

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDO GEOCRONOLÓGICO DAS ROCHAS
VULCÂNICAS DO GRUPO CALIPUY,
REGIÃO NOROESTE DO PERU**

Danilo Reis Rolim

Orientador: Prof. Dr. Umberto Giuseppe Cordani

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2005/08)

SÃO PAULO
2005

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

DEDALUS - Acervo - IGC



30900018043

**Estudo Geocronológico das Rochas Vulcânicas do
Grupo Calipuy, Região Noroeste do Peru.**

Danilo Reis Rolim

Monografia de Trabalho de Formatura



Banca Examinadora

Prof. Dr. Umberto Giuseppe Cordani

Prof. Dr. Mabel N. Costas Ulbrich

Prof. Dr. Maria Helena Bezerra Maia de Holanda

São Paulo

2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDO GEOCRONOLÓGICO DAS ROCHAS VULCÂNICAS DO
GRUPO CALIPUY, REGIÃO NOROESTE DO PERU**

Danilo Reis Rolim



Orientador: Prof. Dr. Umberto Giuseppe Cordani

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF – 2005/08)**

SÃO PAULO
2005

TF
R748
DR.2



*Aos meus pais, Mário e Marli,
A minha irmã Lílian e minha amiga Susi.
Pela presença constante, carinho e dedicação,
Pelo incentivo e confiança que depositaram em mim.
Por todos e em todos os momentos...*

*“ Toda a nossa ciência, comparada
com a realidade, é primitiva e infantil
e, no entanto, é o bem mais precioso
que temos.”*

(Albert Einstein)

*“Temo a inveja tanto quanto
aprecio os vãos louvores da Terra...
e sigo sozinho por caminhos
não trilhados...”*

(Trecho de soneto de Michelangelo)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Umberto G. Cordani, por todo seu carinho e dedicação ao longo desses anos e por sua capacidade de orientar com muita paciência e seriedade, me conduzindo pelas estradas da pesquisa e do conhecimento, mas nunca trilhando o caminho por mim.

Ao INGEMMET – Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de Peru, nas pessoas de Dr. José Macharé Ordonez, diretor executivo do Instituto e dos geólogos Robert Monge e Marcos Rivera, por me receberem como pesquisador visitante, por me orientarem durante toda a permanência no Peru, pelas discussões em campo, por disponibilizarem a utilização de toda a infraestrutura e por todo apoio fornecido. À todos os colegas do INGEMMET, em especial ao motorista Cesar Zambrano que nos conduziu nos trabalhos de campo e a Dona Andrea pelo carinho e hospitalidade em Lima.

Ao CPGeo – Centro de Pesquisas Geocronológicas, nas figuras de Helen, Ivone, Solange, Liliane, Izabel, Verinha, Mitzi, Vasco, Kei e toda equipe do laboratório, por me auxiliarem com carinho e atenção durante os procedimentos experimentais, especialmente ao Artur, pela paciência, esforço e carisma.

Agradeço a todos os professores do Instituto de Geociências com quem convivi durante os anos de graduação, por toda paciência, dedicação e pelo aprendizado adquirido em sala de aula, nos laboratórios e em trabalhos de campo. Em particular, agradeço aos avaliadores deste trabalho, pelos conselhos e sugestões propostos ao Projeto Inicial e ao Relatório de Progresso.

Sou muito grato à todos meus colegas de turma, Aranda, Evelyn “Tati”, Naira, Vidyã, “Kacilda”, “Fuji”, “Rabiola”, “Maionese”, “Roça”, Lélia, Rosa, Silas, Itamar, Walter, Weder “Minero”, “Xitah” e tantos outros, por todos os inestimáveis e inequívocos momentos que vivemos nesses cinco anos da graduação, especialmente a minhas grandes amigas Susanne “Susi”, Michelle “Dana” e Camila “Rasga” pelas conversas, risadas e momentos de descontração.

Ao meu eterno professor e amigo Pedro Meireles, por ensinar os grandes valores da vida. Aos meus amigos Ricardo, Jairo, Helena, Gabi, Ivan e tantos outros que estiveram presentes nestes anos importantes da minha vida e que de alguma forma me ensinaram e me conduziram nessa jornada.

Finalmente, gostaria de deixar aqui meu especial agradecimento a minha família. À meu pai, Mário, pela paciência, pelos ensinamentos e formação do meu caráter. À minha mãe, Marli, pelo carinho, afeto e por querer sempre o meu melhor. À minha irmã e grande amiga, Lillian, pela confiança, amizade e pelos grandes momentos juntos. Agradeço a todos vocês por ocuparem quase todo o espaço do meu coração, pelo amor e pela força que sempre me deram para continuar lutando.

RESUMO

O Grupo Calipuy consiste em uma extensa seqüência vulcânica e vulcanoclástica depositada ao longo da Cordilheira Ocidental dos Andes, região noroeste do Peru. Seus produtos correspondem a fluxos piroclásticos, lavas e lahares que foram emitidos por centros vulcânicos e caldeiras, atualmente em processo de erosão. É de suma importância o estudo geocronológico mais aprofundado nessa região que possui, associados à atividade vulcânica, importantes depósitos minerais formados nos estados finais da evolução dos vulcões.

Para o estudo efetuado na área, foram realizadas datações pelo método K-Ar em rocha total, minerais separados e matriz de 17 amostras; além de análises isotópicas de Sr e Nd de 8 amostras para determinar a possível procedência dos magmas, mediante a utilização dos indicadores petrogenéticos Sr inicial e ϵ_{Nd} para construção de diagramas Sr/Nd.

