

REPÚBLICA DE CUBA MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR UNIVERSIDAD DE MOA "Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ" FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

Título: Caracterízación mineralógica de las formaciones rocosas de la cuenca acuífera centro - oeste de Huambo. Angola

Tesís presentada en opción al Título de Ingeniero Geólogo

Autor (a): Francisco Paca Soki

Tutor: Dr. C Arturo Luis Rojas Purón.

Moa, 2019 "Año 61 de la Revolución"

PENSAMIENTO

"Basta con asomarse a las puertas de la ciencia Contemporánea y moderna para preguntarnos si es posible vivir y conocer la ciencia del futuro sin un enorme caudal de formación y conocimiento".

Fidel Castro Ruz.

"La mayor gloría en la vída no consiste en no caer, sino en levantarnos cada vez que caemos. Debemos usar el tiempo sabiamente y darnos cuenta de que siempre es el momento oportuno para hacer las cosas bien".

Nelson Mandela.



"Para ser exitoso no tienes que hacer cosas extraordinarias, haz cosas ordinarias extraordinariamente bien". Ernesto Che Guevara.



DEDICATORIA

Nada es fácil en la vida, sólo con mucho esfuerzo, dedicación, mucha fe y esperanza en Nuestro Señor se llega a hacer realidad lo que solo soñamos. Este trabajo está dedicado a mis hermanos, hermanas, mi novia y mis padres por la fuerza, el coraje, la ayuda y la alegría demostrada a lo largo de los años. Y a todas las personas que creyeron en mí.

AGRADECIMIENTOS

Al Señor Dios Todo poderoso, razón de mi vivir y en quien confío enteramente.

A mis padres, hermanos y hermanas que con mucho cariño y apoyo, midieron esfuerzos para que yo pudiera concluir esta etapa de mi vida.

Primeramente vengo a dar gracias a Dios por permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera, por cada detalle y momento durante la realización de mi tesis, gracias a él por ser la base de mi moral, por cada día en el que me permitió despertar no solo con vida, sino que también me permitió continuar con salud, fuerzas y empeño; para que con cada avance durante mi vida, cada experiencia y momento, fuera solo un momento de aprendizaje, un momento mediante el cual crecí como persona.

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida. Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome y buscando lo mejor para mi persona.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi padre Jeremías Soki y mi madre Afonsina Matondo por desear y anhelar siempre lo mejor para mí, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron y me guiaran siempre. Gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que más me aman, y a las que yo sé que más amo, gracias a Dios por permitirme amar a mis padres.

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser; gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia mis hermanas Madalena Soki, Suzana Soki, Jessica Soki mis hermanos Afonso Soki, Luis Soki, José Soki, Diogo Soki, y Petilson Soki.

Agradezco a mi novia, mi apoyo en Cuba, mi compañero, gracias por todos estos años de afecto.

Agradezco a mis hermanos, insoportables, chatos, compañeros de aula pasamos los 5 años de dificultad, faltas de sueño, peleas, desentendimiento, pero así mismo fuimos más fuertes y nos permitió alcanzar los objetivos y concluir la meta de una de las etapas más importantes de nuestra vida... Bruno Yoong, Pedro Manuel, Amarildo Cavinda, Dumila Fernández, Rodrigues da Silva, Pedro Durán Ávila, Carlos Flores y Carlos Matos. Ustedes son inolvidables.

El término gratitud, no siempre se asocia o familiariza con los profesores, estos en la mayoría de las ocasiones son vistos con desprecio y asociados con personas que castigan o nos obligan a realizar actividades extracurriculares que causan banalidad en la optimización de nuestro tiempo; pero la realidad es que estos seres humanos son sumamente importantes en nuestro desarrollo como personas, agradezco a los profesores que nos educaron durante estos 5 años.

Quiero agradecer a mi tutor por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que me surgiera, por la claridad y exactitud, Dr. C Arturo Luis Rojas Purón, gracias por permitirme el desarrollo de esta tesis y confiar en mí. Además, agradezco a la MSc. Amalia Beatriz Riverón Zaldívar.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en mí y en la realización de esta investigación.

RESUMEN

El presente trabajo aborda la problemática mineralógica de las formaciones de rocas en la cuenca acuífera centro-oeste de Huambo, Angola. El principal objetivo es caracterizar mineralógicamente por medio de difracción de Rayo-X (DRX). Para dar solución a este problema se utilizó como técnicas analíticas la difracción de Rayos-X (DRX). Como resultados se obtuvo que las características mineralógicas generales de los sectores de estudios obedecen a un cuerpo de tipo granítico, por la asociación mineralógica donde predominan los minerales como el cuarzo, micas, feldespatos (plagioclasas, albita), se evidencia que el cuerpo granítico posee un nivel de meteorización, dada la presencia del material arcilloso (caolinitico), fundamentalmente hacia la parte sur del sectores Huambo, comuna de la Chipipa, Bailundo, astillero de los chinos y Huambo, ciudad Alta. (Según los puntos P1A1, P1A3, P2A2, P2A3, P2A4 y P3A1). Además existen mineralización ferrosa en los sectores Huambo, comuna de la Chipipa y Bailundo, astillero de los chinos. (en los puntos P1A2 y P2A1), representada por hematita y goethita. La caolinita es el producto de alteración del feldespato debido la descomposición de rocas feldespáticos principalmente.

Palabra claves: Angola, Cuenca acuífera, Mineralogía, Difracción de Rayos - X (DRX), Huambo.

ABSTRACT.

This work deals with the mineralogical problems of the rock formations in the central-western water basin of Huambo, Angola. The main objective is to characterize mineralogically by means of X-ray diffraction (XRD). X-ray diffraction (XRD) was used as analytical techniques to solve this problem. As results it was obtained that the general mineralogical characteristics of the study sectors obey a granite type body, for the mineralogical association where minerals like quartz, micas, feldspars (plagioclase, Albite) predominate, it is evident that the granite body has a level of weathering, given the presence of clayey material (kaolinitic), mainly towards the southern part of Huambo sectors, commune of Chipipa, Bailundo, shipyard of the Chinese and Huambo, city Alta. (According to points P1A1, P1A3, P2A2, P2A3, P2A4 and P3A1). In addition there is ferrous mineralization in the sectors Huambo, commune of Chipipa and Bailundo, shipyard of the Chinese. (at points P1A2 and P2A1), represented by hematite and goethite. Kaolinite is the product of alteration of feldspar due to the decomposition of feldspathic rocks mainly.

Keyword: Angola, aquifer basin, Mineralogy, X - ray Diffraction (XRD), Huambo

ÍNDICE

Introducción	1
 Marco teórico contextual de la investigación. Composición mineralógica de las rocas. Rocas	2 2 3 3 4 4
Capítulo 1: CaracterísticaS Físico - Geográficas y Geológicas de la Región del Huambo.	6
Introducción 1.1- Ubicación geográfica 1.2- Vías de acceso 1.3- Clima 1.4- Vegetación 1.6- Geología Geomorfología 1.8- Hidrografía	6 6 7 8 . 10 . 13 14
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS en LA INVESTIGACIÓN	. 16
Introducción 2.2- Ubicación y descripción de los puntos de muestreo	. 16 . 16
Tchindjenje ¡Error! Marcador no defini	ido.
 2.3- Toma de muestras (testigos de sondeo de perforación) 2.4- Trabajo de gabinete 2.4.1- Materiales y equipos de Gabinete: 2.4.2- Consulta bibliográfica 2.5- Trabajo de campo 2.5.1- Materiales de Campo 2.5.2- Materiales utilizados en el trabajo de perforación 2.5.3- Reconocimiento geológico de la zona de estudio 2.6- Trabajo del laboratorio 	. 17 . 18 18 18 19 19 19 19
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS INTRODUCCIÓN 3.1- Ubicación de los puntos de muestreo	. 23 . 23 . 23
3.2- Huambo, comuna de Chipipa Muestra P1A1 Muestra P1A2 Muestra P1A3 Muestra P1A4	. 25 . 25 . 26 . 27 . 29

Muestra P2A1
Muestra P2A2
Muestra P2A4
Muestra P2A8 40
3.3 Huambo, ciudad Alta
Muestra P3A1 42
Muestra P3A11 43
Muestra P3A12 45
3.4 Huambo Monte Belo 46
Muestra P4A4 46
Muestra P4A7 48
Muestra P4A8 49
3.5 Bailundo 51
Muestra P5A8 51
Muestra P5A10 52
3.6 Tchindjenje
Muestra P6A1054
3.7- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS
> Huambo comuna de la Chipipa58
Bailundo, astillero de los chinos
Huambo Ciudad Alta
Huambo Monte Belo
Bailundo
Tchindjenje
Conclusiones
Recomendaciones
Bibliografía64

ANEXOS

Anexo gráfico 1. Datos difractométricos de los difractogramas de Rayos-X, empleados en la zona de Huambo, Angola.

Trabajo de diploma

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda la problemática de caracterizar mineralógicamente las formaciones rocosas de la cuenca acuífera en el centro-oeste de Huambo, Angola. Un agujero de captación de aguas subterráneas es una obra compleja que se desarrolla en el subsuelo casi siempre fuera de la vista de los actores en su construcción, lo que hace difícil evaluar y conocer las unidades litológicas por donde atraviesan las varas de perforación, (Soares, Silva & Pinto 2012). Cabe señalar también que los materiales rocosos retirados durante la perforación en muchos de estos trabajos se rechazan sin la consulta de un experto en este ámbito para su análisis, con el fin de proporcionar información que será de gran interés.

La existencia de pocos trabajos relacionados a las características petrográficas y mineralógicas que comprenden las formaciones rocosas de la cuenca acuífera en el centro-oeste de Huambo, así como el insuficiente conocimiento actual sobre los constituyentes mineralógicos presentes en estas formaciones permitieron la realización del presente trabajo **Caracterización mineralógica de las formaciones rocosas en la cuenca acuífera centro - oeste de Huambo, Angola** que permite caracterizar mineralógicamente las formaciones rocosas de la mencionada cuenca, a partir del estudio detallado de las variaciones de estas características con apoyo de técnicas instrumentales de microscopía y difracción de rayos X para mejorar el conocimiento científico y técnico.

Por ello, el problema a resolver, está enfocado en lo siguiente:

Problema científico

Necesidad de caracterizar la composición mineralógica de las formaciones rocosas de la cuenca acuífera en el centro - oeste de Huambo, Angola.

