

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS DE LA TERRAZA DE LLANOGRANDE EN RIONEGRO – ANTIOQUIA

Claudia P. Castaño y Jorge I. Tobón

Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas

Universidad Nacional de Colombia

cpcastan@unalmed.edu.co; jitobon@unalmed.edu.co

Recibido para evaluación: 19 de Agosto de 2005 / Aceptación: 26 de Octubre de 2005 / Recibida versión final: 11 de Noviembre de 2005

RESUMEN

En este trabajo se presenta la caracterización mineralógica de las cenizas volcánicas encontradas en la Terraza de Llanogrande en Rionegro, Antioquia. Este se realizó a través de un estudio cualitativo y cuantitativo de los minerales densos que se encuentran en cada horizonte mediante microscopía óptica convencional, en lo que respecta a los minerales retenidos en la malla #200. En la fracción fina, el análisis se realizó usando Difracción de Rayos X y microscopía Electrónica de Barrido.

Estas cenizas tienen alrededor de dos metros de espesor y descansan sobre depósitos aluviales del río Negro y el saprolito de Batolito Antioqueño. Inicialmente en campo se había establecido su perfil, de acuerdo con su textura y color, en seis horizontes y gracias a los análisis ya mencionados se llega a establecer diferencias y similitudes entre cada una de estas capas de acuerdo con la mineralogía presente; pudiéndose replantear el perfil generalizado, especialmente con la presencia de piroxeno. El perfil de la Terraza muestra de techo a piso la siguiente conformación: tres grupos de ceniza volcánica con una intercalación de ceniza volcanodetrítica y un horizonte gley suprayaciendo los depósitos aluviales de la zona.

Se pudo establecer además, que el análisis de los finos, por medio de las metodologías empleadas, constituye una importante herramienta para diferenciar los distintos eventos volcánicos representados en la secuencia estratigráfica.

PALABRAS CLAVES: Ceniza Volcanica, Llanogrande, Caracterización Mineralógica, Microscopía Electrónica, Difracción de Rayos X.

ABSTRACT

This work shows the characterization of the volcanic ashes found in the Llanogrande Terrace in Rionegro Antioquia. The ashes of this area have two meters of thickness and lie down on alluvial deposits of the Negro river and the saprolite of Batolito Antioqueño. The characterization was made through a qualitative and quantitative study of the dense minerals retained in the mesh #200. Besides, a qualification and semi quantification of the fine fraction were carried out means of the method of X- ray diffraction and electronic microscopy of sweeping. Thanks to these analyses aforementioned, we can establish some differences between the levels of volcanic ashes that constitute the sketch

characterized at field.

According to the sketch collected at field, we can establish six different horizons which were separated through its texture and colour, then right after the analysis of laboratory used for the mineralogy present on each single stratum, we can reconsider a new generalized profile of the distribution of ashes at the terrace, with base in the pyroxene presence and it shows from the top to the base the following information: Three groups of volcanic ashes intercalated with a volcanodetritics ash a gley horizon, preceding the alluvial deposits at the area.

We can establish that the fraction finer analyses are very important to difference between volcanic events in the stratigraphic sequence.

KEY WORDS: Ashes Volcanics, Llanogrande, Mineralogical Characterization, Electronic Microscopy, X-Ray diffraction

1. INTRODUCCIÓN

Las cenizas volcánicas de la terraza de Llanogrande pertenecen a los suelos conocidos como Andisoles del Oriente Antioqueño; El desarrollo de los Andisoles comprende un conjunto de procesos definidos como andosolización, caracterizados por Ugolini y otros investigadores, citados por Shogi et al (1993) como acumulación de Fe, Al y carbono orgánico disuelto en el horizonte superior, con poco lavado de estos componentes hacia el horizonte siguiente, cuya formación está dominada por procesos de meteorización "in situ". El material parental más frecuente de los Andisoles, incluso en Colombia, lo constituyen los depósitos de piroclastos o tefras, aunque también pueden desarrollarse a partir de otros materiales volcánicos.

Los trabajos anteriores sobre mineralogía de cenizas volcánicas, como los de Toro y Hermelin (1993,1989), Silva (1999) y Vera (2001), entre otros, se han realizado a una escala regional y utilizando solo metodología para caracterización de minerales densos en la fracción retenida sobre la malla #200. En este trabajo se pretende hacer un estudio detallado y trabajar además sobre la fracción fina.

En el análisis de muestras de suelo, la utilización de un sólo método de identificación puede ser insuficiente debido a la gran cantidad de componentes y la variabilidad de sus propiedades. Para la caracterización mineralógica; objetivo primordial de este trabajo, se llevan a cabo tres metodologías diferentes que nos ayudan a cualificar y cuantificar los minerales presentes en las muestras de suelo estudiadas, dichas metodologías son las siguientes: análisis óptico de montaje de granos de la fracción gruesa (retenido malla #200) a través del microscopio petrográfico, análisis mineralógico de la fracción fina (pasante malla #200) por medio de difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido.

2. GENERALIDADES

La zona de estudio está localizada en la parte norte de la Cordillera Central de Colombia, a unos 55 Km. al oriente de la ciudad de Medellín, en jurisdicción del municipio de Rionegro, entre las coordenadas N: 1166000 E: 848000 y N: 1174000 E: 856000 con origen en Bogotá. La región tiene un área aproximada de 64 km², ubicada en las planchas 147-IV-C1, 147-IV-A-3, 147-III-D-2 y 147-III-B-4 del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" IGAC, de 1982, escala 1:10000 (Figura1).

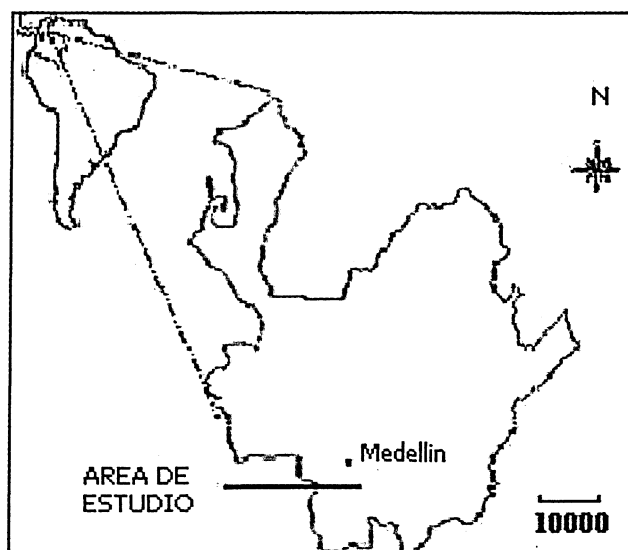


FIGURA 1.
Localización del área de estudio.

Geología del área

Los trabajos de geología regional que abarcan el área de estudio, empiezan con la publicación de la “Reseña sobre la geología de Colombia y especialmente de Antioquia” (Ospina, 1911), seguido por los trabajos de Sheibe (1919), Posada (1936) y Botero (1963). Recientemente Ingeominas ha realizado varios trabajos como los de Álvarez (1983) y González (1980, 1996), los cuales han sido bien sintetizados en el informe de Hoyos y otros (2001). A continuación se presenta una breve descripción de las unidades rocosas y formaciones superficiales presentes en la zona (Figura 2).