Conforme resultado das datações efetuadas na área, este vulcanismo ocorreu entre 14 – 35 Ma (durante Eoceno – Mioceno). A erupção desses magmas dando origem a rochas extrusivas e intrusivas cogenéticas, está ligada a vários processos que ocorreram na Cordilheira dos Andes, durante o Mioceno, período no qual o processo de subducção da placa de Nazca gerou a fusão parcial da cunha do manto. Os resultados de Sr e Nd obtidos permitem confirmar a origem mantélica do material na gênese dos magmas do vulcanismo Calipuy.

ABSTRACT

The Calipuy Group consists of an extensive volcanic and vulcanoclastic sequence deposited along the Occidental Andes Cordillera, in the northwest of Peru. Its products correspond to pyroclastic flows, lava and lahars that volcanic centers and boilers had been emitted by, currently in erosion process. The deepening geochronological study, is of utmost importance, in this region that had, associates the volcanic activity, important mineral deposits, the majority of these deposits seems to have been formed in the final states of the evolution of volcanos.

For the study effected in the area, datings for the method K-Ar had being accomplished in total rock, separate minerals and matrix of 17 samples; also isotopical analyses of Sr and Nd for 8 samples looking for determine the possible origin of magmas, by means of the use of the petrogenetical pointers initial Sr and ϵ_{Nd} for construction of Sr/Nd diagrams.

In accordance with the gotten results, the volcanic sequences of the Calipuy Group in the studied area, had been deposited between 14 - 35 Me, during the Eocene – Miocene period. The possibility of mantelical origin in the generation of magmas of the Calipuy vulcanism can be confirmed, this origin is connected on the processes of subduction of the plate of Nazca, that it generated the partial melting of the wedge of the mantle, producing the andesitic magmas of the Calipuy Group.

RESUMEN

El Grupo Calipuy consiste de una extensa secuencia volcánica y volcanoclastica emplazada a lo largo de la Cordillera Occidental de los Andes, zona noroeste de Perú. Sus productos fueron emitidos desde centros volcánicos y calderas, actualmente en proceso de erosión. Es necesario realizar dataciones radiométricas en el sector, puesto que asociados a la actividad volcánica se emplazaron importantes depósitos de minerales, la mayoría de estos yacimientos parecen haberse formado en los estadios finales de la evolución de los volcanes.

Para el estudio efectuado en el área, fueron realizadas dataciones K-Ar en roca total, minerales segregados y matriz de 17 muestras y estudios isotópicos de Sr y Nd de 8 muestras para determinar la posible fuente de los magmas, mediante utilización de indicadores petrogenéticos Sr_i y ϵ_{Nd} para construcción de diagramas Sr/Nd.

Conforme las dataciones efectuadas en el área, las secuencias volcánicas del Grupo Calipuy, se emplazaron entre 14 – 35 Ma (durante el Eoceno – Mioceno). La erupción de los magmas, originando las rocas extrusivas e intrusivas asociadas, está encendido a varios procesos que habían ocurrido en la Cordillera de los Andes, durante el mioceno, el período en el cual el proceso de subducción de la placa de Nazca generó la fusión parcial de la cuña del manto. Los resultados de Sr y del Nd obtenidos permiten confirmar el origen mantélico del material en la génesis de magmas del vulcanismo Calipuy.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
CITAÇÃO	ii
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
RESUMEN	vii
SUMÁRIO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	02
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	02
4. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	04
4.1. TRABALHOS ANTERIORES	04
4.2. GEOLOGIA REGIONAL	05
4.2.1. SEQÜÊNCIAS PRÉ-GRUPO CALIPUY	07
4.2.1.1. Formação Chicama	07
4.2.1.2. Grupo Casma	07
4.2.1.3. Formação Huaylas	08
4.2.1.4. Formação Tablachaca	08
4.2.2. CENTROS VULCÂNICOS DO GRUPO CALIPUY	09
4.2.2.1. Calipuy Indiviso	09
4.2.2.2. Vulcão San Pedro	09
4.2.2.3. Vulcão Totora	10
4.2.2.4. Vulcão Quiruvilca	10
4.2.2.5. Vulcão Cururupa	11
4.2.2.6. Complexo Vulcânico Uromalqui – Quinga (Julcán)	11
4.2.2.7. Centros Vulcânicos Urpillao – Rusos	12
4.2.2.8. Vulcão Alto Dorado	12
4.2.2.9. Vulcão Quesquenda	12
4.2.3. CALDEIRAS	13
4.2.3.1. Caldeira Carabamba	13
4.2.3.2. Caldeira Salpo	13

4.2.3.3. <i>Caldeira Calamarca</i>	14
4.2.4. <i>BATOLITO DE LA COSTA</i>	14
4.2.5. <i>STOCKS</i>	15
4.2.6. <i>DOMOS</i>	16
5. METODOLOGIA	17
5.1. GEOCRONOLOGIA	18
5.1.1. <i>MÉTODO K-Ar</i>	18
5.1.2. <i>MÉTODO Ar-Ar</i>	18
5.1.3. <i>MÉTODO Rb-Sr</i>	19
5.1.4. <i>MÉTODO Sm-Nd</i>	19
6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	20
7. RESULTADOS OBTIDOS E INTERPRETAÇÕES PRELIMINARES	23
7.1. ESTUDO PETROGRÁFICO	23
7.2. GEOCRONOLOGIA	24
7.2.1. ANÁLISES K-Ar	24
7.2.1.1. <i>Uromalqui – Quinga (Jalcán)</i>	26
7.2.1.2. <i>Quiruvilca</i>	26
7.2.1.3. <i>Quesquenda</i>	27
7.2.1.4. <i>Totora</i>	27
7.2.1.5. <i>Cururupa</i>	27
7.2.2. ANÁLISES ISOTÓPICAS DE ESTRÔNCIO E NEODÍMIO	29
8. CONCLUSÕES	32
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
10. ANEXOS	26