Objeto de la investigación

Las formaciones rocosas de la cuenca acuífera en el centro-oeste de Huambo, Angola.

Campo de acción

Características mineralógicas de las formaciones rocosas de la cuenca acuífera en el centro - oeste de Huambo, Angola.

<u>Objetivo general</u>

Caracterizar mineralógicamente las formaciones rocosas de la cuenca acuífera en el centro - oeste de Huambo, Angola, a partir de técnico de Difracción de Rayos X (DRX) para tener criterio sobre el grado de disolución de algunos tipos de rocas en esta zona angolana.

Objetivos específicos

- Exponer los aspectos geológicos asociados a las formaciones rocosas de las cuencas acuíferas en el centro-oeste de Huambo.
- Determinar la composición mineralógica presente en el material rocoso en la cuenca acuífera centro-oeste en la región de Huambo a partir de técnico de DRX.
- Emitir criterios sobre el grado de disolución de algunos tipos de rocas mencionada el área de estudio.

<u>Hipótesis</u>

Si se muestrea las formaciones rocosas de las cuencas acuíferas en la región de Huambo, y se determinan sus minerales presentes empleando métodos de Difracción de rayos-X, entonces se podrá establecer la constitución mineralógica de estas formaciones rocosas.

> MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación, se presentan aspectos fundamentales sobre las características mineralógicas de las rocas y cuencas hidrográficas que profundizan el conocimiento de esta temática y enriquecen el desarrollo de la presente investigación. En especial:

Composición mineralógica de las rocas.

Los minerales están por todas partes (son las sustancias formadoras de las rocas, suelos y sedimentos) y proporcionan una gran parte de las materias primas usadas en aplicaciones tecnológicas e industriales, el potencial de aplicación de este conocimiento es vasto. En realidad, con excepción de las sustancias orgánicas, los demás materiales que usamos o con los que convivimos en el día a

día son todos minerales o de origen mineral. De este modo, establecer un concepto claro y preciso de mineral no es una tarea fácil, pero existen conceptos que se pueden considerar y se aceptan como:

Rocas

Se definen como cualquier agregado natural sólido, compuesto de uno o más minerales, y constituyen parte esencial de la corteza terrestre (Horacio 2008). La roca se estudia en diferentes niveles de observación (afloramientos, muestras de mano y diversos tipos de láminas) y en varios aspectos. En base a criterios genéticos, es decir, cómo es su modo de formación en la naturaleza, la mayoría de las rocas se pueden clasificar en tres grandes grupos: magmáticas, sedimentarias y metamórficas.

Rocas Magmáticas

Las rocas magmáticas, también llamadas rocas cristalinas, resultan del enfriamiento y cristalización del magma. Los minerales más comunes en las rocas magmáticas son: cuarzo, feldespatos y plagioclasas, feldespatoides (nefelina, leucita), micas (moscovita, biotita), piroxenas, anfíboles y olivino. Estos pueden ser en cada caso esencial, es decir, son los que caracterizan la roca que los contiene, o pueden ser minerales accesorios, que existiendo en una roca no afectan a las características de la misma.

Cuencas Hidrográficas

La cuenca hidrográfica es un sistema físico donde hay entrada de un volumen del agua precipitada y la salida de un volumen de agua escurrido por el exterminio, considerando como pérdidas intermedias los volúmenes evaporados, transpirados y también los infiltrados profundamente (Viera, F. Roque. 2014).

La importancia del concepto de cuenca hidrográfica está en el hecho de que dentro de una cuenca hay una profunda interdependencia de los seres vivos que se sirven entre sí y con el medio ambiente, incluidas las poblaciones humanas.

Agua subterránea

El agua subterránea es toda el agua que ocurre debajo de la superficie de la tierra, llenando los poros y vacíos inter granulares de las rocas sedimentarias, o las fracturas, fallas y fisuras de las rocas compactas, y que siendo sometida a dos fuerzas (de adhesión y de gravedad) desempeña un papel esencial en el mantenimiento de la humedad del suelo, del flujo de los ríos, lagos y pantanos.

Acuífero

Acuífero es una formación geológica del subsuelo, constituida por rocas permeables, que almacena agua en sus poros o fracturas y permite la circulación de la misma.

Perforación: es la operación de perforar la corteza terrestre con diversos objetivos, como obtención de hidrocarburos, agua, gas o informaciones geológicas.

Trabajos de perforación de pozos en sector de estudio.

Consistió en la utilización de una sonda de rotación y roto percusión (compuesto por un camión y la máquina de perforación), que se ha destinado a triturar y desgastar las formaciones litológicas, reduciéndolas a pequeñas partículas mediante la utilización de un trépano giratorio (broca) y un martillo. Los movimientos rotativos del trépano fueron acompañados por la circulación de un fluido, usualmente "lodos" constituidos por mezclas más o menos estables densas y viscosas a base de bentonita y de otras sustancias con agua, cuya función fue de remover y traer los residuos de la perforación hasta a la superficie, para evitar el desmoronamiento de las paredes de la perforación, lubricar y enfriar las herramientas cortantes.

Meteorización o intemperismo

Es la desintegración (proceso mecánico físico) y descomposición (proceso químico) de las rocas que afloran en la superficie terrestre como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos y físico-químicos. En ella actúan diferentes factores: relieve, clima, litología, biota, composición de las rocas y duración del proceso. Para su mejor estudio se divide en dos tipos: física y química. (Smirnov, V. I., 1982).

Meteorización química

Es la alteración de las rocas producida por reacciones químicas que modifican su composición y, por tanto, sus propiedades. Siempre tiene lugar en presencia de agua.

- Disolución: el agua pura es capaz de disolver algunas rocas salinas formadas por minerales compuestos por cloruros (halita, silvina, carnalita)
- Carbonatación: es un caso particular de la disolución en la que no solo interviene el agua sino el ácido carbónico (H₂CO₃) procedente de la disolución en el agua del dióxido de carbono (CO₂) atmosférico.
- Hidrólisis: el grupo mineral más común, el de los silicatos, se descompone mediante este proceso. El agua se disocia en sus dos componentes iónicos, el protón H+ y el ión hidroxilo OH-, que reaccionan con los componentes minerales, modificando su composición química y transformándolos en otros distintos.
- Oxidación: es común que los objetos de hierro y de acero se oxidan cuando están expuestos al agua. Lo mismo ocurre con los minerales ricos en hierro. La oxidación se produce cuando el oxígeno se combina con el hierro para formar óxido férrico. Al oxidarse, el hierro se hace insoluble y precipita en el medio en el que se encuentre. A él se debe la coloración ocre-rojiza de la mayor parte de los productos de la meteorización de la superficie terrestre.
- Hidratación: algunos minerales arcillosos tienen la facultad de incorporar moléculas de agua en sus estructuras cristalinas.

Meteorización fisca o mecánica

Es la rotura de una roca en bloques o partículas por la acción de procesos físicos o mecánicos. Los fragmentos conservan las propiedades de la roca.

CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS FÍSICO - GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN DEL HUAMBO INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se exponen los principales aspectos físicos, geográficos, climáticos y geológicos del área de estudio.

1.1- Ubicación geográfica

El área de investigación se encuentra en Angola, en la provincia de Huambo, se encuentra limitada al oeste por la provincia de Benguela, al noroeste por la provincia de Kwanza-Sur, al este-noreste por la provincia de Bié y al sur por la provincia de Huila (Ver figura 1).



Figura 1. Localización geográfica de la provincia de Huambo, (Cabral, Ana & Costa 2010).

1.2- Vías de acceso

El acceso de Luanda a Huambo, es por la carretera nacional Luanda – Huambo (Ver figura 2), pasando por el Catete, Dondo, Gabela y Waku-Kungo; y por vía aérea desde el aeropuerto nacional 4 de febrero hasta el aeropuerto Albano Machado en la ciudad de Huambo.

Trabajo de diploma



Figura 2. Vista ilustrativa de la carretera nacional Luanda-Huambo (fuente: Pambula 2015)

1.3- Clima

En la provincia de Huambo, así como en toda la región central de Angola, predominan condiciones de elevada precipitación anual, con una media de 1050 mm, sobrepasando los 1600 mm en la meseta central. El clima es húmedo tropical, influenciado por la altitud de la meseta, con semejanzas al de zonas templadas, con invierno seco y verano lluvioso, y temperatura media anual inferior a 20°C.

El mes más frío es junio (excepcionalmente julio) y el más cálido es septiembre en zona de mayor altitud, y de menor altitud es octubre, siendo la temperatura media del mes más caliente en general 22°C. La amplitud de variación anual de la temperatura del aire es inferior a 10°C. Son prácticamente desconocidos los registros de temperatura mínimas inferiores a 0°C (Ver figura 3).

Trabajo de diploma



Figura 3. Temperaturas mensuales registradas en la estación experimental de Chianga (Cabral, A Isabel 2003).

En cuanto a la humedad del aire, el clima se considera seco, pues la humedad relativa media anual anda alrededor del 60 al 70%, presentando en los meses de estación lluviosa valores más elevados (75 a 85%) y los de cacimbo valores bajos 35 a 55%), con días o períodos de día de humedad relativa muy baja (<30%).

1.4- Vegetación.

Según la Carta fotogeográfica de Angola de 1970, la región central del Huambo presenta 5 tipos de vegetación:

La vegetación del tipo 16 - que corresponde al 70% de la provincia formada por «Miombo», sabanas y «ongote» submontanos en suelos ferralíticos y afines, formando un bosque del tipo abierto o bosque.

La vegetación del tipo 32 - es designada por prados de altitud o «anchas del alto» asentados en suelos ferralíticos o psamoferralíticos y delgados - Plataformas superiores de la meseta central.

La vegetación del tipo del tipo 18B - que corresponde a «Miombo» ralo y sabana de los declives meso planálticos, localizado entre el valle del río Queve.

La vegetación del tipo 24 - Forma un mosaico de sabanas herbosas o con arbustos, bosques, y bosque denso seco.

La vegetación del tipo 5 - Bosque húmedo, predominantemente Zambeziana meso planáltica.

En este sentido, (Diniz 1998), describen la vegetación de la región, siendo altamente variable con muchas comunidades de plantas únicas, los bosques de la

escarpa son importantes centros de endemismo y se listan como sitios críticos de conservación de la biodiversidad en Angola (Ver figura 4).



