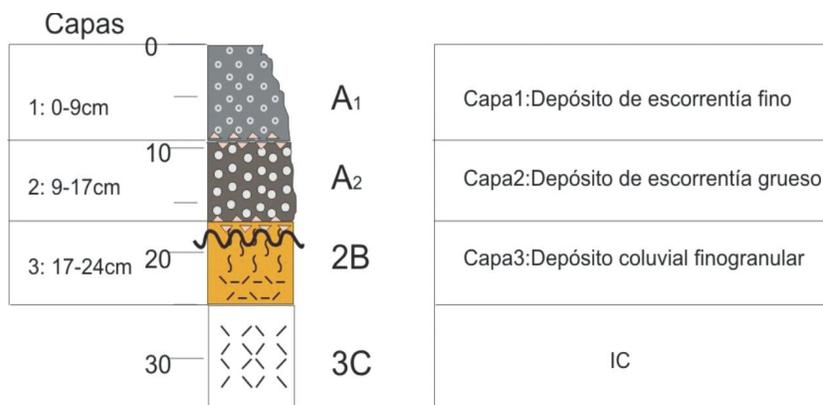


FIGURA 3. Columna Llanos de Cuivá.



FIGURA 4. Izquierda: Horizonte de mezclamiento mecánico natural de materiales, en el manto pedostratigráfico Llanos de Cuivá. Derecha: Horizonte de pedotúbulos en el manto pedostratigráfico Aragón.

