

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

METALOGÊNESE DA JAZIDA AURÍFERA “EL PESCADO”,  
ANDES DO NORTE, COLÔMBIA.

ELIANA ROCÍO JARAMILLO PEREZ

MANAUS

2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ELIANA ROCÍO JARAMILLO PEREZ

METALOGÊNESE DA JAZIDA AURÍFERA “EL PESCADO”, ANDES  
DO NORTE, COLÔMBIA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geociências, área de concentração em Metalogênese, Petrologia e Evolução Crustal.

Orientadora: Profa. Dra. Marta Edith Velásquez David

Co-Orientador: Prof. Dr. Carlos Alejandro Salazar

MANAUS

2018.

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P438m Perez, Eliana Rocio Jaramillo  
Metalogênese da jazida aurífera “El Pescado”, Andes do Norte,  
Colômbia. / Eliana Rocio Jaramillo Perez. 2018  
100 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Marta Velasquez David  
Coorientador: Carlos Alejandro Salazar  
Dissertação (Mestrado em Geociências - Geologia Regional) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Depósito de ouro relacionado à intrusão. 2. fluidos hidrotermais  
de baixa salinidade. 3. zonas de cisalhamento El Bagre-Otú. 4.  
Cordilheira Central dos Andes colombianos. 5. Batólito de Segovia.  
I. David, Marta Velasquez II. Universidade Federal do Amazonas III.  
Título

ELIANA ROCIO JARAMILLO PEREZ

“METALOGÊNESE DA JAZIDA AURÍFERA “EL PESCADO”, ANDES DO NORTE, COLÔMBIA”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geociências, área de concentração em Geociências.

Aprovado em 04 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Edith Velásquez David, Presidente.  
Universidade Federal do Amazonas



Dr. Francisco Javier Rios, Membro.  
CDTN/MG



Dr. Matheus Silva Simões, Membro.  
CPRM/AM

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço meus orientadores Prof. Dra. Marta Edith Velásquez David e o Prof. Dr. Carlos Alejandro Salazar pela guia, paciência e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

Aos professores do departamento de Geociências da UFAM pela disposição de ensinar e compartilhar os conhecimentos.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

À companhia de mineração Touchstone Gold pela disposição e apoio logístico durante o trabalho de campo e amostragem, indispensáveis na realização desta pesquisa.

As minhas valiosas amigas e colegas do mestrado pelos inigualáveis momentos, experiências e apoio durante este processo.

A minha querida família, minha mãe Myriam Perez, meu pai Edilson Jaramillo e meu irmãozinho Carlos Jaramillo, quem constituíram o farol que iluminou este caminho, mesmo que eles não estivessem fisicamente ao meu lado.

## RESUMO

Na Colômbia, a exploração de depósitos de ouro representa uma das fontes mais importantes para a economia local. Apesar dos avanços significativos na mineração colombiana, a caracterização dos depósitos de ouro ainda é escassa e representa um desafio para os geólogos. A história geodinâmica dos Andes colombianos resultou na ocorrência de magmatismo cálcio-alcalino jurássico relacionado a acreção de terrenos, e geração de importantes depósitos de ouro como o "El Pescado". Este depósito aurífero está localizado na porção norte da cordilheira central dos Andes, no flanco leste do sistema de falhas Otú-Pericos, hospedado no Batólito de Segovia. Esta unidade corresponde a quartzo monzodiorito dominante que varia localmente a quartzo sienito, granodiorito e diques porfiríticos de diorito. O plúton principal apresenta condições de cristalização com intervalos de temperaturas de 676°C-754°C e pressões de 2.1-2.6 kbar, e nos diques os intervalos são de 791°C-892°C e 3,6-3,7 kbar respectivamente. O quartzo monzodiorito e os diques de diorito são hospedeiros de veios de quartzo com sulfetos e ouro. Os fluidos hidrotermais geradores dos veios foram enriquecidos em K, Ca, Mg, Fe, S, CO<sub>2</sub> e SiO<sub>2</sub> e formaram clorita, epídoto, calcita, sericita, óxidos de Fe-Ti, sulfetos de Fe, Cu, Zn, Pb e teluretos de Au e Ag. Esta mineralização se associa a alteração propilítica das rochas encaixantes dos veios, e foi desenvolvida no intervalo de temperaturas de 300°C-332°C (geotermômetro de clorita). A ativação de zonas de cisalhamento transtensivas com trends N-S e NNW-SSE e cinemática dextral (relacionada ao Sistema de Falhas El bagre - Otú) possibilitou a circulação dos fluidos hidrotermais. A sequência paragenética dos minerais do minério foi determinada para dois pulsos de fluidos hidrotermais; o primeiro é caracterizado por quartzo, pirita-I, esfalerita-I, galena-I e baixo Au, a uma temperatura entre 175°C-225°C, do segundo pulso cristalizou a associação mineral formada por sericita, calcita, barita e pirita-II, esfalerita-II, galena-II, calcopirita, teluretos de prata-ouro (calaverita (AuTe<sub>2</sub>), silvanita [(Au, Ag)<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>]) e Au. Este último pulso de fluido hidrotermal apresentou temperaturas entre 170°C e 300°C. Os resultados desta pesquisa suportam a hipótese que os fluidos mineralizantes no depósito "El Pescado" estão relacionados ao magmatismo gerador dos diques de diorito, encaixados no Batólito de Segovia. Assim fluidos magmáticos e hidrotermais tarde magmáticos foram mobilizados através de zonas de cisalhamento. Tais estruturas estão vinculadas ao Sistema de Falhas Otú-Palestina, as quais para o alojamento dos veios localmente foram ativadas sob um regime transtensivo rúptil. Os fluidos geradores do minério se vinculam a um mesmo sistema

magmático-hidrotermal. O Au e os íons metálicos associados foram transportados por tio-complexos (HS e H<sub>2</sub>S) em fluidos hidrotermais ácidos a alcalinos, com salinidade intermediária a baixa e temperaturas baixas a moderadas.

**Palavras chaves:** Depósito de ouro relacionado à intrusão; fluidos hidrotermais de baixa salinidade; zonas de cisalhamento El Bagre-Otú; Cordilheira Central dos Andes colombianos; Batólito de Segovia.

## ABSTRACT

In Colombia, gold deposit exploration and exploitation represent one of the most important sources for local economy. Although the significant advances in Colombian mining, the characterization of gold deposits is still scarce and signify a challenge for geologists. The geodynamic history of Colombian Andes resulted in the occurrence of Jurassic calcium-alkaline magmatism related to accretionary suture process of terrains, also originated important gold deposits such as "El Pescado", located in the northern side of Andean central mountain range, at the eastern flank of the Otú-Pericos faults system, nested in the Segovia Batholith. This batholith corresponds to quartz monzodiorite that vary locally to quartz-syenite, granodiorite and host porphyritic diorite dikes. The quartz monzodiorite present crystallization conditions with temperatures intervals of 676°C-754°C and pressures of 2.1-2.6 kbar, for diorite dikes, the intervals occur in 791°C-892°C and 3,6-3,7 kbar. Quartz with sulphides and gold form veins host mainly in the diorite dikes. Hydrothermal fluids were enriched in K, Ca, Mg, Fe, S, CO<sub>2</sub>, and SiO<sub>2</sub>, and formed chlorite, epidote, calcite, sericite, Fe-Ti oxides, massive amounts of silica and sulfide of Fe, Cu, Zn, Pb and telluride of Au e Ag. This mineralization mainly occurs in quartz veins and is related to propylitic alteration in the host rocks, development at 300°C-332°C (chlorite geothermometer). The activation of trans tensive shear zones with N-S and NNW-SSE trends and dextral kinematic (related to the El Bagre -Otú fault system) enabled the circulation of hydrothermal fluids. The ore mineral paragenetic sequence was related two hydrothermal fluid pulses; first one is characterized by quartz, pyrite-I, sphalerite-I, galena-I and low Au, at a temperature between 175°C-225°C, second one consist in ore mineral association including sericite, calcite, barite and pyrite-II, sphalerite-II, galena-II, chalcopryite, silver-gold tellurides (calaverite (AuTe<sub>2</sub>), sylvanite [(Au,Ag)<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>]) and Au. This last hydrothermal fluid pulse had temperatures between 170°C-300°C. The results of this research suggest that the mineralizing hydrothermal fluids in the "El Pescado" deposit in the Segovia Batholith, were related to magmatism of the diorite dykes. Magmatic and hydrothermal fluids were displayed through shear zones. These structures are related to Otú-Palestina Faults System and were activated in a transtensive fragile regime during the emplacement of quartz veins. The Au and metallic ions associated were transported by thio-complexes (HS<sup>-</sup> and H<sub>2</sub>S) in acidic to alkaline hydrothermal fluids pulses, with intermediate to low salinity and low to moderate temperatures.



**Key words.** Intrusion related gold deposit; low salinity hydrothermal fluids; shear zones El Bagre - Otú; Central Range Colombian Andes; Segovia Batholith.

## LISTA DE FIGURAS DISSERTAÇÃO

- Figura 1.** Localização da área de estudo mostrando as cidades próximas e as principais rodovias de acesso. A. Localização do estado de Antioquia no território colombiano. B. Localização das principais cidades do estado. C. Rota de acesso à área de estudo. .... 17
- Figura 2.** Distribuição da amostragem e perfurações exploratórias na área de estudo. . 19
- Figura 3.** A. Principais elementos tectônicos do norte dos Andes. (RAMOS, 2009). B. Mapa fisiográfico da Colômbia (WIKIPEDIA.ORG, 2011). O retângulo vermelho indica a localização aproximada da área de estudo..... 22
- Figura 4.** Mapa de Terrenos Geológicos de Colômbia. Modificado de Toussaint & Restrepo (1996) e Ordóñez-Carmona et al. (2006). Falhas: Santa Marta-Bucaramanga (FSMB), Otú-Pericos (FOP), Romeral (FR), Cauca (FC), Dabeiba-Pueblo Rico (FDPR), Garrapatas (FGp) e Buenaventura (FBV). .... 24
- Figura 5.** Mapa geológico regional correspondente à litoestratigrafia da área de estudo representada pelo retângulo preto. Adaptado de Ingeominas, (2001). B. Referência espacial da região de estudo representada pelo retângulo vermelho em mapa fisiográfico de Colômbia. . 29

## LISTA DE FIGURAS ARTIGO

**Fig. 1.** Regional map of the Segovia Batholith. A) Spatial location of the study area in Colombia. B) Geological map showing the location of the “El Pescado” gold deposit (Colombian Geological Survey, 2015). C) Tectonic framework of the “El Pescado” gold deposit..... 34

**Fig. 2.** Structural setting in the “El Pescado” Gold Deposit. A) Shear zone A (SZ. A). B) Diorite dikes in contact with quartz veins and quartz monzodiorite. C. Quartz veins hosted in quartz monzodiorite. D-E) Shear zone B (SZ. B). Lower hemisphere diagrams show attitude of main structures: F) Shear zone A. G) Diorite dike. H) Quartz Veins. I) Shear zone B..... 37

**Fig. 3.** Macrophotographs of core drills and microphotographs of the host lithotypes mineral composition A, B) Phaneritic fine quartz monzodiorite C, D) Phaneritic medium to coarse-grained granodiorite. E) Discontinuous pericline twinning in plagioclase (Pl), with sericitization and saussuritization (in quartz monzodiorite). F) Subgrain reduction and rotation of plagioclase and undulate extinction (Pl, in quartz monzodiorite). G) K-feldspar (KF) with lobed boundaries, development of cordierite twinning (in quartz syenite). H) fracture and bulging in quartz (Qtz) crystals (in granodiorite). I) Mg-Hornblende substituted by chlorite (Chl) and epidote cutting by microveinule of quartz, calcite and hematite (in quartz monzodiorite). J) Actinolite substituted by chlorite associated with epidote (in quartz syenite). K-L) diorite with tabular plagioclase and actinolite (act) phenocrysts, in an aphanitic hydrothermal altered matrix. M) Fibrous actinolite (Act) crystal replaced to chlorite. N) Oxidation of magnetite (Mag) to hematite (Hem) (martitization). O) Core of Magnetite (Mag) substituted by pyrite rim. .... 39

**Fig. 4.** Microphotographs of quartz veins features. A) Recrystallization in quartz. B) Extensional jog. C) Quartz crystals with undulating extinction and phantom spider texture. (D) Deformation bands. E) Quartz size reduction, chess board extinction and rotation sub grain by dynamic recrystallization features cutting by calcite bands. F-H) Quartz with phantom spider texture and fractured that was filled by sericite, calcite, barite and sulfides..... 41

**Fig. 5.** Macrophotograph, photomicrographs and back scattering electron images of the occurrence of mineralization in the “El Pescado” gold deposit. A, B) gold (Au), pyrite and chalcopyrite mineral association. C) Pyrite-I (Py-I) with subspherical inclusion of Au. D) Inclusions of sphalerite-I (Sp-I) and galena-I (Gn-I) in pyrite-I (Py-I). E) Au and Chalcopyrite (Cp) filling in pyrite-I fractures. F) Galena (Gn-II) and Au filling fractures in pyrite-I (Py-I). G) Galena-II and sphalerite-II (Sp-II) association filling fractures in pyrite-I (Py-I). H)

Intergrowing in pyrite-II with Au, Calaverite (Cal) and Sylvanite (Syl), showing calaverite substitution to sylvanite. I) Galena-II (Gn-II) in association with Au. J) Free gold in quartz. K) Electron microprobe element map of a gold crystal, with Au and Ag concentrations..... 42

**Fig. 6.** Schematic summary of the paragenetic hydrothermal mineralization in “El Pescado” gold deposit..... 43

**Fig. 7.** A) Classification Or-Ab-An diagram of plagioclases according to Deer et al., (1966). B, C) Cationic  $Ca_B$  vs.  $Na_B$ , diagram, and classification diagram of calcium amphiboles with  $com\ Ca_B \geq 1.5$ ,  $(Na+K)_A < 0.5$ ,  $Ca_A < 0.5$ , Leake et al., (1997). D) Classification of chlorites, Hey (1954). E) Main chemical variations of the micas, Deer et al., 1992. F. Classification diagram for Calcite G) Classification diagram for oxides in the  $FeO-Fe_2O_3-TiO_2$ , Buddington and Lindsley, (1964) and adapted by Haggerty, (1976). MEV-EDS Spectrum for: F) Sericite and I) Barite. .... 44

**Fig. 8.** A) Classification diagram Fe, As, S (Clark, 1960). B) Comparative diagram of pyrite composition. Correlation diagrams between gold and metals in gold grains. C) Au-Ag correlation. D) Au-Fe correlation. E) Au-Te correlation..... 45

**Fig. 9.** Pressure and temperature diagram, showing the thermal history in the “El Pescado” gold deposit..... 49

**Fig. 10.** Correlations diagrams representing substitution types for the hydrothermal phases: A) Plagioclase substitution albite-anorthite  $NaSi$  vs.  $CaAl$ , B) K-feldspar substitution albite-orthoclase  $Na^+$  vs  $K$ , and C)  $Al^{+3}$  vs  $Si^{+4}$ . Micas substitution types. D)  $Al^{IV}$  vs  $Mg^{+2}+Fe^{+2}$ , E)  $Si$  vs  $Al^{VI}$ , F) Main substitutions in epidotes.  $Fe$  vs  $Al^{VI}$ . Amphiboles substitution types. G)  $Mg$  vs.  $Fe$ . H)  $Mg^{IV}+Si^{IV}$  vs.  $Al^{VI}+Al^{IV}$ . I)  $Na+Si$  vs.  $Ca+Al^{IV}$ . Chlorites substitution types. J)  $Mg$  vs  $Fe$ . K)  $Mg$  vs  $Ti$ . L)  $Al^{VI}$  vs  $MgSi$ . .... 50

**Fig. 11.** Hydrothermal process in the “El Pescado” Gold deposit. .... 51

**Fig. 12.** Mobility of ore showing mineralization stages. .... 53

**Fig. 13.** Geodynamical model for the gold mineralization in the “El Pescado gold deposit”. Lower hemisphere diagrams show attitude of main structures, diorite dikes and quartz veins.....

## LISTA DE TABELAS ARTIGO

<b>Table 1.</b> Estimated pressure and temperature of crystallization for plutonic rocks and dioritic dikes of the study area using Al-hornblende and Plagioclase-Amphibole geothermobarometer. .....	46
<b>Table 2.</b> Estimated temperature using Plagioclase-alkali-feldspar geothermometer.....	46
<b>Table 3.</b> Estimated temperature using Chlorite geothermometer. ....	47

## SUMÁRIO DISSERTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Localização e acesso .....	16
1.2 Objetivos .....	16
1.2.1. Objetivo Geral.....	16
1.2.2. Objetivos Específicos.....	16
2. MÉTODOS DE TRABALHO E TÉCNICAS ANALÍTICAS .....	17
3. CONTEXTO GEOTECTÔNICO DOS ANDES DO NORTE.....	20
4. UNIDADES LITOGEOLOGICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.1 Gnaisses Quartzo Feldspáticos de San Lucas (MP3NP1-Mhg2).....	26
4.2 Xistos Quartzo-sericíticos (Complexo Cajamarca) (T-Mlg3).....	26
4.3 Batólito de Segovia (J-Pi). .....	26
4.4 Batólito Antioqueño e Stock de La Culebra (K2-Pi) .....	27
4.4 Sedimentitos de Segovia (K1-VCm) e Vulcanitos de Segovia (K1-VCm s).....	28
5. CONCLUSÕES .....	59
6. REFERÊNCIAS.....	62
7. ANEXOS .....	66

## SUMÁRIO ARTIGO CIENTÍFICO

1. METALLOGENESIS OF THE NORTH-ANDEAN COLOMBIAN GOLD DEPOSIT “EL PESCADO” .....	30
2. Introduction.....	31
3. Regional geology .....	32
4. Samples and analytical methods .....	35
5. “El Pescado” deposit geology.....	35
5.1 Structural setting .....	36
5.2 Host Rock petrography .....	37
5.3 Gold mineralization, hydrothermal processes and paragenetic relationships .....	40
6. Geothermobarometry .....	46
7. Discussion .....	47
7.1 Interpretations related to the thermal history and structural framework that propitiated the forming the ore-bearing rocks and mineralization.....	47
7.2 Hydrothermal processes.....	49
7.3 Constraints of ore-forming fluids and gold transport.....	51
7.4 Orebody structures .....	53
8. Conclusion .....	55
9. REFERENCES.....	56

## 1. INTRODUÇÃO

Os depósitos auríferos localizados ao norte da Cordilheira Central da Colômbia na porção setentrional dos Andes, são parte do grande cinturão aurífero de origem hidrotermal hospedado no Batólito de Segovia. Este batólito apresenta dimensões aproximadas de 300 km de comprimento e 75 km de largura (SILLITOE, 2008). Nesse cinturão aurífero foram estabelecidos vários distritos mineiros reconhecidos pelo seu grande potencial. Um destes, é o distrito mineiro de Segovia-Remédios, cuja produção total em 2017 reportou 173.821 onzes extraídas e teores de 7 a 25 g/ton (EL ESPECTADOR, 2018). Considerado como o mais importante produtor de ouro e prata da Colômbia (ORDÓÑEZ-CARMONA, et al., 2005). Sua exploração em grande escala vem ocorrendo desde 1880 e atualmente continua sendo um dos principais distritos mineiros do país. Este distrito mineiro tem influência nos municípios de Zaragoza, Segovia e Remédios a Nordeste do estado de Antioquia.

25 km ao norte do distrito Segovia-Remédios, está localizado o projeto de mineração “El Pescado”, onde ocorrem depósitos auríferos de alto teor na forma de veios de quartzo contendo sulfetos de Fe, Cu, Zn, Pb, e teluretos de Au e Ag. Mapeamento geológico gerado nesta pesquisa constatou que as rochas que afloram na área de estudo são parte da unidade jurássica Batólito de Segovia e correspondem a quartzo monzodioritos que variam a quartzosienito, além de granodioritos, intrudidos por diques de composição diorítica do cretáceo (LEAL, 2011). Estes dioritos hospedam veios de quartzo mineralizados. Quartzo monzodioritos e dioritos encontram-se alteradas hidrotermalmente em distintos graus quando próximas a veios de quartzo mineralizados com sulfetos de Fe, Cu, Pb e Zn. Localmente, as rochas são deformadas por zonas de cisalhamento com orientação NW-SE e NE-SW associadas espacialmente ao Sistema de Falhas Otú- Palestina, entendido como uma paleosutura (TOUSSAINT, 1993). Os veios de quartzo mineralizados e os diques dioríticos, são controlados por tais cisalhamentos (ECHEVERRY et al, 2009). Os fluidos geradores destes depósitos, assim como de outros na região, têm sido relacionados a magmatismo em ambiente de subducção, e controle estrutural governado por reativações do sistema falhas Otú-Pericos (ORDÓÑEZ et al. 2005; RODRÍGUEZ, 2007; ALVAREZ et al. 2007; ECHEVERRY et al. 2006; GONZALEZ et al. 2010; LEAL, 2011; ALVAREZ, 2013).

Vários estudos de cunho geológico com ênfase em geocronologia e litogeoquímica foram realizados no distrito mineiro de Segovia-Remédios (ORDÓÑEZ et al., 2005; ECHEVERRY, 2006; LEAL, 2011; MANCO et al., 2012; ALVAREZ, 2013), e são tomados como referências



neste estudo. Contudo o magmatismo jurássico representado pelo Batólito de Segovia e o magmatismo cretáceo que gerou os diques dioríticos, hospedeiros dos veios de quartzo mineralizados, não parecem ter relação genética, toda vez que suas idades são diferentes (LEAL, 2011; ALVAREZ, 2013). No mesmo sentido, o nível crustal de colocação de ambas as rochas é contrastante, mas se apresentam controlados pelo Sistema de Falhas El Bagre-Otú-Palestina. Nesse sentido a origem dos fluidos formadores do minério no distrito Segovia-Remédios é uma questão pouco entendida.

A compreensão dos depósitos auríferos no distrito mineiro de Segovia-Remédios e regiões próximas, apresentam uma problemática ainda em aberto em relação com: i) associações de minerais de minério que envolvem teluretos de Au e Ag não presentes em outros depósitos na região, ii) dificuldade na determinação da origem dos fluidos mineralizantes relacionadas com a escassez e grau de detalhe nas pesquisas metalogenéticas dos depósitos auríferos, iii) controles estruturais locais com características de deformação desenvolvidas em regimes variáveis, no entanto relacionados a um mesmo sistema de falhas regionais que podem ter experimentado várias reativações no tempo; iv) falta de formulação de modelos metalogenéticos consistentes, o que dificulta a correlação estratigráfica baseada em critérios coerentes sustentados por dados consistentes; v) Relação genética entre o batólito de Segovia, os diques dioríticos e os veios auríferos, ainda não tem sido esclarecida.

Para o depósito aurífero “El Pescado”, localizado espacialmente fora do distrito mineiro Segovia-Remédios, não existem pesquisas que permitam entender claramente a forma de ocorrência do minério. O controle geológico estrutural, a relação do minério com o Batólito de Segovia e com os diques dioríticos, a alteração hidrotermal das rochas hospedeiras dos veios, são tópicos pouco ou mal-entendidos. De igual forma, as características metalogenéticas dos minerais do minério não é conhecida, e não existe um modelo conceitual que defina guias de exploração.

A relevância desta pesquisa compreende a geração de novo conhecimento geológico, estrutural e metalogenético sobre um depósito aurífero ainda não estudado, consistente na caracterização do minério, compreensão dos processos de alteração hidrotermal associados aos fluidos mineralizantes que afetaram as rochas hospedeiras dos veios mineralizados. Entendimento da associação e das características físico-químicas dos minerais constituintes do minério aurífero. Controle estrutural dos veios que constituem o depósito aurífero. Formulação de um modelo baseado em dados metalogenéticos consistentes (química mineral do minério e

associação de minerais de alteração hidrotermal na rocha hospedeira) que permita determinar relações de fluidos-rocha encaixante, correlações espaciais, metalogenéticas e estratigráficas com outras jazidas nos distritos mineiros próximos.

### **1.1 Localização e acesso**

A área de estudo está definida pelas coordenadas 7°15'0"N-7°15'30"N e 74°42'45"W-74°42'15"W. (Sistemas de coordenadas geográficas do sistema UTM, com Datum WGS-84 na Zona 18N), está localizada a 150 km ao nordeste de Medellín capital do estado de Antioquia. O acesso à área realiza-se pela estrada pavimentada desde Medellín até o município de Segovia, em um percurso aproximado de 130 km. Partindo de Segovia, o trajeto continua por 25 km de via não pavimentada até o distrito de Laureles, onde através de uma via privada de 11 km, se dá acesso ao acampamento principal da mina “El Pescado” explorada pela empresa *Touchstone Gold Limited*. (Figura 1).

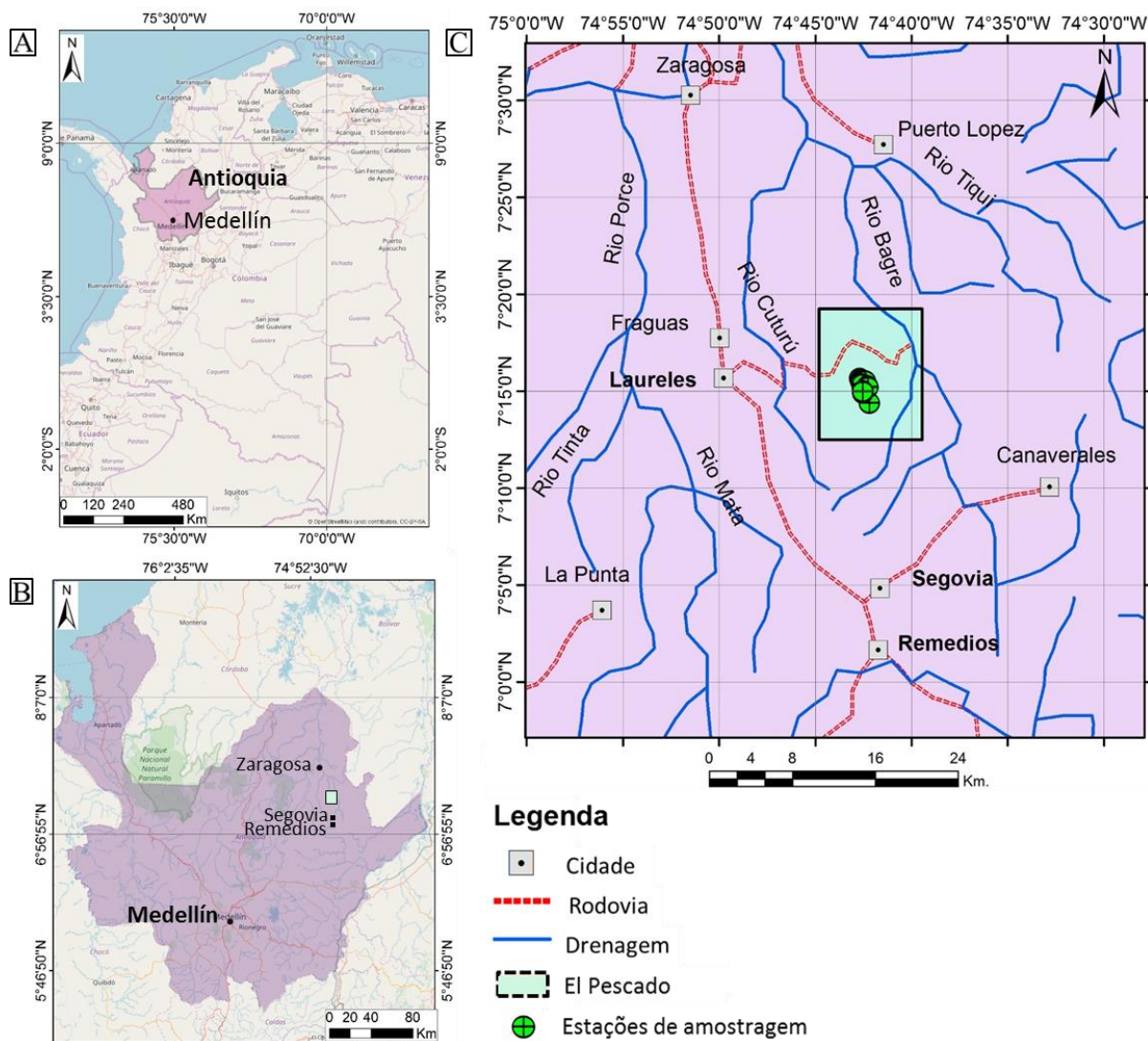
### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo Geral.**

Postular um modelo metalogenético conceitual para a origem dos veios da jazida aurífera El Pescado, Segovia (Colômbia), complementado com os seguintes objetivos específicos:

#### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- Definir as associações minerais paragenéticas da jazida aurífera e dos processos de alteração hidrotermal associados com a formação do minério.
- Determinar as condições de equilíbrio físico-químico do sistema hidrotermal geradas durante a mineralização.
- Entender o controle geológico e estrutural dos veios mineralizados.
- Determinar a posição estratigráfica relativa da jazida de ouro correlacionável com outras jazidas no distrito mineiro de Segovia.



**Figura 1.** Localização da área de estudo mostrando as cidades próximas e as principais rodovias de acesso. A. Localização do estado de Antioquia no território colombiano. B. Localização das principais cidades do estado. C. Rota de acesso à área de estudo.

## 2. MÉTODOS DE TRABALHO E TÉCNICAS ANALÍTICAS

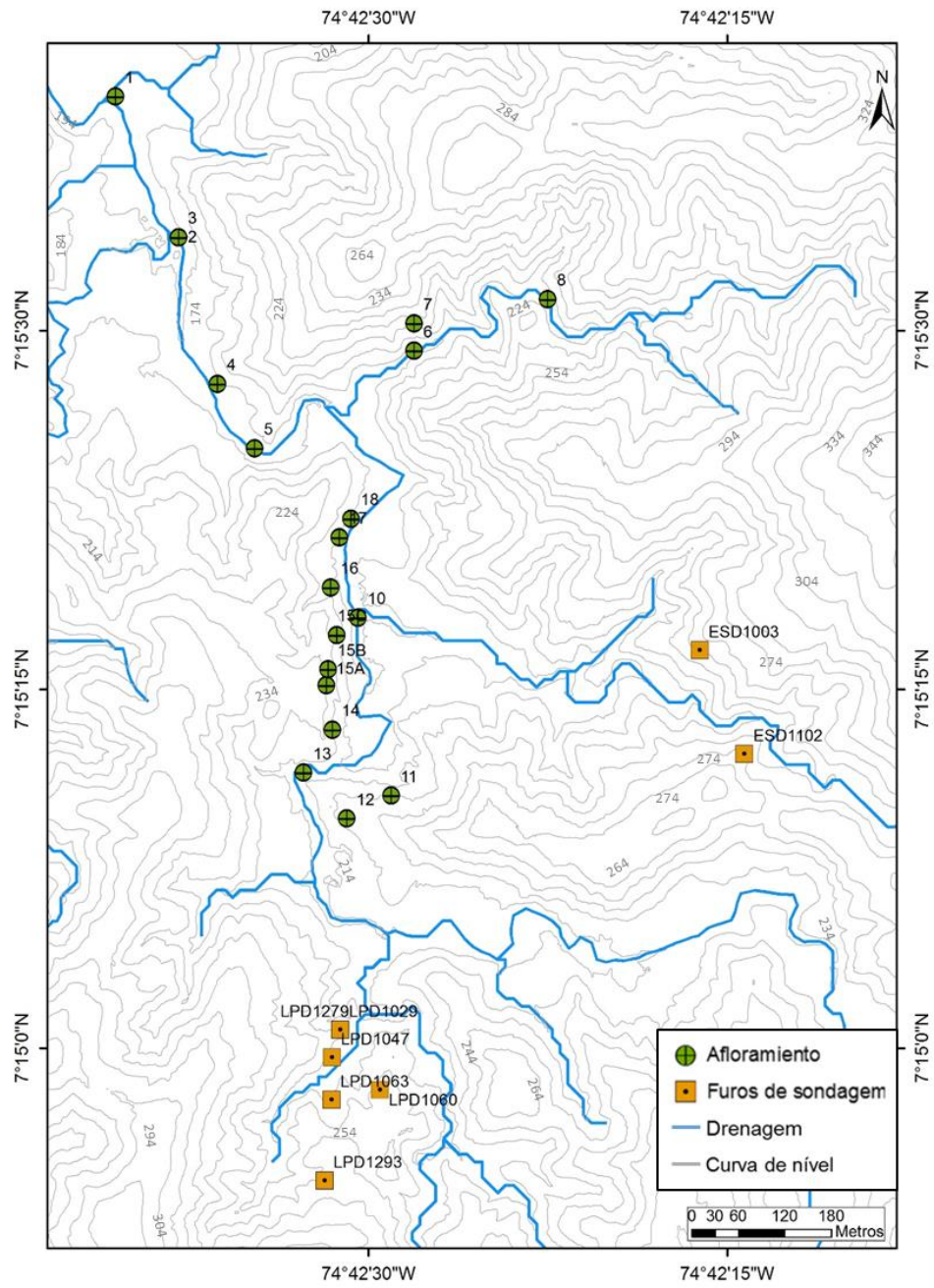
O desenvolvimento desta investigação inclui os seguintes procedimentos e etapas: Consulta de fontes bibliográficas, trabalho de campo e coleta de amostras de rocha e de testemunho de sondagem (fornecidos pela companhia *Touchstone Gold Limited.*), análises laboratoriais, processamento e análises de resultados e finalmente a elaboração do modelo metalogénico da área de estudo a partir da interpretação dos dados.