Figura 4. Carta de distribución de vegetación del Huambo (Cabral, Ana & Costa 2010) El tipo de vegetación predominante es la sabana arbórea, que ocupa más del 57% del área de la provincia, seguida de la agricultura, con el 16%, y del bosque abierto, con el 14%. La mayor parte de su superficie, es decir, el 71%, tiene pendientes suaves, entre un 2 y un 10% lo que le confiere condiciones de flujo lento. El resto del área se caracteriza por valores por debajo de cero a los que corresponde un bajo grado de vegetación verde (Ver figura 5).



Figura 5. Vegetación del Huambo (fuente: Pambula 2015)

1.6- Geología.

En la región de Huambo, geológicamente se encuentra enclavada en la llamada meseta, una de las principales unidades geologica que conforman la geología de Angola.

La región de la meseta central está formada por el Macizo antiguo que constituye el escudo de Angola con rocas del complejo granito-gnéisico, donde se encuentran las formaciones del Complejo de Base constituido por rocas eruptivas antecambricas, y del «Sistema Oendolongo»; y a su vez dispersas por la parte central y sur en afloramientos localizados.(Dinis 1998), (Ver figura.6 y 7).

Son las rocas más antiguas y más metamorfizadas del complejo granito-gnéisico, no obstante en el transcurso de trabajos más recientes, se identificaron raramente rocas metamorfizadas. La mayor totalidad de la formación la integran rocas granitoides las cuales no se distinguen morfológicamente de los granitos, granodioritas y quartzodioritos más recientes, a no ser, en algunos casos, por la existencia de cierto grado de metamorfismo. En lo que a los granitos se refiere, resalta un granito porfiroide muy grueso con la rúbrica de «Granito de Quibala» que están bien representados al norte de la provincia los del tipo «granitos leucocráticos», y del tipo «granitos biotíticos porfiroblásticos», (que sufrieron levemente el metamorfismo) localizados ligeramente más al sur de los leucocráticos.(Cabral, Ana & Costa 2010).

En cuanto a la distinción en el campo entre quartzodioritos y granitos, en la mayoría de los casos es posible, pero su separación de las granodioritas es normalmente bastante difícil.

Las formaciones del «Sistema del Oendolongo» de Huambo constituyen pequeñas pero frecuentes manchas (Ver figura 7). El sistema está constituido por dos grupos distintos, uno inferior, predominantemente de naturaleza arcillosa, y otro superior de naturaleza silícea (gneis, quartzitoides, gradovaques, itabiritos, quartzitos, siltitos y gres. (Cabral, Ana & Costa 2010).



Figura 6. Esquema de la distribución de los materiales rocosos del Planalto Central.(Cabral, Ana & Costa 2010).

Carta Geológica de la provincia de Huambo



Figura 7. La Carta Geológica de la región del Planalto Central (adaptada de la Carta Geológica de Angola a la escala 1.000.000 -Hoja nº 4, (QUETA 2013).

Geomorfología

La cadena marginal de montañas tiene representación en el oeste y norte de la provincia de Huambo, al este es una enorme llanura que se extiende hacia el sur (con excepción en algunas zonas); al norte en el municipio de Ecunha (oeste de la provincia), la cadena marginal de montañas define el límite occidental de la superficie plana del interior de Angola, cuya máxima expresión corresponde al punto más alto de la provincia y por señal de Angola, denominado "Morro do Moco" con 2620 m de altitud, siendo frecuente los picos con altitudes superiores a los 2400 m, como el del Cobongo con 2502, meo Quepo con 2433 m de altitud (Queta,2013), (Ver figura 8).



Figura 8. Geomorfología del Planalto Central (Queta, 2013).

1.8- Hidrografía

La configuración hidrográfica de Angola está íntimamente ligada a su relieve. Los ríos se originan en las zonas montañosas y planas del interior y corren hacia las regiones más bajas. En su mayoría, los lechos son irregulares, no faltando las caídas de agua, las cascadas y los rápidos, con márgenes más anchos en las zonas costeras.(VIERA, F Roque 2014).

Angola posee 77 cuencas hidrográficas, siendo 47 principales y las restantes litorales. Las cuencas del Zaire, Zambeze y Cubango son sistemas de ríos internacionales importantes con gran volumen de agua. Las tierras altas del Huambo, Bié y Moxico constituyen algunos de los nacientes más importantes, y algunos de los ríos desembocan en el océano Atlántico (Zaire, Kwanza y Cunene) y otros atraviesan países vecinos para llegar al océano Índico (ríos Zambeze, Cuando y Cubango).

Siendo la vertiente del Cubango, muy amplia con un área de afluencias del 11,9% de la superficie total del territorio angoleño, alimenta la región del Okavango, en la República de Botswana. El Río Cubango-Okavango nace en la meseta central de Angola, de donde proviene la mayor parte de su caudal, atravesando la frontera entre Namibia y Angola y desemboca en el Delta del Okavango, en Botswana, recorriendo 1000 km, donde la cuenca hidrográfica abarca un área de aproximadamente 700 000 km2. Debido a esto la red hidrográfica de la provincia de Huambo tiene significativa importancia en el país (Andrade 2011).

Dada la posición elevada de los terrenos se originan varias líneas de agua en la provincia de Huambo entre las que se encuentran a unos 50 km del municipio de Huambo las que parten hacia el noroeste del río Queve, las del noreste de la corteza (afluente del río Kwanza), del sur del río Cubango y al suroeste del río Cunene. Todas estas condiciones hidrológicas determinan cinco cuencas hidrográficas principales en la provincia: las de los ríos Queve, Cutato, Cubango y Cunene (anteriormente mencionadas), y se añade la cuenca del río Catumbela (Cabral, Ana & Costa 2010) (Ver figura.9).

Trabajo de diploma



Figura 9. Hidrografía de la provincia de Huambo (Soares, Silva & Pinto, Ana. (2012).

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN INTRODUCCIÓN

Para determinar la caracterización mineralógica de las unidades litológicas se emplea técnica instrumental moderna de análisis de Difracción de Rayos X (DRX), para la determinación de los principales constituyentes de las formaciones rocosas de la cuenca acuífera centro–oeste de Huambo. La investigación se desarrolla en tres etapas como se muestran en el flujograma (Ver Figura 10). Una primera etapa para la revisión bibliográfica, la segunda etapa dedicada a los trabajos de muestreo, preparación de muestras y laboratorio, y una tercera etapa para el trabajo de gabinete donde se elaboran e interpretan los resultados de los registros de Difracción de Rayos X.





2.2- Ubicación y descripción de los puntos de muestreo

En esta sección, se presenta la ubicación y la descripción de cada muestra, referenciadas por sus coordenadas, (ver tabla.1). En la que se seleccionó una zona, que contiene los seis (6) puntos de estudio, y se localiza en la parte Centro-Oeste de la provincia de Huambo (Ver figura 11).



Figura 11. Mapa de localización de las perforaciones obtenidas a partir del procesamiento digital de imagen. (según Pambula, 2015)

2.3- Toma de muestras (testigos de sondeo de perforación)

Las muestras fueron tomadas en el curso de trabajos de perforación en 6 pozos ubicados en diferentes municipios de la provincia de Huambo. Estas fueron catalogadas, teniendo en cuenta las profundidades iniciales y finales a que fueron obtenidas; y todas almacenadas en cajas con porta testigos de vidrios. En la ejecución del sondeo, se separaron las muestras a intervalos regulares, generalmente de 3 en 3 metros de profundidad pues se producen variaciones significativas en el tiempo de avance de las varillas de perforación lo que indica en muchas ocasiones cambios de litología y presencia de cavidades en profundidad (Ver figura.12).

Trabajo de diploma



Figura 12. Disposición y acondicionamiento de las muestras (testimonios de sondeo) y respectivamente catalogadas (fuente: Pambula 2015).

2.4- Trabajo de gabinete

2.4.1- Materiales y equipos de Gabinete:

Carta geológica de Angola, Mapas topográficos, computadora, resmas de papel, escáner, impresora, entre otros.

2.4.2- Consulta bibliográfica

Antes de la elaboración del proyecto científico, se hizo la consulta de la documentación (específicamente ligada al tema) con empleo de recursos como internet, libros técnicos, tesis de licenciatura, cartas geológicas y mapas topográficos que contribuyeron a la comprensión general del trabajo, es decir: características geográficas, geomorfológicas y geológicas de la zona de estudio, así como todas las informaciones referentes al tema.

Procesamiento digital de imagen (metodología para la construcción de mapa geológico, mapa de localización de las perforaciones y mapa de curvas de niveles de la zona de estudio).

Para realizar el mapeo geológico, de localización de las perforaciones y de curvas de niveles de la zona de estudio, fue necesario obedecer el uso de herramientas que han sido implementadas para alcanzar diferentes superficies (terrazas) y analizar los procesos o mecanismos ocurrentes en la región del Huambo, para

ello, se utilizó la herramienta ArcMap 10.2.2, para ejecutar algunas funciones auxiliares, para más detalle se trabajó con el programa Global Mapper 10, y QGIS 2.6.

En la caracterización de la geología de la zona fue necesario a partir del Global Mapper (componente de ArcMap), buscar el mapa geológico de Angola dentro del archivo guardado (carpeta), geo referenciar el mismo, a partir del shepp de la provincia de Huambo, se cortó o delimitó la geología del Huambo que posibilitó llevar el mismo en el ArcMap en la cual se efectuó layout de salida.

Se utilizó la herramienta ArcMap en la creación del mapa de curvas de niveles de la zona de estudio, a partir del modelo MDT (modelo digital del terreno) correspondiente a la zona de estudio, en la cual fue posible generar contornos con equidistancias de 50, luego se abrieron los mismos contornos en el ArcMap, de esta forma se clasificó los mismos, posteriormente se generó el mapa y se ubicaron los puntos perforados.

2.5- Trabajo de campo

Para la ejecución de este trabajo se utilizaron los siguientes materiales:

2.5.1- Materiales de Campo

Brújula, GPS, Cinta métrica, Carpeta de campo, puerta mina, lápiz, gomas, Cámaras, bolsas plásticas y barras radiestésicas.

2.5.2- Materiales utilizados en el trabajo de perforación

Perforadora Acoplado (compuesto por un camión y una perforadora), compresor, taladro, martillo, limpiador y paleta.