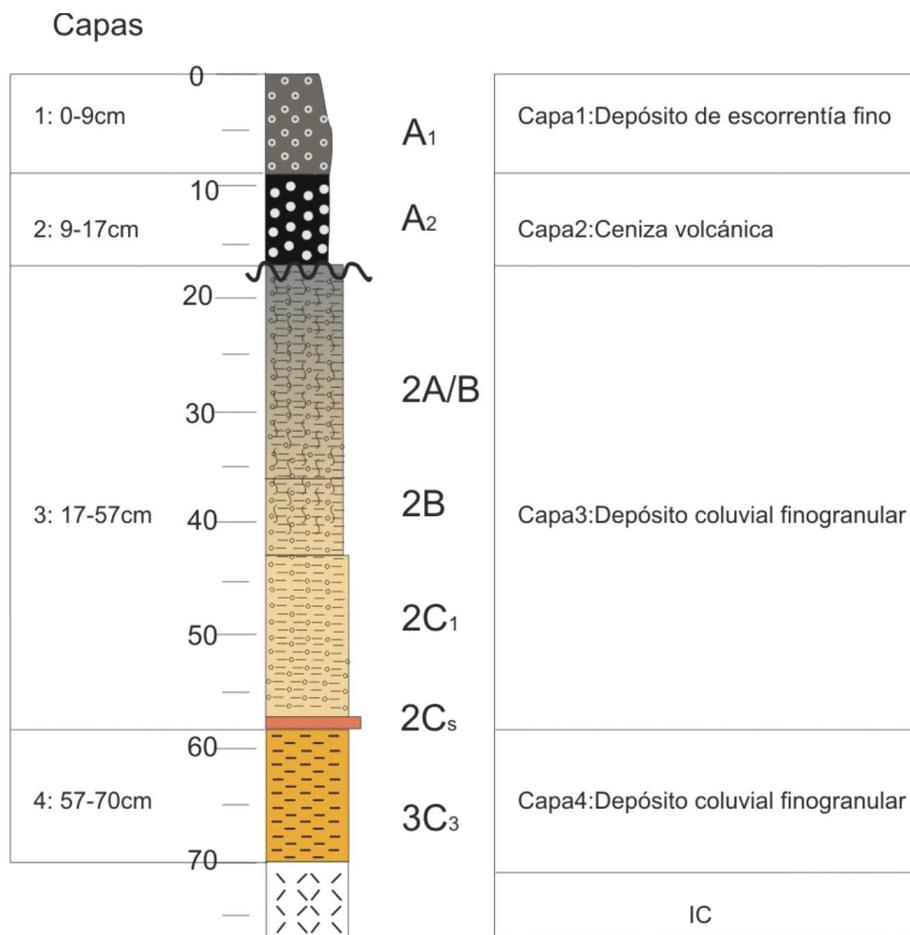


FIGURA 5. Columna Aragón

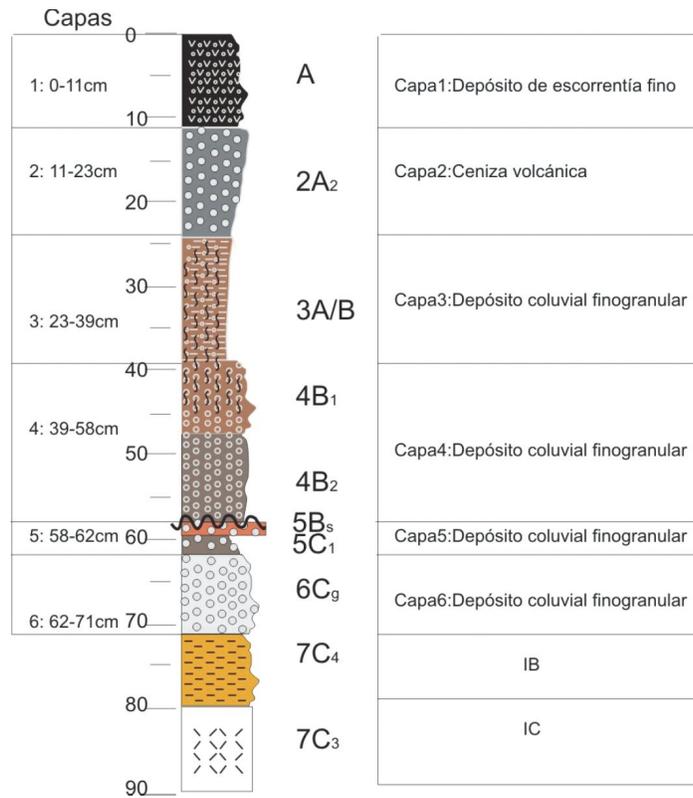


FIGURA 6. Columna La Samaria.



FIGURA 7. Izquierda superior: Horizonte gleyzado basal en el manto pedostratigráfico La Samaria. Derecha superior: Horizontes espódicos en el manto pedostratigráfico Yermo de los Camandulenses. Inferior: Horizonte ándico del manto pedostratigráfico Santa Isabel.

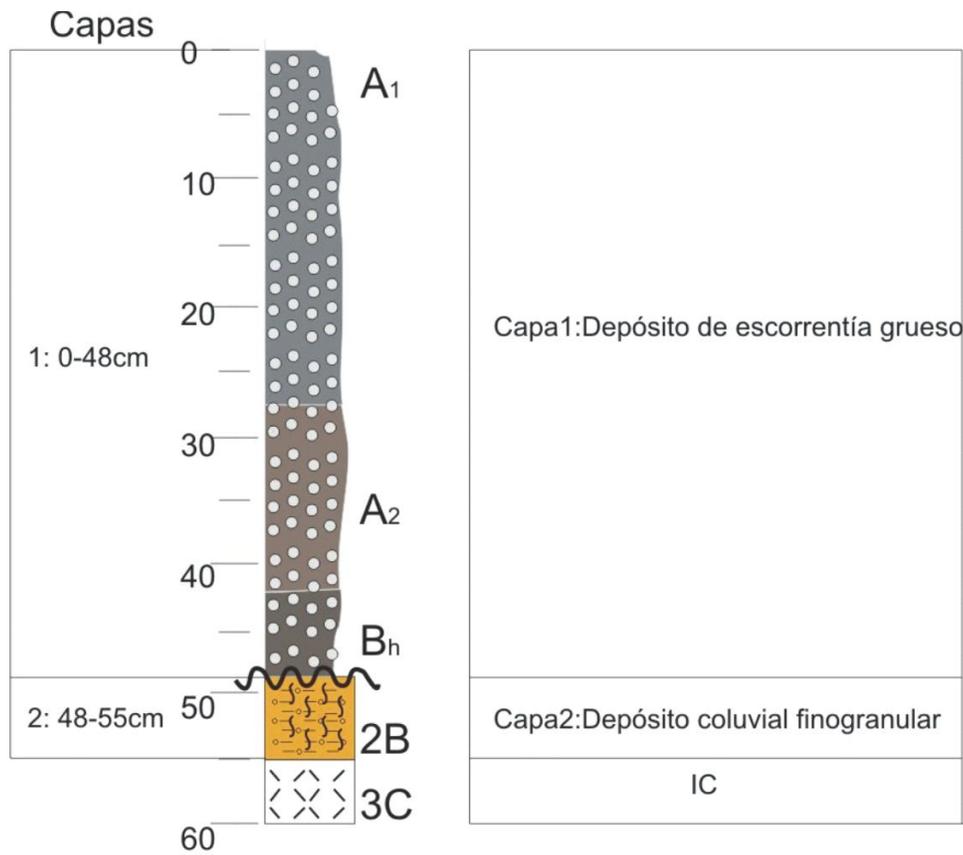


FIGURA 8. Columna Yermo de los Camandulences.