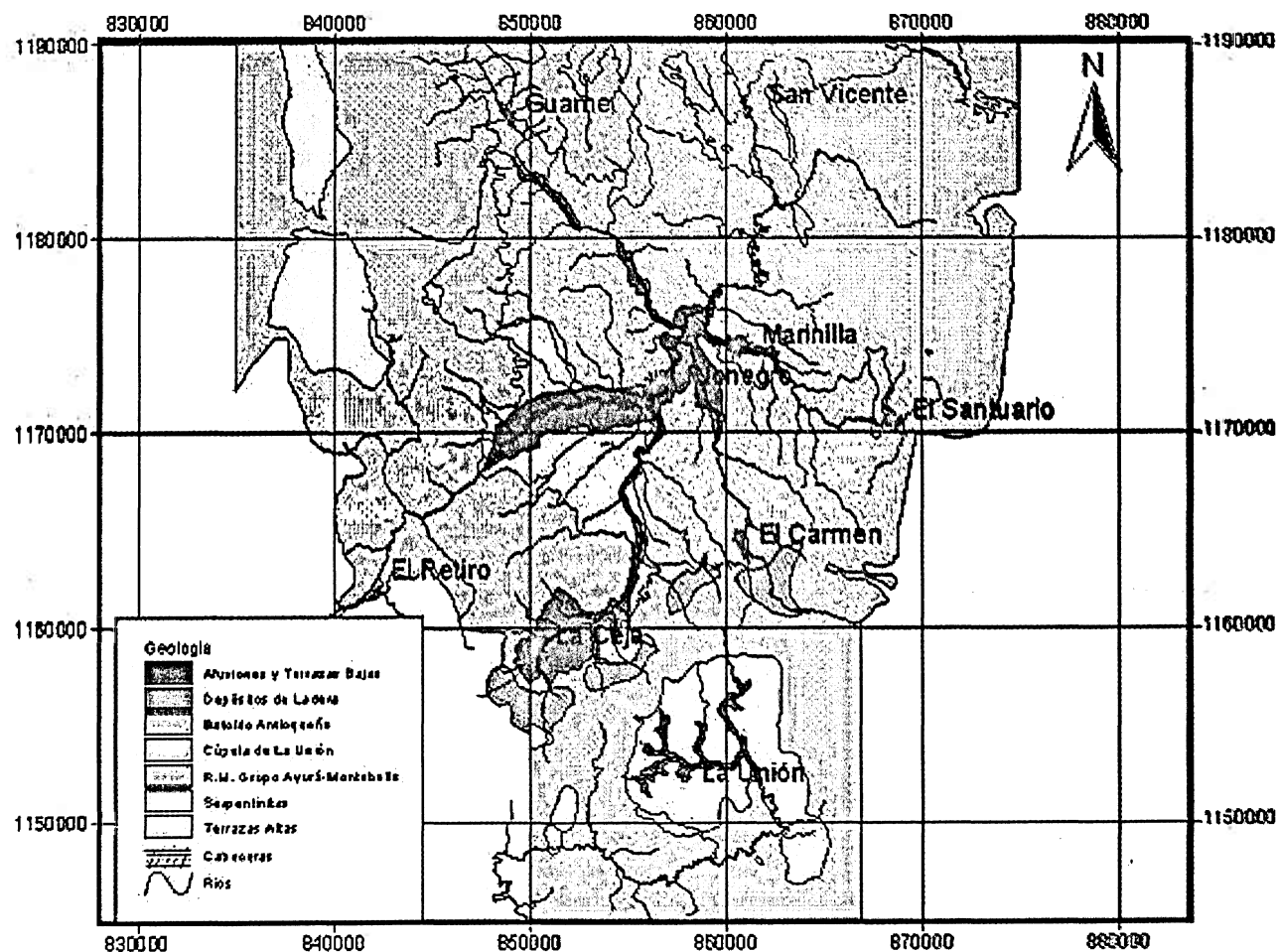


FIGURA 2.
Mapa geológico regional (Ingeominas, 2001)

Rocas metamórficas representadas por granulitas, migmatitas, esquistos y anfibolitas, asociadas a zonas de pendiente fuerte. (Complejo Polimetamórfico de la cordillera central. (Restrepo y Toussaint, 1987). El principal cuerpo ígneo en la zona es el Batolito Antioqueño donde las facies más abundantes en su orden, son granodiorita, tonalita y cuarzdiorita. En cuanto a las terrazas y depósitos aluviales, estos están asociados principalmente al río Negro y a las quebradas la mosca, marinilla, cimarrona y la Pereira. Durango (1975) definió cinco niveles de terrazas, Page y James (1981) identificaron ocho y Hoyos et al (2001) proponen uno adicional por encima del más alto, es decir nueve niveles de terrazas.

Los depósitos de vertiente corresponden principalmente a los flujos de lodo y/o escombros, coluviones y algunos pequeños conos de deyección que son productos de movimientos en masa.

Las cenizas volcánicas Constituyen la formación superficial más importante de la zona y recubren concordantemente con la topografía (Posada, 2000). Estas cenizas provienen del macizo volcánico Ruiz – Tolima y tienen un espesor aproximado de 2 m. Están fuertemente meteorizadas dando origen a los actuales suelos, conocidos como andisoles del Oriente Antioqueño (Toro y Hermelin, 1989).

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

A partir del perfil levantado en campo de las cenizas volcánicas gracias a la diferenciación de color, texturas y estructuras, se llega a un perfil más depurado introduciéndole los resultados de la caracterización mineralógica.

Luego a través del conteo mineralógico en la fracción gruesa (retenido malla #200) tanto para minerales densos como ligeros se lleva a cabo una diferenciación porcentual y cualitativa de los minerales presentes en las muestras estudiadas. Para la fracción fina (pasante malla #200) la diferenciación se realiza a partir de la cualificación y semicuantificación de los minerales observados en difractogramas e imágenes de microscopia electrónica con registros de los componentes químicos.

3.1. Trabajo de Campo

Con la ayuda de las fotografías aéreas se realizó una ubicación preliminar de los puntos de muestreo (Figura 3). Se realizaron 15 perforaciones de las cuales se descartaron 4 por estar fuera del área de interés (tres, identificadas como 1, 6 y 7, en la llanura aluvial del río Negro y una – la perforación 9 – en una de las terrazas de la quebrada la Pereira). Un quinto punto se eliminó, denominado 2 por ser lleno antrópico.