2.5.3- Reconocimiento geológico de la zona de estudio

En esta fase, se hizo un reconocimiento geológico de la zona de estudio, donde fue posible seleccionar algunos puntos de prospección de aguas subterráneas, resultantes del método Radiestésico, que consistió en la utilización de dos varas o sensores de cobre dobladas en ángulo de 90 (varilla doblada en L), con 2 mm de diámetro y 40 cm de longitud. Estas varas cuando se ejecuta captan radiaciones o energías que indican respuestas de anomalías, donde hay existencia de agua subterránea. De esta vez, se utilizó como objeto del estudio, pozos de captación de aguas subterráneas en algunos municipios de la provincia de Huambo. A

continuación se realiza una descripción detallada de cada punto, en lo que se refiere al tipo de litología, suelos, redes hidrográficas predominantes y con apoyo de instrumentos GPS (sistema de localización geográfica).

2.6- Trabajo del laboratorio

Los análisis mineralógicos se realizaron en los laboratorios del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias - Universidad Agostinho Neto (UAN), en Luanda. Las muestras recogidas en la zona de estudio, fueron sometidas al análisis mineralógico elemental con apoyo de la lupa binocular primero y luego el posterior análisis mineralógico con técnica de difracción de rayos X para determinar la composición mineralógica de las mismas. Por lo tanto, el primer análisis se procedió del siguiente modo:

Se hizo inicialmente la separación de cada muestra correspondiente al punto de extracción y en profundidades diferenciadas de 3 metros, para evitar el error de no correspondencia.

A continuación, se identificaron las características pre-eliminantes de las muestras (coloración del material, tamaños de los granos y su constitución mineralógica) con el apoyo de una lupa binocular de marca COLEMAN, (Ver figura 13).





En este trabajo no fue posible la preparación de láminas delgadas, debido al aspecto de deformación que presentaban las muestras al ser extraídas, de ésta se recurrió a las técnicas de difracción radio-X, para complementar los resultados esperados.

La técnica de difracción rayo-X fue posible con el uso de un Difractómetro de marca Philips, modelo PW 3710, radiación CuKα1. En el proceso de lectura e interpretación de los difratogramas, así como la base de datos del ICDD (International Center for Diffration Data) de 1998, se utilizaron software APD (Philips) y Xpert High Score 1b del año 2002. Y para estimar cuantitativamente los minerales se utilizó el software Autoquan de Seifert X-Ray Technology (Versión 2.26) de 2001.

Primero se hizo la preparación de las muestras, en la que incluía los pasos a bajos:

1- Enumerar la muestra (hacer referencia);

- 2- Pulverizar la muestra;
- 3- Preparar en el porta muestras;
- 4- Colocar (prensar) la muestra de la porta-muestra;

5- Pegar muestra importa-muestra;

6 - Llevar y colocar muestra en el soporte de muestras del Difractómetro de Rayos-X. (Ver figura 14)



Figura 14. conjunto de imágenes que ilustran los procedimientos de preparación laboratorio de las muestras en el laboratorio de Rayos-X. (I), accesorios usados para la preparación de las Porta-Muestras (II), momento de aplicación del polvo en la Porta-Muestras (III) y Porta-Muestras con el polvo nivelado y preparado para el Difractómetro (IV).

Luego se emplea el Difractómetro de rayo-x a través de los siguientes pasos: Se activó el interruptor, luego se puso el ordenador en funcionamiento, donde se accedió al programa APD (software). Se dirigió el botón de Amperios a 10mA, se apretó en el botón que da acceso para el funcionamiento del aparato, después de algunos minutos (de preferencia 5 min) bajado Amperaje a 0 mA (botón rojo (tensión) de esta hecha ocurre la conexión inmediatamente).

Se tuvo que aumentar lentamente el Voltaje y el Amperaje (recordando que en la regla establecida el voltaje debe ser mayor que el amperaje y nunca lo contrario y la capacidad máxima establecida se encuentra en estos valores (45 kV y 35mA), luego se conecta la célula de conexión del dispositivo (Difractómetro de rayos x) con el ordenador para el acceso al programa Xpert (software), posteriormente se obtienen directamente archivos en Data collection, Identificación de identidades, en la que fue posible identificar las muestras. A partir del manejo de los teclados del ordenador se colocó la lámina en la puerta muestra del Difractómetro, luego se abrió la ventana correspondiente al goniómetro usado.

Se apretó la tecla F1 en el teclado del ordenador correspondiente al goniómetro usado dando inicio a la exploración. A continuación, para obtener la visualización de los difratogramas en la pantalla del ordenador se presionó la tecla Enter y luego la tecla D. Después del término de la exploración se cerró la ventana donde permitió la salida del programa Xpert y se dio la entrada en el Data.

En la finalización del proceso se abrió el disquete (Alt + F1, se colocó en el A), se seleccionaron las muestras a ser copiadas (presionó la tecla Ins) y luego se copió (presionó la tecla F5) (Ver figura.15)



Figura 15. Difractómetro Xpert PRO de la PANalytical existente, en el DEI-Geología de la Facultad de Ciencias Universidad Agostinho Neto (FCUAN).

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza la caracterización mineralógica de las formaciones rocosas de la cuenca acuífera centro-oeste de Huambo, empleando Técnicas de Difracción de rayos X (DRX).

3.1- Ubicación de los puntos de muestreo.

En la **figura 16** se presentan los puntos de muestreo de la presente investigación. Se utilizó el método de perforación, para la obtención de las diferentes litologías. En cada litología se tomó una muestra para el estudio de DRX con un profundidad variable en cada pozo (Ver tabla 1).



Figura 16. Imagen de satélite utilizada para la planificación del trabajo de campo indicando los puntos de afloramientos. Fuente: GoogleMap.

Tabla 1. Localización y descripción de las muestras.

ubicación de los pozos de perforación	Ubicación	Coordenadas	Profundidad del pozo
P1A1: P1A2: P1A3: P1A4: P1A12 y P1 A13.	Huambo comuna de la Chipipa	S 12 ⁰ 36´ 3,6´´ E 15 ⁰ 44´ 19,3´´	0-39m
P2A1: P2A2: P2A3: P2A4: P2A7 y P2A8	Bailundo, astillero de los Chinos	S 12º 11' 49"3 E 15º 52' 46"6	0-24m
P3A1: P3A2: P3A3: P3A4: P3A11 y P3A12	Huambo; Ciudad Alta	S 12° 47' 57,4" E 15° 44' 38,3"	0-36m
P4A1: P4A2: P4A3: P4A4: P4A7 y P4A8	Huambo; Monte Belo	S 12° 56' 41,6" E 15° 54' 03,9"	0-24m
P5A1: P5A2: P5A3: P5A4: P5A8 y P5A10	Bailundo	S 12º 60' 5" E 15º 73' 9"	0-30m
P6A1: P6A2: P6A10 y P6A18	Tchindjenje.	S 12º 50'0,4" E 14º 59' 13,5"	0-55m

3.2- HUAMBO, COMUNA DE CHIPIPA

En esta zona se realizaron DRX en seis (6) muestras para la interpretación de los difratogramas.

Muestra P1A1

La figura 17 muestra granos de cuarzo con coloración rojiza.



Figura 17. Muestra con granos de cuarzo con coloración rojiza.

En la muestra P1A, se identificó la fase mineral de cuarzo (SiO_2) que ocupa un 100% en la muestra, con los principales reflejos: 4.25 A°; 3.34 A°; 1.98; 2.45 A°. (Ver figura 18 y 19).



Figura 18. Difractograma de Rayos-X de la muestra P1A1. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (qz: cuarzo).

Trabajo de diploma



Figura 19. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P1A1, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P1A2

En esta muestra se observa el cuarzo, hematita y caolinita, (Ver figura 20).



Figura 20. Muestra compuesta por cuarzo, hematita y caolinita..

En el difractogramas de la muestra P1A2 se encontraron picos principales con reflejos son: 4.25 A° ; 3.34 A° ; 1.81 A° ; que ocupa el 37,5% de cuarzo (SiO₂), 17,4% de hematites (Fe₂O₃) con los siguientes reflejos; 2.68 A° ; 2.51 A° ; 2.28 A° , y además, aparece los reflejos de caolinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄) con un 7.21 A° ; A° ; 3.57 A° ; 3.19 A° que ocupa el 45,2% de la muestra (Ver figura 21 y 22).


Figura 21. Difractograma de Rayos-X de la muestra P1A2 . En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom, (caolín: caolinita qz: cuarzo; hemat: hematita).



Figura 22. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P1A2, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P1A3

En esta muestra se observan granos de cuarzo y de caolinita (Ver figura 23).



Figura 23. Muestra con granos de cuarzo y caolinita con cierta coloración pardo.

En el difractograma de la muestra P1A3 se encontraron picos principales con reflejos difractométricos: 7.19 A°; 3.56 A°; 4.12. A°; 1.49 A° para el componente de caolinita ($AI_2Si_2O_5(OH)_4$), que ocupa el 13% de la muestra y además, aparece los reflejos: 4.26 A°; 3.34 A°; 2.45 A°; 1.81 A° del cuarzo (SiO₂) que ocupa el 87% de la muestra (Ver figura 24 y 25).



Figura 24. Difractograma de Rayos-X de la muestra P1A3. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (caolín: caolinita; qz: cuarzo).

Trabajo de diploma





Muestra P1A4.

En la muestra P1A4 está compuesta básicamente por cuarzo y mica biotita (Ver figura 26)



Figura 26. Muestra compuesta por cuarzo y mica biotita.

En la muestra P1A4 se pudieron identificar las siguientes fases minerales: con los principales reflejos: 4.25 A°; 2.23 A°; 1.98 A°; 3,34 A° de cuarzo (SiO₂) que ocupa un 79% en la muestra y los reflejos: 10.06 A°; 5.04 A°; 1.22 A°; 2.93 A° de mica (biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂), que ocupa un 21% en la muestra, (ver figura 27 y 28).

Trabajo de diploma



Figura 27. Difractograma de Rayos-X de la muestra P1A4. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (biot: biotita; qz: cuarzo)





Muestra P1A12.

En la muestra P1A12 está compuesta básicamente de mica biotita, rutilo, cuarzo y albita. Coloración clara y oscura (Ver figura 29).



Figura 29. Muestra compuesta de mica biotita, rutilo, cuarzo y albita.