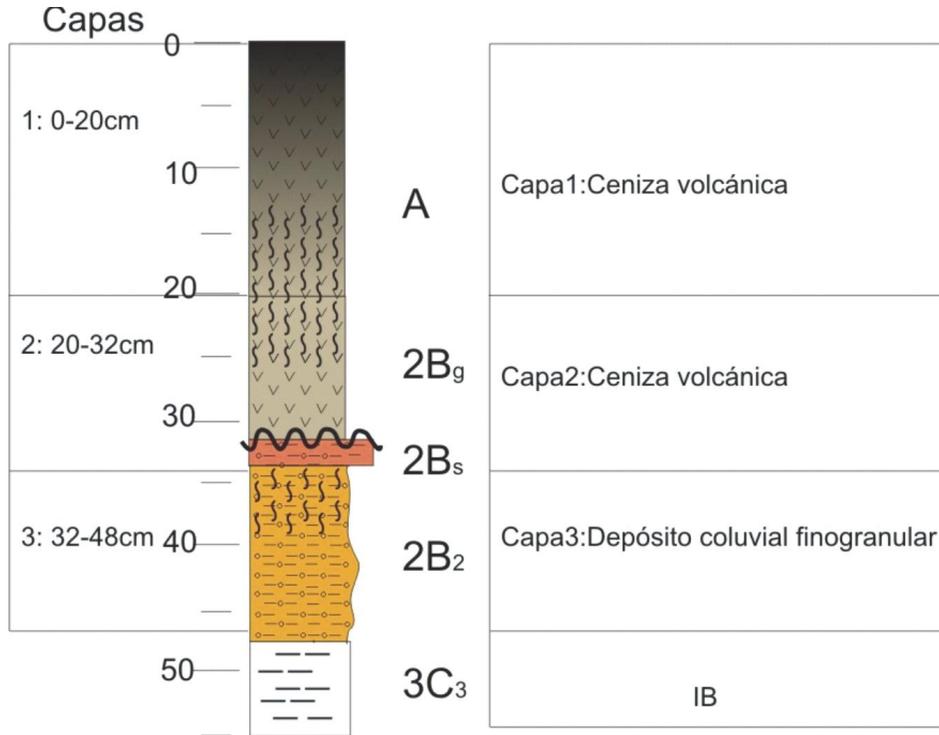


FIGURA 9. Columna Vallecitos.