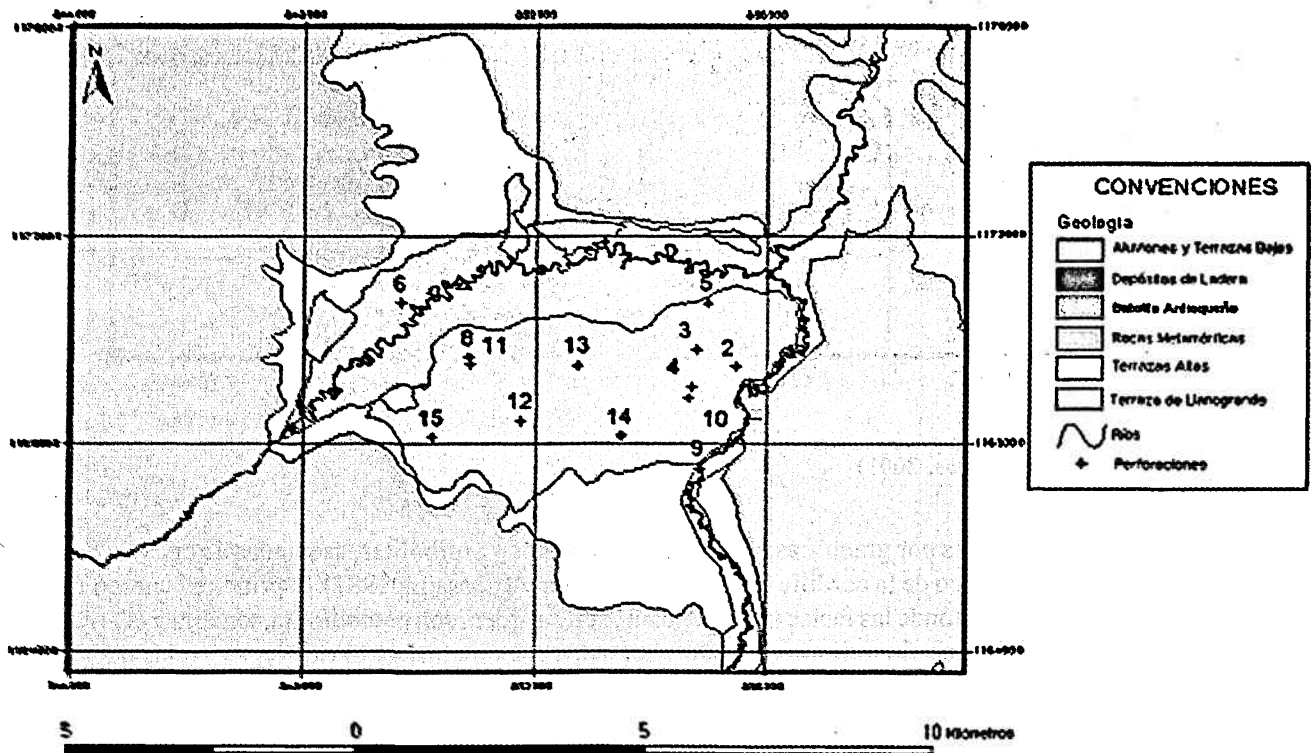


FIGURA 3.
Geología y ubicación de los puntos de muestreo (tomado de Tobón, 2003).

3.1.1. Barrenación

Con el fin de obtener muestras de cada uno de los horizontes diagnósticos del suelo se procedió a perforar en los puntos propuestos para muestreo con un barreno manual tipo "Auger" de 3" con un tornillo sin fin en la punta para facilitar la penetración. Las muestras se tomaron con tubo shelby o de pared delgada penetrándolo por percusión unos 20 cm en promedio, cada que había un cambio en el color o textura en el perfil de suelo.

3.1.2. Análisis Textural

Se determinó por medio del tacto al tomar muestras pequeñas de suelo, de cada uno de los horizontes diagnósticos, entre los dedos y estimando las proporciones relativas de arenas, limos y arcillas. Además, se llevó a campo una tabla textural predefinida por la Kent State University para medir la esfericidad, rugosidad, angulosidad y tamaño de las partículas que integran el suelo mediante comparación visual.

3.1.3. Análisis de Color

Con la tabla de colores de Munsell se realizó el análisis de color para cada uno de los horizontes encontrados en el perfil típico de las cenizas. Conociendo que el color varía con el contenido de humedad, éste se determinó con las muestras húmedas (si estaban muy secas se les adicionaba agua antes de identificarlo).

3.1.4. Estructura

La mayoría de las formas que toman los agregados del suelo son fácilmente apreciables en campo, por lo cual solo hace falta familiarizarse con las más comunes para poder identificarlas.

3.2. Trabajo de laboratorio

Con las muestras que se recolectaron en la barrenación se realizaron ensayos de granulometría, montajes de granos de minerales densos para la fracción gruesa (retenido malla #200), análisis por Difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido para la fracción fina (pasante malla #200), donde los resultados de todos los análisis fueron confrontados para tener una idea más preciso de la zona. El número total de muestras fue de 43 pertenecientes a 10 perforaciones, donde se escogieron las muestras de las capas que correspondían a ceniza volcánica.

3.2.1. Contenido que pasa la malla #200

Todos los sistemas de clasificación utilizan el tamiz N° 200 (abertura de 0,075mm.) como un punto de división entre suelos gruesos (arenosos) y finos (limos y arcillas); dichas clasificaciones se basan en la cantidad retenida o que pasa a través de este tamiz. Para esta investigación se utilizaron las dos fracciones, tanto la retenida, como la que pasa, para realizar la mineralogía detallada procediéndose de la siguiente forma: Se efectuó el tamizado en seco a través del rotap y luego el material se lavó sobre la malla N°200. Tanto el material retenido y el pasante se secaron en el horno a 40° C

3.2.2. Separación de minerales densos

La fracción de mayor interés, en estos estudios de suelos, es la enriquecida en minerales densos (retenida malla #200), ya que estos presentan unos rasgos marcados tanto en sus formas, como su aumento o disminución dentro de las secuencias estratigráficas. Además es el método más común para abordar este tipo de trabajos. En este caso se separaron usando una batea.

3.2.3. Microscopía Óptica

A cada fracción, minerales densos y livianos se le hizo un montaje de granos para su observación en el microscopio binocular petrográfico a 10 aumentos, para identificar los minerales y realizar un conteo de 250 granos para el análisis estadístico. La preparación de las muestras consistió en un lavado con ácido clorhídrico caliente, para eliminar óxidos y partículas arcillosas de la superficie de los granos, luego se secaron al aire sobre papel filtro y se realizó cuarteo para obtener una porción representativa de la muestra total. La porción se monta en una placa de vidrio con araldit para facilitar la identificación de las especies minerales bajo el microscopio petrográfico.

3.2.4. Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)

Se le practicó a los horizontes de las perforaciones 12, 14 y 15 en su fracción fina. Debido a que estas perforaciones contienen la mayoría de niveles presentes en la zona. Para hacer este análisis fue necesario preparar secciones pulidas de la siguiente forma: después de secada la muestra, se disgrega para hacer cuarteo y tomar una porción representativa de unos 5g. Se prepara una solución de resina acrílica con endurecedor (peróxido), mezclada con la muestra en un tubo de plástico con tapa del mismo material asegurándose con cinta para que quede completamente hermético y dejándolo secar por 2 horas. Luego, estos montajes se pulieron con lijas de agua #150, 400 y 600 sucesivamente; luego se montaron en una pulidora (marca MECAPOL 2B PRESI) donde se utiliza como abrasivo alúmina de 1 micra, 0.3 micras y 0.05 micras por 20 minutos. Por último, se hizo una metalización con oro a 8 nm por 80 segundos. El análisis en el microscopio electrónico de barrido permitió una cualificación mineralógica y una semicuantificación química; se usó un microscopio electrónico de barrido marca JEOL y referencia JSM 5910 LV.

3.2.5. Difracción por Rayos X

Se le practicó a todos los horizontes de las perforaciones 12, 14 y 15 en su fracción fina. Se utilizó el método del polvo de Debye Scherrer a una velocidad de 2°/min. Se usó un DRX RIGAKU modelo MINIFLEX, con una lámpara de cobre de longitud de onda de 1.548 Å.

3.3. Análisis de la información

Mediante los procedimientos llevados a cabo en cada fracción es posible agrupar por variaciones físicas y mineralógicas las capas de cenizas volcánicas en la zona de investigación y mostrar como resultado un modelo de depositación de las tefras.

3.3.1. Estratigrafía

Con la información obtenida en campo, con base en la textura y el color, y con la ayuda del software *Rockwork 99* se realizaron perfiles del área de interés. En la Figura 4. Se presenta un perfil típico de las cenizas volcánicas en la Terraza de Llanogrande conformado con la interpolación de la información estratigráfica obtenida de los pozos 15, 12, 13, 14 y 10 los cuales son los que contienen la mayoría de niveles diferenciados en campo.