ANEXO I – PRANCHA DE FOTOS

ANEXO II – TABELA DE RELAÇÃO DE AMOSTRAS

ANEXO III – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

ANEXO IV – PROCEDIMENTO ANALÍTICO: K

ANEXO V – PROCEDIMENTO ANALÍTICO: Rb-Sr

ANEXO VI – PROCEDIMENTO ANALÍTICO: Sm-Nd

ANEXO VII – ESTUDO PETROGRÁFICO SUCINTO DAS AMOSTRAS PARA DATAÇÃO

ANEXO VIII – FOTOMICROGRAFIAS

ANEXO IX – RESULTADOS K – Ar

ANEXO X – RESULTADOS Rb – Sr

ANEXO XI – RESULTADOS Sm – Nd

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA_____	03
FIGURA 2 – MAPA GEOLÓGICO_____	06
FIGURA 3 – MAPA IDADES K-Ar/Ar-Ar E LOCALIZAÇÃO DE AMOSTRAS Sm-Nd_____	28
FIGURA 4 – GRÁFICO ϵNd x $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ _____	29
FIGURA 5 – GRÁFICO ϵNd x Sr/Sr COM ARRANJO MANTÉLICO _____	30
FIGURA 6 – MAPA DE RAZÕES INICIAIS DE $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ _____	31

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES_____	21
TABELA 2 – DATAÇÕES RADIOMÉTRICAS Ar/Ar SERNAGEOMIN_____	26

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da Cordilheira Ocidental, nos departamentos de La Libertad e Ancash, afloram um conjunto de centros vulcânicos, caldeiras, domos e seqüências de fluxos piroclásticos, fluxos de lavas, lahares, pertencentes ao Grupo Calipuy, depositado entre 53 e 14,6 Ma (Eoceno-Mioceno). Essa extensa seqüência vulcânica e vulcanoclástica também aflora mais ao norte, centro e sul do Peru. Estes produtos foram emitidos por centros vulcânicos e caldeiras, atualmente em processo de erosão. As seqüências foram geradas durante uma intensa e intermitente atividade efusiva, explosiva e extrusiva. Na região, se distingue também um conjunto de corpos subvulcânicos andesíticos e dacíticos de dimensões reduzidas que afloram isoladamente. Estes corpos intrudiram seqüências vulcânicas, e podem corresponder a condutos ou chaminés de antigos centros vulcânicos.

O Grupo Calipuy foi caracterizado principalmente por um vulcanismo subaéreo cujos produtos foram emitidos à partir de estratovulcões. Os diversos centros vulcânicos que formam parte do Grupo Calipuy, em geral, tiveram uma fase evolutiva que teve início com atividades efusivas, onde se depositaram variados fluxos de lavas intercalados com alguns níveis de fluxos piroclásticos e lahares, e uma fase final explosiva caracterizada pelas emissões de importantes volumes de fluxos piroclásticos e lahares. Associados a atividade vulcânica, se depositaram importantes depósitos de minerais, entre eles, jazimentos auríferos e polimetálicos. A maioria destes jazimentos parece haver se formado nos estados finais da evolução dos vulcões.

Essa monografia de conclusão de curso propõe através de dados geocronológicos, caracterizar alguns desses principais centros vulcânicos, a fim de se obter informações adicionais para a compreensão da sucessão dos eventos e procedência dos magmas.

2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

Este trabalho faz parte do convênio de cooperação firmado entre o Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico de Peru (INGEMMET) e o Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) com o objetivo de promover o intercâmbio de conhecimentos e capacidades científicas e tecnológicas, realização de trabalhos científicos conjuntos, principalmente no campo da Geocronologia e Geologia Isotópica.