Inicialmente foi realizada a revisão e análise de fontes bibliográficas sobre estudos geológicos, geotectônicos e metalogénicos referentes a geologia da região, publicações e

artigos sobre as características da mineralização de depósitos de ouro orogênico e *intrusão related*, visando compreender os processos e a fundamentação teórica deles.

O trabalho de campo consistiu no reconhecimento e descrição geológica das rochas que afloram na área de estudo “El Pescado”. Foram realizados percursos por caminhos, drenagens e túneis de exploração da mina, junto com a coleta de amostras de rocha representativas dos litotipos observados em campo que correspondente as rochas do Batólito de Segovia, diques dioríticos e veios de quartzo com sulfetos que constituem o minério da jazida aurífera. Durante esta etapa, foram levantados 19 afloramentos (figura 2), cada um deles inclui: geoposicionamento do local, registro fotográfico, descrição macroscópica das unidades de rocha, levantamento de dados estruturais, coletas de amostras das frentes de lavra e de testemunhos de furos de sondagem nos que se incluem os veios com presença de sulfetos e rocha encaixante com diferentes graus de alteração hidrotermal. A cartografia geológica e amostragem foi dificultada pela falta de afloramentos devido a cobertura vegetal e o desenvolvimento de um espesso perfil de intemperismo, assim como intenso fraturamento das rochas.

Posterior ao trabalho de campo foram selecionadas 35 amostras para a confecção de lâminas delgadas-polidas usando como critério, o tipo litológico, o grau de alteração hidrotermal e sua distribuição espacial por relação a veios mineralizados. Estas foram confeccionadas no laboratório de laminação da CPRM na cidade de Manaus. O processo de análise petrográfica e minerográfica foi realizado no laboratório de microscopia do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFAM, utilizando microscópio petrográfico convencional de luz transmitida e refletida Olympus, modelo BX51 com as imagens obtidas por câmera Olympus de modelo X775 acoplada ao microscópio. As análises visaram definir as paragêneses minerais, relações texturais e estruturais nos litotipos assim como nos veios mineralizados, junto com as associações minerais produto de alteração hidrotermal das rochas encaixantes dos veios. Foi realizada classificação da composição mineral modal das rochas plutônicas a partir de contagem de pontos, tendo em média 2000 pontos para cada lâmina.



**Figura 2.** Distribuição da amostragem e perfurações exploratórias na área de estudo.

O uso microscópio eletrônico de varredura permitiu a caracterização microtextural e morfológica de fases minerais do minério ou associadas aos fluidos geradores deste. Para estas análises foram selecionadas amostras de rocha encaixante hidrotermalmente alterada e de sulfetos contidos nos veios de quartzo. Foram analisadas 4 lâminas metalizadas com ouro, submetidas a alto vácuo com feixe de elétrons incidente de 20 a 25 KeV. O grau de interação entre o feixe de elétrons e a superfície da lâmina permite que sejam geradas imagens de alta resolução. As análises foram realizadas no microscópio eletrônico do laboratório de técnicas mineralógicas da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

As análises de química mineral foram realizadas no laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Estas análises pontuais objetivam definir a composição química de minerais da rocha encaixante, minerais de alteração hidrotermal e das fases minerais em equilíbrio dos veios, que permitam avaliar condições de pressão e temperatura de cristalização da rocha encaixante e dos sulfetos contidos nos veios, mediante cálculos geotermobarométricos. Foram realizadas 157 análises pontuais em silicatos, 33 em sulfetos, 50 em óxidos e 27 em carbonato, distribuídas em 9 lâminas delgadas correspondentes a rochas encaixantes, de alteração hidrotermal e do minério.

### **3. CONTEXTO GEOTECTÔNICO DOS ANDES DO NORTE**

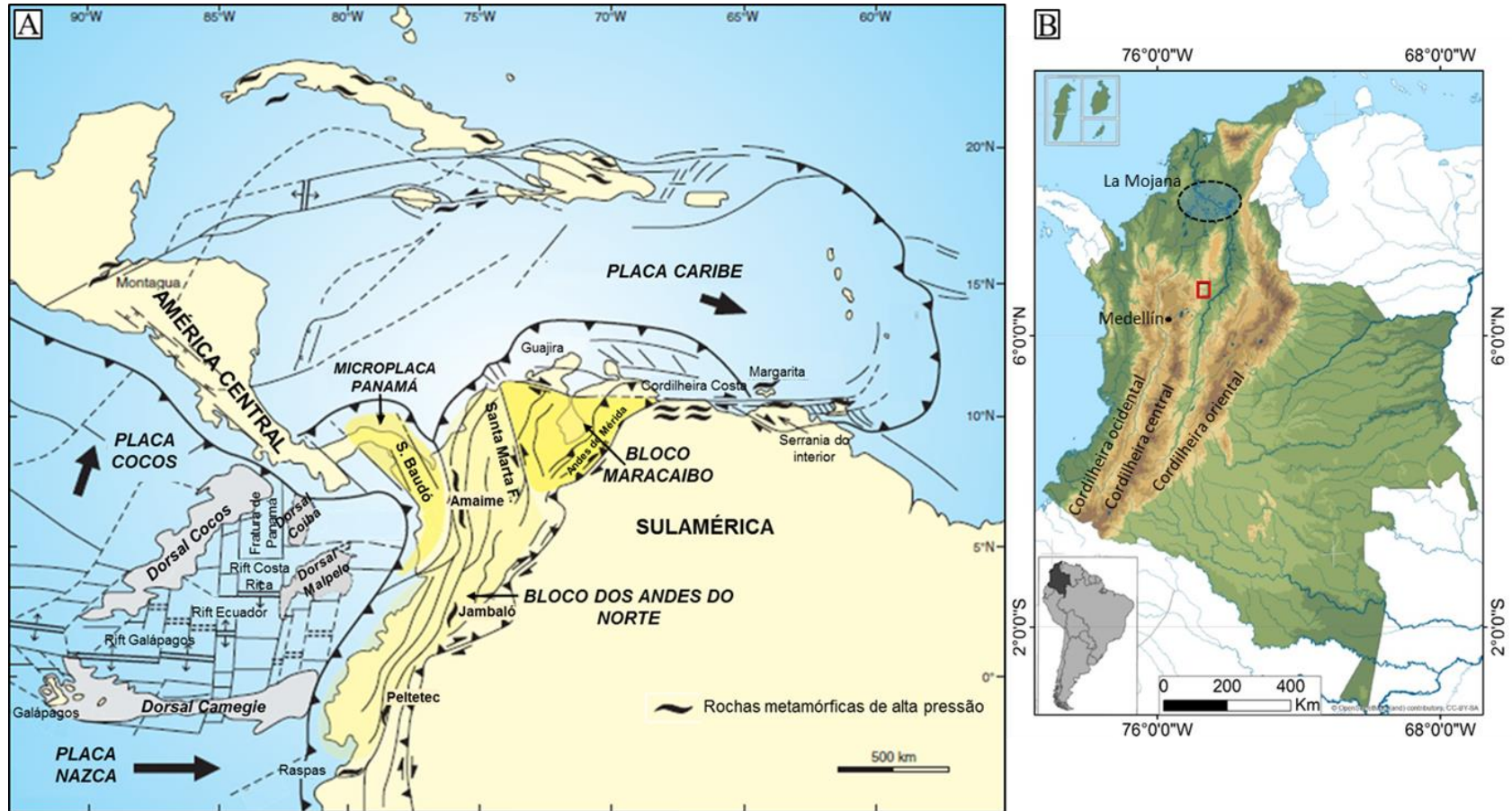
A convergência das placas Caribe, Nazca com a Sul-Americana gerou no extremo NW desta um padrão complexo de deformação cujas causas principais se relacionam com subducção acrescionária sucessiva no tempo e magmatismo na margem pacífica, subducção rasa da placa Caribe, com distensão no retro arco (região de La Mojana). Instalação de falhamentos transcorrentes com *trends* principais NE-SW, reativação de suturas NW-SE e instalação de estruturas secundárias subordinadas (RAMOS, 2009) (Figura 3.A). Desta maneira a cordilheira dos Andes é o resultado de um processo orogenético caracterizado pela colisão e acreção de terrenos de origem e idade diversa, que na porção norte, na Colômbia, se divide em três (3) grandes ramificações geologicamente independentes: Cordilheiras Ocidental, Central, Oriental e a Serrania do Baudó próxima ao litoral do Oceano Pacífico (GONZÁLEZ, 2001. Figura 3.B).

Assim, as três principais cadeias de montanhas andinas são parte de uma zona de intensa deformação que se estende de W para E por uns 600 km (GONZÁLEZ, 2001), conformados por um mosaico de segmentos de crosta alóctona, para-autóctona e autóctona, definidos como unidades litoestratigráficas individuais, terrenos e domínios tectônicos de diferente origem

(CEDIEL, 2003). Embora as similaridades ao respeito da cronoestratigrafia dos eventos, propostas por vários autores (ETAYO et al. 1986, RESTREPO & TOUSSAINT, 1988; 1993, MORENO-SÁNCHEZ; PARDO-TRUJILLO, 2002; CEDIEL et al., 2003) os limites entre os terrenos não estão claramente estabelecidos.

A área de estudo faz parte do flanco leste da Cordilheira Central, localizada a leste da Falha Otú-Palestina (Pericos), constituída por um embasamento metamórfico Grenvilliano representado por gnaisses, anfíbolitos e mármore com idades metamórficas entre *c.a.* 1.100 e 890Ma (ORDÓÑEZ-CARMONA et al., 1999; ORDÓÑEZ-CARMONA et al., 2006, isócrona Sm-Nd, Rb-Sr em rocha total), intrudidas por batólitos de granitóides geralmente alongados no sentido N-S, com idades de cristalização entre *c.a.* 214 e 130Ma, representados, entre outros, pelo Batólito de Segovia (FEININGER et al., 1972; VESGA & BARRERO, 1978; JARAMILLO et al., 1980; SILLITOE et al., 1982; ALVAREZ, 2013, K-Ar em hornblenda, U-Pb em zircão). Tanto o embasamento metamórfico como os plútons granitoides estão encobertos quase totalmente por rochas sedimentares do Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico.





**Figura 3.** A. Principais elementos tectônicos do norte dos Andes. (RAMOS, 2009). B. Mapa fisiográfico da Colômbia (WIKIPEDIA.ORG, 2011). O retângulo vermelho indica a localização aproximada da área de estudo.

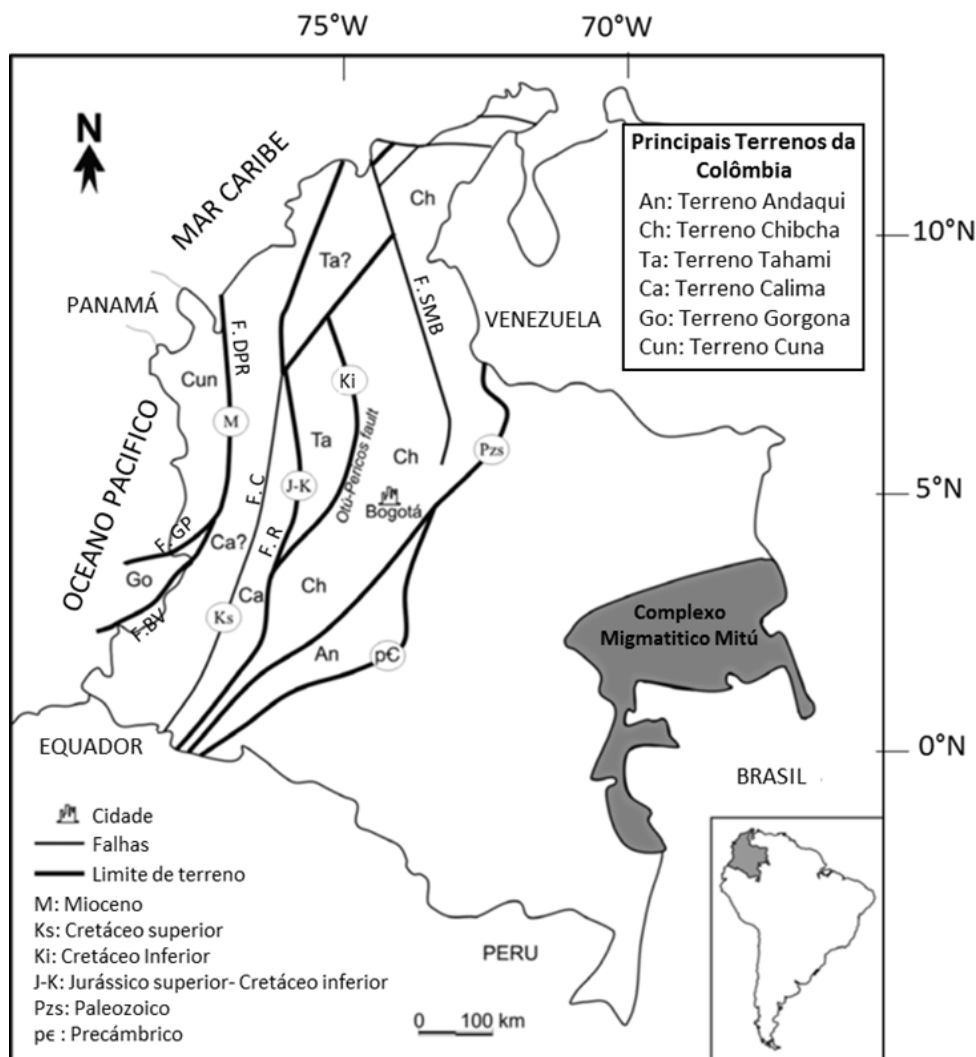


As unidades de rochas localizadas ao leste da falha Otú-Palestina (Pericos) são incluídas dentro de diferentes terrenos de acordo com diversas propostas cronoestratigráficas assim, tais rochas podem ser inclusas dentro do terreno Chibcha (RESTREPO & TOUSSAINT, 1989; TOUSSAINT, 1993; RESTREPO et al., 2011, GÓMEZ, J. et al., 2015) (Figura 4), do terreno Payandé-San Lucas (ETAYO-SERNA et al., 1986; LÓPEZ, 2003), e/ou do bloco San Lucas (CEDIEL et al., 2003).

Durante a orogenia Caledoniana (*c.a.* 460~415 Ma) teria ocorrido a acresção do terreno Chibcha ao cráton amazônico e a migração da subducção e do arco magmático para W (RESTREPO & TOUSSAINT, 1989; RESTREPO et al., 2011), o que teria promovido o encurtamento e levantamento da cordilheira oriental e, falhamento supracrustal associado. A seguir é apresentada uma síntese da evolução geológica dos terrenos acrescionarios com ênfase no Terreno Chibcha, representado na figura 4.

O terreno Chibcha exhibe rochas do embasamento ígneo-metamórfico de idade proterozóica e paleozoica e está delimitado ao oeste pelo sistema de Falhas Otú-Pericos, marcando o limite com o terreno Tahamí definido por um embasamento metamórfico permotriássico (RESTREPO & TOUSSAINT, 1989) (Figura 4). As principais diferenças entre estes dois terrenos são as evidências de metamorfismo permiano no terreno Tahamí e magmatismo e sedimentação jurássica no terreno Chibcha (RESTREPO et al., 2011). No entanto, novas evidências, indicam a presença, no terreno Tahamí, de intrusivos graníticos e rochas metassedimentares, de idade jurássica e de composição similar às presentes no Terreno Chibcha (BUSTAMANTE, 2016). Estas evidências põem em controvérsia a definição da falha Otú-Pericos como limite entre estes terrenos, postulado por Restrepo e Toussaint (1989).

A idade da acresção do terreno Tahamí ao terreno Chibcha, é ainda debatida por vários autores que apontam para esse evento uma idade permiana durante a orogenia Allegheniana (RAMOS, 2009). Para Toussaint (1993), esta acresção teria ocorrido durante o Cretáceo Tardio. Este terreno compreende um bloco litosférico constituído por um embasamento metamórfico intrudido por plútons graníticos, sin a pós-tectônicos (ORDÓÑEZ-CARMONA, 2001; VINASCO et al., 2006). O embasamento metamórfico está constituído por rochas paraderivadas de idades carboníferas que hospedam rochas ortoderivadas de idades Permianas, relacionados à formação de cinturão orogênico a oeste de Pangeia no Triássico. (MARTENS et al., 2014; RESTREPO et al., 2011).



**Figura 4.** Mapa de Terrenos Geológicos de Colômbia. Modificado de Toussaint & Restrepo (1996) e Ordóñez-Carmona et al. (2006). Falhas: Santa Marta-Bucaramanga (FSMB), Otú-Pericos (FOP), Romeral (FR), Cauca (FC), Dabeiba-Pueblo Rico (FDPR), Garrapatas (FGp) e Buenaventura (FBV).

Ao oeste da falha Otú-Pericos, na parte norte da cordilheira Central, afloram sedimentos Cenozoicos do platô do Caribe que cobrem o embasamento metamórfico Permo-Triássico, é por isto que nesta região o terreno é denominado Tahamí incerto (Ta?). Dessa forma o processo acrescionário teria configurado o cenário estrutural e geotectônico da cordilheira central.

No Jurássico com o rompimento de Pangeia, os processos de subducção na margem W da placa Sul-americana, estiveram marcados pela geração de vulcanismo ácido e plutonismo de composição tonalítica-granodiorítica dispostos em um *trend* alongado N-S. Os plútons alojados, que incluem o Batólito de Segovia, apresentam marcada associação com importantes depósitos minerais de ouro e prata (GONZALEZ, 2001).

A partir do Cretáceo, processos acrescionários de arcos de ilhas e platôs, formaram terrenos alóctones de origem oceânica constituídos por rochas máficas, ultramáficas e vulcano-

sedimentares, que correspondem aos terrenos Calima, Gorgona e Caribe. O limite entre os terrenos Calima e Tahamí é definido pelo Sistema falhas transcorrentes de Cauca-Romeral e por um cinturão metamórfico de rochas de alta e média pressão (xistos azuis) com idade Ar-Ar de *c.a.* 63 Ma (BUSTAMANTE, 2008) e ofiolitos desmembrados (RESTREPO et al., 1989).

O Terreno Gorgona é separado dos terrenos Calima e Cuna pelas falhas de Buenaventura e Garrapatas, respectivamente, e a sua acreção ao primeiro, teria ocorrido durante o Eoceno Tardio (KERR, 2005; CEDIEL et al., 2010; SERRANO et al., 2011). O Terreno Cuna teria sido acrecionado ao resto do mosaico de blocos litosféricos dos Andes Colombianos durante o Mioceno, ao longo da Falha Dabeiba-Pueblo Rico (TOUSSAINT, 1993; CEDIEL et al., 2010). Simultaneamente, a finais do cretácico, a subducção rasa da placa Caribe, seria responsável pela ativação de estruturas transcorrentes leste-oeste, transversais à estruturação N-S, junto com subsidência mecânica e a formação de uma bacia de retroarco localizada ao norte de Colômbia no Vale baixo do rio Magdalena (região da Mojana), (CARDONA et al., 2011, SALAZAR et al., 2016).

Plutonismo e vulcanismo Eoceno - Mioceno (Farallones del Citará, Buriticá, Plúton de Urrao) posicionados no flanco E da Cordilheira Ocidental, caracterizam o aumento de massa e temperatura deste orógeno. Durante o Plioceno se alojaram corpos porfiríticos de composição intermediária, que seguem alinhados com as falhas do Sistema Cauca-Romeral aproveitando zonas de fraqueza estrutural. Migração de fluídos hidrotermais associados a esses plútons geraram importantes jazidas de Au-Ag (GONZALEZ, 2001).

## 4. UNIDADES LITOGEOLOÓGICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A maior estrutura regional na área de estudo é o Sistema de Falhas Otú-Pericos, esta sutura Paleozoica tem sido afetada por grande número de reativações desde a sua formação, o que dificulta a definição da cinemática original do sistema. Atualmente, este corresponde a falhas reversas subverticais com uma componente sinistral dominante, e possui um comprimento total de aproximadamente 120 quilômetros na direção N-S, com inflexões N40W-N20°W a N20°E (ECHEVERRI, 2006; ORDOÑEZ, 2006).

As unidades que compõem o contexto litológico da área de estudo são descritas a seguir (Figura 5). litogeológicas da área de estudo

### 4.1 Gnaisses Quartzo Feldspáticos de San Lucas (MP3NP1-Mhg2).

As rochas desta unidade constituem uma faixa alongada do 50 km de comprimento no sentido norte-sul e espessura média de 10 km, localizadas a leste da falha Otú-Pericos. São rochas principalmente quartzo feldspáticas, quartzo biotíticas e quartzosas, associados a lentes de anfibolito e corpos menores de mármore (GONZALEZ, 2001). Segundo Feininger et al., (1972) e Ordóñez et al., (1999) as rochas tem idade de 894±36 Ma., obtida mediante isocrona Rb-Sr.

### 4.2 Xistos Quartzo-sericíticos (Complexo Cajamarca) (T-Mlg3).

O Complexo Cajamarca ocorre ao oeste da falha Otú-Pericos, e inclui xistos pelíticos, quartzitos, gnaisses aluminosos de grau médio, mármore e lentes de anfibolitos. A idade do metamorfismo foi definida no triássico (*c.a.* 240–230 Ma) (ORDOÑEZ 2001; VINASCO et al. 2006; RESTREPO et al. 2011; COCHRANE et al. 2014). Este embasamento é intrudido por granitoides paleozoicos, stocks graníticos triássicos, batólitos cretáceos e está coberto por rochas piroclásticas de arcos vulcânicos continentais (GONZÁLEZ, 2001; RESTREPO e TOUSSAINT, 1982).

### 4.3 Batólito de Segovia (J-Pi).

Aflora no setor oriental do sistema de falhas Otú-Pericos e estende-se ao norte do estado de Antioquia até a Serrania de San Lucas. É um corpo alongado em sentido norte-sul, paralelo ao eixo da cordilheira central, com uma extensão total de 760 km. É constituído por dioritos,

quartzodioritos, granodioritos e menos frequente gabros. Os dioritos variam de maciços a foliados em zonas de falha (GONZALEZ, 2001).

Este corpo intrude os gnaisses quartzo-feldspáticos de San Lucas de idade Proterozoica. O contato com esta unidade é localmente controlado pelas falhas do Bagre e Palestina a leste. A nordeste e leste da unidade, sequencias sedimentarias e rochas vulcânicas efusivas do cretáceo, repousam em discordância (GONZÁLEZ et al., 2010).

Feininger et al., (1972), obteve para estas rochas uma idade de resfriamento de  $160 \pm 7$  Ma (K-Ar em hornblenda), entanto ALVAREZ, (2013), obteve uma idade de  $154 \pm 0,79$  (U-Pb em zircão), interpretada como idade de cristalização da rocha granítica com assinatura geoquímica de magmas cálcio-alcálico e metaluminoso, e que estão associadas com arcos magmáticos em zonas de subducção em margens continentais ativas (TOUSSAINT, 1993, DORR et al, 1995; ALTENBERG & CONCHA, 2005; BAYONA et al, 2006, BUSTAMANTE et al, 2010). Dados isotópicos Sm-Nd indicam uma origem mantélica para os magmas precursores do batólito (ALVAREZ, 2013).

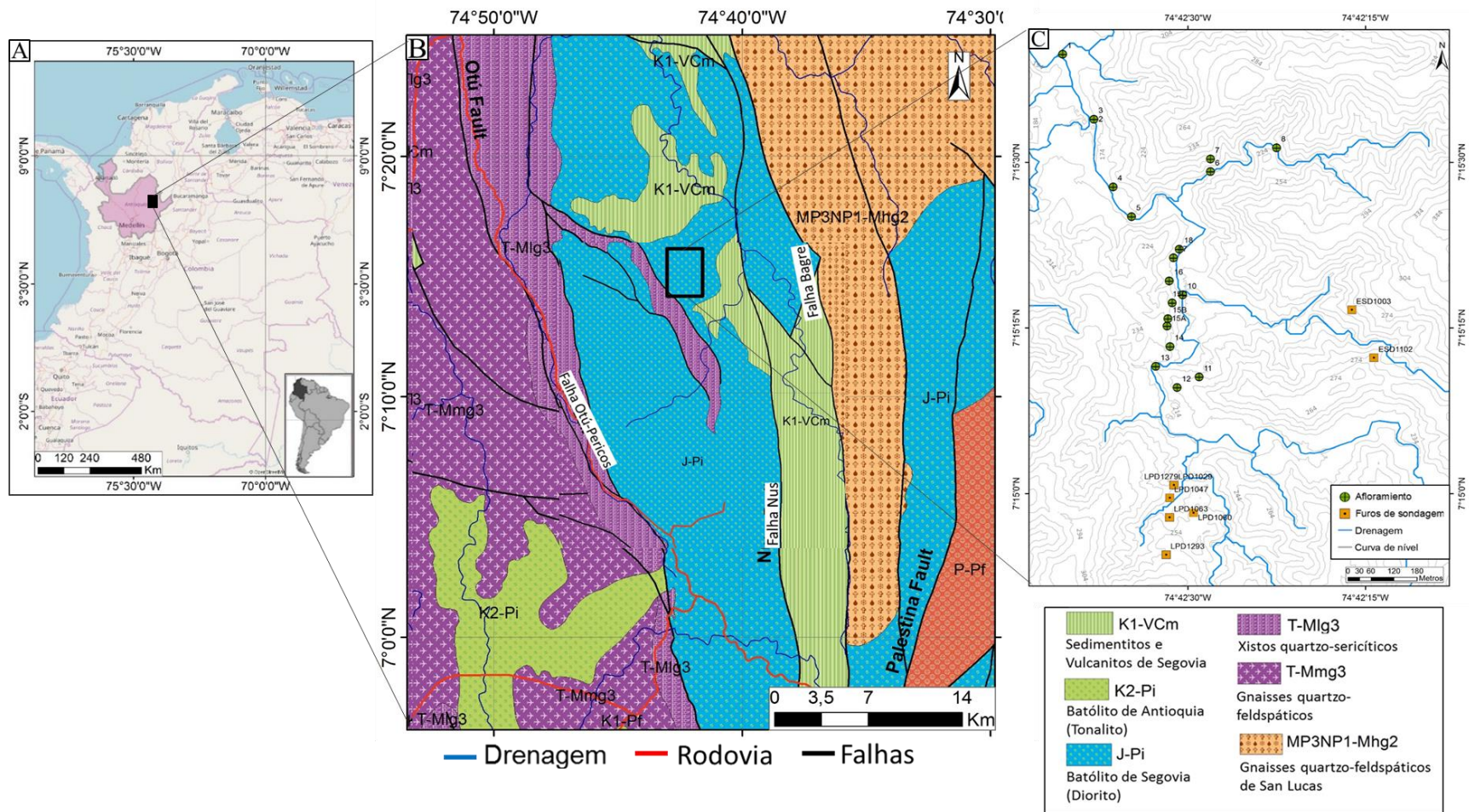
Na área de estudo esta unidade litológica é a hospedeira dos diques porfiríticos de composição tonalítica a andesítica, e dos veios de quartzo com sulfetos e ouro (GONZALEZ, 2001). A idade de cristalização dos diques porfiríticos na região do Distrito Minero de Segovia-Remédios é  $85.9 \pm 1.2$  Ma. (LEAL et al. 2011) e conforme as suas características geoquímicas, os diques correspondem a rochas cálcio-alcálicas de arco magmático de derivação mantélica (ALVAREZ, 2013).

#### **4.4 Batólito Antioqueño e Stock de La Culebra (K2-Pi)**

Corresponde a um corpo intrusivo de  $7221 \text{ Km}^2$ , localizado ao leste do sistema de falhas Otú-Pericos (LEAL et al, 2011), constituído por quartzodiorito, granodiorito e gabro (BOTERO 1975). Diques afaníticos ate porfiríticos de composição andesíticas a félsica intrudem esta unidade (BOTERO, 1975). Foi definido um intervalo de idade entre *c.a.* 89 e 58 Ma, relacionados com quatro (4) facies magmáticas diferentes associadas com a formação do Batólito. Análises geoquímicos de Rb-Sr e Sm-Nd indicam uma fonte manto derivada com pouca ou nenhuma interação crustal continental (LEAL et al, 2011). Corpos ígneos satélites de menor tamanho representados pelo Stock de La Culebra de composição tonalítica são relacionadas geneticamente com o Batólito Antioqueño. A idade para estas rochas corresponde a  $87.5 \pm 1.3/-1.6$  Ma (LEAL et al. 2011).

#### **4.4 Sedimentitos de Segovia (K1-VCm) e Vulcanitos de Segovia (K1-VCm s)**

São corpos alongados que afloram a leste da Falha Otú e limitados ao oeste, pela Falha El Bagre, constituídos por rochas vulcânicas de composição basáltica a andesítica, com níveis de rochas pyroclásticas de arcos vulcânicos continentais, e ocorrem intercaladas com sedimentos marinhos fossilíferos do Cretáceo Inferior (GONZÁLEZ, 2001).



**Figura 5.** A. Localização espacial da área de estudo. B. Mapa geológico regional correspondente à litoestratigrafia da área de estudo representada pelo retângulo preto. Adaptado de Ingeominas, (2001). C. Distribuição da amostragem e perfurações exploratórias na área de estudo.

## 1. ARTIGO CIENTÍFICO

### METALLOGENESIS OF THE NORTH-ANDEAN COLOMBIAN GOLD DEPOSIT “EL PESCADO”.

Eliana Rocio Jaramillo Perez<sup>a\*</sup> Marta Edith Velásquez<sup>b</sup>, Carlos Alejandro Salazar<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Postgraduate Program in Geosciences, Federal University of Amazonas, Manaus – State of Amazonas, Brazil. elijarap@gmail.com

<sup>b</sup> Department of Geosciences, Federal University of Amazonas, Manaus – State of Amazonas, Brazil: edith@ufam.edu.br; csalazar@ufam.edu.br

#### **Abstract:**

In Colombia, gold deposit exploration and exploitation represent one of the most important sources for local economy. Although the significant advances in Colombian mining, the characterization of gold deposits is still scarce and this signifies a challenge for geologists. The geodynamic history of Colombian Andes resulted in the occurrence of Jurassic calcium-alkaline magmatism related to accretionary process and sutures, also these originated important gold deposits such as “El Pescado”, located in the northern side of Andean central mountain range, at the eastern flank of the Otú-Pericos faults system, nested in the Segovia Batholith. This batholith corresponds mainly to quartz monzodiorite that vary locally to quartz-syenite, granodiorite and porphyritic diorite dikes. The quartz monzodiorite present crystallization conditions with temperatures intervals of 676°C-754°C and pressures of 2.1-2.6 kbar. For diorite dikes, the intervals occur in 791°C-892°C and 3,6-3,7 kbar. Quartz with sulphides and gold form veins hosted mainly in the diorite dikes. Hydrothermal fluids were enriched in K, Ca, Mg, Fe, S, CO<sub>2</sub>, and SiO<sub>2</sub>, and formed chlorite, epidote, calcite, sericite, Fe-Ti oxides, massive amounts of silica and sulfide of Fe, Cu, Zn, Pb and telluride of Au e Ag. This mineralization mainly occurs in quartz veins and is related to propylitic alteration in the host rocks, development at 300°C-332°C (chlorite geothermometer). The activation of transtensive shear zones with N-S and NNW-SSE trends and dextral kinematic (related to the El Bagre -Otú fault system) enabled the circulation of hydrothermal fluids. The ore mineral paragenetic sequence was related two hydrothermal fluid pulses; first one is characterized by quartz-I, pyrite-I, sphalerite-I, galena-I and low Au, at a temperature between 175°C-225°C, second one consist



in ore mineral association including quartz-II, sericite, calcite, barite and pyrite-II, sphalerite-II, galena-II, chalcopyrite, silver-gold tellurides (calaverite (AuTe<sub>2</sub>), sylvanite [(Au,Ag)<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>]) and Au. This last hydrothermal fluid pulse had temperatures between 170°C-300°C. The results of this research suggest that the mineralizing hydrothermal fluids in the "El Pescado" deposit in the Segovia Batholith, were related to magmatism of the diorite dykes. Magmatic and hydrothermal fluids were displayed through shear zones. These structures are related to Otú-Pericos, Palestina-Bagre Faults Systems and these were activated in a transtensive brittle regime during the emplacement of quartz veins. The Au and metallic ions associated were transported by thio-complexes (HS<sup>-</sup> and H<sub>2</sub>S) in acidic to alkaline hydrothermal fluids pulses, with intermediate to low salinity and low to moderate temperatures.

Key words. Intrusion related gold deposit; low salinity hydrothermal fluids; shear zones El Bagre - Otú; Central Range Colombian Andes; Segovia Batholith.

## 2. Introduction

Colombian gold deposits are located at the north of the Central mountain range and belong to the gold belt of hydrothermal origin hosted in the Segovia Batholith. This batholith has dimensions of 300 km long and 75 km wide approximately (Sillitoe, 2008; Ordoñez et al., 2005; Alvarez et al., 2007; Echeverry et al., 2006). For over 450 years of continuous production, several mining districts have been established along this gold belt and represent the most extensive gold mining and the largest recognized gold resources in Colombia. Among all these, the "El Pescado" gold deposit is located 25 km northward from the widely recognized Segovia-Remedios mesothermal gold District, both placed to northeast of the Antioquia state (Fig. 1.A).