En la muestra se pudieron identificar las siguientes fases minerales mica (biotita $(K(Mg,Fe^{2+})_3(Si_3AI)O_{10}(OH,F)_2)$ con los siguientes reflejos: 10.05 A°; 1.30 A°; 1.67 A° que ocupan un 22%, rutilo (TiO₂) con siguientes reflejos: 3.24 A° que ocupan un 23%, albita (NaAl₃SiO₈) que ocupan un 17%, en la muestra además la secuencia de cuarzo (SiO₂) con los principales reflejos: 4.25 A°; 1.25 A°; 1.38 A° que ocupan un 38% en la muestra (Ver figura 30 y 31).



Figura 30. Difractograma de Rayos-X de la muestra P1A12. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (biot: biotita; qz: cuarzo; alb: albita; rut: rutilo).

Trabajo de diploma



Figura 31. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P1A12, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P1A13.

En la muestra P1A13 está compuesta de micas biotita, albita, microlina y cuarzo, de coloración clara y oscuro, y la asociación de estos minerales el material rocoso es una roca granítica, en esta zona caracteriza por cuerpos graníticos (Ver figura 32).



Figura 32. Muestra está compuesta de micas biotita, albita, microlina y cuarzo. En la muestra se pudieron identificar las siguientes fases minerales micas, biotita $(K(Mg,Fe^{2+})_3(Si_3AI)O_{10}(OH,F)_2)$, albita $(NaAI_3SiO_8)$, microlina $(KAISi_3O_8)$ con el siguiente reflejo: 10.05 A°; 3.99, 6.48 A°; que ocupan un 36 %, 23% y 20% en la muestra además la secuencia de cuarzo (SiO_2) con los principales reflejos: 4.26 A°; 1.67 A°; 1.81 A° que ocupan un 21% en la muestra (Ver figura 33 y 34).



Figura 33. Difractograma de Rayos-X de la muestra P1A13. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom, (biot: biotita; micr: microclina; qz: cuarzo; alb: albita).



Figura 34. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P1A13, según la difracción do Pavo X

difracción de Rayo-X.

3.3- BAILUNDO, ASTILLERO DE LOS CHINOS

En esta zona se realizaron DRX en seis (6)

Muestra P2A1.

En esta muestra se observa granos de cuarzo, albita y goethita conciertas coloración rojiza. Y la goethita se evidencia con una pequeña porcentaje

insignificante de un proceso de meteorización, eso indica que hay una mineralización ferrosa de alteración (Ver figura 35).



Figura 35. Muestra de cuarzo, albita y goethita.

En la muestra P2A1 se pudieron identificar las siguientes fases minerales con los siguientes reflejos: $4.25A^{\circ}$; $3.34 A^{\circ}$; $2.45 A^{\circ}$ que ocupan un 15% de cuarzo (SiO₂), albita (NaAl₃SiO₈) principales reflejos: $3.20 A^{\circ}$; $2.01 A^{\circ}$; $2.12 A^{\circ}$, que ocupa un 84% en la muestra, y la goethita (FeO.OH) con los reflejos: $1.54 A^{\circ}$ que ocupa un 1% en la muestra (Ver figura 36 y 37).



Figura 36. Difractograma de Rayos-X de la muestra P2A1. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (qz: cuarzo; alb: albita; goeth: goethita).

Trabajo de diploma





Muestra P2A2.

En la muestra se detectó componente calcita, cuarzo y caolinita. Que hace suponer que es un cuerpo con buena presencia de componente carbonatado, y sílice (Ver figura 38).



Figura 38. Muestra compuesta por calcita, cuarzo y caolinita.

En el difractograma de la muestra P2A2 los picos fundamentales: 4.25 A°; 3.34 A°; 1.97 A° se asignaran al cuarzo (SiO₂) que ocupa un 79% en la muestra, además se encontraron otros principales reflejos: 3.04 A°; 2.29 A°; 1.49 A° calcita (CaCO₃), que ocupa un 9% en la muestra, los reflejos: 7.16 A°; 3.57 A°; 2.99 A° Caolinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄) que ocupa un 12% en la muestra (Ver figura 39 y 40).



Figura 39. Difractograma de Rayos-X de la muestra P2A2. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (caolin: caolinita; calc: calcita; qz: cuarzo).



Figura 40. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P2A2, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P2A3.

En la muestra P2A3 está compuesta básicamente cuarzo y caolinita. (Ver figura 41).



Figura 41. Muestra está compuesta de cuarzo y caolinita.

En la muestra P2A3 se pudieron identificar las siguientes fases minerales: con los principales reflejos 3.34 A°, 1.81 A°, 1.54 A° de cuarzo (SiO₂) que ocupa un 79% en la muestra y 7.19 A°, 3.57 A°, 1.42 A° de caolinita ($AI_2Si_2O_5(OH)_4$), que ocupa un 21% en la muestra, (Ver figura 42 y 43).



Figura 42. Difractograma de Rayos-X de la muestra P2A3. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom, (caolin: caolinita; qz: cuarzo).



Figura 43. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P2A3, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P2A4

En esta muestra está compuesta básicamente de caolinita, la caolinita que es un mineral arcilloso presentado una coloración blanca (Ver figura 44).



Figura 44. Muestra compuesta básicamente de caolinita.

En la muestra P2A4 se pudieron identificar las siguientes fases minerales: con los principales reflejos 7.18 A°, 4.16 A°, 3.35 A° de caolinita $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$, que ocupa un 100% en la muestra (Ver figura 45 y 46).



Figura 45. Difractograma de Rayos-X de la muestra P2A4. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom, (caolin: caolinita).

Trabajo de diploma





Muestra P2A7

En la muestra se detectó componente micaceo y calcita con cuarzo. Que hace suponer que es un cuerpo con buena presencia de componente carbonatado, sílice y micas, y ademas presenta una coloracion clara y oscura (Ver figura 47).



Figura 47. Muestra se detectó componente micaceo y calcita con cuarzo.

En la muestra P1A7 se encontraron picos principales con reflejos (4.25 A°, 3.34 A°, 1.81 A° se asignó al cuarzo (SiO₂) que ocupa un 78% en la muestra además a la secuencia de los reflejos: 10.1 A°, 2.26 A°, 2.18 A° de biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂) que ocupa un 12% en la muestra y los reflejos: 3.04 A°, 2.29 A°, 1.92 calcita (CaCO₃), que ocupa un 10% en la muestra (Ver figura 48 y 49).

Trabajo de diploma



Figura 48. Difractograma de Rayos-X de la muestra P2A7. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom, (biot: biotita; calc: calcita; qz: cuarzo).





Muestra P2A8

En la muestra P2A8 está compuesta básicamente de cuarzo, microlina y biotita, presentado una coloración blanca. Debido los minerales presente todo indica que podemos estar en presencia de una roca granítica (Ver figura 50).



Figura 50. Muestra compuesta básicamente de cuarzo, microlina y biotita En la muestra P2A8 se identificó las siguientes fases minerales: con los principales reflejos 4.25 A°, 3.34 A°, 1.81 A° de cuarzo (SiO₂) que ocupa un 59% en la muestra, 6.47 A° microlina (KAISi₃O₈), que ocupa un 30%, y 10.1 A° , 2.26 A°, 2.18 A° de biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃AI)O₁₀(OH,F)₂) que ocupa un 11% en la muestra (Ver figura 51 y 52).



Figura 51. Difractograma de Rayos-X de la muestra P2A8. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (biot: biotita; qz: cuarzo).

Trabajo de diploma





En esta zona se realizaron DRX en tres (3).

Muestra P3A1

En la muestra P3A1 está compuesta básicamente de cuarzo, nacrita, caolinita, gibbsita, con un coloración clara y rojiza, todo indica que puede ser una corteza de meteorización formada a partir de una roca (Ver figura 53).



Figura 53. Muestra compuesta básicamente de cuarzo, nacrita, caolinita, y gibbsita. En el difractograma de la muestra P3A1 los picos fundamentales: 1.81 A^o; 3.34 A^o; 1.37 A^o se asignaran al cuarzo (SiO₂) que ocupa un 24% en la muestra, además se encontraron otros principales reflejos: 3.57 A^o; 2.12 A^o de nacrita $AI_2Si_2O_5(OH)_2$, que ocupa un 6% en la muestra, los reflejos: 7.21 A^o de caolinita $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$, que ocupa un 65% en la muestra y demás los reflejos: 4.84 A^o de gibbsita Al(OH), (Ver figura 54 y 55).



Figura 54. Difractograma de Rayos-X de la muestra P3A1. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom, (caolin: caolinita; gibb: gibbsita; nacr: nacrita; qz: cuarzo).



Figura 55. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P3A1, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P3A11

En esta muestra se observa granos cuarzo, biotita y vermiculita conciertas coloración clara, oscuro y miel (Ver figura 56).





En la muestra P3A11 se identificó las siguientes fases minerales: con los principales reflejos 1.37 A^o de cuarzo (SiO₂) que ocupa un 62% en la muestra, 10.01 A^o de biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂), que ocupa un 10% en la muestra y además presenta reflejos: 3.54 A^o de vermiculita(Mg, Ca)_{0.3}(Mg, Fe, Al)_{3.0}⁻ (Ver figura 57 y 58).



Figura 57. Difractograma de Rayos-X de la muestra P3A11. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom, (biot: biotita; verm: vermiculita; qz: cuarzo).

Trabajo de diploma



Figura 58. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P3A11, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P3A12

En esta muestra se observa granos cuarzo, biotita, moscovita, calcita y rutilo (Ver figura 59).



Figura 59. muestra se observa granos cuarzo, biotita, moscovita, calcita y rutilo, En la muestra P3A12 se encontraron picos principales con reflejos: 3.34 A^o se asignó al cuarzo (SiO₂) que ocupa un 15,2% en la muestra además la secuencia de los reflejos: 6.39 A^o, 14.17 A^o de albita (NaAlSi₃O₈) que ocupa un 24,2% en la muestra, biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂) que ocupa un 11,1% en la muestra y los reflejos: 9.94 A^o, 1.29 A^o de flogopita (K(Mg,Fe,Mn)₃Si₃Al₁₀(F,OH)₂) que ocupa un 6,1% en la muestra, (moscovita (KAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH)₂) que ocupa 32,2%,

además aparece reflejos: 3.03 A° , 3.24 A° de calcita (CaCO₃) que ocupa un 2% en la muestras, y rutilo (TiO₂) que ocupa un 9,1% (Ver figura 60 y 61).



Figura 60. Difractograma de Rayos-X de la muestra P3A12. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom, (biot: biotita; mosc: moscovite; rut: rutilo; calc: calcita; qz: cuarzo).