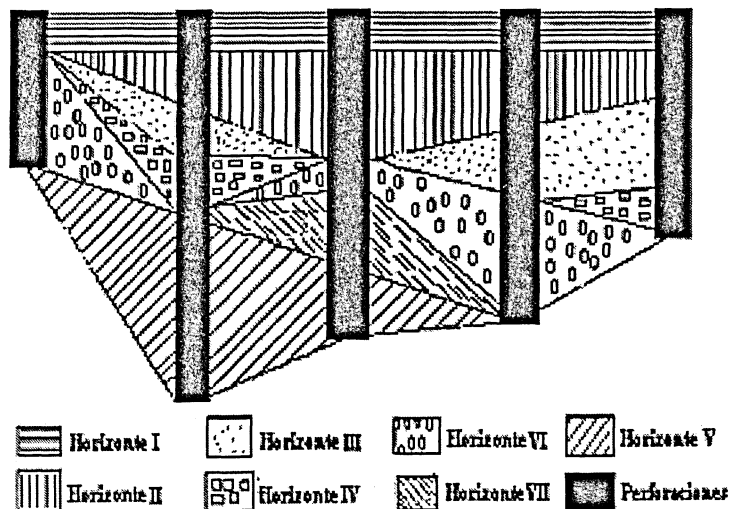


FIGURA 4.

Perfil típico de las cenizas volcánicas en la Terraza de Llanogrande (Tomado de Tobon, 2003)

De las perforaciones realizadas se puede concluir que las cenizas volcánicas en el área tienen un espesor entre 90 cm y 250 cm. (la escala vertical de la Figura 4. está en cm), de acuerdo con Tobón, (2003) estas presentan la siguiente variación en el color de techo a piso:

- I. Estructura de bloques y abundante materia orgánica. De buena continuidad en toda el área con un espesor promedio entre 30 cm y 40 cm. Textura predominante arcillosa. La buena continuidad de este horizonte en el área puede deberse a que los materiales volcánicos son transformados en productos alofánicos que presentan uniones estables con los compuestos húmicos haciendo al horizonte resistente a la erosión (IGAC, 1991).
- II. Presentes en casi toda el área, excepto en los puntos 8, 11 y 15, con espesor medio de 60 cm. Este horizonte presenta una estructura columnar pobremente desarrollada y un contenido importante de raíces aunque mucho menor que el horizonte orgánico. Textura predominante Limo-arcillosa.
- III. Presentes en casi toda el área, excepto en los puntos 8, 11 y 15, con espesor medio de 40 cm. Estructura columnar pobremente desarrollada y pocas raíces. Textura predominante arcillo-limosa.
- IV. De poca continuidad y con espesores variables entre 5 cm. y 20 cm. Escaso contenido de raíces. Textura entre arcillosa y limosa.
- V. El espesor es muy variable en el área estando entre 10 cm y 100 cm. Escaso contenido de raíces. Textura predominante arcillosa.
- VI. De poca continuidad en el área y con espesores muy variables entre 5 cm y 20 cm. Textura predominante Arcillo-limosa.

El horizonte VII corresponde a la arena del depósito aluvial.

3.3.2. Caracterización para los minerales densos retenidos en la malla # 200

• *Minerales densos en el Horizonte I*

Las muestras de este horizonte corresponden a la capa orgánica, donde el componente principal es ceniza volcánica y muestra la siguiente mineralogía: el anfíbol verde hasta el 73% con valor medio del 70%, piroxeno - siendo casi en su totalidad hiperstena - tiene un valor máximo del 15% y con un promedio de 12%, siguen los opacos con valores hasta del 8% y media del 6%, el anfíbol pardo y el anfíbol rojo (oxihomblenda) presentan valores de 3% y el 2% respectivamente (Figura 12). En general los cristales se encuentran en estado fresco, en formas subhedrales y algunos euhedrales (Figuras 5 y 6), Los minerales accesorios van en porcentajes variables del 0% al 8% y corresponden a clorita y biotita. El circón se presenta en muy baja cantidad en algunas muestras con un 1%, el cual es translucido y con formas muy bien definidas con aristas rectas y en formas alargadas.

• *Minerales densos en el horizonte II*

Los anfíboles verdes para las muestras que corresponden a este horizonte alcanzan valores máximos del 80% y tienen porcentajes medios del 76%, la hiperstena baja notoriamente al 1.5% en promedio denotándose en algunos sitios nulo el contenido de este mineral, los minerales opacos disminuyen también a porcentajes que van del 1% al 4.5%, se muestra otro tipo de piroxeno el cual es incoloro y tiene porcentajes medios de 1.4%. Entre minerales accesorios (clorita y biotita) y circón suman el 2% en promedio aproximadamente (Figura 12). En este horizonte los anfíboles verdes y la hiperstena van de euhedrales a subhedrales y con un aspecto muy fresco, en los minerales opacos no predomina ninguna forma en particular y son en general anhedrales (Figuras 7 y 8).

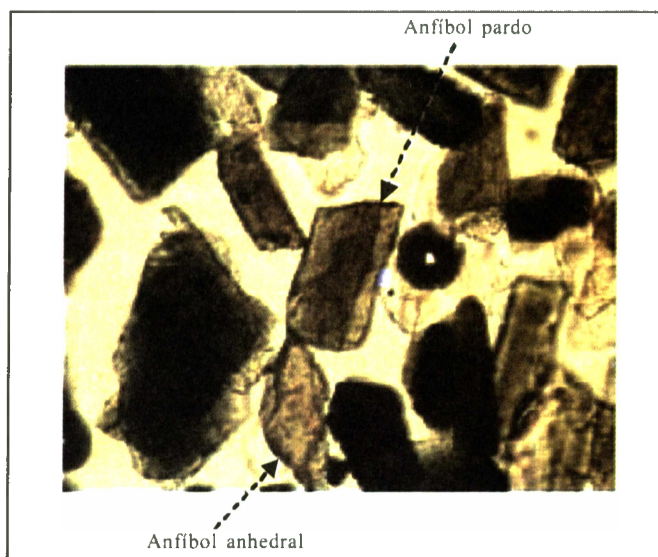


FIGURA 5.
Anfibol pardo del Horizonte I.

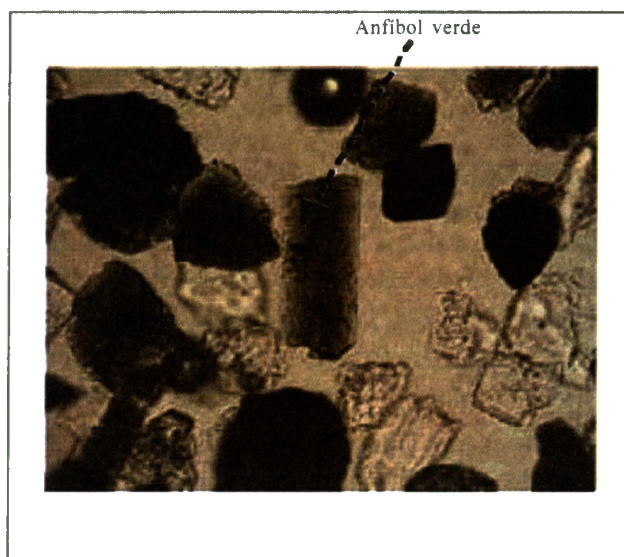


FIGURA 6.
Anfibol verde Horizonte I.