The "El Pescado" high-grade gold deposit occurs in variable widths quartz veins containing Fe, Cu, Zn, Pb sulfides, Au and Ag tellurides and free Au grains, hosted in the Jurassic unit Segovia Batholith which corresponds to quartz monzodiorite which vary locally to quartz syenite, and granodiorite, intruded by cretaceous diorite dykes (Leal et al., 2011). Mineralization occurs within secondary transtensive shear zones with NW-SE and NE-SW orientation, spatially associated with the regional Otú-Pericos fault system. The rocks are altered hydrothermally to varying degrees in contact with quartz veins mineralized. (Ordoñez et al., 2005; Rodríguez, 2007; Alvarez et al., 2007; Echeverry et al., 2006; Echeverry et al., 2009; Gonzalez et al., 2010; Leal et al., 2011; Alvarez, 2013).

Nevertheless, a better understanding of the north Andean Colombian gold deposits is still a challenge due to the difficulty in determination of the ore fluids origin, the relationship between the gold mineralization and the host rock including dikes, alteration zones, mineralogy, structural control of ore veins and an ore genetic model related to Au mineralization.

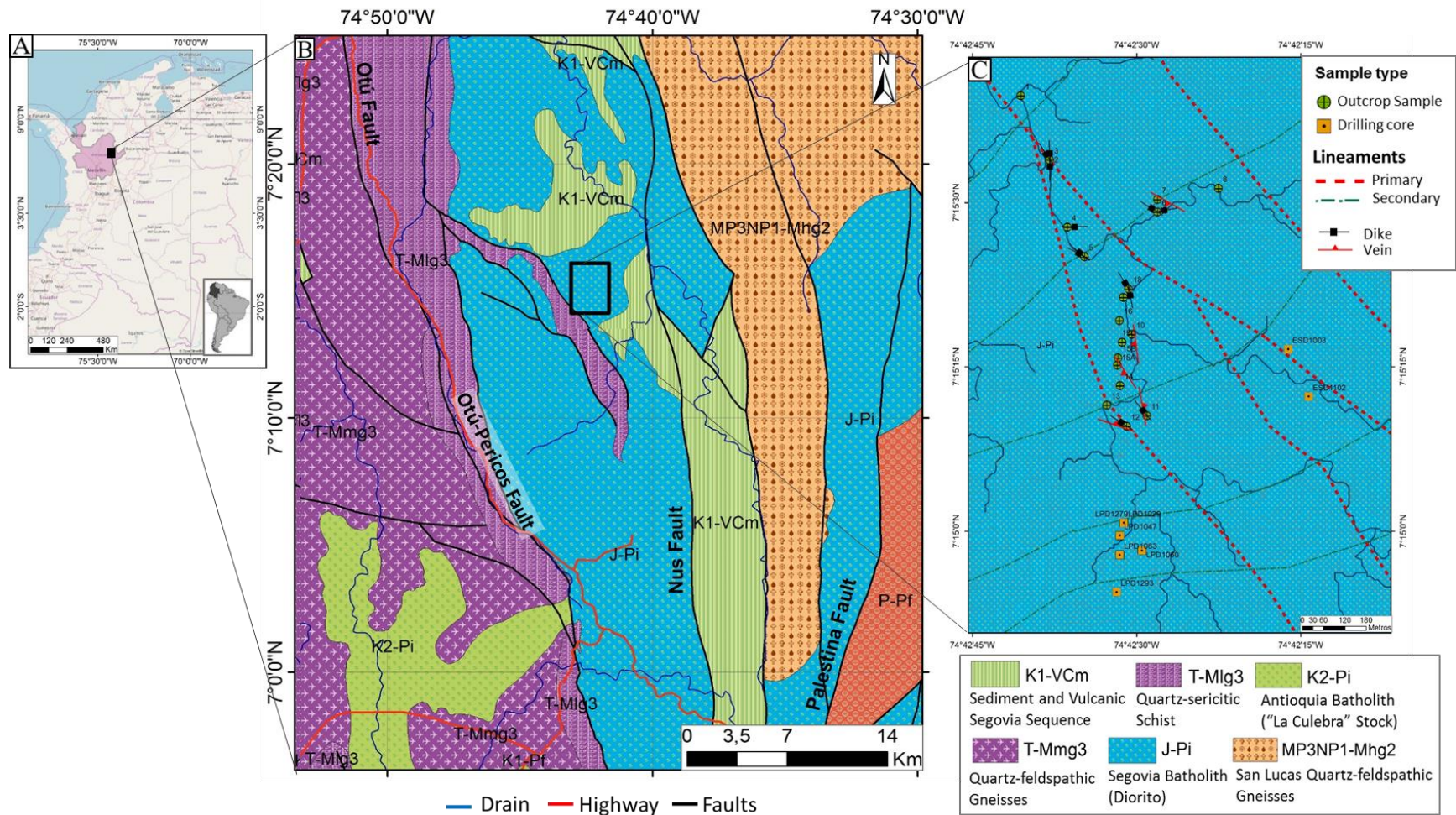
In this research, we report on the compositional characterization of the ore associated with igneous rocks occurring in the “El Pescado” Colombian gold deposit. In addition, PT conditions of the mineralization, hydrothermal fluids interaction with the wall rocks and structural analysis of mineralized veins, are reported to further constrain the ore-genesis, tectonic setting, and ore-forming model for Au mineralization, and also to improve the exploration in the deposits of the region.

### **3. Regional geology**

In south America NW corner, the convergence of Caribbean, Nazca and South American plates, resulted in a deformation complex pattern whose main causes are accretionary subduction with calc-alkaline magmatic arc in the Pacific margin (Toussaint, 1993; Cediel et al, 2003; Montes et al., 2005; Ordoñez et al., 2006; Ramos et al, 2009; Bustamante et al., 2011; Martens et al., 2014). Shallow subduction of the Caribbean plate with magmatic Santa Marta arc generating distension in “La Mojana” region. Transcurrent shear systems with W-E trend associated to Caribbean oblique convergence (Montes et al., 2010; Cardona et al., 2011, Salazar et al., 2016). Transcurrent faulting with trends mainly NW-SE related to secondary subordinate strike slip shear zones, and the reactivation of sutures NE-SW trends (Kellogg et al., 2005; Pindell et al., 2005; Ramos, 2009) related to pacific subduction. This structural configuration characterizes the three large geologically independent ramifications at north Andes: Western, Central and Eastern mountain ranges, derived of accretionary arcs docked to western margin of South American plate.

The study area is to the eastern flank of the Central mountain range located to east of the Otú-Pericos Fault System (Fig. 1. B). In this area outcrops a Greenvillian metamorphic basement represented by San Lucas Quartz-Feldspar Gneisses which host amphibolite and lens of marble, LA-ICPMS U-Pb in zircon crystallization age of 1501 Ma corresponds to its igneous protolith (Ordóñez et al., 1999). To the west of the Otú-Pericos Fault System, occurs the Cajamarca Complex. It includes Permo-Triassic gneiss, migmatite, amphibolite with an Ordovician protolith (Restrepo and Toussaint, 1988; Vinasco et al., 2006; Restrepo et al., 2011., Martens at al., 2014).

The metamorphic basement is intruded by Paleozoic granitoids, granitic Triassic stocks and Jurassic to cretaceous batholiths, like the Segovia batholith among others (Feininger et al., 1973; Vesga & Barrero, 1978; Jaramillo et al., 1980; Sillitoe et al., 1982). Segovia batholith outcrops in the northeastern part of the Central mountain range. It is hosted in the San Lucas Gneisses unit, and locally its limits are controlled by the “El Bagre” and “Otú” Faults (Fig. 1. B). This nested pluton is composed by granodiorite which varies to diorite facies and rarely bodies of gabbro. The granodiorite pluton was aged in  $154 \pm 0.79$  (LA-ICP-MS U- Pb in zircon; Alvarez, 2013). Another important pluton that host mineralized quartz veins in the region is the Antioqueño Batholith, constituted by quartzdiorite, granodiorite and gabbro plutons (Botero, 1975; Feininger, 1972; Maya, 1995). It was defined in a wide age interval between 89-58 Ma, identifying at least four different magmatic pulses along this interval (SHRIMP and LA-MC-ICPMS U-Pb in zircon; Leal et al., 2011).



**Fig. 1.** Regional map of the Segovia Batholith. A) Spatial location of the study area in Colombia. B) Geological map showing the location of the "El Pescado" gold deposit (Colombian Geological Survey, 2015). C) Tectonic framework of the "El Pescado" gold deposit.

These plutonic bodies are intruded by dark grey to grey-green, very fine grained, aphanitic or porphyritic dikes with andesitic composition (Botero, 1975). An U-Pb in Zircon LA-MC-ICP-MS age of  $85.9 \pm 1.2$  Ma was obtained in a porphyry dike hosted in the Segovia-Remedios Mining District (Leal et al., 2011). La Culebra Stock with tonalite composition, located west of the Otú-Pericos Fault System, is related with the Antioqueño Batholith as smaller satellite igneous body, and presents a late Cretaceous age U-Pb zircon  $87.5 + 1.3 / - 1.6$  Ma (Leal et al., 2011).

North-South aligned unit rocks at eastern part of Otú-Pericos Fault System constituted by volcanic rock with basaltic to andesitic composition with levels of pyroclastic rocks of continental volcanic arcs, intercalated with carbonaceous clays, contains abundant ammonites of Hauterivian-Aptian, and lie in unconformity on the Segovia Batholith (Gonzalez, 2001). This batholith represents an expressive Jurassic magmatism emplaced along the main N-S and NW-SE trend of Nus and Otú-Pericos fault system (Fig. 1. B).

#### **4. Samples and analytical methods**

Litho structural mapping analyses and sampling of drill cores, field outcrops of host rocks and ore quartz veins were collected in the “El Pescado” gold deposit. Selected samples were prepared as polished thin sections. Mineralogical and textural analysis were focused on 35 polished sections by reflected- and transmitted-light microscopy and back-scattered electron (BSE) imaging. Chemical composition analysis was made in samples of host rocks, rocks of hydrothermal alteration zone and quartz veins with ore minerals. Electron microprobe (EMP) analyses on polished thin-sections were performed using a JXA-8100 microprobe equipped with wavelength-dispersive spectrometers (WDS) (Institute of Geosciences of the University of Brasilia, Brazil). An accelerating voltage of 15 kV with beam current of 30 nA was applied (1 mm beam) with a maximum count time of 30 s. Chemical characterization of the mineral phases included a total of 266 spot analyses. Geothermobarometry calculations were made using empirical consistent equations. The chemical results and the authors used for mineral classification are detailed above.

#### **5. “El Pescado” deposit geology**

The Segovia Batholith unit have medium to fine mineral texture and gray to dark gray quartz monzodiorites that vary locally to quartz syenite, which form the main intrusive bodies

of the study area. Also, occurs medium to coarse grained and pale gray granodiorites arranged as tabular bodies with several meters thick, and injections of fine grained dark gray diorite dikes cutting all these facies.

### *5.1 Structural setting*

Locally, host rocks were affected by shear zones with strain registered in a plastic regime, with dominant structural trend NW-SE and NE-SW, controlled by the regional Otú-Pericos fault system. In the plutonic rocks were identified textures with preserved igneous features, such as orientation of subhedral plagioclase crystals, arranged by two plastic foliations with magmatic origins showing two attitudes, SoA with  $S74^{\circ}E/48^{\circ}W$  and SoB  $N04^{\circ}W/46^{\circ}E$ . Also, there were identified a variable plastic strain rocks along two types of shear zones (Fig. 1. C). The dominant shear zone (SZ.A), occurs as several sinuous bands with widths ranging from 20 cm up to 10 m with trend  $N70^{\circ}-60^{\circ}W/52^{\circ}-60^{\circ}E$ , and mineral stretching lineation plunging  $50^{\circ}$  for  $N47^{\circ}E$ . Drag folds in So foliations and sigmoidal feldspar porphyroclasts indicate dominant dextral rotation. This structure locally changes to a subordinate orientation varying  $N35^{\circ}-25^{\circ}W/65^{\circ}-75^{\circ}NE$  (Fig. 2. A, F) Porphyritic diorite dikes exhibit tabular geometry and irregular contacts cutting the hosted plutonic facies. These dikes occur controlled by shear zone, showing main orientation  $N60^{\circ}-45^{\circ}W$  with dips varying around  $70^{\circ}$  southward in the north portion of the study area and near to  $30^{\circ}$  northward to south of the area (Fig. 2. B, G). In addition, it was identified quartz veins with width varying 0.4 m to 2 m bearing disseminated sulphides disposed along the contacts between diorite dike and quartz monzodiorite host rocks. The veins orientations vary locally  $N60^{\circ}W/30^{\circ}-40^{\circ}N$ ; and  $N10^{\circ}-18^{\circ}W$  with dip varying  $50^{\circ}$  northward and  $30^{\circ}$  southward, respectively (Fig. 2. C, H). The shear zone B (SZ B), occurs as anastomosed structures with a width of 0.6 m to 4 m, exhibit mylonitic strain in the rocks. The orientation of this structure ranges from  $N65^{\circ}E/65^{\circ}S$  and  $S50^{\circ}W/35^{\circ}-45^{\circ}N$ , the plunge of mineral stretching lineation is oriented  $45^{\circ}$  for  $S70^{\circ}E$  (Fig. 2. D-E, I). This shear zone has sinistral kinematics indicated by sigmoidal feldspar porphyroclasts.



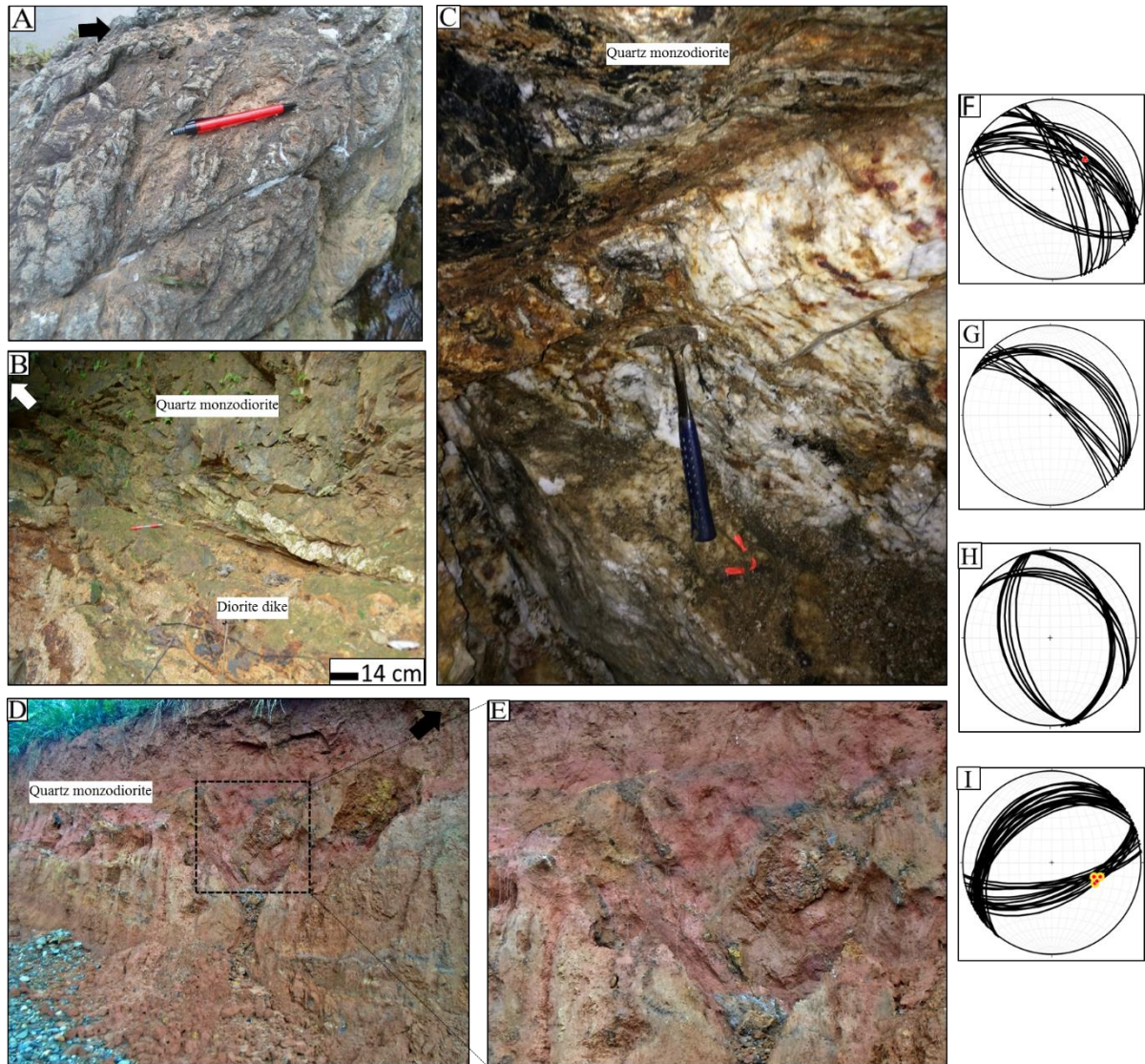


Fig. 2. Structural setting in the “El Pescado” Gold Deposit. A) Shear zone A (SZ. A). B) Diorite dikes in contact with quartz veins and quartz monzodiorite. C. Quartz veins hosted in quartz monzodiorite. D-E) Shear zone B (SZ. B). Lower hemisphere diagrams show attitude of main structures: F) Shear zone A. G) Diorite dike. H) Quartz Veins. I) Shear zone B.

## 5.2 Host Rock petrography

The Segovia Batholith is composed by phaneritic medium to fine quartz monzodiorite to quartz syenite and granodiorite (Fig. 3. A-D). The magmatic association consist of Pl+KF+Qtz+Amp as primary minerals with Chl+Ep+Ca+Hem+Mag+Py+Ilm+Tit as result of hydrothermal alteration.

In the granodiorite and quartz monzodiorite the mineral composition includes plagioclase with prismatic habit, subhedrals to anhedrals crystals with grain size between 0.1 to 0.2 mm. Exhibits albite and periclinic twinning. Its composition is andesine An (40.9-31.66) and albite An (9.003-0.291) (Fig. 3. E-F). In the quartz syenite the Anorthoclase Or (35.42-15.38) occurs as subhedrals to anhedrals crystals, with 0,1 mm-0,25 mm (Fig. 3. G).

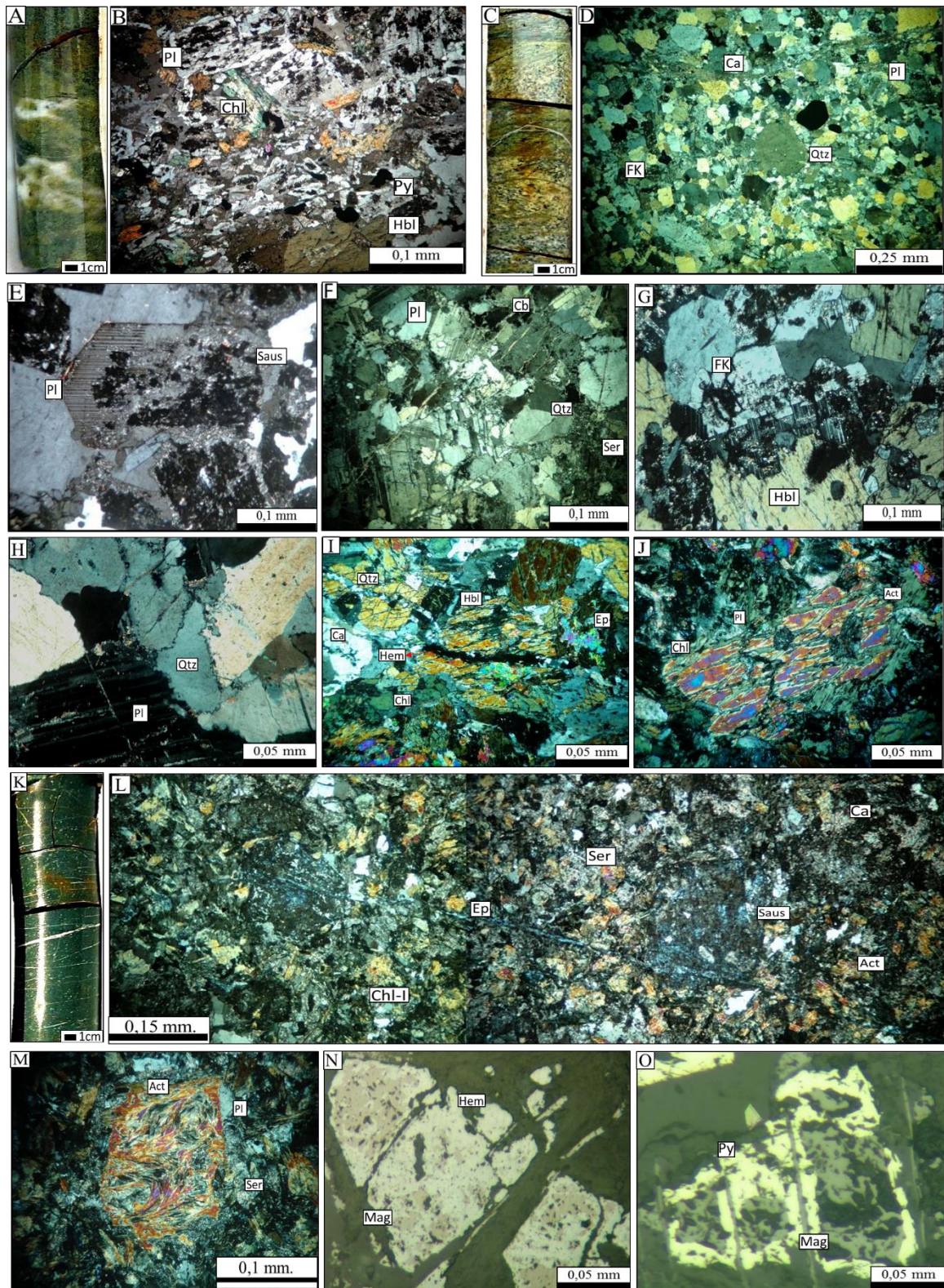
Recrystallized quartz crystals have 0.1 mm to 0.25 mm. Some crystals present *grain boundary migration* texture (Fig. 3. H). Also, show restricted apatite inclusions. Amphibole corresponds in composition to Magnesium hornblende. Commonly, they are substituted by chlorite along the cleavage planes and boundaries in association with aggregates of epidote, calcite hematite, magnetite, pyrite, ilmenite and titanite (Fig. 3. I-J).

Diorite dikes have porphyritic texture (Fig. 3 K-L). Tabular phenocrysts plagioclase relics are present with grain sizes 0.5 up to 3 mm, show Albite and Carlsbad twinning and corresponds in composition to andesine An (47.10-46.47). Also, actinolite phenocrysts exhibit subhedral crystals with grain sizes 0.025mm to 0.15 mm, mainly as fibrous prismatic crystals (Fig. 3. M). It presents boundaries replaced to chlorite in association with epidotes, ilmenite and/ or magnetite. Recrystallized quartz occurs as fine crystals (0.05 mm), develop straight to lobed limits. These minerals are disseminated in an aphanitic greenish-colored matrix, composed of aggregates of sericite, chlorite, epidote, and calcite associated with pyrite, magnetite, hematite and ilmenite.

Mylonitic textures in minerals show variable strain mechanisms. In feldspar exhibits undulating extinction, subgrains reduction with incipient rotation, grain boundaries are lobed and irregular with other plagioclase and quartz crystals. Plagioclase presents twinning with slight mechanical folding, lobed and straight contacts with crystals of K-feldspar and quartz, and subgrain reduction. Myrmekite texture in the limits between plagioclase and K-feldspar crystals. Quartz has irregular and lobed limits, undulate extinction, deformation lamellas and grain boundary migration, features characteristic of dynamic recrystallization.

Hydrothermal alteration occurs in the host rocks of “El Pescado” deposit adjacent to quartz veins. These alteration development chlorite, epidote, calcite, sericite, barite, Fe and Ti oxides. Exsolution of fine albite appear as laths in plagioclase crystals as swapped rims. Rocks with high strain mechanisms present chessboard and codebar twinning textures, grain boundary migration textures. In composition, plagioclase was altered for sericite, hornblende was substituted by chlorite along the cleavage planes and boundaries crystals. These secondary minerals are associated with crystal aggregates of epidote, and disseminated hematite, magnetite, pyrite, ilmenite and titanite. It was identified the oxidation of magnetite to form hematite (martitization; Fig. 3. N). Locally, oxidized magnetite was substituted by pyrite (Fig. 3. O).





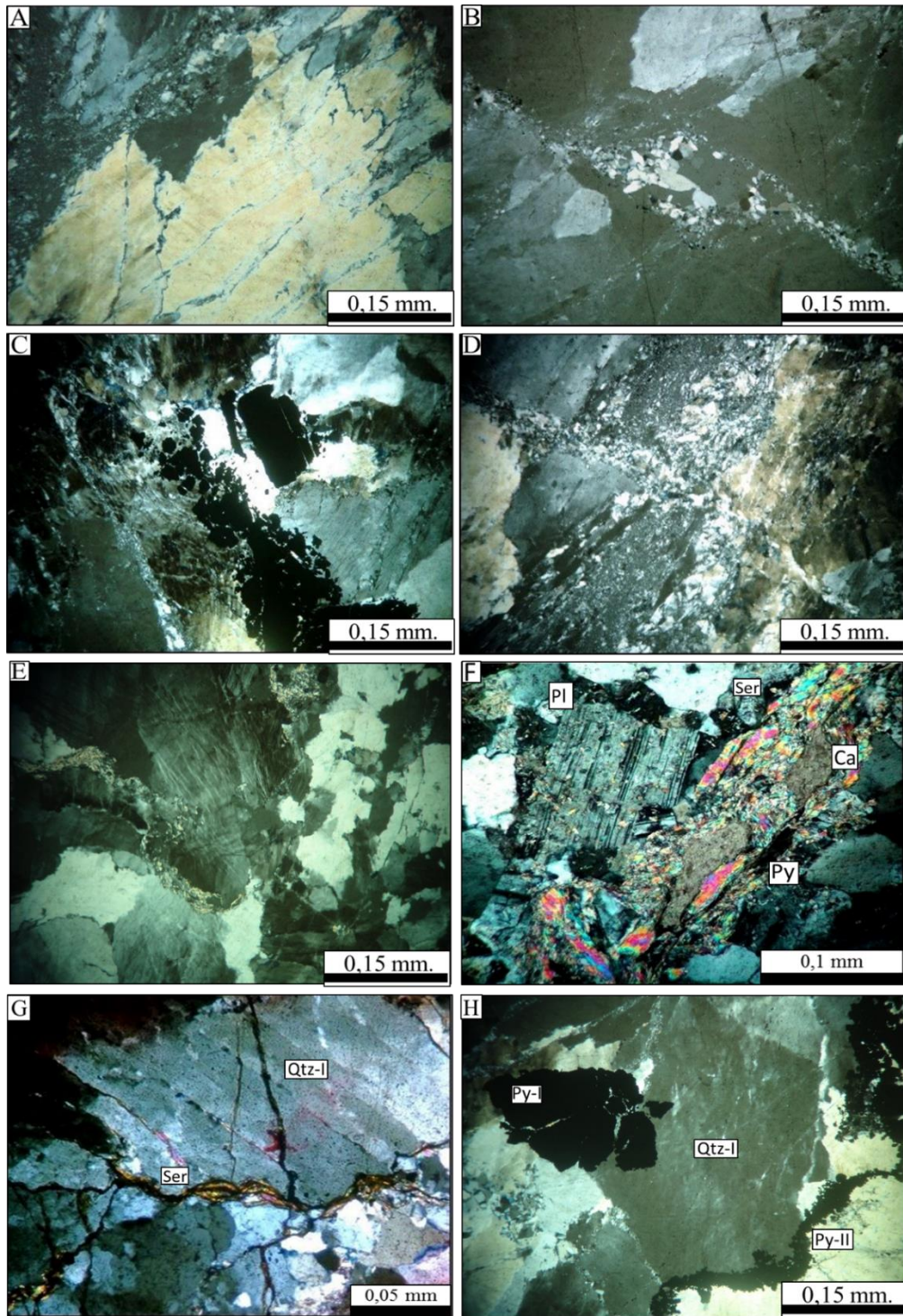
**Fig. 3.** Macrophotographs of core drills and microphotographs of the host lithotypes mineral composition A, B) Phaneritic fine quartz monzodiorite C, D) Phaneritic medium to coarse-grained granodiorite. E) Discontinuous pericline twinning in plagioclase (Pl), with sericitization and saussuritization (in quartz monzodiorite). F) Subgrain reduction and rotation of plagioclase and undulate extinction (Pl, in quartz monzodiorite). G) K-feldspar (KF) with lobed boundaries, development of code bar twinning (in quartz syenite). H) fracture and bulging in quartz (Qtz) crystals (in granodiorite). I) Mg-Hornblende substituted by chlorite (Chl) and epidote cutting by microvenule of quartz, calcite and hematite (in quartz monzodiorite). J) Actinolite substituted by chlorite associated with epidote (in quartz syenite). K-L) diorite with tabular plagioclase and actinolite (act) phenocrysts, in an aphanitic hydrothermal altered matrix. M) Fibrous actinolite (Act) crystal replaced to chlorite. N) Oxidation of magnetite (Mag) to hematite (Hem) (martitization). O) Core of Magnetite (Mag) substituted by pyrite rim.

### 5.3 Gold mineralization, hydrothermal processes and paragenetic relationships

The gold mineralization occurs as veins composed mainly of quartz (80%), calcite-barite (10%), sulfides (6%), sericite (2%), others (2%). The mineral associations allowed to define a paragenetic sequence generated in two stages. The first stage is characterized by dominant quartz and disseminated pyrite-I, sphalerite-I, galena-I and low Au. In this stage, quartz-I, exhibits undulate extinction, dynamic recrystallization by bulging and grain boundary migration, stretching, development of deformation bands (Fig. 4. A, B), as well as phantom spider texture (Fig.4. C, F). The second stage the mineral association is sericite, calcite, barite and were generated, pyrite-II, sphalerite-II, galena-II, chalcopyrite silver-gold tellurides (calaverite ( $\text{AuTe}_2$ ), sylvanite [ $(\text{Au}, \text{Ag})_2\text{Te}_4$ ]) and gold free (Fig. 4. G-H, Fig 5. A-B).

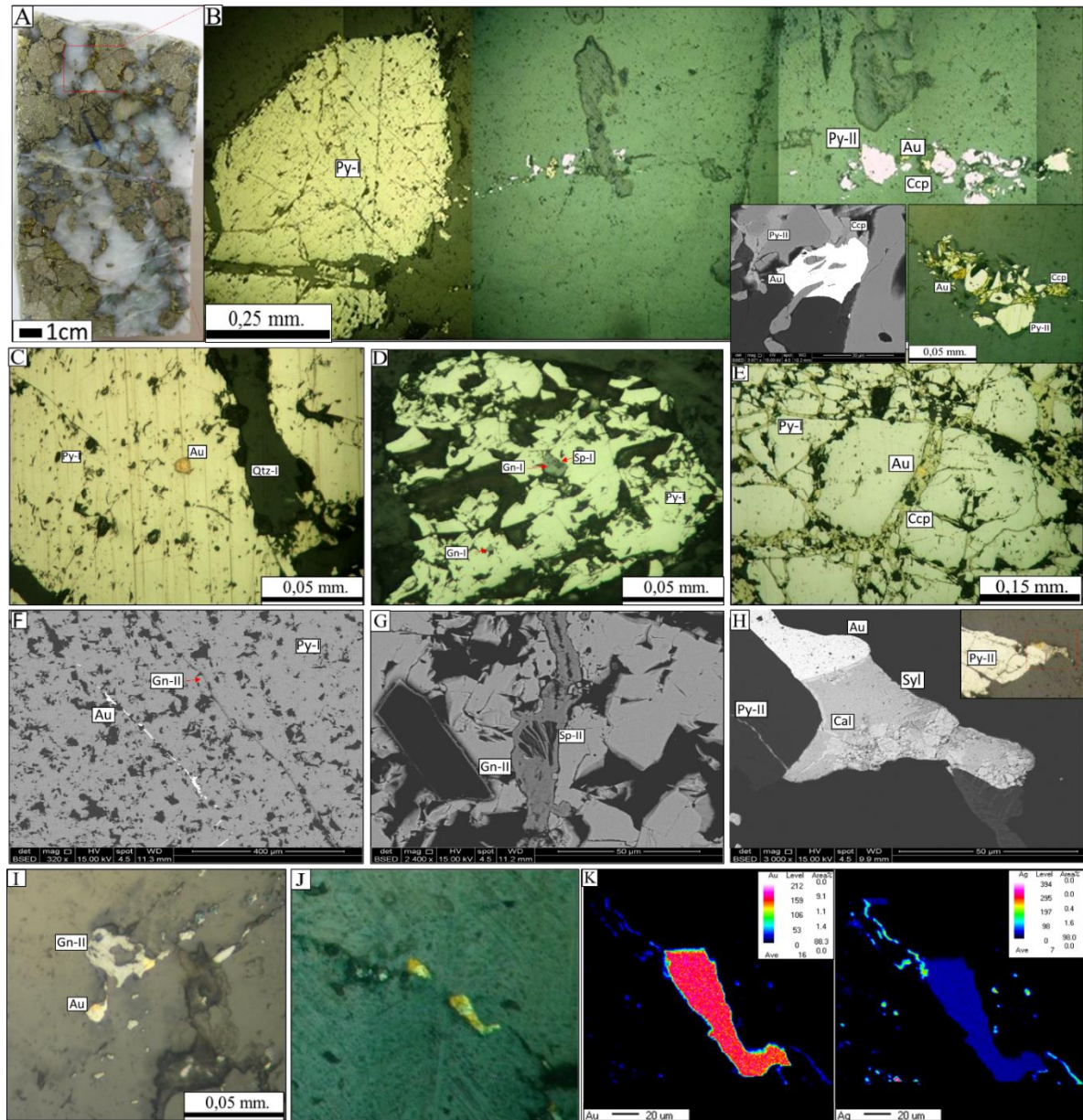
Pyrite-I forms euhedral to subhedral crystals of grain size (0.2-0.5 mm), it has defined edges, arranged as cluster of crystal with inclusions of sphalerite-I, galena-I and gold as rounded grains (Fig. 5. C-D). Pyrite-II can occur along fine irregular bands cutting quartz I associated to quartz-II and sericite, forming aggregates of very fine grain size  $<0.05$  mm and intergrowing with chalcopyrite, sphalerite-II, galena-II silver-gold tellurides (calaverite ( $\text{AuTe}_2$ ), sylvanite [ $(\text{Au}, \text{Ag})_2\text{Te}_4$ ]), and gold. Pyrite-II and gold also may occur filling small fractures in pyrite-I crystals. Chalcopyrite appear as anhedral crystals (0.05-0.2 mm) (Fig. 5. B1-B2, E). The chalcopyrite concentration increases in zones with high fracturing and locally it can be replaced by covellite. Sphalerite-II is associated with pyrite-II, intergrowing with galena-II and some Au crystals (Fig. 5. F-G). Calaverite is in contact with gold partially substituted by sylvanite (Fig. 5. H). Gold-II anhedral grains (0.05-0.005mm) is free in quartz-I and filling fractures in pyrite-I, also associated with pyrite-II chalcopyrite, sphalerite-II, galena-II, silver tellurides (Sylvanite, calaverite), (Fig. 5. E, F, H, I, J). The second generation of quartz veins are affected to fracturing related to deformation shear bands reactivation. The stages of paragenetic sequence related to hydrothermal mineralization is summarized in Fig. 6.