Figura 61. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P3A12, según la difracción de Rayo-X.

3.4 HUAMBO MONTE BELO

En esta zona de Monte Belo se realizaron DRX en tres (3).

Muestra P4A4

En esta muestra se observa granos de cuarzo y caolinita, (Ver figura 62).



Figura 62. Muestra se observa granos de cuarzo y caolinita.

En la muestra P4A4 se pudieron identificar las siguientes fases minerales: con los principales reflejos: 1.98 A°,3.34 A°, 1.81 A° de cuarzo (SiO₂) que ocupa un 52% en la muestra, caolinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$), que ocupa un 48% de la muestra con los reflejos 7.14 A°, 4.49 A°, 3.34 A° (Ver figura 63 y 64).



Figura 63. Difractograma de Rayos-X de la muestra P4A4. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (caolin: caolinita; qz: cuarzo).

Trabajo de diploma



Figura 64. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P4A4, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P4A7

En la muestra P4A7 está compuesta básicamente de cuarzo, biotita y flogopita, con un coloración clara y oscuro (Ver figura 65).



Figura 65. Muestra está compuesta básicamente de cuarzo, biotita y flogopita, con una coloración clara y oscuro.

En la muestra P4A7 se pudieron identificar las fases minerales con reflejos: 4.24 A° ; 3.34 A° , 1.98 A° se asignó al cuarzo (SiO₂) que ocupa un 35,4% en la muestra, además a la secuencia biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂) que ocupa un 39,4% con los siguientes reflejos: 15.35 A° ; 3.72 A° ; 2.28 A° ; en la muestra y flogopita (K(Mg, Fe, Mn)₃Si₃Al₁₀(F,OH)₂) que ocupa un 26,3% en la muestra y aparece los reflejos: 10.05 A° ; 1.30 A° y 1.22 A° en la muestra (Ver figura 66 y 67).

Trabajo de diploma



Figura 66. Difractograma de Rayos-X de la muestra P4A7. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (biot: biotita; flog: flogopita; qz: cuarzo).





Muestra P4A8

En la muestra P4A8 está compuesta básicamente de cuarzo, biotita y flogopita, con un coloración clara y oscuro (Ver figura 68).



Figura 68. Muestra está compuesta básicamente de cuarzo, biotita y flogopita, con un coloración clara y oscuro.

En la muestra P4A8 se identificó las fases minerales siguen el patrón de muestras anteriores y se mantienen fases con reflejos: 4.25 A°, 3.34 A°, 1.98 A° se asignó al cuarzo (SiO₂) que ocupa un 52.5% en la muestra además los reflejos: 10.01 A° que coincidió con la biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃AI)O₁₀(OH,F)₂) que ocupa un 33,7% en la muestra, los reflejos: 3.23 A°, 6.46 A°, 2.98 A° coincidieron con la albita (NaAlSi₃O₈) en la muestra (Ver figura 69 y 70).



Figura 69. Difractograma de Rayos-X de la muestra P4A8. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (biot: biotita; alb: albita; qz: cuarzo).

Trabajo de diploma





3.5 BAILUNDO

En esta zona se realizaron DRX en dos (2) muestras para la interpretación de los difractogramas de Rayos-X y se encontraron minerales abundantes como el cuarzo (SiO₂), mica (biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂), y albita (NaAl₃SiO₈).

Muestra P5A8

En la muestra P5A8 está compuesta básicamente de cuarzo, biotita y albita con un coloración clara y oscuro (Ver figura 71).



Figura 71. Muestra está compuesta básicamente de cuarzo, biotita y albita con un coloración clara y oscuro.

En la muestra P5A8, se identificó las siguientes fases minerales con los siguientes reflejos: 4.25 A° 3.34 A° 1.98 A° coincide con el cuarzo (SiO₂), que ocupa un 31,3% en la muestra, (biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂) que ocupa un 3% en la muestra, los principales reflejos: 10.22 A°, además presenta albita (NaAl₃SiO₈). que ocupa un 65,7% con los siguientes reflejos;6.38 A° 3.15 A° 2.84 A° en la muestra (Ver figura 72 y 73).



Figura 72. Difractograma de Rayos-X de la muestra P5A8. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (biot: biotita; alb: albita; qz: cuarzo).





Muestra P5A10

En la muestra P5A10 está compuesta básicamente de cuarzo, biotita y albita con un coloración clara y oscuro (Ver figura 74).



Figura 74. Muestra está compuesta básicamente de cuarzo, biotita y albita con un coloración clara y oscuro.

En la muestra P5A10 se identificó las siguientes fases minerales con los siguientes reflejos: 3.34 A° coincide con el cuarzo (SiO₂), que ocupa un 26% en la muestra, (biotita (K(Mg,Fe²⁺)₃(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂) que ocupa un 10% en la muestra, los principales reflejos: 10.29 A°, además presenta albita (NaAl₃SiO₈). que ocupa un 64% con los siguientes reflejos;6.38 A° 3.18 A° 2.99 A° en la muestra (Ver figura 75 y 76).



Figura 75. Difractograma de Rayos-X de la muestra P5A10. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (biot: biotita; alb: albita).

Trabajo de diploma



Figura 76. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P5A10, según la

difracción de Rayo-X.

3.6 TCHINDJENJE

En esta zona se realizaron DRX en dos (2).

Muestra P6A10

Granos de cuarzos conciertas coloración clara (Ver figura 77).



Figura 77. Granos de cuarzos conciertas coloración clara

En la muestra P6A10 se identificó la siguiente fase mineral, de cuarzo (SiO₂) que ocupa un 100% en la muestra, con los principales reflejos: 4.25 A° ; 3.34 A° ; 1.97 A° en la muestra (Ver figura 78 y 79).

Trabajo de diploma



Figura 78. Difractograma de Rayos-X de la muestra P6A10. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (qz: cuarzo).



Figura 79. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P6A10, según la difracción de Rayo-X.

Muestra P6A18

En la muestra P6A18 está compuesta básicamente cuarzo, albita y sanidina con un coloración clara y oscuro (Ver figura 80).





En la muestra P6A18, se identificó las fases minerales con reflejos: 4.24 A°; se asignó al cuarzo (SiO₂) que ocupa un 36% en la muestra además a la secuencia de albita (NaAl₃SiO₈).que ocupa un 50% con los reflejos: 3.36 A° 3.76 A° 2.94 A°, sanidina (K, Na)AlSi₃O₈ con los reflejos: 2.75 A° en la muestra (Ver figura 81 y 82).



Figura 81. Difractograma de Rayos-X de la muestra P6A18. En la parte superior se exponen los valores difractométricos en angstrom (alb: albita; qz: cuarzo; san: sanidina).

Trabajo de diploma



Figura 82. Composición mineralógica cuantitativa de la muestra P6A118, según la difracción de Rayo-X.

3.7- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Introducción

En este epígrafe se declaran los sectores de estudio, representados según los puntos de afloramientos P1, P2, P3, P4, P5 y P6 de las formaciones rocosas de la cuenca acuífera en el centro-oeste de Huambo, Angola, mediante las determinaciones mineralógicas según la Difracción de Rayos–X (DRX), de los cuales se emiten los siguientes resultados:

Huambo comuna de la Chipipa.

Las formaciones rocosas de este sector desde su base constituyen un cuerpo de composición granítica, que hacia su parte media superior posee una capa arcillosa (caolinita), producto de la meteorización de los feldespatos y óxido de Fe (hematita); la parte superior del suelo es de tipo cuarzoso como muestra la figura 83.





> Bailundo, astillero de los chinos

En esta zona, localizada más hacia el suroeste de Huambo, las formaciones rocosas de este sector desde su base, en profundidad, constituyen un cuerpo de composición granítica, que hacia su parte media superior posee una capa arcillosa (caolinita), detectada en la muestra P2A4 mezclada con cuarzo, también se presentan materiales carbonatados (calcita) mezclados con cuarzo; y en la parte más superior con aspecto rojo – amarillento de goethita con cuarzo y feldespatos (Ver figura 84).





Huambo Ciudad Alta

Las formaciones rocosas de este sector están constituidas desde su base, en profundidad, de un cuerpo de composición granítica con una beta carbonatada, con meteorización muy avanzada del material de gibbsita; en la parte inferior presenta material carbonatado (calcita) mezclado con las paragénesis de otros

minerales de granito; y en la parte superior existe una capa de arcilla (caolinita y nacrita) con cuarzo y componente gibbsitico (Ver figura 85).



Cuarzo; Nacrita; Caolinita y Gibbsita

Cuarzo; Mica biotita y Vermiculita

Cuarzo; Mica biotita; Moscovita; Calcita y Rutilo

36 m

Figura 85. Representación mineralógica en el sector de Huambo "Ciudad Alta"

Huambo Monte Belo

Las formaciones rocosas de este sector desde su base, en profundidad, la conforman un cuerpo de composición granítica; en la parte media inferior presenta micas (biotita y flogopita) acompañada con el cuarzo; y en la parte superior una capa de arcilla (caolinita) con cuarzo (Ver figura 86).



24 m

Figura 86. Representación mineralógica en el sector de Huambo "Monte Belo"

> Bailundo

Las formaciones rocosas de este sector está formada desde su base, en profundidad, de un cuerpo de composición granítica que no está alterada, tanto en la parte superior e inferior se evidencia los minerales de feldespato (albita) acompañada de cuarzo y mica biotita. (Ver figura 87).

P5A8

P5A10



Cuarzo; Mica biotita y Albita

Cuarzo; Mica biotita y Albita

30 m

Figura 87. Representación mineralógica en el sector de Huambo "Bailundo"

> Tchindjenje

Las formaciones rocosas de este sector está formado desde su base, en profundidad, de un cuerpo de composición granítica, que hacia su parte superior presenta minerales de los feldespatos (albita y sanidina) acompañada con el cuarzo; la parte superior es de tipo cuarzoso. (Ver figura 88).