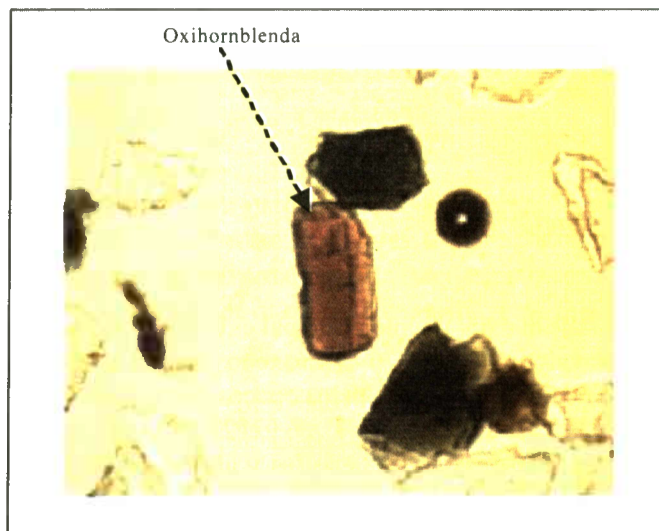


FIGURA 7.
Oxihornblenda del horizonte II.

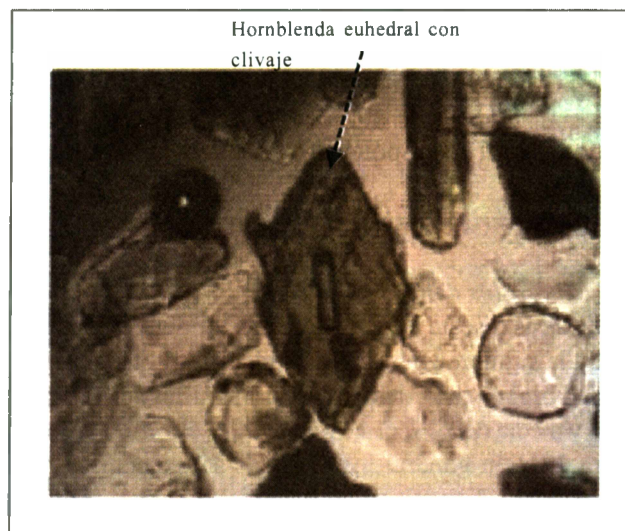


FIGURA 8.
Hornblenda del horizonte II.

• **Minerales densos en el horizonte III**

Este nivel exhibe una mineralogía muy variable aunque notablemente volcánica; los anfíboles verdes muestran valores altos hasta del 91%, con un promedio de 87%, al anfíbol rojo (oxihornblenda) varía con porcentajes del 0% al 4%, la hiperstena se encuentra nula en algunos sitios y en promedio tiene un porcentaje del 1.3%, los minerales opacos tiene valores máximos del 8% y en promedio un 4% presentándose con formas muy irregulares. Algunas veces se ve la presencia de circón translucido ya no con sus formas tan agudas como en otros niveles pero si en estado fresco, la cantidad de este mineral es bajo con un 1% en promedio (Figura 12). Los cristales de este nivel tienen en su gran mayoría formas anhedrales están además redondeados y fracturados, muchos se encuentran recubiertos por óxidos mostrando un aspecto de cristales retrabajados.

- **Minerales densos en el horizonte IV**

Presenta los siguientes porcentaje; los anfíboles verdes tienen valores del 40% al 62%, el anfíbol pardo va del 15% al 20%, el anfíbol rojo tiene valores menores del 3.5%, la hiperstena del 0% al 4%, el Circón translucido del 1% al 4%, el Circón rosado del 0% al 3%, los opacos tienen valores muy variados que van desde el 2.5% al 10% y los minerales accesorios alcanzan el 19% (Figura 12).

Como se puede observar es una mineralogía muy variable pero conserva un contenido de minerales volcánicos importantes.

- **Minerales densos en el horizonte V**

El anfíbol verde en este horizonte muestra un valor máximo del 88% y un promedio de 82%, la cantidad de anfíbol pardo y rojo es prácticamente nula a diferencia de la hiperstena que vuelve a reaparecer con valores relativamente altos aunque no tanto como en el horizonte orgánico (I), en este los porcentajes corresponden a valores del 11.5% máximo con un promedio del 10%. Los minerales opacos tienen porcentajes muy bajos menores del 1.5% (Figura 12) y se presentan en formas subhedrales. En los anfíboles y la hiperstena prevalecen las formas subhedrales y se encuentran en estado fresco, solo en las terminaciones de algunos cristales se observa algo de meteorización (Figuras 9 y 10). Entre los minerales accesorios más representativos se pueden observar circones rosados (Figura 11), translucidos de variadas formas y algunos con estructuras zonadas muy llamativas.



FIGURA 9.
Hiperstena del horizonte V.

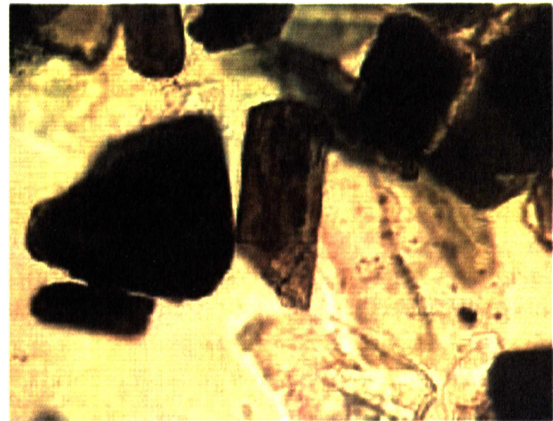


FIGURA 10.
Cristal de piroxeno del horizonte V.

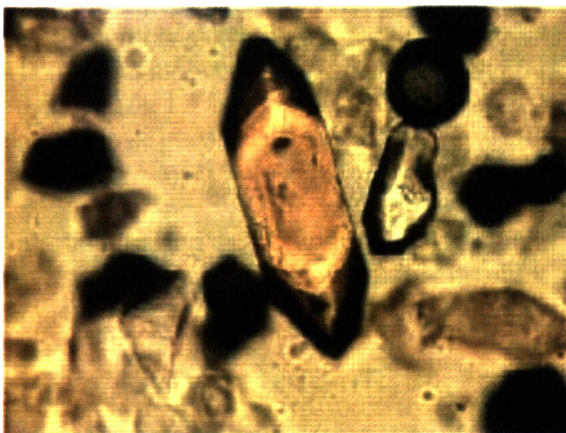


FIGURA 11.
Cristal de circón rosado del horizonte V.

• **Minerales densos en el horizonte VI**

El anfíbol verde alcanza un porcentaje máximo del 30% le sigue la cantidad de anfíbol pardo con 21%, los opacos con un valor del 12%, los minerales accesorios tiene porcentajes relativamente altos en este nivel que van hasta el 19%, el anfíbol rojo está con el 2% en promedio, los circones translucidos tiene un 3% en promedio y los rosados 2%, el piroxeno incoloro aparece de nuevo con el 4% (figura 12)

Como se puede apreciar en el análisis la mineralogía densa en este nivel de cenizas es muy variada.

Los porcentajes de composición y mineralogía por horizontes se muestran en la Figura 12. Los niveles IV y VI sucesivos para mostrar las similitudes mineralógicas.