**Fig. 4.** Microphotographs of quartz veins features. A) Recrystallization in quartz. B) Extensional jog. C) Quartz crystals with undulating extinction and phantom spider texture. (D) Deformation bands. E) Quartz size reduction, chess board extinction and rotation sub grain by dynamic recrystallization features cutting by calcite bands. F-H) Quartz with phantom spider texture and fractured that was fill by sericite, calcite, barite and sulfides.





**Fig. 5.** Macrophotograph, photomicrographs and back scattering electron images of the occurrence of mineralization in the “El Pescado” gold deposit. A, B) gold (Au), pyrite and chalcopyrite mineral association. C) Pyrite-I (Py-I) with subspherical inclusion of Au. D) Inclusions of sphalerite-I (Sp-I) and galena-I (Gn-I) in pyrite-I (Py-I). E) Au and Chalcopyrite (Cp) filling in pyrite-I fractures. F) Galena (Gn-II) and Au filling fractures in pyrite-I (Py-I). G) Galena-II and sphalerite-II (Sp-II) association filling fractures in pyrite-I (Py-I). H) Intergrowing in pyrite-II with Au, Calaverite (Cal) and Sylvanite (Syl), showing calaverite substitution to sylvanite. I) Galena-II (Gn-II) in association with Au. J) Free gold in quartz. K) Electron microprobe element map of a gold crystal, with Au and Ag concentrations.

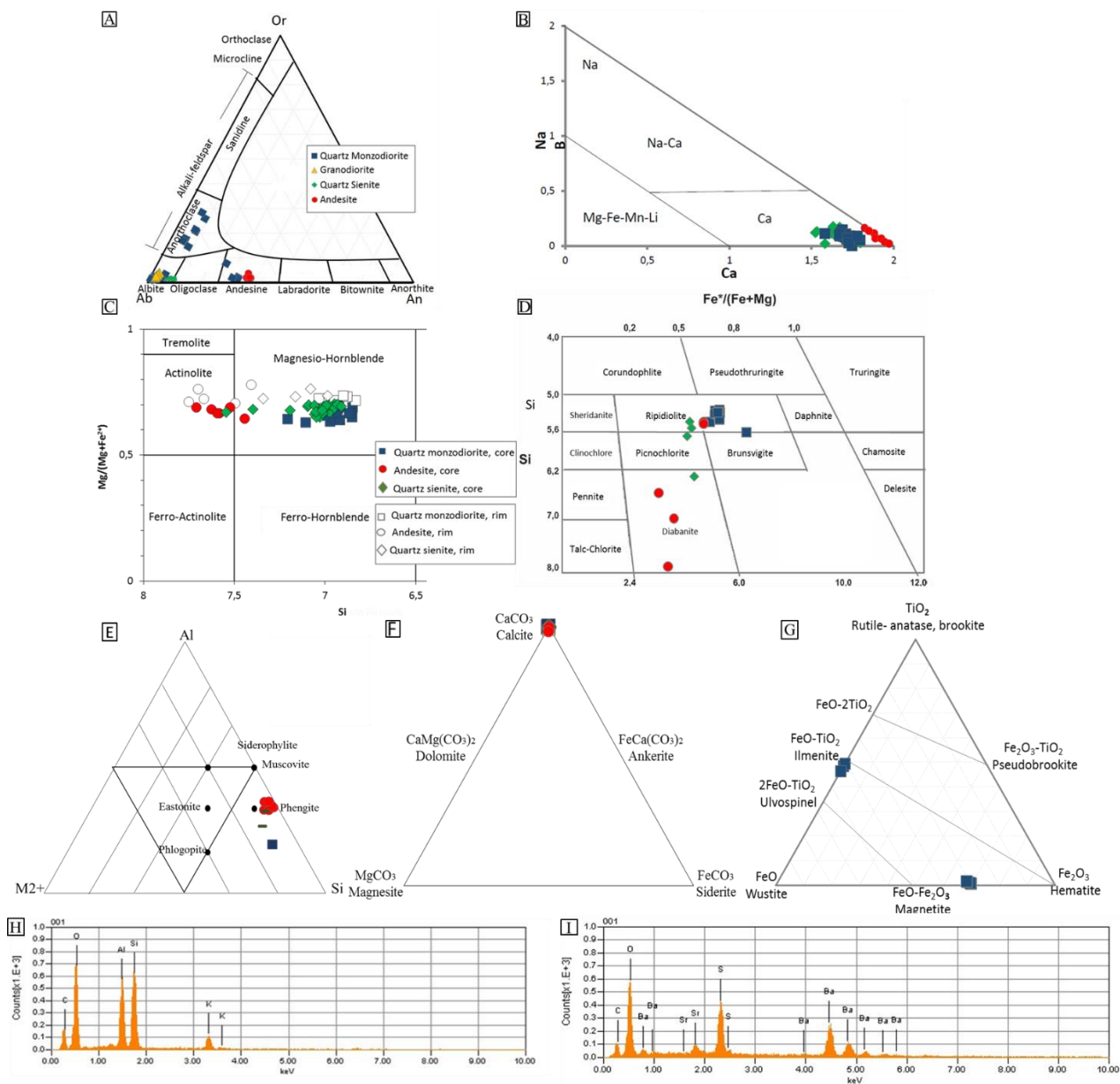
Minerals	Hydrothermal Stage		
	Propylitic	Ore Stage	
		First Stage	Second Stage
Quartzo-I	Venules+disseminated		
Epidote	Venules+disseminated		
Chlorite	Venules+disseminated		
Calcite	Venules+disseminated		
Barite	Venules+disseminated		
Sericite	Venules+disseminated		
Hematite	Venules+disseminated		
Titanite			
Magnetite			
Ilmenite			
Pyrite-I			
Galena-I			
Sphalerite-I			
Gold-I			
Quartz-II			
Chalcopyrite			
Pyrite-II			
Sphalerite-II			
Galena-II			
Silvanite			
Gold-II			

**Fig. 6.** Schematic summary of the paragenetic hydrothermal mineralization in “El Pescado” gold deposit.

The data obtained of mineral chemistry analyses are shown in Appendix A. These results revealed that the composition of plagioclase for quartz monzodiorite and granodiorite mainly varies from Andesine An (40.96-31.66) to Albite An (9.003-0.291). K-feldspar for quartz monzodiorite, corresponds to Anorthoclase Or (35.42-15.38) (Fig. 7. A).

For quartz monzodiorite and quartz syenite, the calcic amphiboles mainly correspond to Magnesium-Hornblende with composition  $Mg/(Mg^{+1}+Fe^{+2})$  ratio ranges from 0.62 to 0.77 atoms per formula unit (apfu), and Si content varies from 6.83 to 7.54 apfu. Actinolite occurs in diorite dikes, with  $Mg/(Mg^{+1}+Fe^{+2})$  ratio ranges from 0.65 to 0.78 apfu and the Si varies from 7.40 to 7.75 apfu (Fig. 7. B, C).

The minerals of chlorite group for quartz monzodiorite correspond to ripidolite and brunsvigite with  $Fe/(Fe+Mg)$  ratio of 0.48 apfu. Quartz syenite is represented by ripidiolite and picnoclorite with ratio  $Fe/(Fe+Mg)$  of 0.39 apfu. In the diorite dikes, it was classified as diabanite with  $Fe / (Fe + Mg)$  ratio of 0.36 (Fig. 7. D).



**Fig. 7.** A) Classification Or-Ab-An diagram of plagioclases according to Deer et al., (1966). B, C) Cationic Ca<sub>B</sub> vs. Na<sub>B</sub> diagram, and classification diagram of calcium amphiboles with com Ca<sub>B</sub> ≥ 1.5, (Na+K)<sub>A</sub> < 0.5, Ca<sub>A</sub> < 0.5, Leake et al., (1997). D) Classification of chlorites, Hey (1954). E) Main chemical variations of the micas, Deer et al., 1992. F. Classification diagram for Calcite G) Classification diagram for oxides in the FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>, Buddington and Lindsley, (1964) and adapted by Haggerty, (1976). MEV-EDS Spectrum for: F) Sericite and I) Barite.

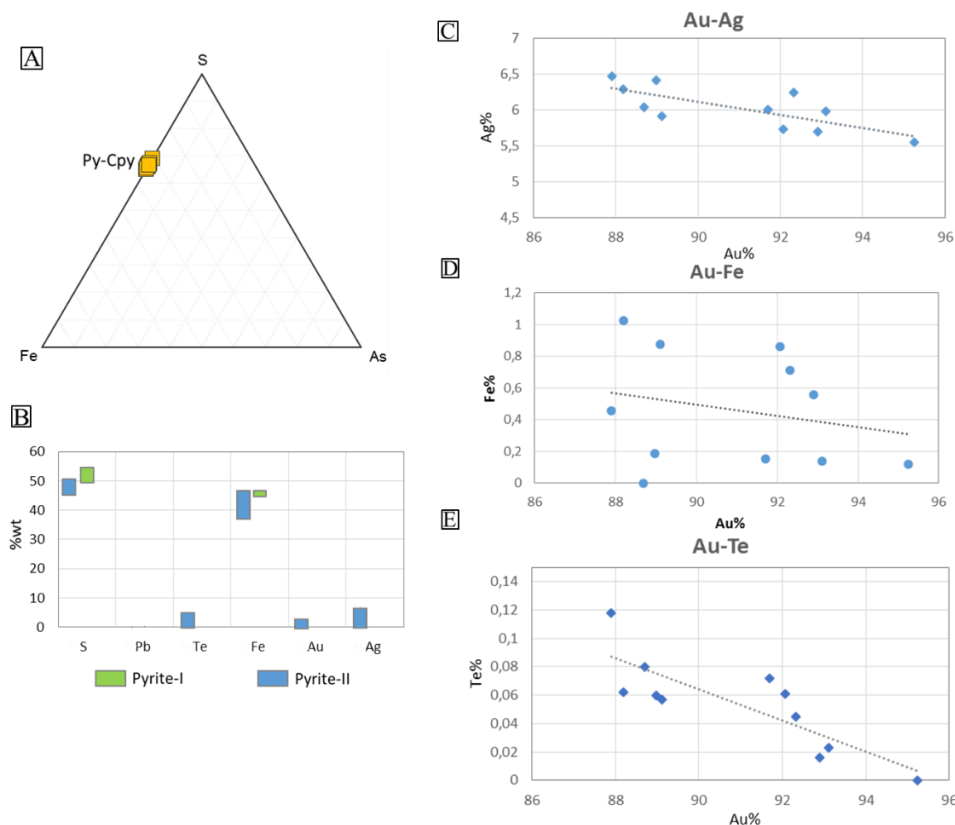
The micas correspond to the dioctahedral group ( $R_{VI} < 2.5$ ) represented by the muscovite-celadonite series, and it was defined as a muscovite according to the parameter  $\#Al > 0.5$ , with  $[\#Al] = Al^{VI} / (Al^{VI} + FeOt^{VI} + Mg)$  (Fig. 7. E). The potassium mica located at the boundary between muscovite and celadonite was classified as fengite (sericite) (Fig. 7. H), which has Si: Al:3:1 ratio and. In this mineral the increase of Si is accompanied by the substitution of Al by  $M^{+2} = Mg + Fe^{+2}$ .

Using the pistacite (Ps) content [ $Ps = \frac{Fe^{3+}}{(Fe^{3+} + Al)} * 100$ ] (Tulloch, 1979; Vyhnal et al., (1991) and  $TiO_2$  (Liou, 1973), the epidote has Ps content 0.44-17.03, and  $TiO_2 < 0.2\%$ , classified as secondary phase.

Carbonate presents high Ca contents with an average value of 1.99, and lower Mg and  $Fe^{+2}$  values of 0.0036 apfu and 0.0028 apfu respectively, it was classified as calcite (Fig. 7. F). Associated with this mineral, it was identified barite using MEV-EDS Spectrum (Fig. 7. I).

The  $TiO_2$  content in ilmenite varies from 43.81%-46.65% weigh percent (wt%), (0.81-0.88 apfu), and the  $FeO^T$  vary from 47.79%-50.59% (1.04-1.00 apfu). The  $FeO^T$  in magnetite corresponds to 94.61%-99.38% and MgO from 0.19%-1.48% (Fig. 7. G).

In the quartz veins, Pyrite and chalcopyrite associated with Au, were analyzed. Pyrite shows variable range for S = 47.33 wt% - 54.36wt% and Fe = 37.00% wt-46.74wt% and Au-Ag and Te of 12 wt%, (Fig. 8. A, B).



**Fig. 8.** A) Classification diagram Fe, As, S (Clark, 1960). B) Comparative diagram of pyrite composition. Correlation diagrams between gold and metals in gold grains. C) Au-Ag correlation. D) Au-Fe correlation. E) Au-Te correlation.

For chalcopyrite, 4 analyzes the  $Fe^t$  varies between 29.50wt% and 30.23wt%, Cu between 33.11wt% and 34.16wt%. The Au varies between 87.90%-95.25% and for Ag 5.54%-

6.48%, with preferential enrichment of Ag in the gold rims (Fig. 5. J-K). Content up to 4wt% of Fe, Te, Cu, Zn, Pb, Ni and Mo (Fig. 8 C, E).

## 6. Geothermobarometry

For quartz monzodiorite, the values of temperature calculated for the cores crystals is 676°C - 754°C, and pressure 2.0 kbar -2.6 kbar. For rims crystals the temperature varies from 579°C to 584°C and 2.5 kbar to 2.7 kbar. In the diorite dikes, the temperature varies from 791°C to 892°C and pressures 3.6 kbar to 3.7 kbar (Table 1). It was used empirical equations Al-hornblende and Plagioclase-Amphibole suggested by Blundy & Holland (1990) for temperature and Smith (1995) for pression.

Lithotype	Sample/Method	Core		Edge	
		T (°C) HOLLAND & BLUNDY, 1994	P (Kbar) SCHMIDT (1995)	T (°C) HOLLAND & BLUNDY (1994)	P (Kbar) SCHMIDT (1995)
Quartz Monzodiorite	LPD12931_C5	754	2,1	584	2,5
	LPD12931_C5	734	2,0	579	2,7
	LPD12931_C4	731	2,6		
	LPD12931_C4	676	2,6		
Diorite	PS2_C3	892	3,7	-	-
	PS2_C6	791	3,6	-	-

**Table 1.** Estimated pressure and temperature of crystallization for plutonic rocks and dioritic dikes of the study area using Al-hornblende and Plagioclase-Amphibole geothermobarometer.

The coexisting alkali feldspar and plagioclase phases in quartz syenite indicate temperatures between 429°C to 602°C and estimated pressures varying 1-2 kbars using the geothermometer proposed by Powell & Powell (1977) (Table 2).

Powell & Powell (1977)		
Lithotype	Sample	T (°C)
Quartz Monzodiorite	LPD12931_C4	602
Quartz Monzodiorite	LPD12931_C4	544
Quartz Monzodiorite	LPD12931_C5	509
Quartz Monzodiorite	LPD12931_C4	453
Quartz Monzodiorite	LPD12931_C5	443
Quartz Monzodiorite	LPD12931_C6	429

**Table 2.** Estimated temperature using Plagioclase-alkali-feldspar geothermometer.

According with chlorite geothermometer Kranidiotis & MacLean (1987), in the quartz monzodiorite the temperatures between 279°C to 332°C and, in diorite dikes of 305°C to 308°C (Table 3).



<b>Kranidiotis &amp; MacLean (1987)</b>		
<b>Lithotype</b>	<b>Sample</b>	<b>T (°C)</b>
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	332
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	330
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	329
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	329
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	328
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	328
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	327
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	326
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	324
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	324
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	322
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	321
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	320
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	320
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	316
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	315
Quartz Monzodiorite	PS-9-1-2-1	309
Quartz Monzodiorite	LPD10031	300
Quartz Syenite	LPD10031	294
Quartz Syenite	LPD10031	279
Quartz Syenite	LPD12931	305
Diorite	PS2	308
Diorite	PS2	305

**Table 3.** Estimated temperature using Chlorite geothermometer.

## 7. Discussion

### *7.1 Interpretations related to the thermal history and structural framework that propitiated the forming the ore-bearing rocks and mineralization.*

Geothermobarometric empirical calculations suggests that crystallization conditions of the Segovia Batholith are 676°C-754°C and pressure of 2.0 kbar-2.6 kbar. The compositional variation of the rocks in the batholith implies that the crystallization and cooling conditions occurred along the positioning of the pluton in the crust. The elongated N-S shape of the pluton and the evidences of the plastic strain mechanisms in feldspars and mylonitic textures are related to intermediate to high temperatures conditions (~600°C, Passchier & Trow, 2005). For diorite dikes the crystallization conditions reached a temperature range of 791 °C-892 °C and pressure between 3.6 kbar to 3.7 kbar. This pressure conditions are likely associated with the emplacement for dikes controlled by a tectonically regional stress derived of El Bagre-Nus and Otú- Pericos systems faults reactivations (Leal, 2011; Alvarez, 2013). Similar situation was reported by Yang et al., (2014) and Mills et al., (2015).

To determine the equilibrium temperature along the thermal history of ore-bearing rocks and the hydrothermal system, there were used experimental calibrations, one of these, proposed

by Smith (1995) and Blundy & Holland (1990), using the hornblende-plagioclase geothermobarometer in amphibole and plagioclase, with compositional variation: higher Mg and lower Al and Fe contents for amphibole and higher Na content for plagioclase. It was identified a range of temperatures 676°C-754°C for the cores and 579°C to 584°C for rims. These temperatures are related to the crystallization and quenching conditions along the emplacement of the pluton.

For the coexisting alkali feldspar and plagioclase phases, using the calculations proposed by Powell & Powell (1977), suggested that the distribution of the Ab component between coexisting plagioclase and alkali feldspar could be used to estimate the temperature of equilibration, also they took in account amounts of Ca occur in the alkali feldspar and small amounts of K in the plagioclase modifying the distribution of Na, for the binary systems, albite-anorthite for plagioclase and albite-orthoclase for alkali feldspar. The results indicate a range of temperatures between 429 °C to 602 °C at estimated pressures varying 1-2 kbars. These temperatures are related with a reequilibrium process at late stage, subsolidus conditions, suggested to be occurred along the positioning of the pluton in the crust. These temperatures are correlatable with those found in amphibole crystals rims.

Experimental calibration of crystallization temperatures in chlorite proposed by Kranidiotis & Maclean (1987), revealed range between 279°C to 332°C for the chlorite of “El Pescado” deposit. Consequently, the chlorite temperatures likely represent the progressive cooling of hydrothermal stage, and it could be correlate with the minimum temperatures of ore deposition. These temperatures are compatible with the strain mechanisms identified in ore-bearing quartz veins, which correspond to low grade conditions (300-400°C and ~1-2 kbar) typical of ductile-brittle transition zones. Some of these textures identified are: fractures in grains, undulating extinction, stretching, development of plane sliding, deformation lamellas and features of dynamic recrystallization by grain boundary migration. Therefore, small amounts of water in the crystal structure increase the plasticity of quartz undergoing brittle and ductile strain mechanisms registered at low pressure conditions (Vernon, 2004). The first stage of mineralization with metal association Au-Zn-Pb, coexisting in a range of temperature between 175°C-225°C, and for the second association Au-Cu-Zn-Pb-Te, the stability range is 170°C-300°C (Pirajno, 2009; Gao et al., 2015). The thermal conditions of the gold deposit are shown in the Fig. 9.

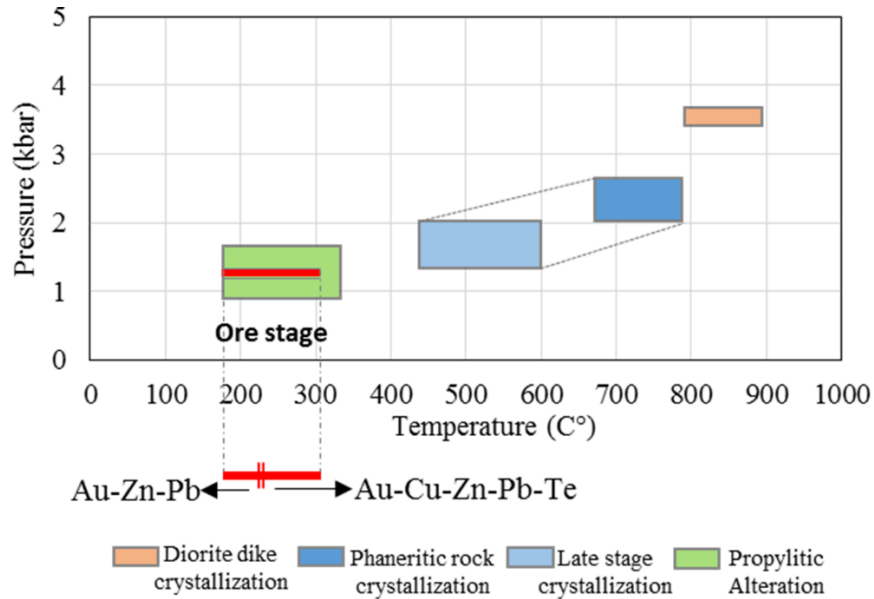


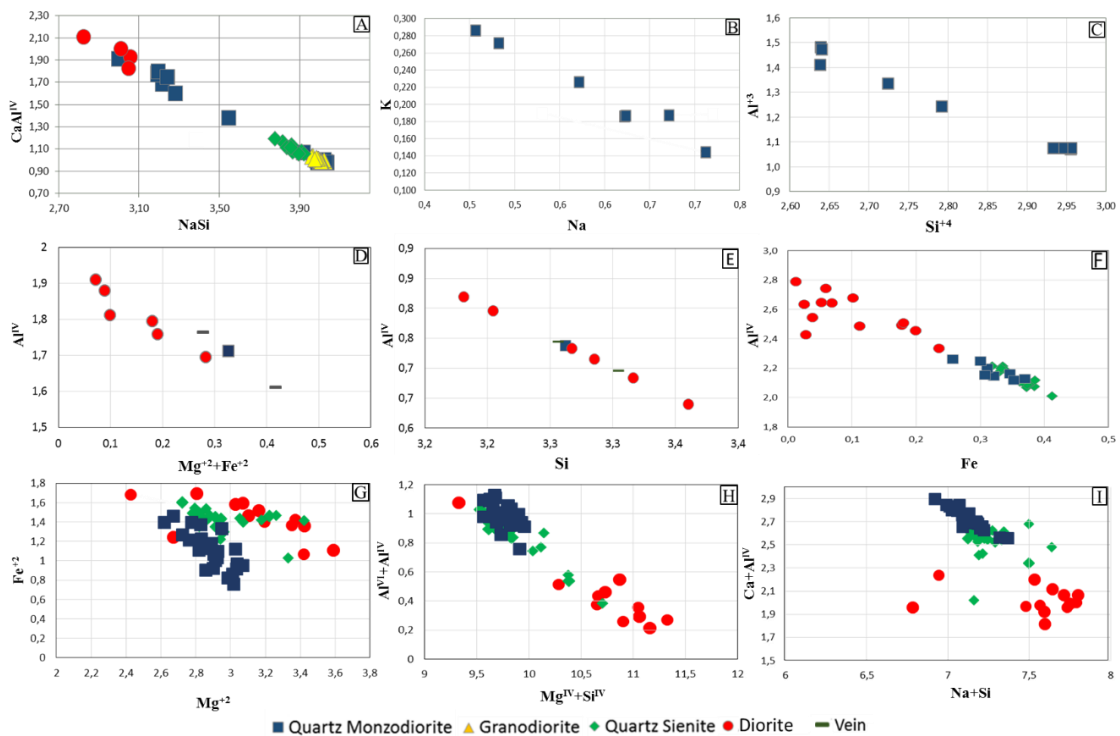
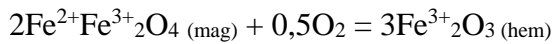
Fig. 9. Pressure and temperature diagram, showing the thermal history in the “El Pescado” gold deposit.

## 7.2 Hydrothermal processes

The hydrothermal fluids are constituted by K, Ca, Mg, Fe, S, Te, CO<sub>2</sub>, Si and O<sub>2</sub>, and were responsible for the crystallization of epidote, calcite, barite, sericite (phengite), chlorite, quartz, hematite, magnetite and pyrite. The coexistence of these minerals in venules and disseminated in the host rocks suggest that fluids had acidic to neutral pHs (Pirajno, 2009). The interaction between the hydrothermal fluids with the host rocks resulted in pervasive propylitic alteration, derived of the vector chemical substitutions in minerals (Spear, 1993). In the plagioclase de main substitution is the anorthite- albite type ( $\text{Ca}^{+2} \text{Al}^{+4} \rightarrow \text{Na}^{+2} + \text{Si}^{+4}$ ), and for K-feldspar is the albite-orthoclase type ( $\text{K} \rightarrow \text{Na}$ ), together with the substitution  $\text{Al}^{+4} \rightarrow \text{Si}^{+4}$  indicated by trends with negative correlation (Fig. 8. A-C).

The sericite formation process is showing by the substitution  $\text{Al}^{\text{VI}}$  in the octahedral site by ( $\text{Mg}^{+2}\text{Fe}^{+2}$ ), observed by the negative correlation of the Fig. 8. D. This substitution is related to the Si increase in the octahedral position represented by negative correlation of  $\text{Al}^{\text{VI}} + \text{Al}^{\text{IV}} \rightarrow \text{Si}$  type (Fig. 8. E). According to Deer et al., (1992), these types of micas present a Si:Al;3:1 ratio and the Si increasing is accompanied by the substitution of  $\text{Al}^{\text{VI}} \rightarrow (\text{M}^{+2} = \text{Mg}^{+2} + \text{Fe}^{+2})$ . These substitutions are correlated with those observed in plagioclases, related with alkali metasomatism during pluton cooling. Chemical composition variations of the epidote are showing by the substitution  $\text{Al} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$  represented by a negative linear trend (Fig. 8. F).

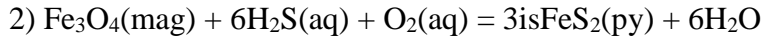
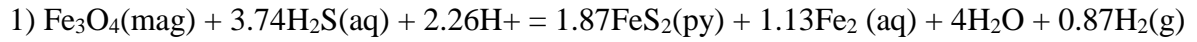
Correlations diagrams about the cation exchange relations between Mg-hornblende and actinolite (Fig. 8. G), show a negative correlation between Mg and  $Fe^{+2}$ , indicating the enrichment of Mg in substitution of  $Fe^{+2}$ . The substitution vector ( $Al^{VI}+Al^{IV} \rightarrow Mg^{IV}+Si^{IV}$ ) shows a strong negative trend in quartz monzodiorite (Fig. 8. H). The  $Ca+Al^{IV}$  by  $Na+Si$  substitution (Fig. 8. I), exhibit a negative correlation trend in quartz monzodiorite. Hematitisation process caused a red tone pigmentation related to re-equilibrium of plagioclase during sericitization under conditions of low  $Na^+$  and  $K^+$  activity, generating pore spaces filled by very thin needles of crystalline hematite (Plümper and Putnis, 2009). The oxidation process of magnetite to hematite may be resulting of inclusions lamellas of magnetite in hematite. When rim to core oxidation process occur in magnetite crystals the oxidation it is related to low temperature (Gomez et al., 2015). Mücke & Raphael, (2005) describe this oxidation process with the next reaction:



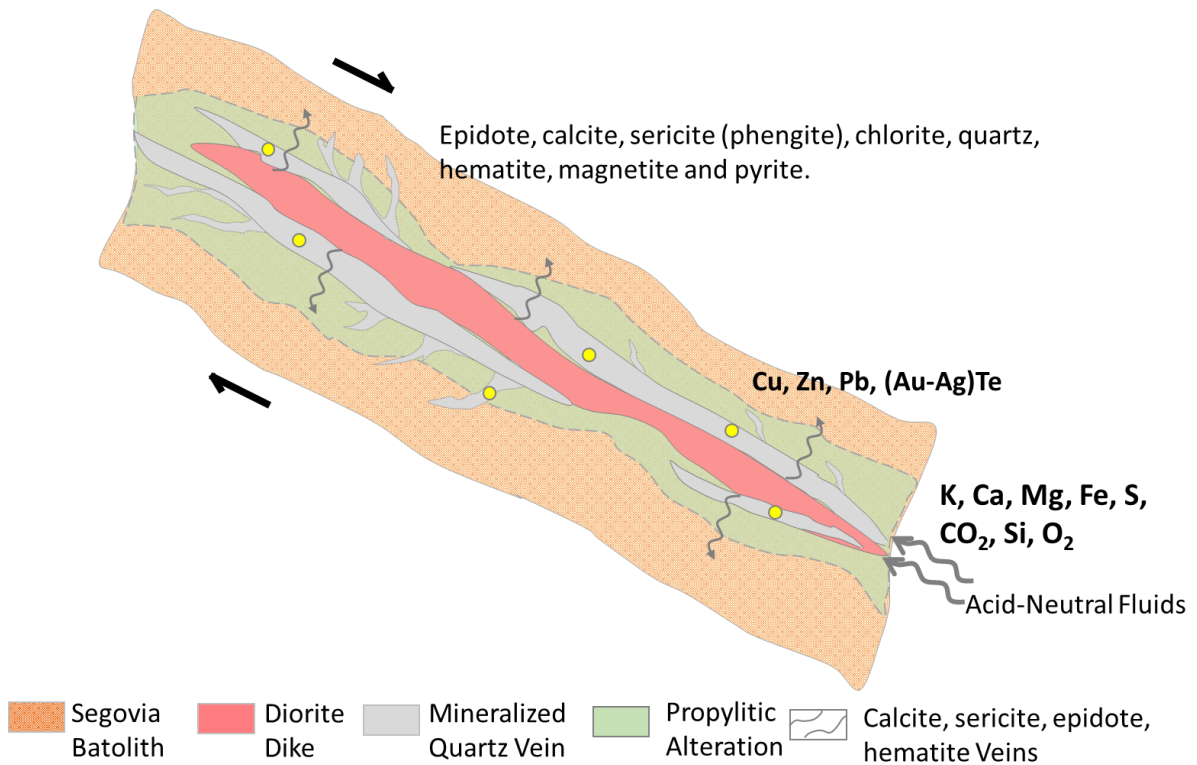
**Fig. 10.** Correlations diagrams representing substitution types for the hydrothermal phases: A) Plagioclase substitution albite-anorthite  $NaSi$  vs.  $CaAl$ , B) K-feldspar substitution albite-orthoclase  $Na^+$  vs  $K$ , and C)  $Al^{+3}$  vs  $Si^{+4}$ . Micas substitution types. D)  $Al^{IV}$  vs  $Mg^{+2}+Fe^{+2}$ , E)  $Si$  vs  $Al^{VI}$ , F) Main substitutions in epidotes.  $Fe$  vs  $Al^{IV}$ . Amphiboles substitution types. G)  $Mg$  vs.  $Fe$ . H)  $Mg^{IV}+Si^{IV}$  vs.  $Al^{VI}+Al^{IV}$ . I)  $Na+Si$  vs.  $Ca+Al^{IV}$ . Chlorites substitution types. J)  $Mg$  vs  $Fe$ . K)  $Mg$  vs  $Ti$ . L)  $Al^{VI}$  vs  $MgSi$ .