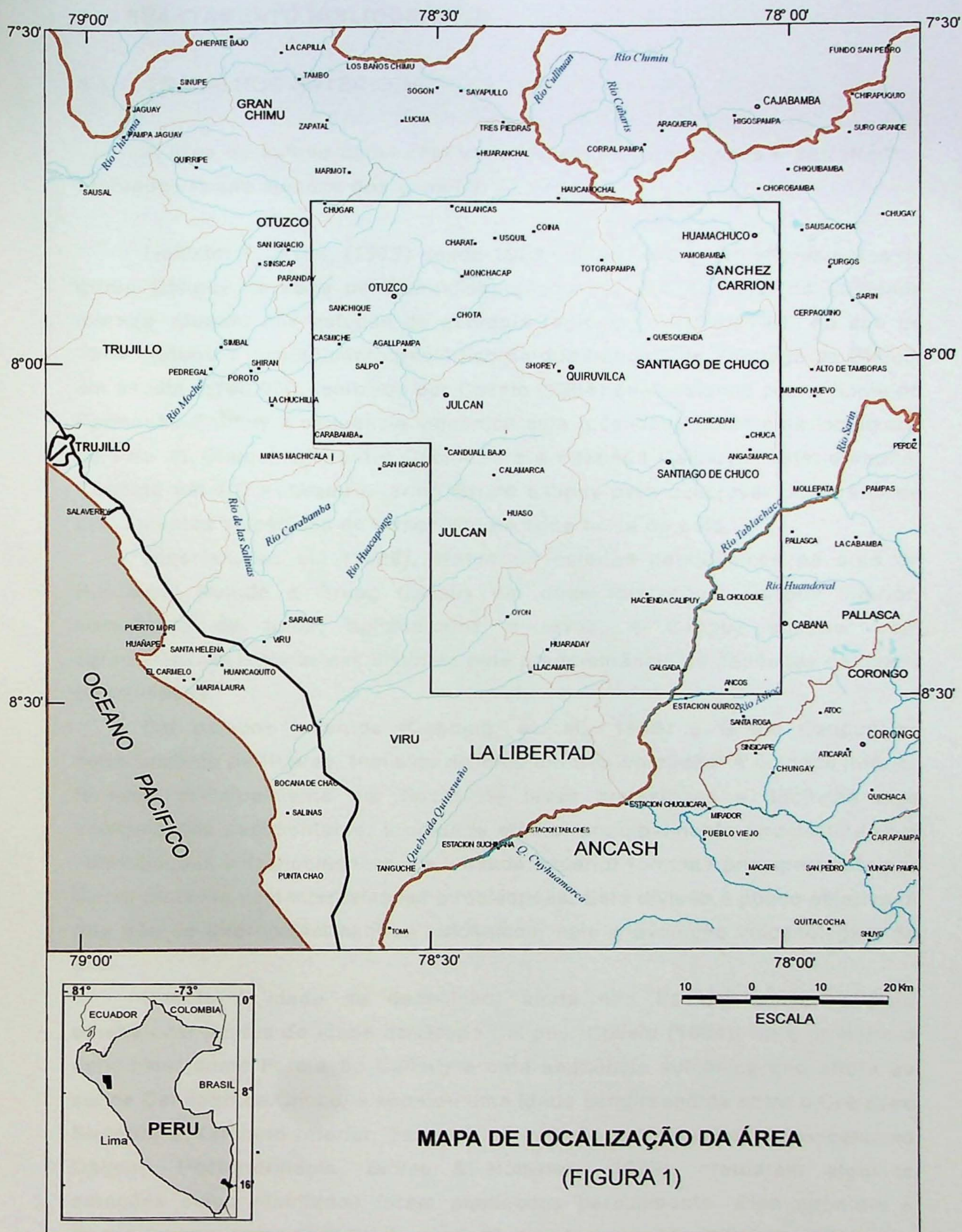
Dados geocronológicos na região são muito escassos. Até o presente praticamente não há estudos geocronológicos, tendo algumas datações efetuadas dentro do Grupo Calipuy realizadas por Gauthier, A., Dias, N., Quirita, V. (1999) e Dill, H., Bosse, R., Henning, H., Fricke, A., Ahrendt, H. (1997). Sendo, portanto, necessário o estudo geocronológico mais aprofundado nessa região, que possui ainda recursos econômicos de grande importância, como exploração mineral de ouro e prata.

O presente projeto tem por finalidade determinar idades radiométricas dos depósitos e inferir a sucessão estratigráfica dos eventos, assim como a evolução dos sistemas vulcânicos, através de datações radiométricas pelo método K-Ar. Espera-se ainda determinar a possível procedência dos magmas dos diversos centros vulcânicos pertencentes ao Grupo Calipuy mediante utilização dos indicadores Sr inicial e ϵ_{Nd} e construção de diagramas Sr/Nd.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está situada no norte do Peru (Figura 1), corresponde a uma área de aproximadamente 8000 km² e abrange os departamentos de Ancash (províncias de Santa, Corongo, Pallasca), Cajamarca (provincia de Contumaza) e La Libertad (provincias de Sanchez Carrion, Gran Chimú, Otuzco, Julcan, Santiago de Chuco). Possui uma altitude que varia entre 1100 (Vale/Caniong do Rio Tablachaca) e 4730 metros de altitude (Setor Huacamarcanga, Santiago de Chuco).

Geograficamente se encontra dentro da Cordilheira Ocidental dos Andes, no norte do Peru. Área compreendida entre as latitudes 7°45' a 9°00' sul, e as longitudes 78°00' a 78°45' oeste.



4. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

4.1. TRABALHOS ANTERIORES

A área de estudo conta com variados estudos geológicos e petrológicos efetuados desde meados dos anos 50.

Hollister Y Sirvas, (1978) desde 1953 vinham estudando afloramentos do grupo Calipuy na zona de Quiruvilca, desde o ponto de vista da atividade mineira. Quanto aos estudos de geologia regional, o INGEMMET, no ano de 1964 efetuou o levantamento geológico do quadrângulo de Santiago de Chuco, em escala 1:100.000, realizado por Cossio (1964) que designou com o nome de Formação Calipuy a sequência vulcânica cuja localidade típica está localizada no vale de Chuquicara, entre Choloque e a Fazenda Calipuy. Posteriormente, Cobbing em 1973 utilizou o termo Grupo calipuy para descrever uma série de afloramentos vulcânicos do Cenozóico na zona norte do país.

Atherton, et. al., (1985), efetuaram estudos geoquímicos na área de Huarmey, dividindo o Grupo Calipuy em duas formações: Calipuy inferior, constituído de tufos, aglomerados e lavas, e Calipuy superior com características mais ácidas distintas pela predominância de depósitos de fluxos piroclásticos.