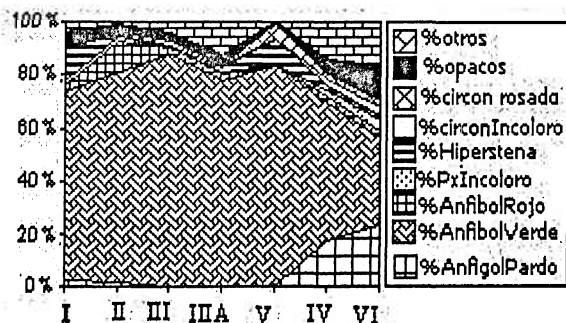


FIGURA 12.
Mineralógica de Densos vs. Horizonte

3.3.3. Caracterización para los minerales totales retenidos en la malla # 200

Los minerales livianos más representativos que se pudieron observar en este estudio fueron: vidrio volcánico, cuarzo, feldespato y plagioclasa; Por ser difícil realizar una buena diferenciación entre los dos últimos minerales mencionados se hace una cuantificación para tres grupos conformados por vidrio, cuarzo y feldespatos en general (Figura 13).

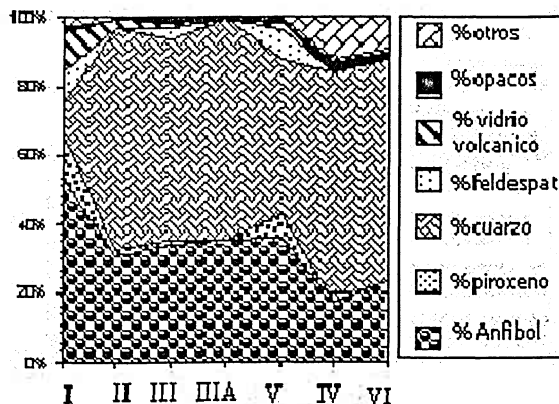


FIGURA 13.
Mineralógica Total vs. Horizonte

En la fracción liviana se resalta que la cantidad importante de vidrio volcánico se presentó en el nivel I; en el nivel V aunque la cantidad se nota un poco baja se rescata una presencia significativa de este mineral. En cuanto a la presencia de cuarzo, la cuantificación se realizó en forma general, pero en la fase de la descripción se pudo observar que el cuarzo bipiramidal se encontró representativamente en el horizonte V (Figura 14).

La Tabla 1 muestra un resumen de las características más notables de cada nivel estudiado para hasta esta etapa del trabajo.

TABLA 1.

Resumen de las Propiedades Físicas y Mineralógicas (retenidos malla #200)

| Horizonte | Muestras de esta unidad | Características físicas predominantes | Características Mineralógicas predominantes |
|-----------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | 10 | Textura generalmente arcillosa, estructura en bloques, espesor promedio 35.7 cm. | Abundante Anfíbol, hiperstena y vidrio volcánico |
| II | 8 | Textura predominantemente limo-arcillosa, estructura columnar, poco contenido de raíces, espesor promedio 58.5 cm. | Abundante Anfíbol subhedral, hiperstena de baja a nula, poco contenido de opacos y bajo vidrio volcánico. |
| III | 9 | Textura predominante arcillo - limosa, estructura columnar, espesor promedio 91.6 cm. (uniendo los dos horizontes). | Mineralogía poco distintiva, aunque se nota escaso vidrio volcánico y piroxeno los cuales son fácilmente meteorizables. |
| V | 6 | Textura predominantemente arcillosa, escaso contenido de raíces, espesor variable entre 10 y 100cm. | Abundante contenido de anfíbol, contenido medio de hiperstena, bajo contenido de vidrio volcánico. |
| IV y VI | 4 | Textura arcillosa y limosa, poco contenido de raíces Espesor Variable entre 5 y 20 cm. | Mineralogía poco distintiva con contenido volcánico. |
| VII | 4 | Textura franco arenosa. | Mineralogía no distintiva. |

3.3.4. *Minerales presentes en la fracción fina pasantes malla #200 con análisis DRX*

Estudios anteriores han demostrado que el comportamiento de fácil meteorización de las cenizas volcánicas es atribuible a las denominadas alófanos. Las alófanos se limitan a aluminosilicatos ordenados de corto rango que tienen relaciones de Si:Al entre 1:2 a 1:1 y que poseen una morfología esférica o de forma anular, por esta razón los picos para DRX de este mineral son de poca intensidad pero no clasifican como material amorfo como lo es el caso del vidrio volcánico el cual es simplemente no cristalino (Torres, 2001).

El “Centro Internacional de Datos de Difracción (JCPDS)” tiene en su base de datos las llamadas alófanos, lo cual indica que se acepta que tiene un patrón de difracción. En estos estudios realizados para minerales con cristalografía dudosa, plantean que mediante procesos de alteración química avanzada la Imogolita, el cual es otro mineral con estructura cristalina cuestionable, y la alófano se transforman en Halosita, Caolinita o Gibsita (Torres, 2001). Estos tres minerales fueron encontrados en las muestras estudiadas de la fracción fina de las cenizas de Llanogrande.

Con la ayuda del Software Difrac Plus Evaluation 2003 Eva Versión 9.0 se analizaron los difractogramas obtenidos. Para esta fase del análisis solo se contempló los horizontes que eran esencialmente ceniza (I, II, III, III y V), la mineralogía densa ayudó para descartar la unidad llamada horizonte gley y los depósitos aluviales.

• **Horizonte I**

Como era de esperarse la mineralogía para la fracción fina corresponde en gran parte a minerales arcillosos como vermiculita, que presenta el pico más perfecto, le siguen montmorillonita e illita, por último están hidrobiotita, actinolita y albita los cuales se evidencian también con un buen registro (Figura 15).