In the “El Pescado” deposit the oxidized magnetite substitution by pyrite indicates that hematite can also become an iron (Fe) source for pyrite formation. The transformation rate of magnetite to Fe disulfide increased with decreasing pH under oxidizing conditions. The pyrite precipitated into the magnetite is polycrystalline and did not preserve the crystallographic

orientation of the magnetite. The mechanism of the reaction is that of a dissolution–precipitation reaction with the precipitation of pyrite being the rate-limiting step relative to magnetite dissolution under mildly acidic conditions ( $\text{pH} < 4.42$ ), according with Qian et al., (2010), also this process is defined, through two reactions, first assuming conservation of volume and reducing conditions, and the second assuming the immobility of Fe under oxidizing conditions:



The hydrothermal process model are shown in the fig. 11.



**Fig. 11.** Hydrothermal process in the “El Pescado” Gold deposit.

### 7.3 Constraints of ore-forming fluids and gold transport

The gold deposits in the Segovia Batholith are related to oxidized plutonic rocks (Sillitoe, 2008). The paragenetic sequence of the deposit represent an evolution of the magmatic–hydrothermal fluid to more oxidizing conditions and low temperatures associated with iron oxide and sulfate mineral precipitation, including barite and calcite. The presence to barite and calcite can be explained by the mixing of fluids (MILLS et al., 2015). Marine stratigraphic sequence overlaying on Segovia batholith and the extensional tectonic conditions represented by the shear deformation of rocks associated with reactivation structures related to Otú-Pericos and Nús-Palestina Fault System, likely created favorable conditions for the

interaction of the hydrothermal ore fluids and rocks that outcrop in the “El Pescado” region. This hypothesis indicates that mineralizing event in the “El Pescado” deposit relies in the late precipitation of calcite, barite and sericite because of interaction of acidic to alkaline fluids, with intermediate to low salinity and low to moderate temperatures.

Hydrothermal fluid, metallic complexes and free metallic ions can together joint during the fluid migration and forming ore minerals. The metallic-complexes formation is governed by two main complexes: sulphides (HS<sup>-</sup> and H<sub>2</sub>S) and chloride (Cl<sup>-</sup>). Metal-HS complexes develop strong ligand with Au, Ag, Hg, Cu and Sb, and weaker with Pb, Zn and Fe. Cl-complexes coupling better with transition metals showing more stability at high temperatures. For Barnes, (1979) and Seward, (1979), active hydrothermal systems and epithermal Au deposits indicate that thio-sulphide complexing (HS)<sup>-</sup> is one of the dominant mechanisms of transport for Au. According Pope et al., (2005) Au<sup>+</sup> is complexed by the sulphur ligand HS and the stability is up to 300°C, 1,5 kbar, with pH 3–10.

These features are compatible with those determined for the “El Pescado” deposit. Consequently, the metallic elements Zn-Pb-Au in the first mineralization stage, are related to low range of temperatures 175°C-225°C, whereas a higher range of temperatures between 170°C-300°C characterizes the association of Cu-Zn-Pb-Te-Au, during the second stage. This temperature difference could indicate a circulation of two different fluids. However, at low temperatures (< 230 °C), in a metal-sulphide complexing with Pb-Zn and Au are more soluble than Cu -thio-sulphide complexing. This difference in solubility indicate that Pb-Zn and Au can circulate further from the source of heat than Cu (Hayashi, K & Ohmoto, H, 1991). For the “El Pescado” deposit, the absence of copper (Cu) in the first stage suggests that the source of heat was further and so did not allow a wide circulation of Cu, contrarily to second stage. This could suggest that it was about a same fluid, but in different pulses. Also, it is possible an evolution of fluid, since a higher salinity can promote the enrichment in AgAu-Te and Cu deposition because they are effectively transported in those conditions (Mills et al., 2015). This explanation agrees with the hydrothermal fluid interaction with rocks and its migration in a structural controlled scenario. Thus, a possible infiltration of hydrothermal fluids with different salinities and temperatures would be related to ore gold deposit in the “El Pescado”. Fluid inclusion studies of deposits in the Segovia-Remedios district indicate ore-forming fluids of low temperature and salinity (Manco et al., 2012; Alvarez, 2013). The origin of ore-forming fluids for the gold deposits in the Segovia Batholith is provably related to a magmatic-hydrothermal system associated with oxidized plutons where metal association and Au were transported by

thio-complexes ( $\text{HS}^-$  and  $\text{H}_2\text{S}$ ), with low temperatures, oxidizing conditions, and intermediate to low salinity (Fig. 12).

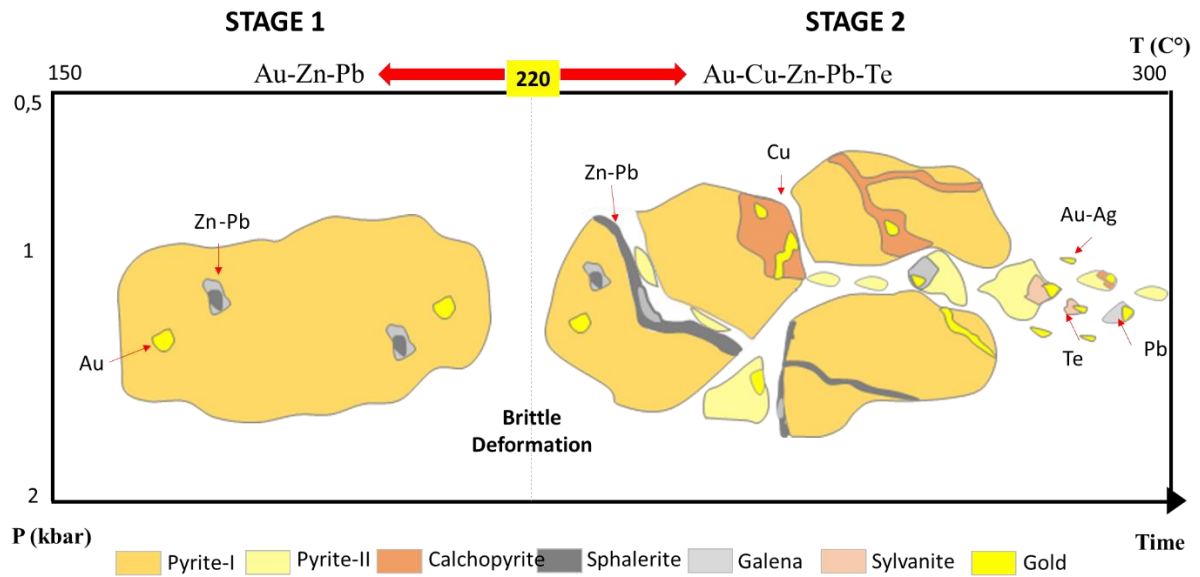


Fig. 12. Mobility of ore showing mineralization stages.

#### 7.4 Orebody structures

El Pescado” gold deposit shares some geological similarities with others in the Segovia Batholith. For instance, the gold orebodies in the region are controlled by fracture zones related to the same fault system (Otú-Pericos Fault), mineralized quartz veins are controlled by this system, hydrothermal veins are mainly hosted in porphyritic diorite dikes. Also, the gold mineralization is associated with sulfides and tellurides. Nevertheless, in el Pescado the metal association, arsenic-wolfram (As-W) is absent, and the gold is not electrum. In Segovia mining district, the gold is electrum and wolframite it is disseminated in host rocks in contact to quartz veins with gold, in the Providencia mine region.

The ore-bearing rocks belong to the Segovia Batholith, is a calc-alkaline, metaluminous batholith of I-type, magnetite series, and subduction related (González, 2001; Sillitoe, 2008). The crystallization age for this pluton is 155 Ma (Alvarez, 2013). This pluton was emplaced, before a continental and marine sedimentary sequences interbed with volcano-sedimentary rocks arc (Cediél et al 2003, Pindell et al., 2006). The crustal magmatism of this batholith was associated to subduction of Farallon plate (McCourt et al., 1984; Cediél et al., 2003). Related with the volcanic stage of the arc, diorite dikes intruded the Segovia Batholith, with crystallization ages of  $85.9 \pm 1.2$  Ma (U-Pb zircon, Leal, 2011), and mantle-derived source (Alvarez, 2013). Accretion and obduction of marine blocks at Late Cretaceous, was docked at

west of arc and sutured by Romeral System Fault, reactivating the Otú-Palestina Fault System in the eastern flank of the arc. Diorite dikes in Segovia region are correlated to the “La Culebra Stock”, this pluton represents the magmatic facies of the Antioqueño Batholith, with a late cretaceous age (87.5±1.3/-1.6 Ma, U-Pb zircon) with mantle-derived source (Leal, 2011).

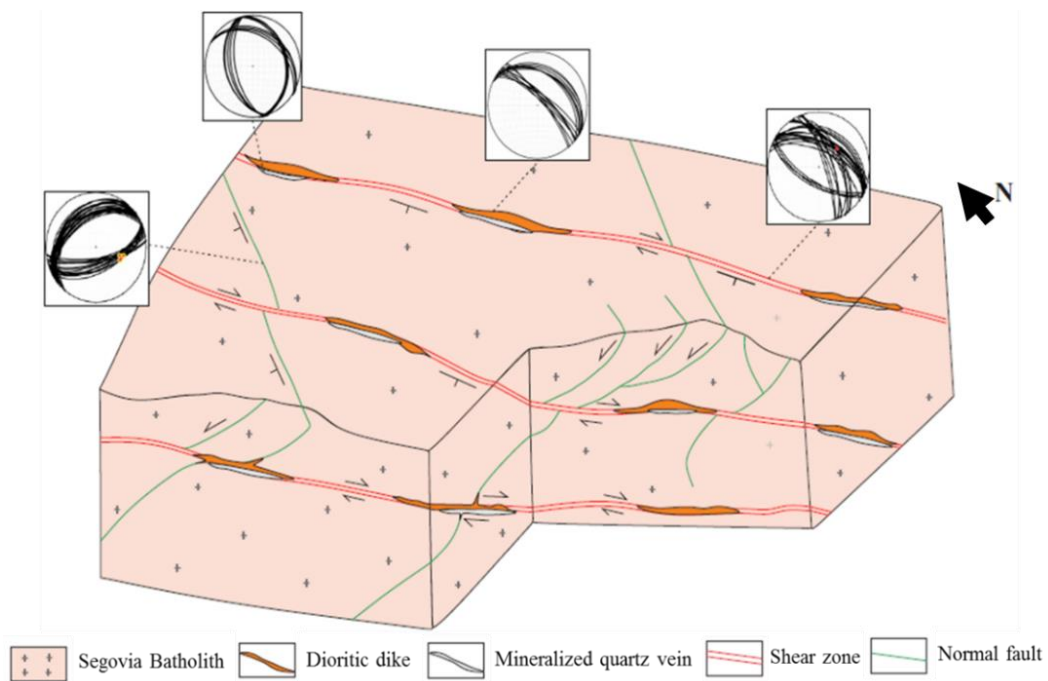
In this tectonic context, the most important approaches are related with origin of “El Pescado” gold mineralization, the ore-bearing rocks and the proximal diorite dikes hosted in the Segovia Batholith. The crystallization age of the Segovia Batholith is earlier than hydrothermal alteration ages associated with the mineralization at Segovia-Remedios District, aged in 89-82 Ma (K-Ar in sericite, Leal, 2011). This allows to reject a genetic relation with the gold mineralization. On the other hand, the spatially and temporally association between the gold mineralization with the diorite dikes, suggests a genetic relation. In addition, the similar petrogenetic signatures for diorite dikes and gold mineralization in Segovia-Remedios District are correlatable with those in Antioqueño batholith (Leal, 2011). In “El Pescado” deposit, quartz Au-sulphides veins are controlled by subordinate shear zones with a dextral kinematic and orientation N60°-70°W/52°-60°E, these exhibit strain evidences in a ductile-brittle regime, related to Otú-Pericos regional fault reactivation.

We propose that the hydrothermal fluids were channelized by the subordinate shear zones whose source it is related to late crystallization stage of “La Culebra” Stock. The fluid migration and the interaction of the fluid and host rocks were facilitated by reactivations of Otú-Pericos and associated faults. The quartz veins formations will be related to diorite dikes that acted as impermeable barriers for fluids migration, enabling the fluids trapped within the structural conduits. Subsequent variations in the physical-chemical conditions caused the metal precipitation. The prolonged interaction between the diorite dikes and surrounding hydrothermal fluids is supported by hydrothermal alteration along these. In this way, structural and metallogenic features in the “El Pescado Gold Deposit” are widely analyzed for gold deposits in the Jiaodong Peninsula, which origin was associated with a magmatic-hydrothermal mineralization controlled by tectonic and structural factors (Quiang Yang et al., 2014; Quiongyan Yang et al., 2014; Groves et al., 2015; Mills et al., 2015a; Mills et al., 2015b; Hu et al., 2018).

Thus, it is possible to argue that the distribution and concentration of gold and metals in the “El Pescado” deposit, was the result of an enriched mantle source metasomatized related to subduction process (according with the mantle-derived source of diorite dikes). The ore-bearing



fluids trapped the metal and being incorporated along the magmatic pathways along the subordinate shear zones, and its migration were controlled by Otú-Pericos and El Bagre- Nus faults reactivations. Finally, during the canalization the ore fluids evolved due to compositional enrichment from the host rocks evidenced for the presence of barite and calcite explained through the interaction of hydrothermal fluids with fractured metasedimentary rocks which allows the precipitation of gold and metals, because of interaction of acidic to alkaline fluids, with intermediate to low salinity and low to moderate temperatures (Fig. 13).



**Fig. 13.** Geodynamical model for the gold mineralization in the “El Pescado gold deposit”. Lower hemisphere diagrams show attitude of main structures, diorite dikes and quartz veins.

## 8. Conclusion

The metal association and gold in the “El Pescado” deposit, can be effectively transported in hydrothermal sulphides fluids complexes as dominant mechanism. For the first stage the Cu lack and low temperatures, suggests that the source of heat was further or there was a greater heat loss during fluid migration and so did not allow a wide circulation of Cu, contrary to second stage. Also, it is possible an evolution of fluid, since a higher salinity can promote the enrichment in Ag-Au-Te and Cu deposition because they are effectively transported in those conditions. This explanation agrees with the fluid-mixing scenario through the interaction between meteoric and magmatic hydrothermal fluids, evolving acidic to alkaline fluids, with intermediate to low salinity and low to moderate temperatures. The circulation of hydrothermal fluids enriched with K, Ca, Ba, Si, Mg, Fe, S, and Na-Al depleted, responsible for the pervasive

propylitic alteration halo characterized by a greenish coloration, can be established as a reliable indicator of mineralized veins.

## 9. REFERENCES

- Alvarez, M., Ordoñez, O., Valencia, M., Marín, M. V. (2007). Geology of the influence zone of the otu fault in the Segovia-Remedios mining district, 41–51.
- Alvarez, M. 2013. Petrologia, geoquímica isotópica e metalogenia dos depósitos de ouro el silencio e la gran columbia, distrito mineiro segovia-remedios, colômbia Master thesis, Univ. of Brasilia.
- Anovitz, L.M.; Essene, E.J. 1986. Phase equilibrium in the system  $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3\text{-FeCO}_3$ . *Journal of Petrology*, v. 28, p. 389-414.
- Barnes, H. L. 1979. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. (Eds.) John Wiley & Sons, New York, 2° ed, p. 173-235.
- Botero, G. 1975. Edades radiométricas de algunos plutones colombianos. *Rev. Minería, Medellín*, (27): 8886-8842.
- Buddington E Lindsley. E 1964. Iron-Titanium oxide mineral and synthetic equivalents. *J. Petrology* 5, p. 310-357.
- Cathelineau, M. 1988. Cation site occupancy in chlorites and illites as function of temperature. *Clay minerals*, v. 23, n. 4, p. 471-85."
- Cathelineau, M; Nieva, D. 1985. A chlorite solid solution geothermometer the Los Azufres (Mexico) geothermal system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 91, n. 3, p. 235-244."
- Clark, L.A. 1960. The Fe-As-S System-Phase relations and applications. *Economic Geology*, v. 55, n. 7, p. 1345-1381.
- Cediel, F.; Shaw, R.; Caceres, C. 2003, Tectonic assembly of the Northern Andean Block, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79*, p. 815– 848.
- Deer, W. A.; Howie, R. A.; Zussman, J. 1992. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longman Scientific and Technical (Eds.), 727p.
- Echeverri, B. (2006). Genesis and thermal history of gold mineralization in the Segovia-Remedios mining district of northern Colombia. Master thesis, Univ. of Shimane. 1-115.
- Echeverry, S. Cardenas, A. Ordoñez, O. Muñoz, O. (2009). Aspectos estructurales y relaciones de algunos sistemas vetiformes del distrito minero segovia-remedios. *Earth Sciences Bulletin. Medellín*. n. 26, p19-28.
- Feininger, T., Barrero, D., Rico, H., Castro, N., Hall, R.B. 1973. Geology and mineral deposits of an area in the departments of Antioquia and Caldas (Subzone IIB), Colombia. USGS, Project Report (IR) CO-24. 223 p.
- Gao, S., Xu, H., Zhang, D., Shao, H., & Quan, S. (2015). Ore petrography and chemistry of the tellurides from the Dongping gold deposit, Hebei Province, China. *Ore Geology Reviews*, 64(1), 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.06.010>

- González, H. 2001. Mapa geológico del Departamento de Antioquia: geología, recursos minerales y amenazas potenciales. Memoria explicativa. INGEOMINAS. 240 p.
- González, J., Terán, B., Ordóñez, O. 2010. Geología de la parte oriental del distrito minero Segovia Remedios. *Earth Sciences Bulletin*. Vol. 28
- Groves, D. I., & Santosh, M. (2015). Geoscience Frontiers The giant Jiaodong gold province: The key to a unified model for orogenic gold deposits? *Geoscience Frontiers*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.08.002>.
- Haggerty, S.E. 1976. The chemistry and genesis of opaque minerals in kimberlites. *Phys. Chem. Earth* 9, p. 295-307.
- Hey, H.M. 1954. A new review of the chlorites. *Mineralogical Magazine*, v. 30, p. 277-279.
- Hu, X., Zeng, G., Zhang, Z., Li, W., Liu, W., Gong, Y., & Yao, S. (2018). Gold mineralization associated with Emeishan basaltic rocks: Mineralogical, geochemical, and isotopic evidences from the Lianhuashan ore field, southwestern Guizhou Province, China. *Ore Geology Reviews*, 95(388), 604–619. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2018.03.016>
- Jaramillo, L., Escovar, R., Vesga, C.J. 1980. Edades K-Ar de rocas con alteración hidrotermal asociadas al sistema de pórfido de cobre y molibdeno de Mocoa, Intendance of the Putumayo, Colombia. *Geology Norandina*, (1): 11-18.
- Jowett, E. C. 1991. Fitting iron and magnesium into the hydrothermal chlorite geothermometer. In: GAC/MAC/SEG, Joint Annual Meeting, v. 16.
- Kellogg, J.; Vega, V. 1995. Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: Constraints from Global Positioning System geodetic studies and gravity. *Geological Society of America. Special Paper* 295.
- Ken-Ichiro, H., & Hiroshi, O. (1991). Solubility of gold in NaCl- and H<sub>2</sub>S-bearing aqueous solutions at 250-350 degrees C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55. 2111–2126.
- Kranidiotis, P; Maclean, W. H. 1987. Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec. *Economic Geology*, v. 82, n. 7, p. 1898-1911."
- Leal, H. (2011). Phanerozoic gold metallogeny in the colombian Andes: a tectono-magmatic approach. Phd thesis. Univ. of Barcelona. 1-999
- Liou, J. G. 1973. Synthesis and stability relations of epidote, Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>FeSi<sub>3</sub>O<sub>12</sub>(OH): *Jour. Petrol.*, 14: 381-413.
- Manco, J., Molano, J., Ordoñez, O. (2012) Paragenetic and microthermometric analysis of the au-ag ores from the segovia-remedios mining district (SRMD): implications for the source and nature of the ore-forming fluids. *Earth Sciences Bulletin*, 47–59.
- Maya, M. Y González, H. Unidades litodémicas en la Cordillera Central de Colombia. 1995. *Geologic Bulletin, Ingeominas*, Vol. 35(2-3), pp. 43-57, Bogotá.
- Mills, S. E., Tomkins, A. G., Weinberg, R. F., & Fan, H. R. (2015). Anomalously silver-rich vein-hosted mineralization in disseminated-style gold deposits, Jiaodong gold district, China. *Ore Geology Reviews*, 68(2012), 127–141. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.12.014>
- Mills, S.E., Tomkins, A.G., Weinberg, R.F., Fan, H.R., 2014. Gold precipitation linked to mineralogical priming in a progressively oxidizing magmatic–hydrothermal system, Jiaodong gold district, China. *Econ. Geol.*

- Ordóñez-Carmona, O., Pimentel, M. M., De Moraes, R., Restrepo, J. J. 1999. Rocas Grenvillianas en la región de Puerto Berrio – Antioquia. *Journal of the Colombian Academy of Exact, Physical and Natural Sciences*. 23(87): 225-232.
- Ordóñez, O., Valencia, M., Álvarez, M., Sánchez, L., Castaño, L., B, Echeverri (2005). Metalogenia y evolución tectonomagmática del distrito minero, Conference Paper. <https://doi.org/10.13140/2.1.4782.8486>.
- Ordoñez, O., Restrepo, J., Martins, M. 2006. Geochronological and isotopic review of pre-Devonian crustal basement of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 21 (2006) 372–382.
- Park, W. H., Village, H., & London, N. (2008). Special Paper: Major Gold Deposits and Belts of the North and South American Cordillera: Distribution, Tectonomagmatic Settings, and Metallogenic Considerations, 663–687.
- Pimentel, M., & Julia, J. (2006). Geochronological and isotopic review of pre-Devonian crustal basement of the Colombian Andes, 21, 372–382. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2006.07.005>.
- Pindell J. L., Kennan L., Maresch W. V., Stanek K. P., Draper G., Higgs R. (2005). Caribbean–South American Plate Interactions, Venezuela, Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions, and tectonic controls on basin development in proto-Caribbean margins, *Geological Society of America, Special Papers*, eds Avé-Lallemant H. G., Sisson V. B. 394, pp 7–52.
- Pirajno, F. 2009. *Hydrothermal processes and mineral systems*. Springer-Verlag. 73p-530p.
- Plümper, O., Putnis, A. 2009. The complex hydrothermal history of granitic rocks: multiple feldspar replacement reactions under subsolidus conditions. *Journal of Petrology*, v.50, p.967-987.
- Powell, M., Powell, R. (1977). Plagioclase-alkali-feldspar geothermometry revisited. *Mineralogical Magazine*. Vol. 41. 253-6
- Qian, G., Skinner, W. M., Chen, G., & Pring, A. (2010). An experimental study of the mechanism of the replacement of magnetite by pyrite up to 300 ° C, 74, 5610–5630. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.06.035>
- Ramos, V; Mahlburg, S; Dickinson, R. (2009). Anatomy and global context of the Andes: Main geologic features and the Andean orogenic cycle. *The Geological Society of America. Memoir* 204. [https://doi.org/10.1130/2009.1204\(02\)](https://doi.org/10.1130/2009.1204(02)).
- Restrepo, J. J., & Correa-Martínez, A. M. (2009). Terrenos, complejos y provincias en la cordillera central de Colombia, *Ingeniería Investigación y Desarrollo, I2+D*. Vol. 9, Número 2.
- Restrepo, J., Toussaint, J., González, H., Linares E. Datación de metasedimentos del grupo Ayurá-Montebello. 1978. *Esp. Publ. Geol National University, Medellin*, 10: 1-5.
- Rieder, M., Cavazzini, G., D'Yakanov, Y., Kamenetskii, F., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval, P., Moller, G., Neiva, A., Radoslovich, E., Robert, J., Sassi, F., Takeda, H., Weiss, Z., Wones., D. (1999). Nomenclature of the micas. *Mineralogical Magazine*, Vol. 63(2), pp. 267-279.
- Salazar, C.; Bustamante, C.; Archanjo, C. 2016. Magnetic fabric (AMS, AAR) of the Santa Marta batholith (northern Colombia) and the shear deformation along the Caribbean Plate margin. *Journal of South American Earth Sciences* 70 (2016) 55-68.

- Schmidt, M. W. (1992). Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer, 304–310.
- Seward, T. M. Hydrothermal transport and deposition of gold. In: Glover J. E., Grove D. I., Gold mineralization. Univ. W Aust Extens Serv Publ. 3: 45-55.
- Sillitoe, R.H., Jaramillo, L., Damon, P.E., Shafiqullah, M., Escovar, R. 1982. Setting, Characteristics and Age of the Andean Porphyry Copper Belt in Colombia. *Economic geology*, (77): 1837-1850.
- Spear, F. S., 1993. The calculation of metamorphic phase equilibria I: geothermometry and geobarometry. Chapter 15. In: *Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature time paths*. Mineral. Soc. Amer. Monograph. 799p.
- Stormer, J. C. (1975). Geothermometer A Practical Two-feldspar, 60, 667–674.
- Toussaint, J. Evolución geológica de Colombia. Tomo I: Precámbrico- Paleozóico. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 229 p. 1993.
- Tulloch, A. J., 1979. Secondary Ca-Al silicates as low-grade alteration products of granitoid biotite. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 69: 105-117.
- Vearncombe, J. R. (1993). Quartz vein morphology and implications for formation depth and classification of Archaean gold-vein deposits, 8, 407–424.
- Vesga, C.J., Barrero, D. 1978. Edades K-Ar en rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central de Colombia y su implicación geológica. II Colombian Congress of Geology, Bogotá. Abstracts 19 p.
- Vyhnal, C. R.; Mssween, H. Y.J.R; Speer, J. A. 1991. Hornblende chemistry in southern Appalachian granitoids: implications for aluminum hornblende thermobarometry and magmatic epidote stability. *Amer. Mineral.* 76: 176-188.
- Watson E.B. 1987. The role accessory minerals in granitoid geochemistry. In: *Hutton conference of the origin of granites*. Univ. Edinburg: 209-211.
- Yang, L. Q., Deng, J., Goldfarb, R. J., Zhang, J., Gao, B. F., & Wang, Z. L. (2014).  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronological constraints on the formation of the Dayingezhuang gold deposit: New implications for timing and duration of hydrothermal activity in the Jiaodong gold province, China. *Gondwana Research*, 25(4), 1469–1483. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.07.001>
- Yang, Q., Santosh, M., Shen, J., & Li, S. (2014). Juvenile vs. Recycled crust in NE China : Zircon U – Pb geochronology, Hf isotope and an integrated model for Mesozoic gold mineralization in the Jiaodong Peninsula. *Gondwana Research*, 25(4), 1445–1468. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.06.003>.

## 5. CONCLUSÕES

O modelo conceitual proposto para a gênese e ocorrência do depósito aurífero “El Pescado” está baseado nos seguintes argumentos:

O estilo da mineralização representa um alvo importante para futuras explorações no depósito "El Pescado". A área de estudo faz parte da unidade jurássica Batólito de Segovia e

correspondem a quartzo monzodioritos que variam a quartzosienito, além de granodioritos, intrudidos por diques porfiríticos de composição diorítica. Os veios de quartzo com ouro e sulfetos são hospedados nos diques dioríticos, controlados por reativações de zonas de cisalhamento, regionalmente relacionadas com o Sistema de Falhas El Bagre-Otu-Pericos e Nús-Palestina.

A mineralização de ouro ocorre como veios principalmente compostos de quartzo, calcita, sulfetos, sericita, barita e teluretos. No entanto, na associação de metais, elementos como As e W estão ausentes, e o ouro não é eletrum. Dois pulsos hidrotermais de mineralização foram identificados. O primeiro pulso de fluido hidrotermal é caracterizado por quartzo predominantemente, com pirita-I, esfalerita-I, galena-I distribuídos como bandas ou disseminada, e baixo conteúdo de ouro. Esta associação indica um intervalo de temperatura de 175°C a 225°C. O segundo pulso de fluido hidrotermal está associado a sericita, calcita, barita, pirite-II, esfalerita-II, galena-II, calcopirita, teluretos de prata-ouro (calaverite (AuTe<sub>2</sub>) e sylvanite [(Au, Ag)<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>]) e ouro. Os quais representam temperaturas aproximadas de deposição entre 170°C e 300°C.

A associação de metal pode ser efetivamente transportada por fluidos hidrotermais na forma de complexos com sulfetos como mecanismo dominante. No primeiro pulso, a falta de Cu e as baixas temperaturas das condições de precipitação, sugerem: i) fonte de calor distal ao lugar de formação dos veios, ii) maior perda de calor durante a migração do fluido, o que inibiu a circulação de Cu. iii) a evolução do fluido, mostra condições de salinidade mais elevadas que promoveram o enriquecimento em elementos como Ag-Au-Te e Cu, já que estes são mais eficazmente transportados em tais condições.

A presença de barita, calcita e sulfetos de Cu associados com o segundo pulso de fluido hidrotermal mineralizante, sugere que: i) o fluido teve características de temperatura próxima dos 300 °C para transportar íons de Cu em solução. ii) este fluido teve uma interação maior com rochas hospedeiras de crosta rasa (metassedimentos de origem marinha) ou então se misturaram com fluidos que interagiram através de tais rochas. Esta explicação concorda com o cenário da mistura do fluido através da interação entre fluidos meteóricos y magmáticos hidrotermais, em condições ácidas a alcalinas, com salinidade intermediária a baixa e temperaturas baixas a moderadas.

A circulação de fluidos hidrotermais enriquecidos com K, Ca, Ba, Si, Mg, Fe, S, e empobrecido em Na-Al, são responsáveis pelo halo de alteração propilítica pervasiva

caracterizado pela coloração esverdeada, é estabelecido como um indicador fiável de veios mineralizados (guia de exploração). A migração do magma que originou os diques de diorito e os fluidos hidrotermais geradores dos veios mineralizados, foi controlada por zonas de cisalhamento ativadas com cinemática dextral num regime transtensivo dominado pelo Sistema de falhas El Bagre - Otú-Pericos- Palestina-Nús. É possível que os diques de diorito tenham sido barreiras impermeáveis para os fluidos hidrotermais, permitindo que estes sejam confinados dentro de estruturas subordinadas ao sistema de falhas citado.

Diques de diorito que hospedam os veios de quartzo mineralizados no depósito aurífero “El Pescado”, possuem idade e afinidades geoquímicas similares às do plúton de La Culebra, relacionado ao magmatismo cretáceo gerador do batólito Antioqueño. Os veios de quartzo mineralizados foram hospedados sob controle de um sistema de cisalhamento local com trend principal N60°-70°W/52°-60°E. As características da deformação interna nestas estruturas, indicam regime transicional plástico-rúptil produto da reativação do sistema de Falhas El Bagre- Otú. Os fluidos mineralizantes foram canalizados por tais estruturas subordinadas. Os diques de diorito teriam facilitado o traqueamento dos fluidos hidrotermais mineralizantes. Mudanças nas condições físicas - químicas de tais fluidos induziram a cristalização dos minerais do minério em dois estágios constituindo duas paragêneses temporalmente diferenciáveis. O desenvolvimento de halos de alteração hidrotermal atesta a interação fluido rocha durante a formação dos veios mineralizados.

Para os depósitos da região são propostos modelos de depósitos de ouro orogênico (Iodegold) e os relacionados a plútons (Intrusion related-IOCG), estes apresentam similaridades em termos de associações de metais, alterações hidrotermais, fonte de fluídos, estilo mineralizante e controle estrutural, e podem ser formados em qualquer momento da evolução do orógeno, no entanto, os depósitos com uma relação espacial com intrusões de granitoides, são localizados em terrenos pericratónicos, em zonas mais distais das zonas de subducção que os de tipo orogênico, comumente contêm teores de Sn e/ou W com fluídos mineralizantes de origem magmático enquanto que nos depósitos orogênicos o minério é produto da remobilização de fluídos de origem metamórfico (GROVES et al., 2003). (Tabela 1).

Neste sentido, a proposição de um modelo metalogenético para o depósito na região de “El Pescado” permitem definir semelhanças com os depósitos relacionados a corpos intrusivos, em quanto ao estilo da mineralização em veios laminares ou paralelos, o tipo de rocha encaixante associado com corpos plutônicos do Batólito de Segovia, no entanto quando comparados com os depósitos de tipo orogênico, são encontradas semelhanças relacionadas com o ambiente

tectônico regional definido por processos acrescionarios relacionados à subducção, o forte controle estrutural por zonas de cisalhamento, a possível associação com diques e ao regime da mineralização na transição dúctil-rúptil. Em quanto a associação de metais, o depósito analisado apresenta semelhanças com ambos modelos de depósitos propostos e pode não ser um fator muito distintivo.

A origem relacionada a processos magmático-hidrotermal e os efeitos de alteração hidrotermal nas rochas hospedeiras do depósito aurífero “El Pescado”, são características similares às encontradas, em outros depósitos nos que as feições metalogenéticas apresentam dominante controle estrutural. Dentre eles vários depósitos de contexto orogênico como na península de Jiadong na China e nos Andes: Pataz-Parcoy no Peru. No contexto regional, embora existam várias semelhanças com os depósitos do distrito mineiro de Segovia-Remédios, diferencias como a pureza do ouro (não ocorre associado a prata, não electrum), associação paragenética sem presença de sulfetos de Zn, As e Wo, sugerem além de diferencias na composição, condições físicas e químicas distintas que dificultam prováveis correlações.