Em estudos recentes (Cobbing, et. al., 1996) o Grupo Calipuy no departamento de Huaraz, tem sido dividido em três unidades: A unidade inferior formada principalmente por fluxos de lavas andesíticas a dacíticas com intercalações sedimentares; a unidade media, principalmente piroclástica com intercalações vulcanoclásticas e a unidade superior formada principalmente por fluxos de lavas com intercalações piroclásticas. Esta divisão é pouco objetiva já que não se diferenciam centros vulcânicos, nem a evolução vulcanológica da área.

Quanto à idade de deposição, ainda não há um consenso para estabelecer limites de idade do Grupo Calipuy. Cossio (1964), foi o primeiro a denominar como Formação Calipuy a uma sequência vulcânica que aflora ao sul de Santiago de Chuco, e apontou uma idade compreendida entre o Cretáceo Superior e Terciário Inferior, baseado na posição estratigráfica do vulcanismo Calipuy. Posteriormente, Sirvas & Hollister, (1979), efetuaram algumas datações cujos resultados foram publicados parcialmente. Eles apontam o Grupo Calipuy como depositado entre 10 e 33 Ma, durante Oligoceno-Mioceno.

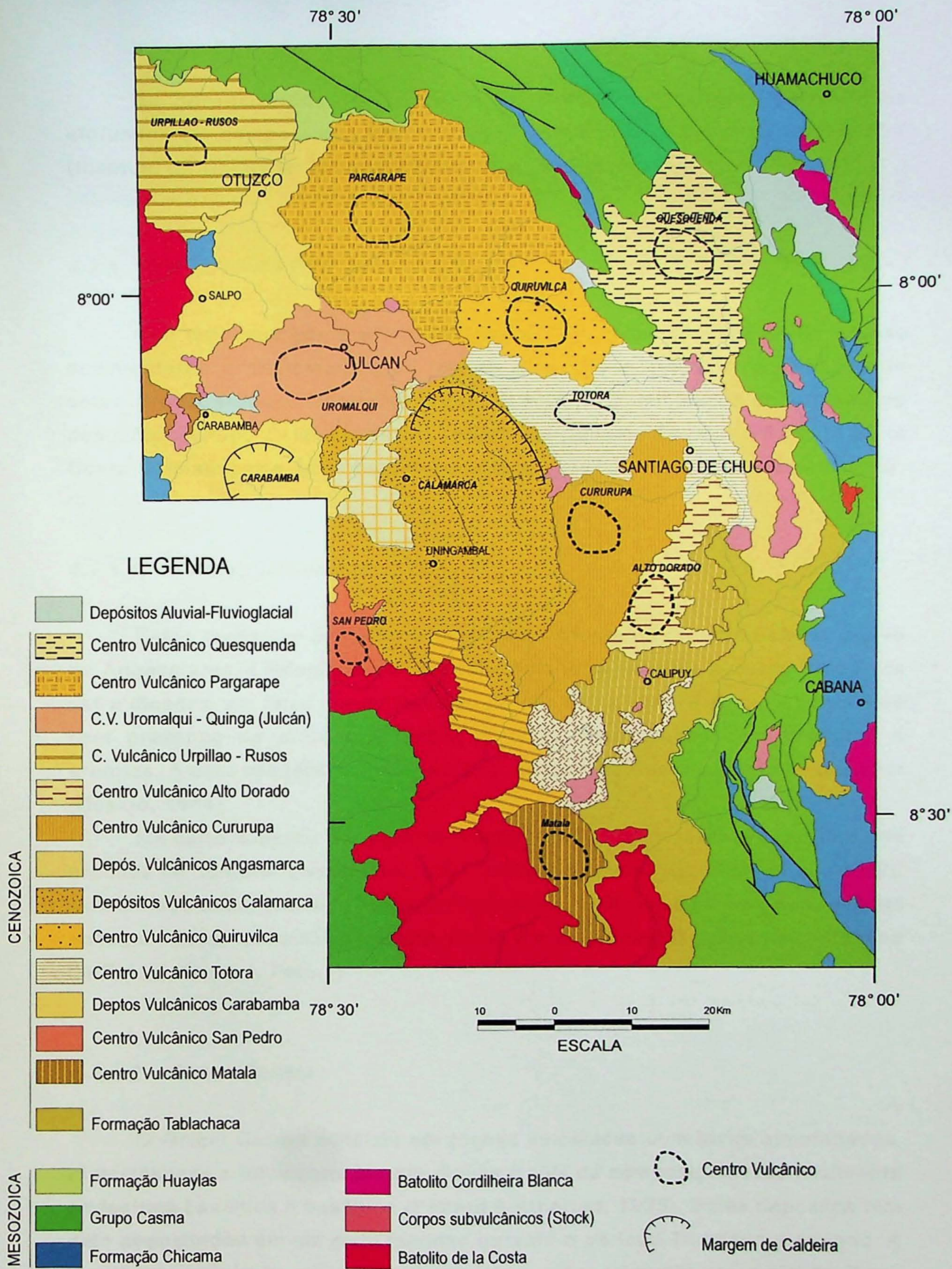
Cobbing et al., (1981), com base em datações K-Ar efetuadas na zona de Tapacocha (Huaraz), admitem que o Grupo Calipuy se depositou entre 53,9 e 14,6 Ma. (Eoceno-Mioceno). Pôr sua vez, Soler, (1987), baseado em estudos efetuados na área por diferentes autores, afirma que o vulcanismo Calipuy se formou entre 42 e 11 Ma. (Eoceno-Mioceno).