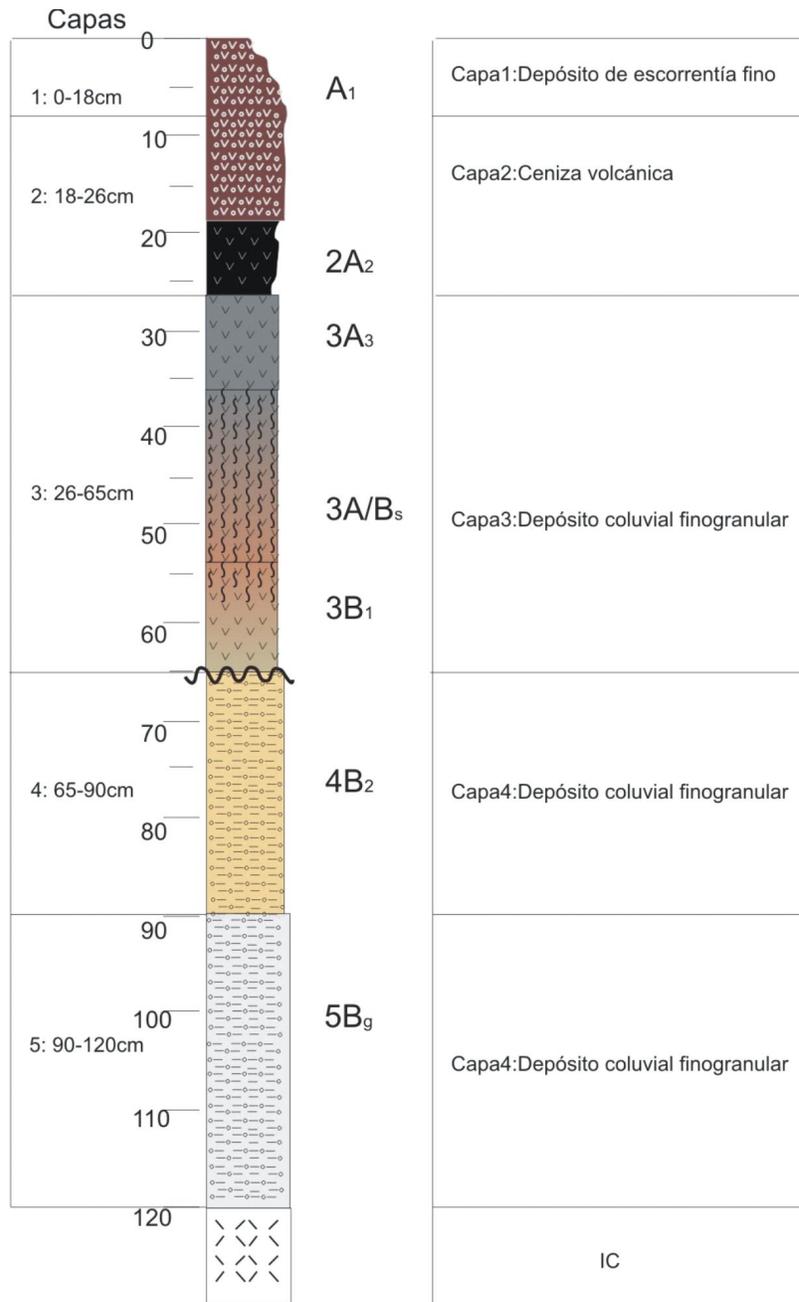


FIGURA 10. Columna Santa Isabel.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Litoestratigrafía

Los depósitos recientes en el ASRO se caracterizan por una gran diversidad litoestratigráfica y pedoestratigráfica, en una acumulación de sedimentos que rara vez supera los 120-150 cm.

De acuerdo con observaciones de campo, la discontinuidad superior constituye el testimonio de un periodo de erosión laminar intenso y de carácter areal para las colinas, el cual fue más intenso en las partes de mayor altitud del altiplano. En las colinas localizadas en el rango 2450-2800 msnm, los perfiles de meteorización de las rocas graníticas están

truncados en la zona de suelos residuales (IB) amarillos, en los cuales se identificaron horizontes óxicos, argílicos y kándicos pertenecientes a oxisoles y ultisoles truncados. Para las colinas localizadas entre 2850-3000 msnm, el nivel de truncamiento de los perfiles de meteorización se ubica en el horizonte saprolítico (IC), en el cual no existe ninguna manifestación de desarrollos pedogenéticos, pasados o recientes. Por lo tanto, la morfología del perfil de meteorización de las rocas graníticas del batolito Antioqueño se convierte en una guía útil para definir la distribución espacial de la eficiencia del proceso erosivo que genera un truncamiento regional de estos materiales. Un incremento del proceso erosivo con la altitud, para materiales localizados entre los 2500-3000 msnm es un patrón pertinente y relacionable con cambios ambientales, para la región del ASRO, comandados por el tránsito de climas frescos y húmedos, similares a los climas actuales, a climas más fríos y secos que los actuales.

La acumulación de tipo residual de materiales gruesos granulares, ya sean materiales primarios resistentes a la alteración, como gravas y fragmentos de cuarzo o materiales secundarios como concreciones ferruginosas, materiales bauxíticos, fragmentos de horizontes plácicos reventados o fragmentos de saprolitos endurecidos con óxidos de Fe, constituye una evidencia adicional con el mismo significado del truncamiento de tipo regional. Estas acumulaciones se expresan como "líneas de piedra" y "depósitos residuales". El truncamiento de materiales muy diversos y la acumulación residual de sedimentos gruesos granulares antecede a la sedimentación de los depósitos recientes.

En los depósitos recientes se presenta una serie de capas de arenas cuarzosas de granulometría contrastante, constituidas por granos angulares y fragmentos de granos, donde los granos de cuarzo provienen de los perfiles de meteorización de las rocas graníticas. La variedad de las fracciones finogranulares se generan durante los procesos de remoción y relocalización de los sedimentos en las vertientes de las colinas; donde la "fragmentación" asociada con la disolución de sílice en las superficies de microfractura de los granos de cuarzo puede ser el proceso responsable de la génesis de las nuevas fracciones granulométricas.