## 6. REFERÊNCIAS

ALTENBERG, U.; CONCHA, A. Late lower to early Middle Jurassic arc magmatism in the northern Ibagué Batholith (Colombia). *Geología Colombiana*, v 30, p87-97, 2005

ALVAREZ, M., ORDEÑEZ, O., VALENCIA, M., ROMERO, ANTONIO. Geología de la zona de influencia de la falla otú en el distrito minero segovia-remedios. *DYNA*. 41–51. 2007.

ALVAREZ, M. Petrologia, geoquímica isotópica e metalogenia dos depósitos de ouro el silencio e la gran colômbia, distrito mineiro segovia-remedios, colômbia Master thesis, Univ. of Brasilia. 2013.

BAYONA, G. et al. Paleomagnetism in Mesozoic rocks of the northern Andes and its implications in Mesozoic tectonics of northwestern South America. *Earth Planets Space*, v. 58, p 1–18, 2006.

BUSTAMANTE L. A. Geotermobarometria, Geoquímica, Geocronologia e evolução tectônica das rochas da fácies xisto azul das áreas de Jambaló (Cauca) e Barragán (Valle del Cauca), Colômbia. Tese de doutorado, USP. P 242. 2008.

BUSTAMANTE, C. et al. Geochronology and regional correlation of middle Jurassic intrusive rocks from the Garzon Massif, Upper Magdalena Valley and Central cordillera, southern Colombia. *Bol. Geol. UIS*, v. 32, n. 2, p 93-109, 2010.



CARDONA, A., VALENCIA, V.A., BAYONA, G., DUQUE, J., DUCEA, M., GEHRELS, G., JARAMILLO, C., MONTES, C., OJEDA, G., RUIZ, J. Transient Cenozoic tectonic stages in the southern margin of the Caribbean plate: U-Th/He thermochronological constraints from Eocene plutonic rocks in the Santa Marta massif and Serranía de Jarara, northern Colombia. *Geol. Acta* 9, 445e466. 2011.

CEDIEL, F.; SHAW, R.; CACERES, C. Tectonic assembly of the Northern Andean Block, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79*, p. 815–848. 2003.

COCHRANE, R., SPIKINGS, R.A., GERDES, A., ULIANOV, A., MORA, A., VILLAGÓMEZ, D., PUTLITZ, B., AND CHIARADIA, M. Permo-Triassic anatexis, continental rifting and the disassembly of western Pangaea: *Lithos*, v. 190–191, p. 383–402. doi:10.1016/j.lithos.2013.12.020. 2014.

DORR, W. Zircon U-Pb age of the Paramo Rico tonalite-granodiorite, Santander Massif (Cordillera Oriental, Colombia) and its geotectonic significance. *J. of South Am. Earth Sci*, v. 8, n. 2, p 187-194, 1995.

ECHEVERRI, B. Genesis and termal hystory of gold mineralization in the Segovia-Remedios mining district of northern Colombia. Master thesis, Univ. of Shimane. 1-115. 2006.

ECHEVERRY, S., CÁRDENAS, A., ORDÓÑEZ, O., MUÑOZ, O. Aspectos estructurales y relaciones de algunos sistemas vetiformes del distrito minero segovia-remedios. XII Congreso colombiano de geología, 2009.

ETAYO-SERNA, F. et al. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Publicaciones especiales, Ingeominas, 14, Bogotá, 235 P. 1986.

FEININGER, T. BARRERO, D. CASTRO, N., Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (sub-zona II-B). *Boletín geológico*, Volumen XX, No. 2. 1972.

GÓMEZ, J., NIVIA, Á, MONTES, N.E., ALMANZA, M.F., ALCÁRCEL, F.A. & Madrid, C.A. Notas explicativas: Mapa Geológico de Colombia. En: Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editores), *Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 33, p. 9–33. Bogotá. 2015.

GÓMEZ, J., NÚÑEZ, A. Las metasedimentitas de Santa Teresa y la edad del Complejo Cajamarca (Cordillera Central, Departamento del Tolima-Colombia). In: IX Congreso Colombiano de Geología, Medellín, Resúmenes, pp. 35–36. 2003.

GONZÁLEZ, H. Mapa geológico de Antioquia Escala 1:400.000. Memoria explicativa. Ingeominas. Bogotá. 2001.

GONZÁLEZ, J., TERÁN, B., ORDÓÑEZ, O. Geología de la parte oriental del distrito minero Segovia Remedios. *Boletín de ciencias de la tierra*. Número 28. 2010.

JARAMILLO, L., ESCOVAR, R., VESGA, C.J. 1980. Edades K-Ar de rocas con alteración hidrotermal asociadas al sistema de pórfido de cobre y molibdeno de Mocoa, Intendencia del Putumayo, Colombia. *Geología Norandina*, (1): 11-18.

KERR, A.C., TARNEY, J. Tectonic evolution of the Caribbean and northwestern South America: the case for accretion on two Late Cretaceous oceanic plateaus. *Geology* 23, 269e272. <http://dx.doi.org/10.1130/G21109.1>. 2005.

LEAL-MEJIA, H. Phanerozoic gold metallogeny in the colombian Andes : a tectono-magmatic approach. Phd thesis. Univ. of Barcelona. 1-999. 2011.

LÓPEZ, E. UPPER CRUST MODELS OF COLOMBIA, CROSS SECTIONS AND TECTONOSTRATIGRAPHIC TERRAINS LOCATION MAP. Ingeominas, 2003.

MANCO, J., MOLANO, J., ORDOÑEZ, O. Paragenetic and microthermometric analysis of the au-ag ores from the segovia-remedios mining district (srmd): implications for the source and nature of the ore-forming fluids. *Earth Sciences Bulletin*, 47–59. 2012.

MONTES, C., HATCHER, R., RESTREPO, P. Tectonic reconstruction of the northern Andean blocks: Oblique convergence and rotations derived from the kinematics of the Piedras–Girardot area, Colombia. *Elsevier. Tectonophysics* 399. 221– 250. 2005.

REDACCIÓN ECONOMÍA, EL ESPECTADOR. Gran Colombia Gold proyecta una producción de 200.000 onzas de oro en 218. 16 Ago 2018. <https://www.elespectador.com/economia/gran-colombia-gold-proyecta-una-produccion-de-200000-onzas-de-oro-en-218-articulo-806624>.

ORDÓÑEZ-CARMONA, O., PIMENTEL, M. M., DE MORAES, R., RESTREPO, J. J. Rocas Grenvillianas en la región de Puerto Berrio – Antioquia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 23(87): 225-232. 1999.

ORDÓÑEZ-CARMONA, O. Caracterização isotópica Rb-Sr e Sm-Nd dos principais eventos magmáticos nos Andes Colombianos. PhD thesis, Univ. de Brasília, pp. 1e177. 2001.

ORDÓÑEZ-CARMONA, O., PIMENTEL, M., LAUX, J.H. Edades U-Pb del Batolito Antioqueño. Resúmenes III Seminario Gerardo Botero, Medellín, Colombia. 2006.a

ORDÓÑEZ-CARMONA, O., RESTREPO, J.J., PIMENTEL, M.M. Geochronological and isotopic review of pre-Devonian crustal basement of the Colombian Andes. *J. South Am. Earth Sci.* 21, 372e382. 2006. b

ORDÓÑEZ-CARMONA, O., VALENCIA, M., ÁLVAREZ, M., SÁNCHEZ, L.H., CASTAÑO, L.C., ECHEVERRI, B. Metalogenia y evolución tectonomagmática del distrito minero Segovia-Remedios, primera aproximación. *Memorias X Congreso Colombiano de Geología*. Bogotá. Editorial Gente Nueva Ltda. p: 252. 2005.

RAMOS, V. Anatomy and global context of the Andes: Main geologic features and the Andean orogenic cycle. *The Geological Society of America. Memoir* 204. 2009.

RESTREPO, J., TOUSSAINT, J. Metamorfismos superpuestos en la Cordillera Central de Colombia. *V Cong. Latin-Amer. Geol. Argentina*. 505-512 p, 1982.

RESTREPO, J., TOUSSAINT, J. Terrenos alóctonos en los Andes Colombianos: Explicación de algunas paradojas. *V Congreso Colombiano de Geología*. Tomo I. p. 92-107. Bucaramanga. 1989.

RESTREPO, J., ORDÓÑEZ CARMONA, O., ARMSTRONG, R. & PIMENTEL, M.M. Triassic metamorphism in the northern part of the Tahamí Terrane of the Central Cordillera of Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 32(4): 497–507. 2011.

RODRÍGUEZ, R. Aproximación a la evolución metalogénica y afinidad al modelo de oro orogénico de los depósitos minerales del sector norte de la Cordillera Central de Colombia. 2007.

SALAZAR, C.; BUSTAMANTE, C.; ARCHANJO, C. Magnetic fabric (AMS, AAR) of the Santa Marta batholith (northern Colombia) and the shear deformation along the Caribbean Plate margin. *Journal of South American Earth Sciences* 70 (2016) 55-68. 2016.

SERRANO, L., FERRARI, L., MARTÍNEZ, M. L., PETRONE, C. M., & JARAMILLO, C. An integrative geologic, geochronologic and geochemical study of Gorgona Island, Colombia: Implications for the formation of the Caribbean Large Igneous Province. *Earth and Planetary Science Letters*, 309(3-4), 324–336. doi:10.1016/j.epsl.2011.07.011. 2011.

SILLITOE, R.H. Special paper: Major gold deposits and belts of the north and South American cordillera: distribution, tectonomagmatic settings, and metallogenic considerations. *Econ. Geol.*, v. 103, p 663-687, 2008.

SILLITOE, R.H., JARAMILLO, L., DAMON, P.E., SHAFIQULLAH, M., ESCOVAR, R. Setting, Characteristics and Age of the Andean Porphyry Copper Belt in Colombia. *Economic geology*, (77): 1837-1850. 1982.

TOUSSAINT, J.F. Evolución geológica de Colombia: Precámbrico–Paleozoico. Universidad Nacional de Colombia, 1, 229 p. Medellín. 1993.

VESGA, C.J., BARRERO, D. 1978. Edades K-Ar en rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central de Colombia y su implicación geológica. II Congreso Colombiano de Geología, Bogotá. Resúmenes. 19 p.

VINASCO, C.J., CORDANI, U.G., GONZÁLEZ, H., WEBER, M., PELÁEZ, C. Geochronological, isotopic, and geochemical data from Permo-Triassic granitic gneisses. 2006.

## 7. ANEXOS

Table A. 1. Analytical results for plagioclase.

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	
Sample	PS-9-121	PS-9-121	PS-9-121	PS-9-121	PS-9-121	PS-9-121	PS-9-121	PS-9-121	PS-9-121	PS-9-121	LPD129 31	LPD129 31	LPD129 31	LPD129 31	LPD129 31
Point	C2 pl 5	C2 pl 6	C4 pl 7	C4 pl 6	C4 pl 9	C4 pl 5	C4 pl 2	C4 pl 4	C4 pl 3	C2 pl 3	C4 pl 18	C4 pl 8	C5 pl 10	C5 pl 12	
SiO <sub>2</sub>	67,96	68,74	68,29	68,04	67,29	66,41	68,05	67,72	67,92	57,20	58,06	57,78	57,57	57,53	
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	0,00	0,04	0,07	0,01	0,05	0,12	0,07	0,00	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,88	18,81	18,86	19,03	18,35	18,01	18,86	18,51	18,50	25,25	25,16	25,73	25,46	25,84	
FeO	0,17	0,00	0,02	0,04	0,03	0,16	0,07	0,16	0,24	0,13	0,24	0,31	0,18	0,26	
MnO	0,02	0,00	0,01	0,07	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	
MgO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	
CaO	0,16	0,14	0,09	0,16	0,10	0,13	0,32	0,14	0,06	6,15	8,18	8,38	8,19	8,62	
Na <sub>2</sub> O	11,56	12,07	11,78	11,92	11,87	11,02	12,02	11,41	11,89	6,41	7,03	6,71	6,50	6,81	
K <sub>2</sub> O	0,28	0,06	0,20	0,09	0,10	0,26	0,06	0,07	0,05	1,41	0,07	0,10	0,19	0,08	
Rb <sub>2</sub> O	0,14	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,05	0,00	0,00	
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,01	0,00	0,04	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,11	0,00	0,06	
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,05	0,06	0,02	0,00	
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	
ZrO <sub>2</sub>	0,02	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,06	0,00	
<b>Total</b>	99,27	99,89	99,29	99,55	97,97	96,11	99,43	98,11	98,83	96,69	99,01	99,51	98,26	99,23	
T															
Si	3,00	3,01	3,01	2,99	3,01	3,02	3,00	3,02	3,01	2,65	2,63	2,61	2,62	2,60	
Al	0,98	0,97	0,98	0,99	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97	1,38	1,34	1,37	1,37	1,38	
Fe <sup>3+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>ΣT</b>	3,99	3,98	3,99	3,99	3,98	3,99	3,98	3,99	3,98	4,02	3,98	3,99	3,99	3,98	
A															
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Pb</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe2+</b>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Eu</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,30	0,40	0,41	0,40	0,42
<b>Na</b>	0,99	1,02	1,01	1,02	1,03	0,97	1,03	0,99	1,02	0,57	0,62	0,59	0,57	0,60
<b>K</b>	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,01	0,01	0,00
<b>Rb</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cs</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	1,02	1,04	1,02	1,03	1,04	1,00	1,05	1,00	1,04	0,97	1,03	1,01	0,99	1,03
<b>% An</b>	0,75	0,63	0,42	0,73	0,46	0,64	1,45	0,67	0,29	31,66	38,98	40,60	40,62	40,96
<b>% Ab</b>	97,70	99,04	98,48	98,78	98,99	97,84	98,23	98,93	99,44	59,68	60,65	58,81	58,29	58,57
<b>% Or</b>	1,56	0,32	1,10	0,49	0,55	1,52	0,32	0,40	0,26	8,66	0,37	0,59	1,10	0,48
<b>Soma</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Type</b>	Albite	Albite	Albite	Albite	Albite	Albite	Albite	Albite	Albite	Andesine	Andesine	Andesine	Andesine	Andesine

Table A. 1. Analytical results for plagioclase. Continue.

<b>Lithotype</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>
<b>Sample</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>
<b>Point</b>	<b>C6 pl 7</b>	<b>C5 pl 3</b>	<b>C5 pl 6</b>	<b>C1 pl 2</b>	<b>C1 pl 3</b>	<b>C1 pl 5</b>	<b>C1 pl 6</b>	<b>C1 pl 7</b>	<b>C1 pl 8</b>	<b>C1 pl 9</b>	<b>C1 pl 9</b>	<b>C2 pl 4</b>
SiO <sub>2</sub>	58,46	55,38	66,86	65,71	66,54	66,75	66,49	66,97	66,52	66,70	66,70	67,23
TiO <sub>2</sub>	0,17	0,05	0,00	0,01	0,00	0,06	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,56	20,10	19,49	19,03	18,92	18,35	18,78	18,96	18,62	18,81	18,81	18,74
FeO	0,21	7,79	0,16	0,05	0,04	0,04	0,05	0,11	0,00	0,05	0,05	0,04
MnO	0,00	0,19	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,07	0,05	0,04	0,04	0,00
MgO	0,00	3,67	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02
CaO	8,15	0,86	0,95	0,57	0,59	0,26	0,38	0,23	0,26	0,29	0,29	0,23
Na <sub>2</sub> O	7,16	8,03	11,10	11,34	11,14	11,37	11,60	11,52	11,33	11,46	11,46	11,84
K <sub>2</sub> O	0,14	0,42	0,17	0,07	0,10	0,10	0,01	0,03	0,05	0,01	0,01	0,05
Rb <sub>2</sub> O	0,03	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,07
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO <sub>2</sub>	0,09	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00

<b>Total</b>	100,00	96,56	98,80	96,89	97,38	97,01	97,52	97,90	96,98	97,41	98,29
<b>T</b>											
Si	2,62	2,64	2,97	2,97	2,99	3,01	2,99	2,99	3,00	2,99	3,00
Al	1,35	1,13	1,02	1,01	1,00	0,97	0,99	1,00	0,99	1,00	0,98
Fe <sup>3+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	3,98	3,78	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,98
<b>A</b>											
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,01	0,31	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,39	0,04	0,05	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	0,62	0,74	0,96	0,99	0,97	0,99	1,01	1,00	0,99	1,00	1,02
K	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	1,03	1,40	1,02	1,03	1,01	1,02	1,03	1,02	1,01	1,02	1,04
<b>% An</b>	38,32	5,40	4,47	2,67	2,83	1,23	1,77	1,09	1,27	1,37	1,08
<b>% Ab</b>	60,89	91,44	94,60	96,94	96,62	98,19	98,16	98,75	98,43	98,57	98,68
<b>% Or</b>	0,79	3,16	0,93	0,39	0,55	0,57	0,07	0,15	0,30	0,06	0,25
<b>Soma</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Type</b>	Andesine	Albite	Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite

Table A. 1. Analytical results for plagioclase. Continue.

Lithotype	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
Sample	LPD12797	LPD12797	LPD12797	LPD12797	LPD12797	LPD12797	LPD12797	LPD12797	LPD12797
Point	C2 pl 6	C2 pl 11	C4 pl 1	C4 pl 3	C4 pl 4	C4 pl 5	C4 pl 8	C4 pl 9	C4 pl 10
SiO <sub>2</sub>	66,67	67,18	66,71	67,67	66,60	66,81	67,34	67,09	67,17

TiO2	0,08	0,00	0,08	0,00	0,07	0,15	0,00	0,00	0,00
Al2O3	18,42	18,49	18,64	18,77	18,66	18,63	18,49	18,53	18,73
FeO	0,13	0,07	0,04	0,03	0,05	0,03	0,06	0,02	0,05
MnO	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,10	0,00	0,04	0,08
MgO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
CaO	0,12	0,18	0,22	0,31	0,30	0,30	0,28	0,19	0,18
Na2O	11,77	11,79	11,60	11,35	11,88	11,71	11,53	11,49	11,57
K2O	0,10	0,10	0,08	0,05	0,05	0,04	0,03	0,06	0,05
Rb2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,03	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,03	0,04
Cr2O3	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,08	0,00	0,05
V2O3	0,00	0,06	0,01	0,04	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00
NiO	0,00	0,05	0,02	0,02	0,01	0,00	0,09	0,02	0,03
ZrO2	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>97,33</b>	<b>98,01</b>	<b>97,41</b>	<b>98,31</b>	<b>97,77</b>	<b>97,87</b>	<b>97,91</b>	<b>97,51</b>	<b>97,95</b>
<b>T</b>									
Si	3,00	3,00	3,00	3,01	2,99	2,99	3,01	3,01	3,00
Al	0,98	0,97	0,99	0,98	0,99	0,98	0,97	0,98	0,99
Fe <sup>3+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	<b>3,98</b>	<b>3,98</b>	<b>3,99</b>	<b>3,99</b>	<b>3,98</b>	<b>3,98</b>	<b>3,98</b>	<b>3,99</b>	<b>3,99</b>
<b>A</b>									
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	1,03	1,02	1,01	0,98	1,03	1,02	1,00	1,00	1,00
K	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	1,04	1,04	1,03	1,00	1,06	1,04	1,02	1,01	1,02
<b>% An</b>	0,56	0,81	1,03	1,47	1,35	1,39	1,32	0,89	0,86
<b>% Ab</b>	98,89	98,63	98,52	98,25	98,36	98,38	98,53	98,76	98,86
<b>% Or</b>	0,55	0,56	0,45	0,28	0,28	0,23	0,15	0,35	0,28
<b>Soma</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Type</b>	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite

**Table A. 1. Analytical results for plagioclase. Continue.**

<b>Lithotype</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>GD</b>	<b>QS</b>	<b>QS</b>
<b>Sample</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD12797</b>	<b>LPD10031</b>	<b>LPD10031</b>
<b>Point</b>	<b>C4 pl 11</b>	<b>C4 pl 12</b>	<b>C4 pl 13</b>	<b>C4 pl 14</b>	<b>C4 pl 15</b>	<b>C6 pl 14</b>	<b>C6 pl 15</b>
SiO <sub>2</sub>	66,77	66,58	66,21	66,71	66,93	64,62	63,87
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,04	0,01	0,06	0,20	0,09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,76	18,24	18,64	18,97	18,78	19,49	19,66
FeO	0,06	0,04	0,06	0,06	0,11	0,23	0,10
MnO	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
MgO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
CaO	0,20	0,20	0,41	0,42	0,27	1,30	1,47
Na <sub>2</sub> O	11,31	11,32	11,49	11,48	11,28	10,45	10,49
K <sub>2</sub> O	0,03	0,05	0,08	0,09	0,05	0,09	0,08
Rb <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,15	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,05	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,02	0,04	0,00	0,14	0,01	0,00
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,00	0,05	0,02	0,00	0,01	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01
ZrO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00
<b>Total</b>	97,21	96,50	97,08	97,84	97,69	96,61	95,77
<b>T</b>							
Si	3,00	3,01	2,99	2,99	3,00	2,94	2,93
Al	0,99	0,97	0,99	1,00	0,99	1,04	1,06
Fe <sup>3+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	4,00	3,99	3,98	3,99	3,99	3,99	3,99
<b>A</b>							
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,06	0,07	0,07
Na	0,99	0,99	1,01	1,00	0,98	0,92	0,93	0,93
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Rb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	1,00	1,01	1,03	1,02	1,00	1,00	1,01	1,01
<b>% An</b>	0,96	0,95	1,92	1,99	1,30	6,38	7,16	7,16
<b>% Ab</b>	98,85	98,75	97,65	97,53	98,40	93,09	92,37	92,37
<b>% Or</b>	0,19	0,30	0,44	0,48	0,30	0,53	0,47	0,47
<b>Soma</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Type</b>	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite

Table A. 1. Analytical results for plagioclase. Continue.

Lithotype	QS	QS	QS	QS	QS	DIO	DIO	DIO	DIO
Sample	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	PS2	PS2	PS2	PS2
Point	C6 pl 5	C6 pl 7	C6 pl 4	C3 15	C7 17	C2 pl 8	C2 pl 2	C2 pl 3	C7 3
SiO <sub>2</sub>	65,81	64,46	66,17	67,56	64,59	55,50	51,91	48,08	52,48
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,04	0,00	0,04	0,16	0,05	0,00	0,15	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,17	19,42	19,10	19,66	19,56	26,88	27,58	29,47	24,21
FeO	0,05	0,07	0,11	0,72	0,33	0,32	0,23	0,48	2,24
MnO	0,02	0,01	0,00	0,04	0,00	0,06	0,00	0,01	0,09
MgO	0,02	0,00	0,01	0,19	0,00	0,02	0,09	0,08	0,04
CaO	1,24	1,35	0,92	0,95	1,39	9,73	8,82	7,24	8,11
Na <sub>2</sub> O	10,80	9,94	10,84	11,05	10,49	5,96	5,90	4,66	5,09
K <sub>2</sub> O	0,07	0,21	0,15	0,10	0,17	0,12	0,13	0,43	0,10
Rb <sub>2</sub> O	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,03	0,02	0,02	0,02	0,08	0,03	0,03	0,04	0,03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00

NiO	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,00	0,05	0,00	0,05
ZrO2	0,01	0,00	0,18	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00
<b>Total</b>	<b>97,36</b>	<b>95,54</b>	<b>97,49</b>	<b>100,40</b>	<b>96,81</b>	<b>98,69</b>	<b>96,32</b>	<b>95,84</b>	<b>97,05</b>
<b>T</b>									
Si	2,97	2,95	2,98	2,96	2,93	2,53	2,47	2,38	2,57
Al	1,02	1,05	1,01	1,01	1,05	1,45	1,55	1,72	1,40
Fe <sup>3+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	<b>3,99</b>	<b>4,00</b>	<b>3,99</b>	<b>3,97</b>	<b>3,99</b>	<b>3,98</b>	<b>4,02</b>	<b>4,11</b>	<b>3,96</b>
<b>A</b>									
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,09
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,06	0,07	0,04	0,04	0,07	0,48	0,45	0,38	0,42
Na	0,94	0,88	0,95	0,94	0,92	0,53	0,54	0,45	0,48
K	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
Rb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	<b>1,01</b>	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>	<b>1,03</b>	<b>1,01</b>	<b>1,03</b>	<b>1,02</b>	<b>0,88</b>	<b>1,01</b>
<b>% An</b>	<b>5,94</b>	<b>6,86</b>	<b>4,43</b>	<b>4,50</b>	<b>6,77</b>	<b>47,10</b>	<b>44,89</b>	<b>44,74</b>	<b>46,47</b>
<b>% Ab</b>	<b>93,68</b>	<b>91,85</b>	<b>94,71</b>	<b>94,96</b>	<b>92,28</b>	<b>52,22</b>	<b>54,31</b>	<b>52,09</b>	<b>52,86</b>
<b>% Or</b>	<b>0,38</b>	<b>1,29</b>	<b>0,86</b>	<b>0,54</b>	<b>0,96</b>	<b>0,68</b>	<b>0,81</b>	<b>3,17</b>	<b>0,67</b>
<b>Soma</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Type</b>	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Albite	High Andesine	High Andesine	High Andesine	High Andesine

Table A. 1. Analytical results for Alkali fedspar

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD
Sample	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031
Point	C5 pl 8	C5 pl 9	C5 p 11	C6 pl 6	C1 7	C1 8	C1 9	C1 10	C1 11

SiO2	59,08	60,85	56,58	56,32	65,76	65,56	65,36	65,16	56,08
TiO2	0,00	0,09	0,00	0,07	0,00				0,00
Al2O3	24,59	22,99	25,70	26,85	20,23	20,24	20,25	20,26	26,57
FeO	1,13	0,50	1,19	0,81	0,18	0,17	0,16	0,14	0,83
MnO	0,07	0,05	0,00	0,09	0,09	0,08	0,07	0,05	0,01
MgO	0,25	0,14	0,33	0,30	0,11	0,13	0,14	0,16	0,30
CaO	1,63	1,67	3,40	1,30	1,22	1,04	1,03	1,02	1,50
Na2O	6,39	8,00	5,88	5,03	7,14	7,13	7,69	8,25	5,28
K2O	3,85	2,47	3,19	4,79	3,25	3,24	3,26	3,28	4,52
Rb2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00	0,00	0,11
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr2O3	0,07	0,07	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
V2O3	0,01	0,00	0,05	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
NiO	0,00	0,05	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	97,07	96,87	96,40	95,62	98,07	97,65	97,97	98,33	95,22
<b>T</b>									
Si	2,72	2,79	2,64	2,64	2,96	2,96	2,94	2,93	2,64
Al	1,34	1,24	1,41	1,48	1,07	1,08	1,08	1,07	1,47
Fe <sup>3+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	4,06	4,04	4,05	4,12	4,03	4,03	4,02	4,01	4,11
<b>A</b>									
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,04	0,02	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,08	0,08	0,17	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08
Na	0,57	0,71	0,53	0,46	0,62	0,62	0,67	0,72	0,48
K	0,23	0,14	0,19	0,29	0,19	0,19	0,19	0,19	0,27
Rb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	0,94	0,97	0,96	0,86	0,89	0,88	0,93	0,98	0,89						
<b>% An</b>	9,18	8,76	19,05	8,06	6,78	5,82	5,45	5,11	9,13						
<b>% Ab</b>	65,05	75,86	59,63	56,52	71,75	72,48	73,91	75,19	58,12						
<b>% Or</b>	25,77	15,38	21,32	35,42	21,46	21,70	20,65	19,70	32,75						
<b>Soma</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00						
<b>Type</b>	Ca- Anortoclase	Anortoclase	Ca- Anortoclase	Ca- Anortoclase	Anortoclase	Anortoclase	Anortoclase	Anortoclase	Ca- Anortoclase						

Table A. 2. Analytical results for amphibole.

Lithotype	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO	QMD	QMD
Sample	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	ESD11 02-1	LPD12 931	LPD12 931
Point	C10 anf 2	C10 anf 4	C2 anf 5	C3 anf 3	C3 anf 1	C5 anf 1	C5 anf 2	C5 anf 4	C6 pl 7	C6 anf 6	C6 anf 5	C2 anf 5	C1 anf 2	C4 anf 12
SiO2	54,45	52,73	53,39	51,51	46,81	52,85	51,35	53,40	52,97	52,91	53,86	53,01	48,35	48,11
TiO2	0,00	0,53	0,03	0,01	0,23	0,42	0,42	0,14	0,30	0,18	0,00	0,14	0,95	1,43
Al2O3	2,56	3,61	2,23	5,01	8,17	4,12	3,48	2,37	3,66	1,68	2,70	3,42	5,87	6,93
FeO	10,86	14,13	14,17	15,43	17,75	12,10	13,43	12,92	14,29	12,48	13,56	15,39	17,47	17,00
MnO	0,16	0,10	0,38	0,30	0,28	0,25	0,22	0,32	0,17	0,15	0,36	0,48	0,26	0,45
MgO	17,00	15,02	16,10	12,98	11,03	16,31	13,93	15,60	14,13	15,40	14,79	14,61	12,72	12,47
CaO	12,17	12,09	12,14	12,08	12,08	12,28	12,10	12,09	11,94	12,32	12,25	11,77	10,96	10,98
Na2O	0,29	0,41	0,37	0,61	0,81	0,43	0,47	0,37	0,54	0,28	0,45	0,41	0,87	0,95
K2O	0,06	0,09	0,05	0,10	0,28	0,11	0,14	0,08	0,25	0,02	0,10	0,08	0,46	0,57
Rb2O	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,09	0,03	0,00	0,03
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,08	0,07
Cr2O3	0,53	0,10	0,13	0,04	0,09	0,34	0,07	0,14	0,17	0,18	0,08	0,01	0,16	0,02
V2O3	0,07	0,04	0,10	0,05	0,15	0,11	0,06	0,07	0,03	0,04	0,05	0,06	0,00	0,04
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,08	0,03	0,00
ZrO2	0,00	0,03	0,06	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	98,15	98,88	99,32	98,12	97,81	99,38	95,71	97,56	98,56	95,68	98,30	99,49	98,18	99,04
Fe2O3	1,69	3,48	0,94	3,00	5,85	4,49	1,20	2,74	1,95	1,72	1,94	4,19	8,20	7,53
FeO	9,34	11,00	13,32	12,74	12,48	8,06	12,35	10,46	12,53	10,94	11,81	11,62	10,10	10,23
<b>OH</b>														
OH	2,00	2,00	1,99	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00	1,98	1,98
Cl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02

<b>F</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣOH</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>T</b>														
<b>Si</b>	7,71	7,52	7,61	7,47	6,91	7,43	7,59	7,69	7,61	7,77	7,72	7,55	7,08	6,99
<b>Al IV</b>	0,29	0,48	0,38	0,53	1,09	0,57	0,41	0,31	0,39	0,23	0,28	0,45	0,92	1,01
<b>Ti</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	8,00	8,00	7,99	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<b>C</b>														
<b>Al VI</b>	0,14	0,13	0,00	0,32	0,33	0,12	0,20	0,09	0,23	0,06	0,18	0,12	0,09	0,17
<b>Ti</b>	0,00	0,06	0,00	0,00	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,02	0,00	0,02	0,10	0,16
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,09	0,20	0,19	0,16	0,50	0,29	0,07	0,15	0,10	0,09	0,10	0,27	0,52	0,41
<b>V</b>	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
<b>Sc</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cr</b>	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00
<b>Mn<sup>3+</sup></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	3,59	3,19	3,42	2,81	2,43	3,42	3,07	3,35	3,03	3,37	3,16	3,10	2,78	2,70
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	1,11	1,40	1,36	1,70	1,68	1,07	1,59	1,37	1,59	1,43	1,52	1,47	1,49	1,55
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣC</b>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>B</b>														
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mn</b>	0,02	0,01	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,06	0,03	0,06
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,08	0,08	0,14	0,01	0,01	0,06	0,00	0,04	0,03	0,01	0,00	0,09	0,13	0,10
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	1,85	1,85	1,81	1,88	1,91	1,85	1,92	1,86	1,84	1,94	1,88	1,80	1,72	1,71
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Na</b>	0,05	0,06	0,00	0,08	0,05	0,06	0,06	0,06	0,12	0,03	0,09	0,06	0,12	0,13
<b>ΣB</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>A</b>														
<b>Na</b>	0,03	0,06	0,10	0,09	0,18	0,06	0,07	0,05	0,03	0,05	0,04	0,06	0,12	0,14
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<b>Ca</b>	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K</b>	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05	0,02	0,03	0,02	0,05	0,00	0,02	0,01	0,09	0,11
<b>Rb</b>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Cs</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣA</b>	0,04	0,07	0,16	0,11	0,24	0,08	0,10	0,06	0,09	0,05	0,06	0,07	0,21	0,24
<b>Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)</b>	0,76	0,71	0,68	0,64	0,61	0,78	0,67	0,73	0,67	0,72	0,69	0,69	0,69	0,68
<b>Grupo composicional</b>	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca

Table A. 2. Analytical results for amphibole. Continue.