Algumas datações efetuadas na área de estudo por Farrar e Noble, (1976) de uma lava da parte superior do Grupo Calipuy, dão idade de 18.2 ± 1.2 Ma e 17.7 ± 0.6 Ma. Além disso, uma datação Ar-Ar obtida de uma lava dacítica exposta na base da Mina Pierina (Huaraz) aponta uma idade de aproximadamente 22 Ma. (Noble et al., 1999).

4.2. GEOLOGIA REGIONAL

O Grupo Calipuy consiste numa profunda e extensa seqüência vulcânica e vulcanoclástica depositada ao longo da Cordilheira Ocidental dos Andes, no norte, centro e sul do Peru, entre 14,6 – 53 Ma, período Eoceno-Mioceno, (Wilson, 1975; Farrar & Noble, 1976). Durante esse período, ocorreram numerosos episódios efusivos e explosivos que contribuíram com a deposição de fluxos de lava e depósitos piroclásticos que mostram características variadas, e com a conseqüente edificação de centros vulcânicos. Essas deposições ocorreram durante um lapso de tempo longo, cujas erupções eram relativamente curtas, possivelmente duravam semanas, meses ou até anos, isto baseado nas características do vulcanismo atual existente no sul do Peru e outras partes do continente sul-americano.

Na área de estudo são reconhecidos os seguintes centros vulcânicos: Alto Dorado, Quesquenda, Quiruvilca, Urpillao-Rusos, Uromalqui-Quinga, Salpo, Cururupa, Totorá, San Pedro. Assim como as caldeiras: Calamarca, Salpo, Carabamba, além do embasamento formado pelas seqüências pré-Calipuy e pelo Batolito de la Costa, conforme mapa geológico preliminar em preparo, Figura 2. (extraído e modificado de INGEMMET, 2004).



MAPA GEOLÓGICO
(FIGURA 2)

(Modificado de INGEMMET, 2004)

As descrições das unidades foram realizadas conforme observações efetuadas em campo e segundo relatórios internos de projetos do INGEMMET (Instituto de Geologia, Minería y Metalurgia del Peru).

4.2.1. SEQUÊNCIAS PRÉ-GRUPO CALIPUY

São definidas como pré-grupo Calipuy todas as seqüências de rochas sedimentares e afloramentos de rochas ígneas que formam o embasamento sobre o qual se depositaram os produtos e centros vulcânicos do vulcanismo cenozóico (Grupo Calipuy). Essas seqüências juntamente com o Batolito de la Costa, formam parte do embasamento das rochas vulcânicas do Grupo Calipuy.

4.2.1.1. Formação Chicama

Estas rochas se encontram localizadas à leste da área de estudo, região de Angamarca. Litologicamente, consiste em uma espessa camada de pelitos estratificados em finas capas foliadas de cor cinza escura a negra, às vezes com presença de pirita diagenética e chert, intercaladas com limonitas e arenitos. A esta seqüência se atribui uma idade Titoniana do Jurássico Superior (Cossio, 1964).

Na parte superior é freqüente a ocorrência de mineralização aurífera nas brechas de contato, conhecidas como Formação Chimu (Gaultier, et al., 1999). Nos últimos anos, têm sido reconhecidos vários jazimentos de ouro hospedados nessa unidade, tais como La Arena, Santa Rosa (Comarsa) e Chicama (Prancha de Fotos, Anexo I, Foto 1).

4.2.1.2. Grupo Casma

O Grupo Casma consiste em rochas vulcânicas com lavas almofadadas, hialoclásticas e tufos cortados por diques e sills de composição essencialmente andesítica basáltica e basáltica (Petford & Atherton, 1995). Estes depósitos têm sido depositados em um meio marinho durante o período Titoniano e Albiano. A seqüência vulcânica do Grupo Casma tem sido estimada em mais de 9 mil metros de espessura (Bussel, 1975).

Os afloramentos do Grupo Casma ocorrem na região oeste da área de estudo. Distinguem-se seqüências de lavas andesíticas intercaladas com fluxos piroclásticos bastante alterados (Anexo I, Foto 2). As lavas apresentam estruturas típicas de ambiente marinho como lavas almofadadas, estas lavas são cortadas por rochas subvulcânicas riodacíticas, diques e sills de composição andesítica (INGEMMET, 2004).

4.2.1.3. *Formação Huaylas*

A Formação Huaylas corresponde a sedimentos silico-clásticos de origem continental, gerados no Cretáceo Superior durante um intenso processo de erosão que afetou a Cordilheira dos Andes. As seqüências afloram a norte (Otuzco), sudeste (rio Tablachaca) e sul (Macate) da área de estudo.

Na região de Otuzco, se distingue uma seqüência de limonitas, arenitos e conglomerados de aproximadamente 80m de espessura, sobre esses sedimentos ocorrem fluxos piroclásticos do Grupo Calipuy. Na região do rio Tablachaca ocorrem níveis de conglomerados que contém fragmentos de arenitos e quartzitos arredondados, medindo aproximadamente 300m de espessura, ocorrendo sobre seqüências sedimentares do Mesozóico (Anexo I, Foto 3). Na região de Macate se encontra uma espessa seqüência de conglomerados com blocos de até 30cm de diâmetro de arenitos e quartzitos (INGEMMET, 2004).