En la parte media de la columna estratigráfica de los depósitos recientes se presenta una o varias capas delgadas de cenizas volcánicas, ya sean de caída directa o retrabajadas. Las capas de ceniza volcánica no pertenecen a un mismo "evento" pero su posición en la parte intermedia de la columna es un rasgo característico. La ceniza volcánica constituye así un marcador litoestratigráfico y en un sentido menos riguroso un indicador cronoestratigráfico relativamente general; algunas de las capas que ocupan esta posición se correlacionan con la secuencia Pácora de González et al. (1990) y con la unidad volcánica superior de Toro (1999).

La litoestratigrafía de los depósitos pone en evidencia la existencia reiterada de periodos erosivos de escala amplia, en el contexto espacial del altiplano. A diferencia de otros altiplanos de la cordillera Central localizados en altitudes más bajas, los depósitos de escorrentía constituyen la unidad sedimentaria culminante en la estratigrafía de las colinas. En los altiplanos localizados en el Oriente Antioqueño, la unidad sedimentaria más superficial, corresponde a cenizas volcánicas del volcán Nevado del Ruiz.

Pedoestratigrafía

Los perfiles de suelo son de tipo poligenético y corresponden a perfiles compuestos de materiales parentales diferentes. En la parte más externa se identifica una sucesión generalmente de dos podzoles, cada uno con su respectivo horizonte eluvial y su horizonte Bhs, configurando un bisequum.

La estructura laminar pedogenética es uno de los rasgos más persistentes en todo el altiplano; su independencia respecto al material parental, la ubica como un rasgo de origen claramente pedogénico sin ninguna influencia del material en el cual se desarrolla. Aunque afecta a materiales que no pertenecen a los depósitos recientes, constituye un elemento temporalmente relacionado con ellos. Ella puede ser el resultado de cambios rítmicos y pronunciados en la humedad del suelo asociados con un régimen climático contrastado.

La existencia de una estructura natural de mezclamiento de materiales provenientes de los horizontes localizados por encima y por debajo de la discontinuidad superior, es un rasgo posiblemente relacionado genéticamente con el contexto que genera la estructura laminar.

Los rasgos mayores relacionados con la discontinuidad superior, a saber: truncamiento de materiales subyacentes, acumulación residual de sedimentos gruesos granulares y mezclamiento natural de materiales, convergen en sus

significados en un punto: Constituyen evidencia o testimonio de un periodo con un régimen climático de características muy contrastadas (húmedo-seco), favorable a procesos de erosión laminar intensa en el altiplano.

Los horizontes gleyzados en posiciones de relieve positivo son indicadores de condiciones climáticas muy húmedas o al menos de una disponibilidad hídrica abundante en las partes subsuperficiales. Igualmente, la presencia repetida de horizontes plácicos dentro de los depósitos recientes, puede comprenderse dentro de un contexto de humedad ambiental.

La alteración química de las cenizas volcánicas para generar las propiedades ándicas debe ocurrir en un ambiente húmedo. Las relaciones estrechas entre andisoles, horizontes de pedotúbulos y horizontes gleyzados perfilan un escenario de una humedad relativamente alta. Igualmente, la formación de horizontes A y la formación de horizontes espódicos (podzoles) deben darse en condiciones de clima húmedo, favorable al desarrollo de una cobertura vegetal permanente de bosque. En contraste, la acumulación de los sedimentos cuarcíticos donde se desarrollan estos horizontes debe ocurrir en un ambiente más seco, propio de una cobertura vegetal más rala y escasa que favorece la erosión intensa por escorrentía.

Los procesos pedogénicos identificados referencian una temporalidad dada operando sobre materiales muy diversos, indicando que no existe una relación de exclusividad entre material parental y tipo de suelo. Es decir, la información pedoestratigráfica tiene una identidad propia, no subrogada en la información litoestratigráfica.

Existen además, procesos pedogenéticos que se repiten en el tiempo, como el fenómeno de gleyzación, horizontes plácicos, horizontes endurecidos y horizontes humificados.

La lito- y pedo-estratigrafía de los depósitos recientes, permite postular la existencia de ambientes contrastantes en el pasado cercano. A través de la litoestratigrafía se infieren escenarios ambientales favorables a procesos erosivos intensos reiterativos en el tiempo. Estos procesos son acordes con la existencia de una cobertura vegetal, muy discontinua y de baja densidad, la cual podría asociarse con un clima más frío y seco que el clima actual en la región. Por el contrario la pedoestratigrafía ofrece testimonios de unos ambientes más húmedos, relativamente similares con el clima actual.