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD
Sample	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931
Point	C4 anf 1	C5 anf 3	C5 anf 14	C5 anf 2	C5 anf 1	C6 anf 1	C6 anf 2	C6 anf 3	C6 anf 4	C6 anf 5	C6 anf 8	C6 anf 9	C7 anf 1	
<b>SiO<sub>2</sub></b>	47,62	47,52	47,83	47,34	47,87	47,32	47,51	47,66	47,76	47,83	47,41	48,66	48,39	
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1,19	1,19	1,69	1,44	0,99	1,14	1,15	0,88	1,31	1,40	1,29	1,16	0,59	
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	6,64	6,01	6,87	6,94	6,28	5,99	6,30	6,93	6,57	6,18	6,28	6,29	5,95	
<b>FeO</b>	16,09	17,61	17,27	17,13	16,98	17,01	16,74	17,40	16,54	16,29	16,56	16,09	16,69	
<b>MnO</b>	0,38	0,50	0,45	0,39	0,62	0,50	0,38	0,32	0,41	0,34	0,38	0,17	0,53	
<b>MgO</b>	11,57	11,87	12,97	12,58	12,68	12,50	12,63	13,15	13,15	13,28	13,07	13,28	13,14	
<b>CaO</b>	10,63	11,00	11,25	11,08	11,19	10,82	10,84	10,24	10,95	10,80	11,17	11,33	11,02	
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,88	0,83	0,94	1,12	0,92	1,02	0,91	1,06	1,12	1,01	1,08	0,85	0,83	
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,58	0,53	0,55	0,47	0,54	0,57	0,55	0,53	0,49	0,49	0,48	0,41	0,40	
<b>Rb<sub>2</sub>O</b>	0,00	0,03	0,05	0,01	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	
<b>F</b>	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,02	
<b>Cl</b>	0,06	0,13	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,08	
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,04	0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,09	0,06	0,05	0,13	0,01	0,02	0,00	
<b>V<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,06	0,06	0,05	0,08	0,07	0,07	0,08	0,05	0,09	0,08	0,06	0,15	0,02	
<b>NiO</b>	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	
<b>TOTAL</b>	95,75	97,33	100,03	98,75	98,21	97,06	97,37	98,33	98,57	98,00	97,90	98,57	97,65	
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4,37	7,31	7,70	9,27	9,01	8,09	8,02	9,88	8,89	7,78	6,96	7,59	8,73	
<b>FeO</b>	12,15	11,03	10,34	8,79	8,87	9,73	9,52	8,50	8,54	9,29	10,29	9,27	8,84	
<b>OH</b>														
<b>OH</b>	1,99	1,97	1,96	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,95	1,97	

<b>Cl</b>	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
<b>F</b>	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
<b>ΣOH</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>T</b>													
<b>Si</b>	7,14	7,06	6,89	6,89	7,00	7,02	7,01	6,94	6,95	7,00	6,96	7,06	7,08
<b>Al IV</b>	0,86	0,94	1,11	1,11	1,00	0,98	0,99	1,06	1,05	1,00	1,04	0,94	0,92
<b>Ti</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<b>C</b>													
<b>Al VI</b>	0,32	0,11	0,05	0,08	0,08	0,07	0,11	0,13	0,07	0,07	0,05	0,13	0,11
<b>Ti</b>	0,13	0,13	0,18	0,16	0,11	0,13	0,13	0,10	0,14	0,15	0,14	0,13	0,06
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,25	0,45	0,52	0,57	0,59	0,50	0,49	0,62	0,54	0,46	0,48	0,46	0,60
<b>V</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00
<b>Sc</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cr</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
<b>Mn<sup>3+</sup></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	2,59	2,63	2,78	2,73	2,77	2,77	2,78	2,85	2,85	2,90	2,86	2,87	2,87
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	1,70	1,67	1,45	1,44	1,45	1,52	1,47	1,28	1,36	1,39	1,45	1,39	1,36
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣC</b>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>B</b>													
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mn</b>	0,05	0,06	0,05	0,05	0,08	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,02	0,07
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,07	0,07	0,11	0,08	0,04	0,09	0,11	0,21	0,11	0,14	0,10	0,10	0,09
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	1,71	1,75	1,74	1,73	1,75	1,72	1,72	1,60	1,71	1,69	1,76	1,76	1,73
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Na</b>	0,18	0,12	0,10	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15	0,14	0,13	0,09	0,12	0,12
<b>ΣB</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>A</b>													
<b>Na</b>	0,08	0,12	0,16	0,17	0,13	0,16	0,13	0,15	0,18	0,16	0,21	0,12	0,12
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K</b>	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07
<b>Rb</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Cs</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣA</b>	0,19	0,22	0,27	0,26	0,23	0,27	0,24	0,25	0,27	0,26	0,30	0,20	0,19
<b>Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)</b>	0,63	0,66	0,69	0,72	0,72	0,70	0,70	0,73	0,73	0,72	0,69	0,72	0,73
<b>Grupo composicional</b>	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca

Table A. 2. Analytical results for amphibole. Continue.

<b>Lithotype</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QMD</b>	<b>QS</b>	<b>QS</b>
<b>Sample</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD12931</b>	<b>LPD10031</b>	<b>LPD10031</b>
<b>Point</b>	<b>C7 anf 2</b>	<b>C7 anf 4</b>	<b>C7 anf 5</b>	<b>C7 anf 8</b>	<b>C7 anf 9</b>	<b>C8 anf 12</b>	<b>C8 anf 13</b>	<b>C8 anf 8</b>	<b>C8 anf 6</b>	<b>C8 anf 7</b>	<b>C1 anf 1</b>	<b>C1 anf 4</b>	
<b>SiO2</b>	48,25	48,39	47,66	47,38	45,55	47,05	47,30	46,55	47,84	49,12	49,25	48,48	
<b>TiO2</b>	1,14	1,18	1,48	0,97	1,44	1,42	1,63	1,41	1,12	0,97	0,91	1,31	
<b>Al2O3</b>	6,37	6,53	6,61	6,71	6,52	6,68	6,65	6,20	6,66	5,80	5,63	6,48	
<b>FeO</b>	16,28	16,30	15,56	16,65	16,81	17,94	17,40	17,56	16,92	16,01	16,10	17,84	
<b>MnO</b>	0,46	0,41	0,48	0,42	0,45	0,40	0,42	0,33	0,42	0,38	0,29	0,43	
<b>MgO</b>	12,57	12,80	12,47	12,93	12,46	12,15	12,45	12,16	12,32	12,13	13,17	12,57	
<b>CaO</b>	11,07	11,07	10,69	10,73	10,96	11,05	11,14	10,94	11,66	11,41	10,63	10,94	
<b>Na2O</b>	0,88	0,99	0,90	1,00	0,99	1,02	0,99	0,95	1,00	0,76	0,71	0,90	
<b>K2O</b>	0,53	0,52	0,53	0,45	0,55	0,55	0,52	0,49	0,42	0,32	0,13	0,09	
<b>Rb2O</b>	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>F</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Cl</b>	0,07	0,06	0,08	0,06	0,14	0,05	0,06	0,06	0,10	0,05	0,02	0,04	
<b>Cr2O3</b>	0,00	0,07	0,04	0,00	0,02	0,14	0,18	0,10	0,29	0,07	0,06	0,00	
<b>V2O3</b>	0,10	0,07	0,09	0,09	0,07	0,07	0,11	0,15	0,14	0,04	0,09	0,04	
<b>NiO</b>	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,01	0,08	0,00	0,04	
<b>ZrO2</b>	0,08	0,13	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	
<b>TOTAL</b>	97,84	98,63	96,60	97,39	96,03	98,52	98,87	96,97	98,88	97,22	96,99	99,14	
<b>Fe2O3</b>	6,72	7,60	5,69	9,41	5,53	7,92	7,03	5,97	6,74	4,51	5,66	8,81	
<b>FeO</b>	10,23	9,46	10,44	8,18	11,83	10,81	11,07	12,19	10,86	11,95	11,01	9,91	
<b>OH</b>													
<b>OH</b>	1,98	1,98	1,98	1,98	1,93	1,99	1,99	1,98	1,98	1,99	1,99	1,99	
<b>Cl</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	
<b>F</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>ΣOH</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
<b>T</b>													
<b>Si</b>	7,08	7,04	7,07	6,96	6,87	6,90	6,91	6,95	6,97	7,24	7,23	7,01	



<b>Al IV</b>	0,92	0,96	0,93	1,04	1,13	1,10	1,09	1,05	1,03	0,76	0,77	0,99
<b>Ti</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<b>C</b>												
<b>Al VI</b>	0,18	0,16	0,22	0,12	0,03	0,06	0,05	0,04	0,12	0,25	0,21	0,11
<b>Ti</b>	0,13	0,13	0,16	0,11	0,16	0,16	0,18	0,16	0,12	0,11	0,10	0,14
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,37	0,41	0,32	0,60	0,47	0,53	0,46	0,44	0,44	0,25	0,31	0,57
<b>V</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00
<b>Sc</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cr</b>	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00
<b>Mn<sup>3+</sup></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zr</b>	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	2,75	2,78	2,76	2,83	2,80	2,66	2,71	2,71	2,68	2,67	2,88	2,71
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	1,56	1,49	1,53	1,33	1,53	1,57	1,56	1,61	1,59	1,70	1,48	1,46
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣC</b>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>B</b>												
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mn</b>	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,07	0,08	0,09	0,12	0,12	0,10	0,11	0,14	0,03	0,02	0,19	0,13
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	1,74	1,73	1,70	1,69	1,77	1,74	1,74	1,75	1,82	1,80	1,67	1,69
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Na</b>	0,13	0,14	0,15	0,14	0,05	0,11	0,10	0,07	0,10	0,13	0,10	0,12
<b>ΣB</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>A</b>												
<b>Na</b>	0,12	0,14	0,10	0,14	0,24	0,18	0,18	0,20	0,19	0,09	0,10	0,13
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K</b>	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,06	0,02	0,02
<b>Rb</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cs</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

$\Sigma A$	0,23	0,24	0,21	0,23	0,35	0,28	0,28	0,29	0,27	0,15	0,13	0,14
Mg/(Mg+Fe <sup>2+</sup> )	0,69	0,71	0,68	0,74	0,65	0,67	0,67	0,64	0,67	0,64	0,68	0,69
Grupo composicional	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca

Table A. 2. Analytical results for amphibole. Continue.

Lithotype	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS
Sample	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031
Point	C1 anf 2	C1 anf 3	C1 anf 5	C1 anf 6	C1 anf 8	C1 anf 9	C1 anf 11	C1 anf 12	C1 anf 14	C3 anf 13	C3 anf 11	C3 anf 12	C3 anf 9
SiO <sub>2</sub>	48,22	48,46	47,97	51,66	48,65	48,94	51,39	49,18	48,23	48,66	52,59	50,07	48,49
TiO <sub>2</sub>	1,59	1,48	0,81	0,62	0,95	0,85	0,46	0,59	1,04	0,91	0,26	0,25	1,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,50	6,55	6,49	4,24	6,61	6,00	4,14	6,32	6,41	6,38	3,29	6,02	6,29
FeO	17,49	17,35	17,29	15,23	16,45	16,90	15,73	16,78	18,52	17,78	16,21	15,75	17,21
MnO	0,39	0,32	0,22	0,39	0,47	0,40	0,43	0,44	0,42	0,37	0,38	0,30	0,27
MgO	12,67	13,01	12,32	14,28	13,43	12,85	14,00	12,81	13,00	12,95	14,75	14,61	12,62
CaO	10,63	10,71	10,36	11,79	10,63	10,76	11,47	10,83	10,04	10,55	10,43	11,17	11,01
Na <sub>2</sub> O	0,74	0,90	0,97	0,75	0,93	0,86	0,46	0,97	0,83	0,80	0,43	0,71	0,59
K <sub>2</sub> O	0,14	0,08	0,10	0,05	0,10	0,11	0,12	0,17	0,16	0,16	0,05	0,23	0,13
Rb <sub>2</sub> O	0,02	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06	0,00	0,02	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,02	0,05	0,06	0,00	0,05	0,03	0,03	0,04	0,00	0,02	0,01	0,03	0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,05	0,18	0,05
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	0,08	0,10	0,06	0,05	0,05	0,05	0,12	0,04	0,00	0,08	0,09	0,03
NiO	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,09	0,02
ZrO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
TOTAL	98,49	98,98	96,78	99,17	98,37	97,81	98,36	98,27	98,68	98,67	98,52	99,52	97,84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,21	8,59	7,98	6,27	8,88	7,63	4,70	7,90	9,21	8,36	3,80	8,65	6,56
FeO	11,00	9,62	10,11	9,59	8,46	10,04	11,51	9,67	10,23	10,25	12,79	7,96	11,31
OH													
OH	2,00	1,99	1,99	2,00	1,99	1,99	1,99	1,99	2,00	1,99	2,00	1,99	1,99
Cl	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma OH$	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
T													
Si	7,02	7,00	7,09	7,39	7,04	7,15	7,42	7,15	7,00	7,06	7,57	7,12	7,09
Al IV	0,98	1,00	0,91	0,61	0,96	0,85	0,58	0,85	1,00	0,94	0,43	0,88	0,91
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma T$	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
C													

<b>Al VI</b>	0,13	0,11	0,23	0,10	0,16	0,18	0,13	0,23	0,09	0,15	0,13	0,13	0,17
<b>Ti</b>	0,17	0,16	0,09	0,07	0,10	0,09	0,05	0,06	0,11	0,10	0,03	0,03	0,11
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,47	0,54	0,46	0,35	0,56	0,46	0,31	0,44	0,64	0,56	0,23	0,63	0,46
<b>V</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
<b>Sc</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cr</b>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01
<b>Mn<sup>3+</sup></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>Mg</b>	2,75	2,80	2,72	3,04	2,90	2,80	3,01	2,78	2,81	2,80	3,17	3,10	2,75
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	1,47	1,37	1,49	1,42	1,26	1,46	1,48	1,47	1,33	1,39	1,44	1,08	1,48
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣC</b>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>B</b>													
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mn</b>	0,05	0,04	0,03	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,19	0,18	0,19	0,04	0,17	0,15	0,11	0,12	0,27	0,20	0,29	0,17	0,16
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	1,66	1,66	1,64	1,81	1,65	1,68	1,78	1,69	1,56	1,64	1,61	1,70	1,73
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Na</b>	0,10	0,12	0,14	0,10	0,13	0,12	0,06	0,13	0,12	0,11	0,06	0,10	0,08
<b>ΣB</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>A</b>													
<b>Na</b>	0,11	0,13	0,14	0,10	0,13	0,12	0,06	0,14	0,12	0,11	0,06	0,10	0,08
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K</b>	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,04	0,02
<b>Rb</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Cs</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣA</b>	0,13	0,14	0,16	0,12	0,15	0,14	0,09	0,17	0,15	0,15	0,07	0,14	0,11
<b>Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)</b>													
<b>Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)</b>	0,67	0,71	0,68	0,73	0,74	0,70	0,68	0,70	0,69	0,69	0,67	0,77	0,67

<b>Grupo composicional</b>	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
----------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Table A. 2. Analytical results for amphibole. Continue.

Lithotype	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS
Sample	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031
Point	C7 anf 8	C7 anf 7	C7 anf 1	C7 anf 6	C7 anf 9	C7 anf 16	C7 anf 15	C7 anf 14	C7 anf 13	C7 anf 11	C7 anf 5	C7 anf 4	C7 anf 3	C7 anf 2
SiO2	48,17	48,43	48,59	48,43	48,47	47,78	47,13	47,39	49,70	48,25	49,47	47,08	47,41	48,06
TiO2	1,33	0,99	1,11	1,09	0,87	0,93	1,00	1,35	0,72	1,33	0,80	0,64	0,73	1,07
Al2O3	6,41	6,57	6,54	5,85	6,41	6,52	6,47	6,43	6,81	6,85	4,95	6,15	6,54	6,16
FeO	18,10	17,56	17,71	17,00	17,95	17,69	17,52	17,35	17,76	17,91	15,46	17,39	17,02	17,58
MnO	0,49	0,24	0,21	0,46	0,31	0,48	0,40	0,41	0,49	0,33	0,52	0,35	0,35	0,33
MgO	12,27	12,41	12,09	12,79	12,62	12,27	12,21	12,30	12,66	12,45	13,71	12,24	12,06	12,25
CaO	9,97	10,60	11,00	10,62	10,64	10,46	10,71	10,62	10,90	10,63	11,38	10,53	10,78	10,74
Na2O	0,86	0,93	0,81	0,91	0,94	0,72	0,82	1,02	0,87	1,06	0,91	0,86	1,02	0,94
K2O	0,10	0,13	0,14	0,15	0,14	0,10	0,19	0,15	0,16	0,17	0,11	0,24	0,24	0,19
Rb2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,10
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Cl	0,04	0,02	0,04	0,07	0,06	0,04	0,02	0,04	0,04	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03
Cr2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,06	0,00	0,14	0,09	0,01	0,00	0,07
V2O3	0,04	0,08	0,01	0,09	0,08	0,05	0,09	0,10	0,11	0,14	0,09	0,05	0,10	0,10
NiO	0,00	0,03	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,09	0,04	0,00	0,00	0,02
ZrO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,09	0,00	0,03	0,00	0,14	0,00	0,00	0,04
TOTAL	97,76	97,98	98,28	97,50	98,55	97,12	96,65	97,26	100,25	99,44	97,72	95,61	96,27	97,68
Fe2O3	7,21	7,88	7,01	8,01	8,96	7,56	8,57	9,02	7,68	9,13	7,36	8,70	8,72	8,10
FeO	11,61	10,47	11,41	9,79	9,89	10,89	9,80	9,23	10,85	9,70	8,84	9,57	9,18	10,29
<b>OH</b>														
OH	1,99	1,99	1,99	1,98	1,99	1,97	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,98	1,99	1,99
Cl	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
ΣOH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>T</b>														
Si	7,08	7,08	7,09	7,11	7,05	7,05	6,99	6,99	7,10	6,97	7,21	7,06	7,06	7,07
Al IV	0,92	0,92	0,91	0,89	0,95	0,95	1,01	1,01	0,90	1,03	0,79	0,94	0,94	0,93
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣT	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<b>C</b>														
Al VI	0,19	0,21	0,22	0,12	0,14	0,19	0,13	0,11	0,24	0,14	0,06	0,15	0,20	0,14
Ti	0,15	0,11	0,12	0,12	0,09	0,10	0,11	0,15	0,08	0,14	0,09	0,07	0,08	0,12

<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,42	0,46	0,42	0,49	0,57	0,52	0,59	0,55	0,45	0,53	0,46	0,60	0,52	0,48
<b>V</b>	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Sc</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>Mn<sup>3+</sup></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	2,69	2,70	2,63	2,80	2,74	2,70	2,70	2,70	2,69	2,68	2,98	2,73	2,68	2,69
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	1,56	1,51	1,61	1,46	1,44	1,48	1,45	1,46	1,51	1,46	1,38	1,44	1,51	1,55
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣC</b>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>B</b>														
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mn</b>	0,06	0,03	0,03	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,25	0,18	0,14	0,14	0,17	0,18	0,13	0,13	0,15	0,17	0,05	0,14	0,09	0,13
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	1,57	1,66	1,72	1,67	1,66	1,65	1,70	1,68	1,67	1,65	1,78	1,69	1,72	1,69
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Na</b>	0,12	0,13	0,11	0,13	0,13	0,10	0,12	0,14	0,12	0,15	0,11	0,12	0,15	0,13
<b>ΣB</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>A</b>														
<b>Na</b>	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13	0,10	0,12	0,15	0,12	0,15	0,14	0,13	0,15	0,14
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Sr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K</b>	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05	0,05	0,04
<b>Rb</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>Cs</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣA</b>	0,14	0,16	0,14	0,16	0,16	0,12	0,15	0,18	0,15	0,19	0,17	0,17	0,19	0,18
<b>Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)</b>	0,65	0,68	0,65	0,70	0,69	0,67	0,69	0,70	0,68	0,70	0,73	0,70	0,70	0,68
<b>Grupo composicional</b>	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca

Table A. 3. Analytical results for chlorite.

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD
Sample	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1
Point	C2 chl 2	C2 chl 3	C2 chl 4	C3 chl 1	C3 chl 2	C3 chl 3	C3 chl 4	C3 chl 5	C4 chl11	C4 chl 1	C5 chl 2	C5 chl 3	C5 chl 4
SiO2	25,79	25,90	25,69	26,75	25,97	25,89	24,20	24,59	25,68	26,58	25,05	24,95	22,94
TiO2	0,40	0,01	0,00	0,02	0,00	0,12	0,05	0,08	0,07	0,09	0,00	0,05	0,19
Al2O3	20,27	19,00	19,78	20,69	20,44	19,95	18,79	18,89	19,82	18,86	18,80	20,11	17,64
FeO	25,79	26,15	26,73	26,01	26,34	25,49	24,45	24,56	25,25	25,11	25,44	25,37	22,56
MnO	0,15	0,16	0,11	0,18	0,39	0,20	0,16	0,12	0,33	0,25	0,19	0,23	0,19
MgO	15,59	16,60	16,20	16,78	16,02	15,56	15,66	15,32	15,54	17,27	15,97	15,39	14,49
CaO	0,07	0,03	0,06	0,05	0,03	0,04	0,07	0,00	0,05	0,03	0,07	0,02	0,02
Na2O	0,08	0,01	0,04	0,04	0,00	0,04	0,06	0,07	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04
K2O	0,05	0,03	0,03	0,04	0,02	0,06	0,05	0,05	0,09	0,02	0,05	0,03	0,07
Rb2O	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,07	0,02	0,00	0,05
F	0,07	0,00	0,09	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00
Cl	0,05	0,04	0,03	0,01	0,02	0,05	0,09	0,11	0,04	0,03	0,06	0,06	0,26
Cr2O3	0,10	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,11
V2O3	0,06	0,03	0,11	0,10	0,00	0,04	0,06	0,06	0,06	0,03	0,11	0,10	0,06
NiO	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10
ZrO2	0,07	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04
<b>TOTAL</b>	<b>88,53</b>	<b>88,05</b>	<b>88,88</b>	<b>90,68</b>	<b>89,35</b>	<b>87,48</b>	<b>83,78</b>	<b>83,85</b>	<b>87,00</b>	<b>88,41</b>	<b>85,84</b>	<b>86,38</b>	<b>78,76</b>
<b>OH</b>													
OH	15,94	15,98	15,93	16,00	15,95	15,98	15,94	15,96	15,99	15,97	15,98	15,95	15,90
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,10
F	0,04	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
<b>ΣOH</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>	<b>16,00</b>
<b>T4</b>													
Si	5,41	5,48	5,40	5,46	5,41	5,49	5,38	5,45	5,48	5,56	5,44	5,37	5,43
B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Be	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	2,59	2,52	2,60	2,54	2,59	2,51	2,62	2,55	2,52	2,44	2,56	2,63	2,57
<b>ΣT</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>
<b>O6</b>													
Al	2,43	2,22	2,30	2,43	2,43	2,47	2,31	2,38	2,46	2,22	2,25	2,47	2,34
Ti	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03
Cr	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
V	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Zr	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<b>Mg</b>	4,88	5,24	5,08	5,10	4,97	4,92	5,19	5,06	4,94	5,39	5,17	4,94	5,11
<b>Ni</b>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	4,53	4,63	4,70	4,44	4,59	4,52	4,55	4,55	4,50	4,40	4,62	4,57	4,46
<b>Mn</b>	0,03	0,03	0,02	0,03	0,07	0,04	0,03	0,02	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>Ca</b>	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01
<b>Na</b>	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
<b>K</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
<b>Rb</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cs</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>NH<sub>4</sub></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣO</b>	12,02	12,15	12,15	12,06	12,08	12,01	12,17	12,09	12,04	12,11	12,15	12,07	12,09
<b>Grupo composicional</b>	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite
	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I

Table A. 3. Analytical results for chlorite. Continue

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QS	QS	QS	QS	DIO	DIO	DIO	DIO	DIO
Sample	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	PS-9-1-2-1	LPD12931	LPD12931	LPD10031	LPD10031	LPD10031	LPD10031	ESD1102-1	ESD1102-1	ESD1102-1	PS2	PS2
Point	C5 chl 5	C6 chl 4	C6 chl 5	C6 chl 6	C7 anf 7	C8 anf 14	C1 anf 13	C3 anf 10	C3 anf 7	C3 anf 6	C2 anf 6	C2 anf 1	C3 anf 4	C3 chl 6	C3 chl 7
<b>SiO<sub>2</sub></b>	24,84	24,58	25,94	25,52	26,59	39,73	27,87	31,42	26,66	27,07	36,30	40,47	33,75	25,26	26,45
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,63	0,06	0,08	0,00	0,00	0,30	0,16	0,34	0,08	0,13	0,06	0,00	0,23	0,13	0,13
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	19,36	18,96	20,08	20,84	17,98	16,85	17,78	14,31	19,54	18,88	11,98	8,50	14,30	17,65	19,37
<b>FeO</b>	24,81	23,58	25,01	24,91	29,77	16,91	20,83	21,46	21,00	21,28	16,83	15,13	15,04	22,90	23,01
<b>MnO</b>	0,30	0,26	0,26	0,11	0,47	0,26	0,43	0,58	0,43	0,41	0,23	0,31	0,32	0,27	0,26
<b>MgO</b>	15,11	14,42	15,18	15,47	12,78	10,11	19,28	18,02	18,73	18,47	18,86	18,37	21,10	17,05	17,08
<b>CaO</b>	0,03	0,10	0,04	0,02	0,07	3,53	0,34	1,76	0,02	0,09	4,72	5,86	2,57	0,06	0,04
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,06	0,02	0,00	0,00	0,11	1,01	0,05	0,15	0,03	0,07	0,27	0,16	0,06	0,07	0,02
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,06	0,04	0,07	0,07	0,13	2,51	0,09	0,08	0,04	0,03	0,14	0,10	0,09	0,02	0,01
<b>Rb<sub>2</sub>O</b>	0,07	0,12	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,08	0,08	0,00	0,04	0,06	0,02	0,00	0,00
<b>F</b>	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cl</b>	0,06	0,12	0,04	0,04	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04	0,07	0,05	0,01	0,01
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,04	0,01	0,04	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,10	0,01	0,15	0,04	0,07	0,03	0,00
<b>V<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,07	0,03	0,07	0,05	0,04	0,05	0,08	0,04	0,03	0,02	0,05	0,02	0,00	0,08	0,00
<b>NiO</b>	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,03	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,02
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0,02	0,00	0,07	0,00	0,12	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,05	0,08	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	85,46	82,28	86,88	87,13	88,16	91,40	86,98	88,37	86,78	86,49	89,71	89,11	87,68	83,54	86,42

<b>OH</b>															
<b>OH</b>	15,98	15,96	15,98	15,92	16,00	15,99	16,00	15,97	16,00	16,00	15,99	15,98	15,98	16,00	16,00
<b>S</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cl</b>	0,02	0,04	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00
<b>F</b>	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣOH</b>	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
<b>T4</b>															
<b>Si</b>	5,40	5,53	5,52	5,41	5,74	7,64	5,80	6,46	5,57	5,67	7,16	7,93	6,73	5,57	5,60
<b>B</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Be</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Al</b>	2,60	2,47	2,48	2,59	2,26	0,36	2,20	1,54	2,43	2,33	0,84	0,07	1,27	2,43	2,40
<b>ΣT</b>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<b>O6</b>															
<b>Al</b>	2,37	2,56	2,56	2,62	2,31	3,45	2,16	1,93	2,37	2,33	1,94	1,89	2,09	2,15	2,42
<b>Ti</b>	0,10	0,01	0,01	0,00	0,00	0,04	0,03	0,05	0,01	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,02
<b>Cr</b>	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
<b>V</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>Zr</b>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<b>Sc</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Li</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	4,90	4,84	4,82	4,89	4,11	2,90	5,98	5,53	5,83	5,77	5,55	5,37	6,27	5,60	5,39
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	4,52	4,44	4,45	4,42	5,37	2,72	3,63	3,69	3,67	3,73	2,78	2,48	2,51	4,22	4,07
<b>Mn</b>	0,05	0,05	0,05	0,02	0,09	0,04	0,08	0,10	0,08	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Ca</b>	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,73	0,08	0,39	0,00	0,02	1,00	1,23	0,55	0,02	0,01
<b>Na</b>	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05	0,38	0,02	0,06	0,01	0,03	0,10	0,06	0,02	0,03	0,01
<b>K</b>	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,62	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00
<b>Rb</b>	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Ba</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cs</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>NH<sub>4</sub></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣO</b>	12,02	11,96	11,94	11,99	12,01	10,89	12,01	11,79	12,02	11,99	11,49	11,12	11,57	12,13	11,98
<b>Grupo composiciona I</b>	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Al-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite	Mg-Clorite
	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I	Type I

Table A. 4. Analytical results for carbonate.

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD	GD	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS
-----------	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Sample	PS-9121	PS-9121	PS-9121	PS-9121	LPD1279 4	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1
Point	C4 carb 10	C6 carb 1	C6 carb 2	C6 carb 3	C4_ ca 7	C2 carb 1	C2 carb 2	C2 carb 3	C2 carb 5	C2 carb 6	C2 carb 10	C2 carb 11	C2 carb 12
Na2O	0,05	0,05	0,04	0,06	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,04	0,03	0,11	0,00	0,33	0,10	0,32	0,00	0,02	0,01	0,01	0,14	0,05
Al2O3	0,03	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01
SiO2	0,02	0,07	0,04	0,06	0,03	0,02	0,07	0,06	0,09	0,06	0,01	0,02	0,04
CaO	53,36	52,74	53,24	54,77	57,09	56,58	55,76	53,54	54,21	53,94	55,27	53,27	54,35
K2O	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
TiO2	0,03	0,00	0,00	0,15	0,00	0,07	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,11	0,00
Cr2O3	0,00	0,02	0,00	0,05	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04
MnO	0,67	0,56	0,60	0,64	0,99	0,96	1,03	0,08	0,20	0,15	0,10	0,57	0,66
NiO	0,11	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
FeO	0,13	0,07	0,10	0,04	0,29	0,22	0,24	0,05	0,04	0,00	0,03	0,23	0,09
V2O3	0,05	0,01	0,04	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04	0,00
CO2	41,92	41,44	41,83	43,04	44,86	44,45	43,81	42,07	42,60	42,38	43,42	41,85	42,71
Total	96,42	95,01	96,02	98,81	103,69	102,42	101,29	95,80	97,32	96,56	98,88	96,30	97,95
Ca	1,99	1,99	1,99	1,99	1,98	1,98	1,98	2,00	1,99	2,00	2,00	1,99	1,99
Mg	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	1,99	1,99	1,99	1,99	1,98	1,99	1,98	2,00	1,99	2,00	2,00	1,99	1,99
Total	3,98	3,99	3,99	3,98	3,99	3,98	3,99	4,00	3,99	4,00	4,00	3,99	3,99
%CaCo3	99,70	99,84	99,57	99,94	98,83	99,46	98,88	99,92	99,89	99,98	99,93	99,30	99,73
%MgCo3	0,11	0,07	0,29	0,00	0,79	0,24	0,78	0,00	0,05	0,02	0,02	0,37	0,14
%FeCo3	0,19	0,10	0,14	0,06	0,39	0,30	0,34	0,07	0,06	0,00	0,04	0,33	0,13

Table A. 4. Analytical results for carbonate. Continue.