P6A10

P6A18



Cuarzo

Cuarzo; Albita y Sanidina



Figura 88. Representación mineralógica en el sector de Huambo ´´Tchindjenje "

CONCLUSIONES

- Las características mineralógicas generales de los sectores de estudios obedecen a un cuerpo de tipo granítico, por la asociación mineralógica donde predominan los minerales como el cuarzo, micas, feldespatos (plagioclasas, albita).
- Se evidencia que el cuerpo granítico presenta meteorización, dada la presencia del material arcilloso (caolinitico), fundamentalmente hacia la parte sur del sectores Huambo (comuna de la Chipipa), Bailundo (astillero de los Chinos) y Huambo (ciudad Alta), según los puntos P1A1, P1A3, P2A2, P2A3, P2A4, P3A1 y P4A4.
- Existe una mineralización ferrosa en los sectores (comuna de la Chipipa), Bailundo (astillero de los Chinos) en los puntos P1A2 y P2A1, representada por hematita y goethita
- Se detecta fase carbonatada (calcita) en los sectores Bailundo (astillero de los Chinos) y Huambo (ciudad Alta) en los puntos P2A2, P2A7 y P3A12, que puede justificar la ocurrencia de una mineralización asociada a la cristalización del cuerpo granítico.
- La caolinita es el producto de alteración del feldespato debido la descomposición de rocas feldespáticos principalmente.
RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda profundizar en los aspectos petrográficos y geoquímicos para completar el estudio de las formaciones rocosas de las cuencas centro-oeste de Huambo.
- ✓ Dar continuidad el estudio de los materiales arcillosos que se presenta en los sectores de estudios que representa un mineral valioso.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabral, Ana & Costa, F., 2010. Condicionantes Físicas da distribuição do coberto do solo na província de Huambo, Angola. s.l.: s.n.
- Cabral, A.I., 2003. Cartografia de coberto do solo para o território Angolano utilizando imagens de satélite modis". instituto de investigação científica tropical iict. s.l. s.n.
- Cabral, A.I., 2003. Cartografia de coberto do solo para o território Angolano utilizando imagens de satélite modis". instituto de investigação científica tropical (iict). s.l. s.n.
- Dinis, C., 1998. Angola o meio físico e potencialidades agrárias". instituto da cooperação portuguesa, lisboa. s.l. s.n.
- Diniz, c., 1998. Angola o meio físico e potencialidades agrárias". instituto da cooperação portuguesa, lisboa. s.l. s.n.

Pambula, com.esc.2015.

Queta, F., 2013. Caracterização geológica e geotécnica de alguns solos residuais da região central de Angola. s.l. s.n.

Smirnov, V.I., 1982. Yacimiento de minerales solidos. s.l. s.n.

- Soares, Silva & Pinto, A., 2012. Manual de boas prácticas para execução e exploração de furos de captação de águas subterrâneas. s.l. s.n.
- Viera, F.R., 2014. cluster da água. angola, uma estratégia colectiva, manual de boas práticas. s.l. s.n.
- Viera, F.R., 2014. cluster da água. Angola, uma estratégia colectiva, manual de boas práticas. s.l. s.n.

ANEXOS

Anexo gráfico 1. Datos difractométricos de los difractogramas de Rayos-X, empleados en la zona de Huambo, Angola.

Muestra P1A1



*	96-900-9667	69	Quartz	0.000	0.660	Si3.00 O6.00
			Name	[°2Th.]		Formula
Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacement	Scale Factor	Chemical
	55.0056	1(1)	0.0757	1.67221	0.47
	54.8577	8(5)	0.0757	1.67221	4.14
	54.8577	2(1)	0.0757	1.67221	0.96
	50.7518	0(1)	0.0757	1.80190	0.18
	50.6171	1(1)	0.0757	1.80190	0.36
	50.2578	16(9)	0.0757	1.81844	8.15
	50.1246	32(15)	0.0757	1.81844	16.39
	26.6208	84(11)	0.0757	3.34583	43.10
	20.8888	14(4)	0.0757	4.25975	7.29
	20.8888	14(4)	0.0757	4.25975	7.29
	20.8364	29(7)	0.0757	4.25976	14.66



-					0	
_	Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM L	eft [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
	12.3058	1.5.	3	0.3516	7.18684	9.87
	12.3366	0.7	6	0.3516	7.18676	5 4.91
	19.5326	0.2	5	0.3516	4.54105	5 1.60
	19.5818	0.12	2	0.3516	4.54102	0.80
	20.3420	0.79	9	0.3516	4.36216	5.10
	20.3932	0.39	9	0.3516	4.36213	3 2.54
	20.5273	0.0	1	0.3516	4.32320) 0.04
	20.5790	0.00	C	0.3516	4.32317	0.02
	20.8233	2.19	9	0.0842	4.26242	2 14.15
	20.8233	2.19	9	0.0842	4.26242	2 14.15
	20.8757	1.09	9	0.0842	4.26239	7.04
Visibl	le Ref. Code	e Score	Compound	Displacen	nent Scale Fac	ctor Chemical
			Name	[°2Th.]	Formula
*	96-901-26	01 30	Quartz	0	.000 0	0.815 Si3.00 O6.00
*	96-900-92	35 8	Kaolinite	0	.000 0	0.057 Al2.00 Si2.00
						O9.00 H4.00
*	96-901-55	04 5	Hematite	0	.000 0	0.065 Fe12.00
						O18.00



Pos.	[°2Th.]	Height [cts] F	WHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
	12.24(8)	0.	.9(4)	0.5(3)	7.22488	0.72
	12.27(8)	0.	.5(4)	0.5(3)	7.22488	0.36
	20.848(7)	2	3(8)	0.08(4)	4.25733	18.44
	20.901(7)	1	2(8)	0.08(4)	4.25733	9.22
	21(1)		0(1)	2(4)	4.12988	0.36
	22(1)		0(1)	2(4)	4.12988	0.18
	24.9(1)	0.	.7(4)	1(1)	3.57022	0.56
	25.0(1)	0.4(4)		1(1)	3.57022	0.28
	25.89(2)		4(7)	0.01(3)	3.43863	3.52
	25.96(2)		2(7)	0.01(3)	3.43863	1.76
	26.621(2)	12	.6(9)	0.088(6)	3.34579	100.00
	26.689(2)	6	3(9)	0.088(6)	3.34579	50.00
Visible	Ref. Code	Score	Compo	ound Displacemen	nt Scale Factor	Chemical
			Nan	ne [°2Th.]		Formula
*	96-900-9667	63	Quartz	0.00	0.763	Si3.00 O6.00
*	96-900-9231	4	Kaolinit	e 0.00	0.044	Al2.00 Si2.00
						O9.00

Muest	ra P1A4						
Curto	10.06	5.04	3.34 2.93	2.23	1.98		1.22
counts	P1A4 Biot	Biot Oz		07			Biot
			QZ BIOT	QZ	QZ		BIOT
23	25 -						
10	00 -						
:	25 -			1.1.1		i l	a
				الملك بالم	ul	ينات بالن ا	Ju
						البالبينية النبيبية	
	10	20	30	40 Recite a 1927 be	50	60	70
				Poston [2116	na] (copper (co))		
Pos. [°2Th.] H	leight [cts]	FWHM Le	eft [°2Th.]	d-spacing [Å] Rel. Int	. [%]
	8.7820	6.34		0.1181	10.06	938	1.72
1	7.5700	1.00		0.0900	5.04	781	0.27
2	0.8595	13.72		0.0984	4.25	861	20.02
2	2.5900	1.00		0.0900	3.93	615 642 1	0.27
2	0.0384	508.19		0.0787	5.54	045 1 026	1.71
2	8 0324	0.29		0.1574	3.20 3.18	230 311	1./1
23	0.0524	4.92		0.3149	2.10	567	0.27
3	2.3500	1.00		0.0900	2.76	746	0.27
Visible	Ref. C	ode Scor	e Compo	ound Disp	olacement	Scale Factor	Chemical
			Nan	ne [°2Th.]		Formula
*	96-900	-9667 6	65 Quartz		0.000	0.567	Si3.00 O6.00
*	96-900	-1265	4 Biotite		0.000	0.074	Fe2.00
							Mg4.00
							K2.00 A12.00
							Si6.00 O24.00
							H4.00



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
8.788(5)	20(3)	0.08(2)	10.05435	15.82
8.810(5)	10(3)	0.08(2)	10.05435	7.91
20.878(6)	17(3)	0.10(2)	4.25142	13.30
20.930(6)	9(3)	0.10(2)	4.25142	6.65
21.99(2)	3(1)	0.05(5)	4.03910	1.96
22.04(2)	1(1)	0.05(5)	4.03910	0.98
23.9(2)	0.7(3)	0.9(5)	3.71528	0.57
24.0(2)	0.4(3)	0.9(5)	3.71528	0.28

Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacemen	Scale Factor	Chemical
			Name	t [°2Th.]		Formula
*	96-900-1314	Unmatched	Albite	0.000	0.318	Ga2.00
		Strong				Si6.00
						Na2.00
						O12.00
						Co2.00
						Cm2.00
*	00-046-1045	52	Silicon	0.000	0.611	Si O2
			Oxide			
*	96-900-1584	12	Biotite	0.000	0.197	Si11.14
						Al4.86
						Fe4.86
						Mg6.18
						Mn0.07
						Ti0.90
						K3.78

					Na0.13
					O48.00
*	96-900-7532	9 Rutile	0.000	0.394	Ti2.00
					O4.00



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
8,7876	84,88	0,0787	10,06300	66,72
13,6646	7,81	0,0590	6,48043	6,14
18,7448	4,18	0,0590	4,73402	3,29
20,8490	13,49	0,1181	4,26074	10,60
22,2380	1,66	0,4723	3,99765	1,31

Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacement	Scale Factor	Chemical
			Name	[°2Th.]		Formula
*	01-079-1906	57	Quartz	0,000	0,820	Si O2
*	00-041-1480	19	Albite,	0,000	0,339	(Na, Ca)Al
			calcian, ordered			(Si , Al)3 O8
*	01-080-1107	12	Biotite	0,000	0,406	K Fe Mg2 (Al Si3 O10) (O H)2
*	01-072-1114	11	Microcline maximum	0,000	0,413	K Al Si3 O8







Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.3(1)	3(2)	0.2(2)	7.16847	4.36
12.4(1)	2(2)	0.2(2)	7.16847	2.18
16.3(1)	0(1)	0.0(4)	5.42733	0.45
16.4(1)	0(1)	0.0(4)	5.42733	0.22
16(59266711987367)	0(1)	0(36327520306630)	5.40582	0.00
16(59266711987367)	0(1)	0(36327520306630)	5.40582	0.00
20.87(3)	53(16)	0.04(1)	4.25202	74.67
20.93(3)	27(16)	0.04(1)	4.25202	37.33

Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacement	Scale Factor	Chemical
			Name	[°2Th.]		Formula
*	00-033-1161	55	Silicon Oxide	0.000	0.884	Si O2
*	96-900-7287	1	Calcite	0.000	0.099	Ca6.00 C6.00
						O18.00
*	96-901-5000	3	Kaolinite	0.000	0.041	A18.00 Si8.00
						O36.00

Muestra P2A3

Caret		7.19	3.34	181	1.54		
	Р2-АЗ	aolín Caolí	n Qz	Q	z Qz Cao	lín	
	150 -						
	100 -						
	~ ~						
		h	where we are seen as				
	10	20	30 Posit	40 50 ion [*2Theta] (Coppe	0 60 · (Cu))	70	
Po	os. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Let	ft [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel.	Int. [%]
	12.29(1)	14(1)		0.32(3)	7.19404	ŀ	12.80
	12.32(1)	7(1)		0.32(3)	7.19404	ŀ	6.40
	24.85(2)	7(1)		0.36(6)	3.57963	3	6.73
	24.92(2)	4(1)		0.36(6)	3.57963	3	3.36
	26.612(2)	108(7)		0.120(5)	3.34692	2	100.00
	26.679(2)	54(7)		0.120(5)	3.34692	2	50.00
	50.15(3)	3(1)		0.19(9)	1.81752	2	2.42
	50.29(3)	1(1)		0.19(9)	1.81752	2	1.21
	59.92(2)	4(1)		0.16(4)	1.54244	ŀ	3.61
	60.09(2)	2(1)		0.16(4)	1.54244	ŀ	1.80
	62.26(3)	3(1)		0.19(4)	1.48990)	2.33
	62.44(3)	1(1)		0.19(4)	1.48990)	1.16
Visible	Ref. Cod	e Score	Compound	Displace	ment Scale F	actor	Chemical
			Name	[°2Th	.]		Formula
*	96-900-90	667 26	Quartz	(0.000	0.576 \$	Si3.00 O6.00
*	96-901-50	000 5	Kaolinite	-().186	0.055	A18.00 Si8.00
						(D36.00



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.3140	36.43	0.2362	7.18798	100.00
21.3361	3.36	0.9446	4.16456	9.23
24.8568	20.67	0.3149	3.58209	56.74
26.5851	18.34	0.1968	3.35301	50.35

	35.7636	6.37		0.0900	2.50867	17.49
	38.6349	5.79		0.0900	2.32858	15.91
	62.7221	18.18		0.0900	1.48012	49.91
Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacement	Scale Factor	Chemical
			Name	[°2Th.]		Formula
*	96-900-9231	13	Kaolinite	0.000	0.606	Al2.00 Si2.00
						09.00





Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
8.68(3)	6(1)	0.78(6)	10.17948	4.75
8.70(3)	3(1)	0.78(6)	10.17948	2.37
10.483(3)	41(6)	0.034(6)	8.43221	34.90
10.509(3)	20(6)	0.034(6)	8.43221	17.45
12.32(2)	3(1)	0.23(8)	7.17704	2.15
12.35(2)	1(1)	0.23(8)	7.17704	1.08
13.67(3)	2(1)	0.12(6)	6.47184	1.42
13.71(3)	1(1)	0.12(6)	6.47184	0.71
17.83(4)	1.2(4)	0.40(8)	4.96978	1.01
17.88(4)	0.6(4)	0.40(8)	4.96978	0.51
19.6(1)	0.4(2)	1(1)	4.52205	0.36
19.7(1)	0.2(2)	1(1)	4.52205	0.18
20.866(6)	20(5)	0.08(2)	4.25377	17.25
20.919(6)	10(5)	0.08(2)	4.25377	8.62
26.639(2)	117(9)	0.07(1)	3.34358	100.00
26.706(2)	58(9)	0.07(1)	3.34358	50.00
27.484(7)	15(2)	0.15(3)	3.24271	13.06
27.553(7)	8(2)	0.15(3)	3.24271	6.53
31.760(5)	8(2)	0.04(2)	2.81514	6.65
31.841(5)	4(2)	0.04(2)	2.81514	3.33
36.53(2)	2(1)	0.2(1)	2.45776	1.86

Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacemen	Scale Factor	Chemical
			Name	t [°2Th.]		Formula
*	96-101-1173	49	Quartz low	0.000	0.767	Si3.00 O6.00
*	96-900-2308	8	Biotite	0.000	0.123	Si5.44
						Al4.96
						Fe5.60
						Mg2.84
						Ti0.64
						Na0.08
						K3.92
						O48.00
*	96-900-4192	Unmatched	Microcline	0.000	0.075	K1.90
		Strong				Na0.10
						A12.00
						Si6.00
						O16.00



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.16(4)	2.3(3)	0.7(1)	7.27494	3.81
12.19(4)	1.1(3)	0.7(1)	7.27494	1.91
18.309(7)	9(1)	0.068(2)	4.84178	15.88
18.355(7)	5(1)	0.068(2)	4.84178	7.94
20.838(6)	23(4)	0.10(3)	4.25943	38.24
20.890(6)	11(4)	0.10(3)	4.25942	19.12
24.86(1)	6(1)	0.13(4)	3.57905	9.77
24.92(1)	3(1)	0.13(4)	3.57905	4.88
26.614(3)	59(5)	0.10(1)	3.34670	100.00
26.681(3)	30(5)	0.10(1)	3.34670	50.00
30.48(2)	2(1)	0.04(4)	2.93029	3.19
30.56(2)	1(1)	0.04(4)	2.93029	1.59
33.64(7)	1(1)	0.1(2)	2.66186	1.42
33.73(7)	0(1)	0.1(2)	2.66186	0.71
36.52(1)	15(2)	0.11(3)	2.45822	24.53
36.62(1)	7(2)	0.11(3)	2.45822	12.27

Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacemen	Scale Factor	Chemical
			Name	t [°2Th.]		Formula
*	96-901-3322	47	Quartz	-0.013	0.922	Si3.00 O6.00
*	96-900-8238	4	Gibbsite	0.104	0.113	A18.00
						O24.00
						H24.00
*	96-900-9235	Unmatched	Kaolinite	0.082	0.874	A12.00
		Strong				Si2.00 O9.00
						H4.00
*	96-901-4064	Unmatched	Nacrite	-0.110	0.084	Al16.00
		Strong				Si16.00
						O72.00





Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
5.94(5)	3(1)	0.8(2)	14.86724	4.55
5.95(5)	1(1)	0.8(2)	14.86724	2.28
8.82(1)	4(1)	0.15(4)	10.01658	7.40
8.84(1)	2(1)	0.15(4)	10.01658	3.70
12.42(2)	5(1)	0.22(4)	7.12223	9.11
12.45(2)	3(1)	0.22(4)	7.12223	4.56
13.75(4)	1.6(4)	0.30(9)	6.43447	2.71
13.79(4)	0.8(4)	0.30(9)	6.43447	1.36
20.85(1)	6(2)	0.09(3)	4.25644	10.92
20.91(1)	3(2)	0.09(3)	4.25644	5.46
25.08(3)	3(1)	0.20(9)	3.54831	5.30
25.14(3)	2(1)	0.20(9)	3.54831	2.65
26.613(3)	59(6)	0.08(1)	3.34681	100.00
26.680(3)	30(6)	0.08(1)	3.34681	50.00
27.428(4)	44(6)	0.09(2)	3.24921	74.50
27.497(4)	22(6)	0.09(2)	3.24921	37.25
27.897(5)	26(4)	0.08(2)	3.19556	44.42
27.968(5)	13(4)	0.08(2)	3.19556	22.21

34.97(2)	2.5(3)	0.19(5)	2.56383	4.28
35.06(2)	1.3(3)	0.19(5)	2.56383	2.14
36.53(2)	3(1)	0.13(7)	2.45772	5.87

Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacement	Scale Factor	Chemical
			Name	[°2Th.]		Formula
*	96-900-9667	44	Quartz	0.000	0.803	Si3.00 O6.00
*	96-900-1583	8	Biotite	0.000	0.188	Si5.62 Al2.41
						Fe0.80
						Mg1.02
						Mn0.01
						Ti0.13 Na0.07
						K3.81 O24.00
*	96-900-0119	1	Vermiculite	0.000	0.396	Mg6.00
						Si8.00 O24.00
						N8.00 C24.00



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
5.99(5)	3(1)	0.6(2)	14.73856	3.71
6.01(5)	1(1)	0.6(2)	14.73856	1.86
8.877(4)	14(2)	0.025(9)	9.95353	17.83
8.899(4)	7(2)	0.025(9)	9.95353	8.92
12.43(1)	6(1)	0.16(4)	7.11574	7.42
12.46(1)	3(1)	0.16(4)	7.11574	3.71
13.84(1)	5(2)	0.07(6)	6.39388	6.49
13.87(1)	2(2)	0.07(6)	6.39388	3.24
15.5(1)	0.2(2)	0.1(4)	5.69970	0.25
15.6(1)	0.1(2)	0.1(4)	5.69970	0.13

	60.102(9)	3(2))	0.07(3)	1.54206	3.40
Visible	Ref. Code	Score	Compound	Displacement	Scale Factor	Chemical
			Name	[°2Th.]		Formula
*	00-033-1161	41	Silicon Oxide	0.000	0.878	Si O2
*						
*	96-900-4143	6	Rutile	0.000	0.525	Ti2.00 O4.00
*						
*	96-901-4605	2	Muscovite	0.000	0.340	K3.00 A19.00
						Si9.00 O36.00
*	96-900-0026	7	Biotite	0.000	0.201	K6.00
						Mg18.00
						Si18.00
						Al6.00
						O66.00 F6.00
*	96-901-5391	12	Calcite	0.000	0.113	Ca6.00 C6.00
						O18.00



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.29(1)	14(1)	0.33(4)	7.19758	28.33
12.32(1)	7(1)	0.33(4)	7.19758	14.17
19.8(1)	1(1)	0.2(4)	4.47334	1.84
19.9(1)	0(1)	0.2(4)	4.47334	0.92
24.81(2)	7(1)	0.41(5)	3.58532	14.55
24.88(2)	3(1)	0.41(5)	3.58532	7.27
26.603(4)	48(5)	0.10(1)	3.34807	100.00
26.670(4)	24(5)	0.10(1)	3.34807	50.00
33.2(1)	0.5(3)	0.4(3)	2.69342	1.04