7. CONCLUSIONES

Los depósitos recientes del ASRO, localizados en las colinas, presentan una lito-diversidad moderada y una pedodiversidad relativamente alta. La discontinuidad superior, localizada a la base de los depósitos recientes, es un marcador estratigráfico en el altiplano y una evidencia de un régimen erosivo intenso de duración desconocida.

Un conjunto de rasgos morfológicos desarrollados en los depósitos recientes se pueden relacionar con ambientes climáticos contrastados. Los horizontes y estructuras pedogénicos con un significado ambiental y climático importante son: formación de estructura laminar; mezclamiento mecánico natural de materiales pertenecientes a horizontes diferentes; concentración de materiales grueso granulares primarios y secundarios, formando "líneas de piedra" y depósitos residuales; horizontes de gleyzación; horizontes de pedotúbulos; horizontes con propiedades ándicas; horizontes espódicos y horizontes de humificación (úmbricos). Estos son horizontes pedomarcadores que permiten definir mantos pedoestratigráficos.

La lito y Pedoestratigrafía presente en los depósitos recientes del ASRO se puede interpretar en términos de una sucesión contrastante de regímenes climáticos, más fríos y secos que las condiciones actuales y de otros periodos más frescos y húmedos, similares al clima actual. La duración de cada uno de ellos no es posible definirla con la información disponible pero esta sucesión parece caracterizar el clima de la mayor parte del Holoceno en el altiplano de Santa Rosa de Osos.

REFERENCIAS

- Arias, L. A., González, L. H. y Arias, G., 2000. Historia del Relieve y los Suelos en el Altiplano de Santa Rosa de Osos - Antioquia - Región el Vergel. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias. Corantioquia.
- Arias, L. A., González, L. H., Zapata, R. y Arias, G., 2002. Comportamientos y estructuras del relieve y los suelos en el altiplano de Santa Rosa de Osos (Antioquia). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias.
- Blackemore, L. C., Searle, P. L. y Daly, B. K., 1987. Methods for Chemical analysis of soils. NZ Soil Bureau Scientific Report 80. New Zealand. NZ Soil Bureau Lower Hutt, pp. 10-11, 71-74.
- Feninger, T. y Botero, G., 1982. The Antioquian Batholith, Colombia. Pub, Geol. Especial. Ingeominas N° 12, pp 5-50.
- Finkl, Ch., 1980. Stratigraphic Principles and Practices as related to Soil Mantles. Catena vol. 7, pp. 169-194.
- Finkl, Ch., 1984. Chronology of Weathered Material and Soil Age Determination in Pedostratigraphic Sequences. Chemical Geology, 44, pp. 311-335
- González, L. H., Jaramillo, D. F. y Parra, L. N., 1990. Estudios Exploratorios del Norte de la Cordillera Central de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. pp. 12-13.
- Honna, T. S. y Yamamoto, K. M., 1988. ICOMAND (International Committee on the Classification of Andisols). Circular Letter #10. pp. 76-77.
- Jaramillo, J., 1993. Registro Palinológico de las Variaciones Climáticas del Cuaternario en Andisoles de la Cordillera Central de Colombia. Tesis de grado Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 138 P.
- Ordoñez, O. y Pimentel, M., 2001. Consideraciones geocronológicas e isotópicas del Batolito Antioqueño. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. XXV #94. Bogotá. pp. 27-35
- Miall, A., 1990. Principles of Sedimentary Basin Analysis. Second Edition. Springer-Verlag New York Inc. pp. 628
- Restrepo, J. J. y Toussaint, J. F. 1984. Unidades Litológicas de Los Alrededores de Medellín en: Memorias de la I Conferencia Sobre Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá. pp. 1-26.
- Sanchez, C., 2007. Levantamientos estratigráficos de algunos sedimentos aluviales con inversión de relieve en el altiplano de Santa Rosa de Osos, Antioquia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias.
- Soil Survey Division Staff (SSDS) 1993. Soil survey manual. Handbook No 18. United States Department of Agriculture (USDA) Washington D. C. 437 P.
- Soil Survey Laboratory Methods Manual, 2004. Soil survey investigation report No 42, version 4.0. United States Department of Agriculture (USDA) Washington D C. Rebecca Burt Ed. 257 P.
- Toro, G. E., 1999. Tephrochronologie de la Colombie Centrale (Département d'Antioquia et abanico de Pereira). Université Joseph Fourier. pp 67-84.