Lithotype	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	QS	DIO	DIO	DIO
Sample	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	LPD1003 1	ESD1102 -1	ESD11 02-1	PS2
Point	C2 carb 13	C2 carb 14	C5 carb 8	C5 carb 9	C5 carb 10	C5 carb 11	C5 carb 6	C5 carb 7	C5 carb 3	C5 carb 1	C5 carb 2	C2 carb 4	C3 carb 7	C9 carb 5
Na2O	0,00	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,02	0,07	0,06	0,03	0,02
MgO	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,04	0,02	0,00	0,01	0,03	0,05	0,20	0,06

<b>Al2O3</b>	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,04
<b>SiO2</b>	0,09	0,03	0,06	0,06	0,04	0,05	0,04	0,00	0,03	0,03	0,06	0,02	0,32	0,05
<b>CaO</b>	53,91	55,19	53,54	54,49	54,14	53,39	53,28	53,05	53,55	54,28	53,93	53,75	53,26	53,61
<b>K2O</b>	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
<b>TiO2</b>	0,00	0,02	0,01	0,23	0,00	0,04	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
<b>Cr2O3</b>	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
<b>MnO</b>	0,01	0,17	0,27	0,24	0,37	0,38	0,35	0,17	0,05	0,14	0,41	0,42	0,19	0,18
<b>NiO</b>	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
<b>FeO</b>	0,04	0,04	0,02	0,01	0,05	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,08	0,01	0,18	0,06
<b>V2O3</b>	0,05	0,07	0,02	0,01	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07	0,01
<b>CO2</b>	42,35	43,36	42,07	42,82	42,54	41,95	41,86	41,68	42,07	42,65	42,37	42,23	41,85	42,12
<b>Total</b>	96,50	98,97	96,03	97,90	97,21	95,89	96,00	94,96	95,74	97,15	96,98	96,61	96,28	96,16
<b>Ca</b>	2,00	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	2,00	2,00	2,00	1,99	1,99	1,98	1,99
<b>Mg</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>Fe</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>C</b>	2,00	2,00	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	2,00	2,00	2,00	1,99	1,99	1,98	1,99
<b>Total</b>	4,00	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,98	4,00	4,00	4,00	3,99	3,99	3,99	3,99
<b>%CaCo3</b>	99,94	99,94	99,90	99,95	99,87	99,95	99,88	99,95	99,99	99,95	99,82	99,86	99,21	99,74
<b>%MgCo3</b>	0,00	0,00	0,07	0,04	0,05	0,01	0,09	0,04	0,00	0,04	0,07	0,13	0,53	0,16
<b>%FeCo3</b>	0,06	0,06	0,03	0,01	0,08	0,04	0,03	0,00	0,01	0,02	0,11	0,01	0,26	0,09

Table A. 5. Analytical results for Mica-

<b>Lithotype</b>	<b>QMD</b>	<b>Vein</b>	<b>Vein</b>	<b>DIO</b>	<b>DIO</b>	<b>DIO</b>	<b>DIO</b>	<b>DIO</b>	<b>DIO</b>
<b>Sample</b>	<b>PS-9-1-2-1</b>	<b>LPD1029-1</b>	<b>PS-9</b>	<b>PS2</b>	<b>PS2</b>	<b>PS2</b>	<b>PS2</b>	<b>PS2</b>	<b>PS2</b>
<b>Point</b>	<b>C5 ser 6</b>	<b>C1_ser 1</b>	<b>C6_ser 3</b>	<b>C1 ser 2</b>	<b>C6 1</b>	<b>C6 2</b>	<b>C6 3</b>	<b>C6 4</b>	<b>C8 ser 6</b>
<b>SiO2</b>	46,002	43,454	44,832	47,022	50,050	47,250	48,377	46,969	48,030
<b>TiO2</b>	0,126	0,407	0,053	0,369	0,068	0,000	0,000	0,063	0,045
<b>Al2O3</b>	29,312	26,659	28,308	29,271	30,324	34,403	30,697	33,289	31,750
<b>FeO</b>	3,183	4,168	1,973	2,332	1,689	0,962	1,420	0,874	1,001
<b>MnO</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,046	0,112	0,114	0,073
<b>MgO</b>	1,294	1,392	1,416	1,404	0,952	0,170	0,962	0,373	0,413
<b>CaO</b>	0,055	0,018	0,043	0,660	0,209	0,120	0,195	0,086	0,812
<b>Na2O</b>	0,201	0,223	0,178	0,390	0,977	0,306	0,528	0,136	0,773
<b>K2O</b>	9,323	9,539	8,307	9,191	9,225	10,208	9,242	10,232	9,860
<b>Rb2O</b>	0,047	0,158	0,005	0,022	0,000	0,000	0,077	0,000	0,000
<b>F</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

<b>Cl</b>	0,083	0,170	0,007	0,055	0,014	0,000	0,010	0,000	0,000
<b>Cr2O3</b>	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,130	0,012
<b>V2O3</b>	0,132	0,105	0,143	0,017	0,039	0,000	0,014	0,058	0,013
<b>NiO</b>	0,033	0,000	0,000	0,102	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000
<b>ZrO2</b>	0,105	0,060	0,000	0,000	0,061	0,030	0,046	0,000	0,000
<b>TOTAL</b>	89,896	86,376	85,265	90,835	93,640	93,495	91,704	92,324	92,782
<b>T III</b>									
<b>FeO</b>	3,183	4,168	1,973	2,332	1,689	0,962	1,420	0,874	1,001
<b>OH</b>	1,807	1,737	1,875	1,814	1,888	1,935	1,898	1,937	1,880
<b>S</b>	0,189	0,261	0,122	0,136	0,095	0,054	0,081	0,050	0,057
<b>Cl</b>	0,004	0,001	0,003	0,049	0,015	0,009	0,014	0,006	0,059
<b>F</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,007	0,007	0,004
<b>ΣOH</b>	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
<b>T IV</b>									
<b>Si</b>	3,262	3,256	3,304	3,285	3,361	3,181	3,316	3,204	3,267
<b>B</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Be</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Al</b>	0,738	0,744	0,696	0,715	0,639	0,819	0,684	0,796	0,733
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>ΣT</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
<b>M VI</b>									
<b>Al</b>	1,712	1,611	1,763	1,695	1,760	1,911	1,797	1,881	1,813
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Ti</b>	0,007	0,023	0,003	0,019	0,003	0,000	0,000	0,003	0,002
<b>Cr</b>	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,001
<b>V</b>	0,008	0,006	0,008	0,001	0,002	0,000	0,001	0,003	0,001
<b>Zr</b>	0,004	0,002	0,000	0,000	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000
<b>Sc</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Li</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Mg</b>	0,137	0,156	0,156	0,146	0,095	0,017	0,098	0,038	0,042
<b>Ni</b>	0,002	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
<b>Co</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Zn</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,189	0,261	0,122	0,136	0,095	0,054	0,081	0,050	0,057
<b>Mn</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,007	0,007	0,004
<b>ΣM</b>	2,058	2,060	2,052	2,004	1,960	1,986	1,986	1,989	1,919
<b>I</b>									
<b>Ca</b>	0,004	0,001	0,003	0,049	0,015	0,009	0,014	0,006	0,059
<b>Na</b>	0,028	0,032	0,025	0,053	0,127	0,040	0,070	0,018	0,102
<b>K</b>	0,843	0,912	0,781	0,819	0,790	0,877	0,808	0,890	0,856
<b>Rb</b>	0,002	0,008	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000

<b>Ba</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Cs</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>NH<sub>4</sub></b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>ΣI</b>	0,877	0,953	0,810	0,922	0,932	0,925	0,925	0,896	0,915	1,017								
<b>R VI [(R+2)+(R+3)]</b>	2,047	2,044	2,003	1,955	1,985	1,984	1,985	1,918	2,052									
<b>#Al</b>	0,840	0,864	0,857	0,903	0,964	0,909	0,955	0,948	0,794									

Table A. 6. Analytical results for Epidote.

Lithotype	Dio	Dio	Dio	Dio	Dio	Dio	Dio	Dio	Dio	Dio	Dio	Dio	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD
Sample	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	PS2	ESD1102 -1	LPD12 931	LPD129 31	LPD129 31	LPD129 31
Point	PS2_ C1 pl 6	PS2_ C 5 5	PS2_ C 5 6	PS2_ C 5 anf 3	PS2_ C 7 2	PS2_ C 7 pl 4	C8 ser 2	C8 pl 4	C8 3	C8 7	C9 carb 4	C9 carb 2	C2 ep 7	C2 ep 8	C2 ep 9	C2 ep 15	C2 ep 16
<b>SiO<sub>2</sub></b>	46,59	43,48	41,35	40,12	44,06	36,89	37,22	48,09	39,01	41,42	40,53	38,88	38,57	38,18	37,73	37,52	38,04
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,11	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,16	0,06	0,10	0,35	0,30	0,00	0,00	0,00
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	27,18	28,03	29,12	25,34	28,48	27,90	28,47	30,19	26,57	28,98	30,42	26,90	27,12	22,27	23,84	21,38	23,24
<b>FeO</b>	0,98	1,32	2,38	8,01	4,03	3,32	1,93	0,90	6,74	1,79	0,42	6,01	6,09	12,54	11,29	13,74	11,03
<b>MnO</b>	0,04	0,10	0,24	0,11	0,16	0,21	0,16	0,00	0,15	0,04	0,09	0,08	0,09	0,29	0,12	0,07	0,51
<b>MgO</b>	0,00	0,05	0,00	0,09	0,17	0,06	0,10	0,42	1,10	0,05	0,03	0,05	0,08	0,08	0,02	0,00	0,06
<b>CaO</b>	18,00	20,13	22,09	21,02	21,55	23,64	23,39	12,89	21,03	21,79	22,98	23,07	23,14	22,84	23,35	22,94	23,15
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2,87	2,17	0,84	0,40	1,23	0,09	0,11	2,36	0,53	0,99	0,43	0,09	0,10	0,02	0,02	0,01	0,04
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,11	0,09	0,07	0,76	0,03	0,01	0,06	1,74	0,08	0,06	0,04	0,21	0,05	0,00	0,01	0,01	0,01
<b>Totals</b>	95,86	95,40	96,10	95,85	99,71	92,12	91,43	96,72	95,21	95,28	94,99	95,40	95,58	96,53	96,37	95,67	96,08
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>																	
<b>SiO<sub>2</sub></b>	46,59	43,48	41,35	40,12	44,06	36,89	37,22	48,09	39,01	41,42	40,53	38,88	38,57	38,18	37,73	37,52	38,04
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,11	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,16	0,06	0,10	0,35	0,30	0,00	0,00	0,00
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	27,18	28,03	29,12	25,34	28,48	27,90	28,47	30,19	26,57	28,98	30,42	26,90	27,12	22,27	23,84	21,38	23,24
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,09	1,46	2,65	8,91	4,48	3,69	2,14	1,00	7,49	1,99	0,46	6,68	6,76	13,94	12,54	15,27	12,26
<b>FeO</b>	0,98	1,32	2,38	8,01	4,03	3,32	1,93	0,90	6,74	1,79	0,42	6,01	6,09	12,54	11,29	13,74	11,03
<b>MnO</b>	0,04	0,10	0,24	0,11	0,16	0,21	0,16	0,00	0,15	0,04	0,09	0,08	0,09	0,29	0,12	0,07	0,51
<b>MgO</b>	0,00	0,05	0,00	0,09	0,17	0,06	0,10	0,42	1,10	0,05	0,03	0,05	0,08	0,08	0,02	0,00	0,06
<b>CaO</b>	18,00	20,13	22,09	21,02	21,55	23,64	23,39	12,89	21,03	21,79	22,98	23,07	23,14	22,84	23,35	22,94	23,15
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2,87	2,17	0,84	0,40	1,23	0,09	0,11	2,36	0,53	0,99	0,43	0,09	0,10	0,02	0,02	0,01	0,04
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,11	0,09	0,07	0,76	0,03	0,01	0,06	1,74	0,08	0,06	0,04	0,21	0,05	0,00	0,01	0,01	0,01
<b>Mole Uni</b>																	
<b>SiO<sub>2</sub></b>	0,78	0,72	0,69	0,67	0,73	0,61	0,62	0,80	0,65	0,69	0,67	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,63

<b>TiO2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Al2O3</b>	0,27	0,27	0,29	0,25	0,28	0,27	0,28	0,30	0,26	0,28	0,30	0,26	0,27	0,22	0,23	0,21	0,23
<b>Fe2O3</b>	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03
<b>FeO</b>	0,01	0,02	0,03	0,11	0,06	0,05	0,03	0,01	0,09	0,02	0,01	0,08	0,08	0,17	0,16	0,19	0,15
<b>MnO</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>MgO</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CaO</b>	0,32	0,36	0,39	0,37	0,38	0,42	0,42	0,23	0,37	0,39	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,41	0,41
<b>Na2O</b>	0,05	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K2O</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Oxygen Units</b>																	
<b>SiO2</b>	1,55	1,45	1,38	1,34	1,47	1,23	1,24	1,60	1,30	1,38	1,35	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,27
<b>TiO2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Al2O3</b>	0,80	0,82	0,86	0,75	0,84	0,82	0,84	0,89	0,78	0,85	0,90	0,79	0,80	0,66	0,70	0,63	0,68
<b>Fe2O3</b>	0,01	0,01	0,02	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01	0,06	0,02	0,00	0,06	0,06	0,12	0,11	0,13	0,10
<b>FeO</b>	0,01	0,02	0,03	0,11	0,06	0,05	0,03	0,01	0,09	0,02	0,01	0,08	0,08	0,17	0,16	0,19	0,15
<b>MnO</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>MgO</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CaO</b>	0,32	0,36	0,39	0,37	0,38	0,42	0,42	0,23	0,37	0,39	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,41	0,41
<b>Na2O</b>	0,05	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K2O</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Normaliz</b>																	
<b>SiO2</b>	7,06	6,70	6,37	6,27	6,53	6,01	6,08	7,12	6,12	6,42	6,31	6,11	6,05	6,02	5,95	5,98	6,02
<b>TiO2</b>	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00
<b>Al2O3</b>	3,64	3,82	3,97	3,50	3,73	4,02	4,11	3,95	3,69	3,97	4,18	3,74	3,76	3,10	3,32	3,01	3,25
<b>Fe2O3</b>	0,04	0,06	0,10	0,35	0,17	0,15	0,09	0,04	0,30	0,08	0,02	0,27	0,27	0,56	0,50	0,62	0,49
<b>FeO</b>	0,06	0,08	0,15	0,52	0,25	0,23	0,13	0,06	0,44	0,12	0,03	0,40	0,40	0,83	0,74	0,92	0,73
<b>MnO</b>	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00
<b>MgO</b>	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,13	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>CaO</b>	1,46	1,66	1,82	1,76	1,71	2,06	2,05	1,02	1,77	1,81	1,92	1,94	1,95	1,93	1,97	1,96	1,96
<b>Na2O</b>	0,21	0,16	0,06	0,03	0,09	0,01	0,01	0,17	0,04	0,07	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K2O</b>	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Atom Uni</b>																	
<b>Si</b>	3,53	3,35	3,19	3,14	3,26	3,01	3,04	3,56	3,06	3,21	3,15	3,06	3,03	3,01	2,97	2,99	3,01
<b>Ti</b>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
<b>Al</b>	2,43	2,54	2,64	2,33	2,49	2,68	2,74	2,63	2,46	2,65	2,79	2,49	2,51	2,07	2,21	2,01	2,17
<b>Fe+3</b>	0,03	0,04	0,07	0,24	0,11	0,10	0,06	0,03	0,20	0,05	0,01	0,18	0,18	0,37	0,33	0,41	0,33
<b>Fe+2</b>	0,06	0,08	0,15	0,52	0,25	0,23	0,13	0,06	0,44	0,12	0,03	0,40	0,40	0,83	0,74	0,92	0,73
<b>Mn</b>	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,03
<b>Mg</b>	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,13	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>Ca</b>	1,46	1,66	1,82	1,76	1,71	2,06	2,05	1,02	1,77	1,81	1,92	1,94	1,95	1,93	1,97	1,96	1,96

Na	0,42	0,32	0,13	0,06	0,18	0,01	0,02	0,34	0,08	0,15	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
K	0,01	0,01	0,01	0,08	0,00	0,00	0,01	0,16	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	
Totals	7,95	8,02	8,02	8,15	8,03	8,11	8,07	7,85	8,15	8,01	7,98	8,12	8,12	8,25	8,25	8,30	8,25
Ps	1,13	1,48	2,54	9,17	4,32	3,66	2,12	0,95	7,50	1,93	0,44	6,66	6,69	15,24	13,13	17,03	13,16

Table A. 6. Analytical results for Epidote. Continue

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD
Sample	LPD 12931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931	LPD1 2931
Point	C4 ep 1	C4 ep 2	C4 ep 4	C4 ep 5	C4 ep 6	C4 ep 7	C4 ep 8	C4 ep 9	C4 ep 10	C4 ep 12	C3 ep 3	C3 ep 2	C3 ep 5	C4 ep 1	C4 ep 2	C4 ep 3	C4 ep 4	C4 ep 5	C8 anf 8
SiO2	38,13	37,85	37,98	37,71	38,05	37,56	37,85	37,25	37,19	37,92	37,64	38,64	37,88	38,78	38,36	39,95	37,75	38,26	38,37
TiO2	0,28	0,07	0,12	0,26	0,30	0,21	0,27	0,34	0,07	0,33	0,25	0,00	0,00	0,56	0,36	0,61	0,25	0,28	0,64
Al2O3	23,69	22,74	23,84	22,30	22,72	22,53	22,52	23,42	22,69	22,49	22,55	23,59	22,87	23,36	23,82	25,09	24,04	22,94	23,09
FeO	11,53	12,31	10,76	12,94	12,24	12,78	12,71	11,11	12,94	12,59	12,24	11,83	12,45	10,95	10,55	8,94	10,06	11,94	10,31
MnO	0,29	0,27	0,30	0,31	0,30	0,35	0,32	0,52	0,34	0,27	0,38	0,29	0,18	0,18	0,06	0,15	0,14	0,32	0,08
MgO	0,03	0,05	0,04	0,05	0,06	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03	0,03	0,00	0,06	0,16	0,14	0,13	0,06	0,12	0,14
CaO	23,00	22,99	23,25	22,91	23,02	22,38	22,86	22,77	23,07	23,06	23,01	23,24	22,80	23,23	23,38	23,57	23,15	23,08	22,86
Na2O	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	0,02	0,12	0,08	0,05	0,06	0,05	0,03	0,01	0,04	0,07	0,12	0,05	0,05	0,14
K2O	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,00	0,04	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,04	0,08	0,03	0,10	0,06	0,14
Totals	96,99	96,34	96,32	96,53	96,74	95,88	96,68	95,60	96,40	96,78	96,14	97,64	96,28	97,30	96,81	98,58	95,60	97,04	95,76
Fe2O3																			
SiO2	38,13	37,85	37,98	37,71	38,05	37,56	37,85	37,25	37,19	37,92	37,64	38,64	37,88	38,78	38,36	39,95	37,75	38,26	38,37
TiO2	0,28	0,07	0,12	0,26	0,30	0,21	0,27	0,34	0,07	0,33	0,25	0,00	0,00	0,56	0,36	0,61	0,25	0,28	0,64
Al2O3	23,69	22,74	23,84	22,30	22,72	22,53	22,52	23,42	22,69	22,49	22,55	23,59	22,87	23,36	23,82	25,09	24,04	22,94	23,09
Fe2O3	12,81	13,69	11,96	14,38	13,60	14,21	14,13	12,34	14,38	14,00	13,61	13,14	13,83	12,17	11,72	9,93	11,18	13,27	11,46
FeO	11,53	12,31	10,76	12,94	12,24	12,78	12,71	11,11	12,94	12,59	12,24	11,83	12,45	10,95	10,55	8,94	10,06	11,94	10,31
MnO	0,29	0,27	0,30	0,31	0,30	0,35	0,32	0,52	0,34	0,27	0,38	0,29	0,18	0,18	0,06	0,15	0,14	0,32	0,08
MgO	0,03	0,05	0,04	0,05	0,06	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03	0,03	0,00	0,06	0,16	0,14	0,13	0,06	0,12	0,14
CaO	23,00	22,99	23,25	22,91	23,02	22,38	22,86	22,77	23,07	23,06	23,01	23,24	22,80	23,23	23,38	23,57	23,15	23,08	22,86
Na2O	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	0,02	0,12	0,08	0,05	0,06	0,05	0,03	0,01	0,04	0,07	0,12	0,05	0,05	0,14
K2O	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,00	0,04	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,04	0,08	0,03	0,10	0,06	0,14
Mole Uni																			
SiO2	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,63	0,63	0,64	0,63	0,65	0,64	0,66	0,63	0,64	0,64
TiO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Al2O3	0,23	0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,23	0,23	0,25	0,24	0,23	0,23
Fe2O3	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
FeO	0,16	0,17	0,15	0,18	0,17	0,18	0,18	0,15	0,18	0,18	0,17	0,16	0,17	0,15	0,15	0,12	0,14	0,17	0,14
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<b>MgO</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CaO</b>	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41
<b>Na2O</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K2O</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Oxygen Uni</b>																			
<b>SiO2</b>	1,27	1,26	1,26	1,26	1,27	1,25	1,26	1,24	1,24	1,26	1,25	1,29	1,26	1,29	1,28	1,33	1,26	1,27	1,28
<b>TiO2</b>	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
<b>Al2O3</b>	0,70	0,67	0,70	0,66	0,67	0,66	0,66	0,69	0,67	0,66	0,66	0,69	0,67	0,69	0,70	0,74	0,71	0,68	0,68
<b>Fe2O3</b>	0,11	0,12	0,10	0,12	0,11	0,12	0,12	0,10	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,10	0,10	0,08	0,09	0,11	0,10
<b>FeO</b>	0,16	0,17	0,15	0,18	0,17	0,18	0,18	0,15	0,18	0,18	0,17	0,16	0,17	0,15	0,15	0,12	0,14	0,17	0,14
<b>MnO</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>MgO</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CaO</b>	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41
<b>Na2O</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>K2O</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Normaliz. Ox Units</b>																			
<b>SiO2</b>	5,97	5,98	5,99	5,96	5,99	5,96	5,96	5,93	5,89	5,97	5,97	6,01	5,98	6,04	6,01	6,11	5,99	6,00	6,07
<b>TiO2</b>	0,03	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,01	0,04	0,03	0,00	0,00	0,07	0,04	0,07	0,03	0,03	0,08
<b>Al2O3</b>	3,28	3,18	3,32	3,11	3,16	3,16	3,14	3,30	3,18	3,13	3,16	3,24	3,19	3,22	3,30	3,39	3,37	3,18	3,23
<b>Fe2O3</b>	0,51	0,55	0,48	0,58	0,54	0,57	0,57	0,50	0,58	0,56	0,55	0,52	0,55	0,48	0,47	0,39	0,45	0,53	0,46
<b>FeO</b>	0,75	0,81	0,71	0,85	0,80	0,85	0,84	0,74	0,86	0,83	0,81	0,77	0,82	0,71	0,69	0,57	0,67	0,78	0,68
<b>MnO</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
<b>MgO</b>	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
<b>CaO</b>	1,93	1,95	1,96	1,94	1,94	1,90	1,93	1,94	1,96	1,94	1,95	1,94	1,93	1,94	1,96	1,93	1,97	1,94	1,94
<b>Na2O</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>K2O</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
<b>Atom Units</b>																			
<b>Si</b>	2,99	2,99	2,99	2,98	2,99	2,98	2,98	2,97	2,95	2,98	2,98	3,00	2,99	3,02	3,00	3,06	2,99	3,00	3,04
<b>Ti</b>	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04
<b>Al</b>	2,19	2,12	2,21	2,08	2,11	2,11	2,09	2,20	2,12	2,09	2,11	2,16	2,13	2,15	2,20	2,26	2,25	2,12	2,15
<b>Fe+3</b>	0,34	0,37	0,32	0,38	0,36	0,38	0,38	0,33	0,39	0,37	0,37	0,35	0,37	0,32	0,31	0,26	0,30	0,35	0,31
<b>Fe+2</b>	0,75	0,81	0,71	0,85	0,80	0,85	0,84	0,74	0,86	0,83	0,81	0,77	0,82	0,71	0,69	0,57	0,67	0,78	0,68
<b>Mn</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
<b>Mg</b>	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
<b>Ca</b>	1,93	1,95	1,96	1,94	1,94	1,90	1,93	1,94	1,96	1,94	1,95	1,94	1,93	1,94	1,96	1,93	1,97	1,94	1,94
<b>Na</b>	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
<b>K</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
<b>Totals</b>	8,24	8,27	8,23	8,28	8,26	8,27	8,28	8,26	8,30	8,27	8,27	8,24	8,26	8,22	8,23	8,16	8,23	8,26	8,21
<b>Ps</b>	13,45	14,74	12,59	15,63	14,67	15,34	15,27	13,15	15,40	15,16	14,77	13,80	14,80	13,02	12,38	10,21	11,79	14,25	12,48

Table A. 7. Analytical results for Ilmenite.

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD
Sample	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931
Point	C3 ilm 3	C3 ilm 4	C3 ilm 5	C3 ilm 8
SiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,07	0,01
TiO <sub>2</sub>	46,62	46,65	43,81	30,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,00	0,00	0,04
FeO	49,62	47,79	50,59	67,36
MnO	4,93	5,24	6,04	0,06
MgO	0,06	0,07	0,10	0,00
CaO	0,09	0,04	0,13	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,04	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	0,02	0,02	0,00	0,00
Cl	0,01	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,15	0,00	0,02
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,39	0,36	0,37	0,52
ZnO	0,03	0,01	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	101,78	100,37	101,11	98,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,53	12,86	19,52	44,85
FeO	36,55	36,22	33,03	27,01
<b>B</b>				
Si	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,86	0,88	0,81	0,57
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,01	0,01	0,01	0,01
Al	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>3+</sup>	0,27	0,24	0,36	0,85
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣB</b>	1,14	1,13	1,18	1,43
<b>A</b>				
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,75	0,76	0,68	0,57
Mn	0,10	0,11	0,13	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00



Na	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣA</b>	0,86	0,87	0,82	0,57
<b>% Ilmenite</b>	87,76	86,96	83,97	99,78
<b>% Pirofanite</b>	11,98	12,75	15,56	0,22
<b>% Geikielite</b>	0,27	0,29	0,47	0,00
<b>Total</b>	100,00	100,00	100,00	100,00

Table A. 8. Analytical results for Magnetite

Lithotype	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD	QMD
Sample	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931	LPD12931
Point	C3 10	C3 11	C3 12	C3 13	C3 14	C3 15	C3 16	C3 17	C3 18	C3 19
SiO <sub>2</sub>	0,08	0,05	0,07	0,17	0,40	0,14	0,15	0,11	0,51	0,17
TiO <sub>2</sub>	0,19	0,53	1,17	1,23	0,95	1,47	2,05	0,37	0,17	0,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,06	0,05	0,11	0,32	0,03	0,13	0,03	0,26	0,12
FeO	99,38	100,77	95,13	95,47	95,15	95,80	94,61	95,32	97,10	95,73
MnO	0,08	0,01	0,00	0,07	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,07
MgO	0,00	0,00	0,03	0,02	0,05	0,00	0,00	0,04	0,07	0,03
CaO	0,01	0,04	0,01	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,02	0,03
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,06	0,02	0,03	0,00	0,05	0,01	0,00	0,05
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,49	0,36	0,04	0,06	0,04	0,01	0,06	0,07	0,00	0,03
NiO	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	100,35	101,86	96,57	97,18	96,98	97,56	97,14	96,05	98,17	96,79
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	73,26	73,79	68,88	68,87	68,53	68,93	67,14	70,09	70,89	70,14
<b>FeO</b>	33,46	34,37	33,15	33,50	33,49	33,79	34,20	32,26	33,32	32,62
<b>M</b>										
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01
Ti	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,01	0,00	0,01
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01

Fe <sup>3+</sup>	1,97	1,96	1,93	1,91	1,90	1,91	1,87	1,97	1,94	1,95
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,01	0,02	0,02
<b>ΣM</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>T</b>										
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>3+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>ΣT</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>% Magnetite</b>	98,75	98,59	98,12	97,82	97,96	97,82	96,58	99,22	99,37	98,84
<b>% Ulvo-Spinel</b>	0,26	0,70	1,66	1,75	1,36	2,09	2,95	0,52	0,24	0,74
<b>% Cromite</b>	0,00	0,00	0,09	0,04	0,05	0,00	0,07	0,01	0,00	0,08
<b>% Hercinite</b>	0,14	0,12	0,00	0,14	0,41	0,08	0,29	0,00	0,18	0,11
<b>% Gahnite</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>% Spinel</b>	0,01	0,00	0,07	0,06	0,15	0,00	0,00	0,10	0,19	0,08
<b>% Jacobsite</b>	0,12	0,02	0,00	0,10	0,02	0,00	0,02	0,03	0,02	0,10
<b>% Coulsonite</b>	0,71	0,51	0,06	0,09	0,06	0,01	0,09	0,10	0,00	0,05
<b>% Trevorita</b>	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Table A. 9. Analytical results for Pyrite

Sample	PS-9	PS-9	PS-9	PS-9	PS-9	PS-9	LPD-12931	LPD-12931	LPD-12931	LPD-12794	LPD-12794	LPD-12794	LPD-1029-1	LPD-1029-1	LPD-1029-1	LPD-1029-1	LPD-1029-1
Point	C1_Py2	C1_Py3	C1_Py4	C1_Py10	C1_Py11	C1_Py15	C3_Py1	C3_Py2	C3_Py9	C1_Py2	C1_Py6	C2_Py4	C4_Py4	C4_Py2	C4_Py1	C4_Py3	C4_Py6
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,14	0,03	0,07	0,03	0,00	0,04	0,04	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	0,03	0,03	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
S	47,33	47,35	48,36	47,87	46,10	50,89	53,51	53,66	53,74	53,49	53,17	53,63	49,45	53,75	54,36	53,29	53,67
Pb	0,22	0,29	0,22	0,17	0,24	0,14	0,08	0,17	0,22	0,24	0,10	0,12	0,23	0,21	0,24	0,25	0,16

<b>Bi</b>	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cd</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
<b>Te</b>	5,17	2,13	2,24	1,98	2,77	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,03
<b>Fe</b>	37,00	42,35	41,36	40,87	43,10	46,42	46,44	46,49	46,49	46,15	46,57	46,50	45,19	46,74	45,95	46,18	46,56
<b>Co</b>	0,05	0,03	0,04	0,01	0,00	0,03	0,02	0,06	0,12	0,06	0,01	0,07	0,01	0,03	0,05	0,02	0,02
<b>Cu</b>	0,02	0,04	0,08	0,19	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00
<b>Mo</b>	0,16	0,13	0,19	0,01	0,06	0,09	0,10	0,09	0,10	0,05	0,10	0,14	0,11	0,07	0,14	0,15	0,05
<b>Au</b>	2,68	2,42	2,19	2,86	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ag</b>	6,93	5,21	6,06	5,56	4,92	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	99,60	99,99	100,74	99,54	99,67	97,65	100,22	100,73	100,95	100,09	100,13	100,59	95,07	100,87	100,78	99,97	100,52
<b>S</b>	1,48	1,48	1,51	1,49	1,44	1,65	1,67	1,68	1,67	1,66	1,67	1,67	1,54	1,68	1,70	1,66	1,67
<b>Fe</b>	0,66	0,76	0,74	0,73	0,77	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,81	0,84	0,82	0,83	0,83
<b>As</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>% S</b>	69,02	66,07	67,07	67,11	65,07	66,49	66,78	66,73	66,88	66,54	66,76	66,88	65,59	66,70	67,33	66,78	66,75
<b>% Fe</b>	30,98	33,92	32,93	32,89	34,93	33,51	33,22	33,14	33,12	33,46	33,24	33,12	34,41	33,30	32,67	33,22	33,25
<b>% As</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Table A. 10. Analytical results for Chalcopyrite**

<b>Sample</b>	<b>LPD-1279-4</b>	<b>LPD-1279-4</b>	<b>LPD-1279-4</b>	<b>LPD-1279-4</b>
<b>Point</b>	<b>C1Py1</b>	<b>C1Py 4</b>	<b>C1CPy7</b>	<b>C1CPy8</b>
<b>As</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,03	0,01	0,05	0,06
<b>Ga</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Se</b>	0,01	0,03	0,02	0,05
<b>S</b>	34,20	34,05	34,15	33,75
<b>Pb</b>	0,14	0,05	0,06	0,12
<b>Bi</b>	0,04	0,00	0,00	0,16
<b>Cd</b>	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>Fe</b>	29,60	30,23	29,50	29,84
<b>Co</b>	0,01	0,03	0,03	0,01
<b>Cu</b>	34,05	33,11	33,77	34,16
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,02
<b>Mo</b>	0,00	0,11	0,09	0,08
<b>Au</b>	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Ag</b>	0,01	0,02	0,02	0,02
<b>Total</b>	98,10	97,65	97,68	98,26

<b>S</b>	1,07	1,06	1,07	1,05
<b>Fe</b>	0,53	0,54	0,53	0,53
<b>Cu</b>	0,54	0,52	0,53	0,54

<b>% S</b>	50,02	50,00	50,13	49,55
<b>% Fe</b>	24,85	25,48	24,86	25,15
<b>% Cu</b>	25,13	24,53	25,01	25,30

**Table A. 11. Analytical results for Gold**

<b>Sample Point</b>	<b>PS-9 C4_Au 2</b>	<b>PS-9 C4_Au 4</b>	<b>PS-9 C4 Au 5</b>	<b>PS-10 C3_Au 6</b>	<b>LPD-1279-4 C2_Au 1</b>	<b>LPD-1279-4 C2_Au 3</b>	<b>LPD-1279-4 C3_Au 2</b>	<b>LPD-1279-4 C3_Au 4</b>	<b>LPD-1279-4 C3_Au 5</b>	<b>LPD-1029-1 C2_Au2</b>	<b>LPD-1029-1 C4_Au 5</b>
<b>As</b>	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zn</b>	0,00	0,05	0,057	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>Ga</b>	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Se</b>	0,02	0,00	0	0,04	0,00	0,01	0,01	0,08	0,00	0,03	0,03
<b>S</b>	0,06	0,16	0,046	0,06	0,04	0,11	0,12	0,08	0,05	0,03	0,15
<b>Pb</b>	0,02	0,00	0,004	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Bi</b>	0,00	0,03	0	0,00	0,08	0,00	0,00	0,05	0,14	0,13	0,00
<b>Cd</b>	0,06	0,00	0,048	0,00	0,02	0,06	0,04	0,13	0,03	0,05	0,03
<b>Te</b>	0,06	0,06	0,118	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,00	0,02	0,12
<b>Fe</b>	0,87	1,02	0,458	0,00	0,15	0,86	0,19	0,71	0,14	0,56	0,12
<b>Co</b>	0,02	0,04	0	0,00	0,02	0,02	0,04	0,00	0,01	0,01	0,01
<b>Cu</b>	0,06	0,00	0	0,07	0,05	0,11	0,04	0,05	0,07	0,02	0,04
<b>Ni</b>	0,05	0,00	0	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
<b>Mo</b>	0,20	0,24	0,057	0,00	0,14	0,04	0,00	0,20	0,08	0,03	0,04
<b>Au</b>	89,12	88,19	87,904	88,70	91,71	92,07	88,98	92,32	93,11	92,91	95,25
<b>Ag</b>	5,92	6,29	6,478	6,04	6,01	5,73	6,41	6,25	5,98	5,70	5,54
<b>Total</b>	96,46	96,08	95,231	95,05	98,30	99,06	95,91	99,90	99,63	99,48	101,33