4.2.1.4. *Formação Tablachaca*

Nas margens do rio Tablachaca, afloram uma série vulcano-sedimentar constituída de fluxos piroclásticos e lavas andesíticas, intercalada na parte média com níveis de arenitos, limonitas, pelitos e calcários de coloração cinza e bege, finamente laminada (Anexo I, Foto 4). No total, a seqüência mede mais de 800 m de espessura, e foi designada por Cossio, (1964), como parte da Formação Calipuy. Toda seqüência, em alguns setores, é cortada por diques e sills dacíticos e andesíticos. A seqüência apresenta dobras originadas possivelmente durante a fase incaica (Anexo I, foto 5).

Na base da seqüência se distinguem fluxos piroclásticos e depósitos vulcanoclásticos que se sobrepõem aos conglomerados da Formação Huaylas

(Anexo I, Foto 6). Sobre os fluxos piroclásticos ocorrem fluxos de lavas de composição andesítica, bastante afaníticas. Acima das lavas, encontram-se fluxos piroclásticos (fluxos de pomes e cinzas, fluxos de cinzas), depósitos vulcanoclásticos e níveis sedimentares.

A inclusão desta seqüência ao Grupo Calipuy vem sendo objeto de estudo, visto que pelo tipo de depósito não corresponde a um vulcanismo subaéreo como os do vulcanismo Calipuy, além disso, a formação Tablachaca se encontra dobrada e intrudida pelo Batolito de la Costa, (INGEMMET, 2004).

4.2.2. CENTROS VULCÂNICOS DO GRUPO CALIPUY

4.2.2.1. *Calipuy Indiviso*

No setor de La Hacienda Calipuy (Pampa Munchugo, Pampa Guanacón; no quadrângulo de Santiago de Chuco,) se distingue uma seqüência de fluxos piroclásticos subhorizontais, que em certos setores mostram um ligeiro basculamento. Estes depósitos bastante intemperizados parecem provir de um possível centro vulcânico completamente erodido localizado a oeste de Pampa Munchugo, e correspondem as fases iniciais do vulcanismo Calipuy, (Cossio, 1964).

4.2.2.2. *Vulcão San Pedro*

Centro vulcânico em estado avançado de erosão, localizado no setor Leste do quadrângulo de Salaverry (78°30' W, 8°20' S, entre 2400 e 2800 msnm), Cossio & Jaén, (1967). Sua base está constituída principalmente por fluxos e derrames de lavas andesíticas que contém fenocristais de plagioclásio, anfíbólio e óxidos. Estes fluxos de lavas são de cor cinza e medem entre 30 e 40 metros de espessura.

Na parte media, se distinguem seqüências de fluxos piroclásticos, entre eles: fluxos de cinzas, fluxo de pomes e cinzas e fluxos de blocos e cinzas. Os primeiros ocorrem na zona de San Pedro, enquanto que os últimos são visíveis na margem esquerda do rio La Vega.

Os fluxos de blocos e cinzas possuem blocos juvenis de até 8 cm de diâmetro. Estes blocos são angulosos e estão constituídos de fenocristais de

plagioclásio, anfibólio e óxidos. Os fluxos são de cor cinza, dispostos em níveis massivos de 4 a 20m. Em total, esta seqüência mede mais de 120m de espessura.

A parte superior da estrutura está constituída de fluxos de lavas andesíticas. Estas lavas contêm fenocristais de plagioclásio, anfibólio e óxidos. Os fluxos são bastante afaníticos e de cor cinzenta. Cada fluxo mede até 40 m de espessura (INGEMMET, 2004).

4.2.2.3. *Vulcão Totorá*

O Centro vulcânico Totorá corresponde a um complexo vulcânico parcialmente erodido que está localizado nas regiões das proximidades de Santiago de Chuco (78°15'W, 8°07', entre 3.000 e 4.150msnm).

Trata-se de um vulcão erodido constituído basicamente por seqüências de lavas andesíticas na região proximal, com rochas bastante alteradas e cloritizadas. E na região mais distal, presença de fluxos piroclásticos, entre eles, fluxos de pomes e cinzas e fluxos de blocos e cinzas com presença de grandes cristais de anfibólio subcentimétricos.

4.2.2.4. *Vulcão Quiruvilca*

Centro vulcânico localizado em imediações do povoado de Quiruvilca (78°18' W, 8°00' S, entre 3.800 e 4.115 msnm). É um vulcão poligenético erodido constituído por lavas bastante alteradas e hidrotermalizadas, como ocorrência de prata na Mina Quiruvilca (Anexo I, foto 7). O centro da estrutura apresenta lavas com alteração argílica e propilítica, que são cortados por veios e diques. As lavas que contornam o centro vulcânico são principalmente andesitos e andesitos basálticos. (INGEMMET, 2004).

Fluxo de lavas andesíticas mais recentes jazem no extremo sudoeste do vulcão. Estes fluxos medem entre 8 e 20 m de espessura, e estão em posição subhorizontal, mostram uma ligeira direção de fluxo até sudoeste.

4.2.2.5. *Vulcão Cururupa*

O vulcão Cururupa está localizado a 13 Km de Santiago de Chuco (78°16' W, 8°13'S, entre 4.000 e 4.356 msnm). E sua base possui fluxo de lavas e no topo depósitos de fluxo de blocos e cinzas, rochas piroclásticas, brechas e lahares, (Cossio, 1964).

Ao sul de Santiago de Chuco aflora uma sequência de depósitos de fluxos piroclásticos (fluxo de cinzas e fluxo de blocos e cinzas) e lahares (Anexo I, Foto 8), que no total medem mais de 100 m de espessura provenientes do vulcão Cururupa (INGEMMET, 2004). Nesta parte, à base, ocorrem várias capas de cinzas finas de cor avermelhada que medem de 2 a 20 cm de espessura, e no total medem 12 m de espessura. Sobre estes fluxos ocorrem depósitos de lahares e fluxos piroclásticos em níveis de 0,3 a 1,5 m de espessura.