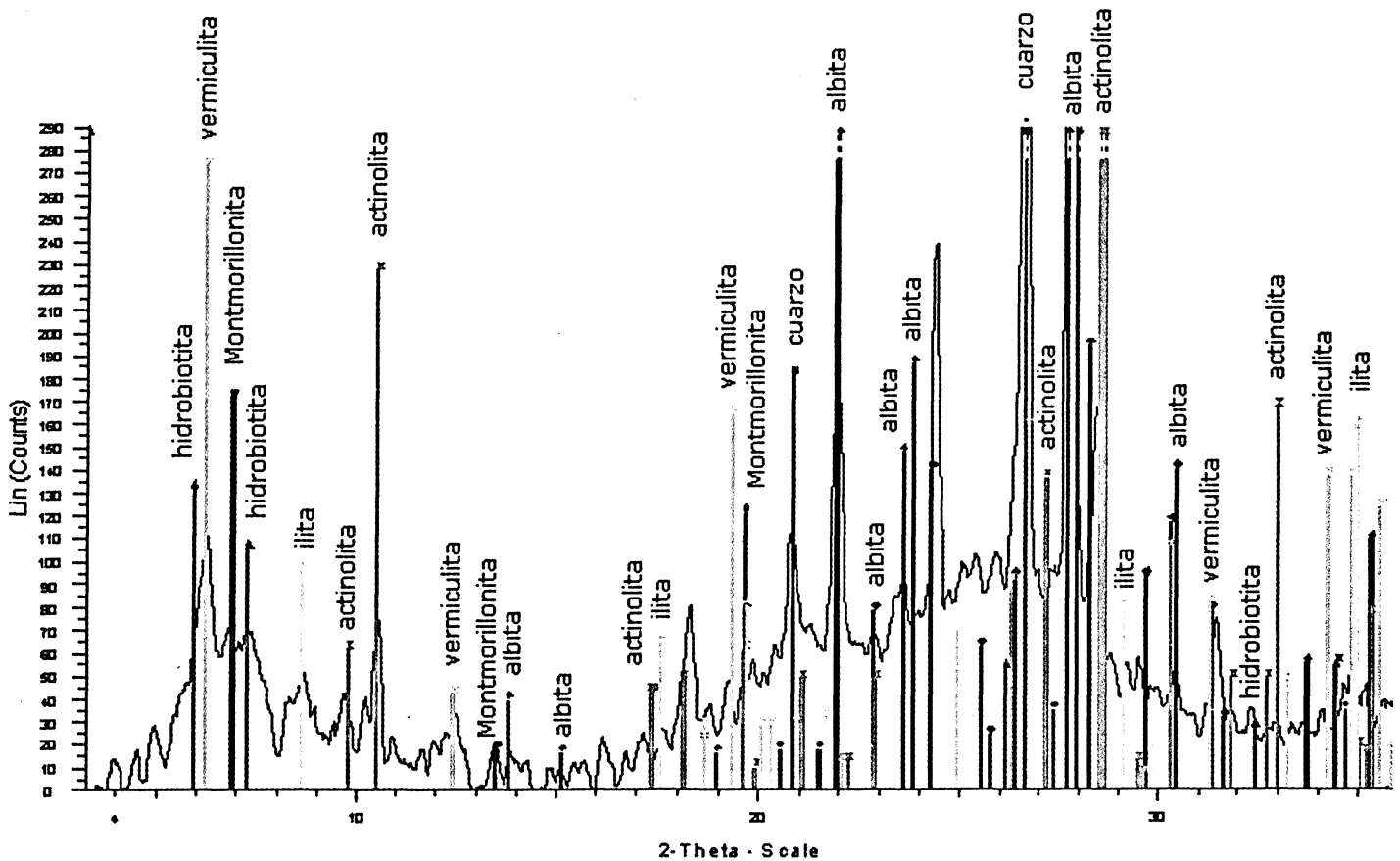


FIGURA 15.
Difractograma para la capa I

• **Horizonte II**

La montmorillonita es el que muestra el mejor pico, le sigue la magnesiohornblenda luego está la vermiculita, el clinocloro y la gibsita.

• **Horizontes III**

El análisis en cuanto a la fracción fina para este horizonte concuerda bastante con lo encontrado en su fracción gruesa, lo que quiere decir que se encuentran varios tipos de anfíboles en el análisis del difractograma, lo cual corrobora el alto porcentaje de este mineral en la fracción densa antes analizada.

Los anfíboles encontrados fueron magnesiohornblenda y kaersutita que pertenece a un tipo de Oxihornblenda rica en titanio y que puede encontrarse en cenizas volcánicas.

En cuanto a minerales arcillosos se obtuvieron vermiculita, illita, y la caolinita.

Los mejores registros para este nivel lo tienen en orden la magnesiohornblenda, la illita y la kaersutita.

• **Horizonte V**

El difractograma para este horizonte presenta únicamente cuarzo alfa, cristobalita y haloisita.

Se resalta que la haloisita y la cristobalita se han observado solo en este horizonte, marcando así una diferencia clara con los demás.

A través de los análisis realizados para cada horizonte se encontró que las diferencias más relevantes en cuanto a composición de la mineralogía presente en la fracción fina corresponden básicamente a los minerales arcillosos, asociado esto a las diferencias mineralógicas iniciales y posibles cambios climáticos en la zona.

En la Tabla 2 se muestra una relación mineralógica en orden de importancia para cada grupo de ceniza volcánica.

El cuarzo se presentó en todos los horizontes casi como el pico más representativo de todos los difractogramas analizados, lo cual no marca diferencia, por esta razón no se tuvo en cuenta para el análisis.

TABLA 2.

Resumen de los minerales presentes en los difractogramas.

| I | II | III | V |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------|
| Vermiculita | Montmorillonita | Magnesiohornblenda | Cristobalita |
| Montmorillonita | Magnesiohornblenda | Ilita | Haloisita |
| Ilita | Vermiculita | Caolinita | |
| Hidrobiotita | Clinocloro | kaersutite | |
| Actinolita | Gibsita | Ortoclasa | |
| Albita | | | |

Como se aprecia en la Tabla 2 el contenido de vermiculita en las cenizas es mayor en la parte superior, más concretamente en el horizonte orgánico lo cual es consecuencia de mayor meteorización; la Montmorillonita se muestra mejor en el horizonte II, donde se registra también gibsita la cual es un mineral ausente en los demás horizontes. En el caso de las Cenizas del horizonte III la kaersutite se encuentra presente y no se repite en ninguna otra capa.

En el Horizonte V (Grupo Inferior de Cenizas Volcánicas) se observó Critobalita y Haloisita , la cual es una composición bien diferente entre las capas analizadas.

3.3.5. Minerales presentes en la fracción fina con análisis SEM

Los análisis realizados a través del microscopio electrónico de barrido refuerzan los estudios efectuados para las muestras de suelos tanto de la fracción gruesa como de la fracción fina. Por medio de las imágenes y los registros del componente químico se confirma la mineralogía presente en cada horizonte. Por ejemplo, se evidencia el cuarzo bipiramidal en el horizonte V, el contenido alto de anfíbol en el III, donde se muestra un cristal probablemente de kaersutita $\text{NaCa}_2\text{Mg}_4\text{Ti}(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{23})(\text{OH})_2$, por los contenidos de Ti y Mg , esta puede corresponder a una Oxihornblenda que se encuentra deformada (Figura 16). En el horizontes III se observa ilita que en este caso tiene también contenido de Ti y además Fe la cual con estas características químicas corresponde a una ilita trioctahedral. Se pudo apreciar también el cuarzo bipiramidal en el horizonte V (Figura 17).

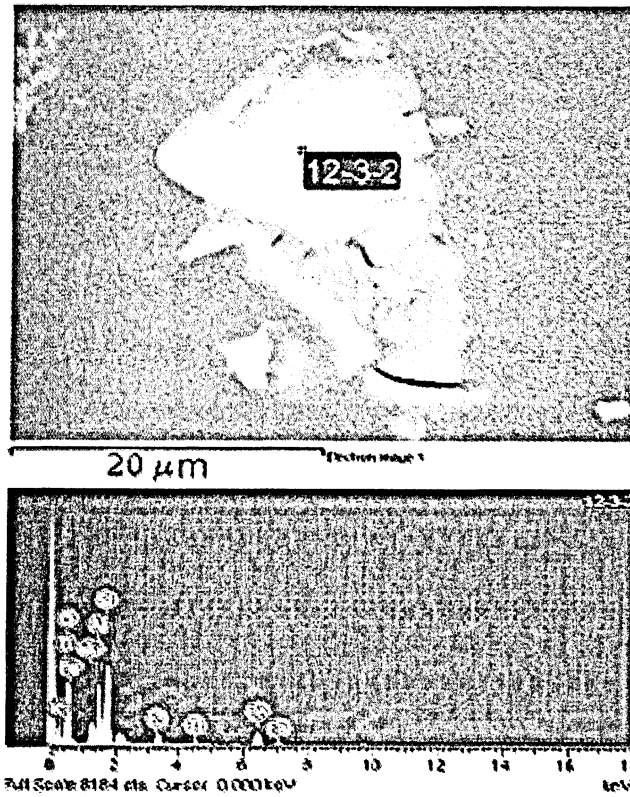


FIGURA 16.
Kaerstutita en el horizontes III

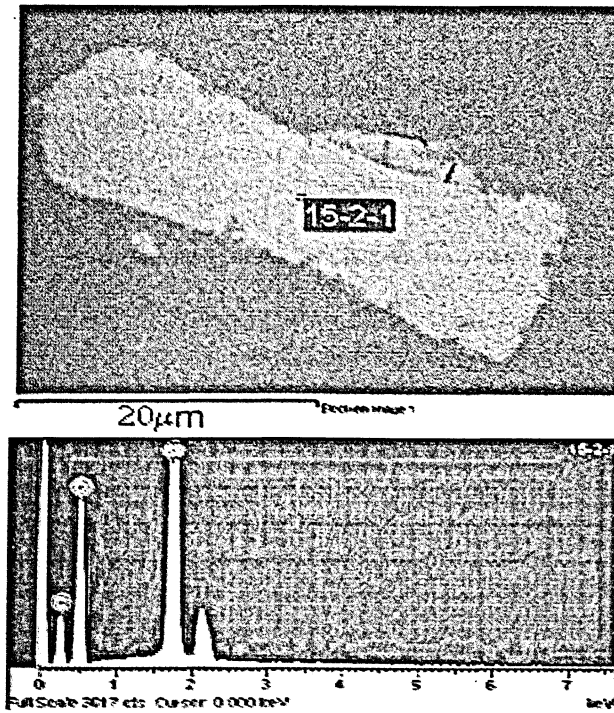


FIGURA 17.
Cuarzo Bipiramidal del horizonte V

3.3.6. Replanteamiento estratigráfico a partir del análisis físico y mineralógico

De acuerdo con los análisis efectuados para las capas de cenizas volcánicas presentes en la zona de estudio, se llegó al siguiente planteamiento:

Grupo Superior de Cenizas Volcánicas

Pertenece al horizonte húmico que es la parte superficial de la terraza y que se genera por la descomposición de la materia orgánica. Esta capa es el horizonte I y aunque posee gran cantidad de materia orgánica se pudo determinar su carácter volcánico. La mineralología para finos está conformada esencialmente por vermiculita, montmorillonita e ilita.

Este grupo correspondería con la unidad volcánica Superior descrita por Toro y Hermelin (1989) para el Oriente Antioqueño.

Grupo Intermedio de Cenizas Volcánicas

Corresponde a la capa II y se caracteriza esencialmente por su bajo contenido de hiperstena y vidrio volcánico. Estas cenizas son las que tienen los cristales mejor formados y menos alterados.

Los finos contienen montmorillonita, magnesiohornblenda y gibsita.

Este grupo correspondería a la unidad volcánica Intermedia descrita por Toro y Hermelin (1989) para el Oriente Antioqueño.

Grupo de Cenizas Retrabajadas

Este horizonte corresponde a la capa III, la cual en su fracción densa posee una mineralología muy variable, donde el único mineral que posee un porcentaje importante es el anfíbol verde con valores hasta del 90%. Este horizonte correlacionado por el perfil propuesto por Vera (2001) pertenece a la unidad Volcano-detritica.

Con respecto a la mineralología de finos hay picos representativos para el mineral de kaerstutita, el cual es un clinanfíbol con hábito fibroso, también se observa hornblenda demostrando así que este horizonte tiene un contenido anfíbólico importante. Los picos más importantes de los minerales arcillosos pertenecen a magnesiohornblenda, ilita y caolinita.

Grupo Inferior de Cenizas Volcánicas

Es el horizonte V, este posee mineralología anfíbólico-hipersténica con bajo contenido de vidrio volcánico y su composición en finos corresponde a cristobalita y haloisita.

4. CONCLUSIONES

- En el área se diferenciaron tres unidades volcánicas con una intercalación de un horizonte volcano-detritico.
- La secuencia generalizada está conformada desde el techo por un horizonte orgánico que corresponde al grupo superior de cenizas volcánicas anfíbólico-hipersténicas y vidrio volcánico, con límites transicionales a cenizas pobres en hiperstena, un nivel de cenizas retrabajadas, y luego un nivel donde reaparece la hiperstena con características similares al horizonte superior pero sin vidrio y llamado grupo inferior de cenizas volcánicas, por último se encuentran el horizonte gley y los depósitos aluviales de la zona.
- Las cenizas estudiadas están constituidas por materiales muy finos correspondiendo a limos y arcillas alrededor del 90% de su composición.
- Los minerales ligeros aportan diferencias a partir de la cantidad porcentual de vidrio volcánico y algunas veces de cuarzo.

- Es recomendable realizar dataciones de las cenizas volcánicas para poder establecer relaciones cronológicas y correlaciones más precisas con los estudios para el oriente Antioqueño.

5. AGRADECIMIENTOS

A la profesora Marion Weber (UNAL- Medellín) por su valiosa ayuda en la etapa de laboratorio.

6. BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, J., 1983. Geología de la Cordillera Central y el occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Mesoceno-zóicos. Boletín Geológico. INGEOMINAS, Bogotá. Vol. 26, N°2.
- Botero, G., 1963. Contribución al Conocimiento de la Geología de la Zona Centra de Antioquia. Anales Facultad de Minas. Medellín.
- Durango, J.R., 1975. Terrazas del Valle del Rio Negro y sus afluentes.. Proyecto de grado. Universidad Nacional. Facultad de Minas. Medellín, 56 p.
- González, H., 1980. Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina). Boletín Geológico. Vol. 23, N° 1. INGEOMINAS, Bogotá. 174 p.
- , 1996. Mapa geológico del departamento de Antioquia: geología, recursos minerales y amenazas potenciales. Escala 1:400000. Memoria explicativa. INGEOMINAS, Bogotá. pp. 28 – 127.
- Hoyos, F., Vélez, M. V., Múnera, J. C. y Arias, D. E., 2001. Investigación de aguas subterráneas Región Valle de San Nicolás, Fase II. Convenio de cooperación en ciencia y tecnología CORNARE - Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas.
- IGAC. 1988. Suelos y bosque de Colombia. Hacienda y Crédito Público. Bogotá.
- . 1990. Estudio detallado de suelos de varias regiones de Colombia. Santafé de Bogotá
- . 1991. Propiedades físicas de los suelos. Santafé de Bogotá
- Ospina, T. Reseña Geologica de Antioquia. 1911 – 1939.
- Page, W.D y James, M.E., 1981. The Antiquity of the Erosión Surfaces and Late Cenozoic Deposits near Medellín, Colombia: Implications to tectonics and erosion retes. Revista CIAF, Vol. 6. N° 1-3: pp. 127-187.
- Posada, B. O., 2000. Sensores remotos y SIG en la cartografía de cenizas volcánicas. Tesis de Maestría, Universidad EAFIT.
- Shogi, S., Nanzyo, M., Daglgren, R., 1993. Volcanic Ash Soils: Genesis Propierties and Utilization.
- Tobon, J., 2003. Hidrologia de la Zona Vadosa de la Terraza de Llanogrande en Rionegro Antioquia.
- Toro, G. y Hermelin, M., 1989. Tefraestratigrafia Colombiana. I Etapa Tefraestratigrafía del Departamento de Antioquia. Universidad Eafit Medellín. 164p.
- Restrepo, J. J. y Toussaint, J. F., 1987. El grupo Ayurá – Montebello: Tiene todavía validez estratigráfica? Memorias Seminario Gerardo Botero Arango, Geología de la Cordillera Central de Colombia. Medellín. pp.167 – 173.
- Vera, C. A., 2001. Variación en la permeabilidad y en las condiciones de infiltración de las cenizas volcánicas de los valles de San Nicolás. Tesis de Maestría, Universidad EAFIT. 253 p.