4.2.2.6. *Complexo Vulcânico Uromalqui – Quinga (Julcán)*

Corresponde a um complexo vulcânico parcialmente erodido, localizado a oeste do povoado de Julcán (quadrângulo de Salaverry e Santiago de Chuco), nas coordenadas 78°32' W, 8° 04' S, entre 3.550 e 4.130 msnm). Este complexo vulcânico está constituído de ao menos três estrato-cones alinhados de SE-NO, intrudido em sua fase final por um corpo subvulcânico andesítico no Cerro Quinga, extremo noroeste (Cossio, 1964 e 1967).

Os cones vulcânicos estão constituídos por fluxos de lavas andesíticas e andesitos basálticos que medem entre 6 e 18m de espessura. No total medem aproximadamente 240 m de espessura. Estas lavas foram fluidas e mostram mergulhos suaves. As lavas apresentam fenocristais de plagioclásio, piroxênio (clino e orto-piroxênio), e óxido.

Nesta parte dos quadrângulos de Salaverry e Santiago de Chuco, o vulcanismo sucedido foi essencialmente lávico e bastante fluído. As lavas percorreram distâncias menores de 10 km em relação a seus centros de emissão.

4.2.2.7. *Centros vulcânicos Urpillao – Rusos*

No quadrângulo de Otuzco se distingue o estrato-vulcão Urpillao – Rusos (78°39', 7°50', entre 3.600 e 4.302 msnm), que apresenta domos andesíticos associados. Este vulcão em sua primeira etapa de formação gerou uma extensa camada de fluxos de lavas de aproximadamente 450m de espessura que se situam ao norte da cidade de Otuzco, sobre o qual ocorrem depósitos de blocos e cinzas, fluxo de cinzas e lahares.

Os fluxos de blocos e cinzas, um dos produtos mais recentes medem entre 6 e 10m de espessura. Estes fluxos apresentam blocos juvenis andesíticos e dacíticos subangulosos de até 10cm de diâmetro. Na matriz se distinguem minerais de anfibólio, plagioclásio, óxidos. Esta seqüência é cortada por diques andesíticos de até 10m de largura.

4.2.2.8. *Vulcão Alto Dorado*

Estratovulcão localizado 17 Km da cidade de Santiago de Chuco (78°15' W, 8°17' S, entre 3.8000 e 4.365 msnm). A base está constituída de fluxos e derrames de lavas, enquanto que o topo apresenta depósitos piroclásticos e vulcanoclásticos (Anexo I, Foto 9). As lavas são de composição andesítica e apresentam fenocristais de plagioclásio, anfibólio e óxidos de Fe-Ti. As lavas do setor oeste estão intrudidas por um corpo subvulcânico andesítico. Na parte central e leste da estrutura vulcânica se distingue uma zona de alteração sílico-argílica.

A atividade mais recente está marcada pela deposição de fluxos de blocos e cinzas que ocorrem ao sul (Hacienda Calipuy) e sudeste do vulcão (INGEMMET, 2004). Estes depósitos de fluxos estão intercalados com níveis de lahares. Cada fluxo mede entre 2 e 14m de espessura. Os fluxos são de cores cinza claro e branco esverdeado de composição andesítica.

4.2.2.9. *Vulcão Quesquenda*

Vulcão poligenético com domos associados, parcialmente erodidos, localizado a leste do povoado de Quiruvilca (78°12' W, 7° 59' S, entre 4.000 e

4.200 msnm). A parte central é constituída por fluxos de lavas andesíticas que mostram estruturas do tipo *flow banding*. (INGEMMET, 2004).

Em seus arredores, afloram depósitos de fluxos de blocos e cinzas, fluxos de cinzas, rochas piroclásticas e lahares. Sendo os fluxos de blocos e cinzas um dos depósitos mais recentes. Estes fluxos de blocos sugerem que uma das últimas atividades eruptivas que apresentou o vulcão Quesquenda se caracterizou pelo crescimento e destruição de domos dacíticos e andesíticos. Na parte leste do centro vulcânico se distingue uma zona de alteração sílico-argílica que afeta principalmente os fluxos piroclásticos.

4.2.3. CALDEIRAS

4.2.3.1. Caldeira Carabamba

Corresponde a uma das caldeiras mais antigas e erodidas distinguidas dentro da área de estudo, localizada a sudeste do povoado de Carabamba, imediações de San Ignacio e Cerro Mollepuquio. Na região de Cerro Mollepuquio e a confluência das Quebradas Motilón e Cortadera se diferenciam mega-blocos de sedimentos pelíticos da Formação Chicama, arenitos (Fm Chimu), lavas andesíticas, tufos dacíticos, dentro de uma matriz de produtos vulcanoclásticos. Esta zona corresponde à zona proximal da caldeira.

Enquanto que seus produtos em zonas distais (setor de Cuyquin, ao sul e sudeste de Carabamba) correspondem a fluxos de cinza de composição riolítica, dispostas em capas massivas de 4 a mais de 20 m de espessura. No total, medem aproximadamente 300 m de espessura. Esses fluxos contêm grossos fenocristais de quartzo, plagioclásio, biotita, anfibólio e óxidos. O quartzo está presente entre 50 e 60%. Distinguem-se pouco conteúdo de fragmentos líticos. Os depósitos de fluxo formam superfícies de colinas de baixa elevação (60 a 180m de altura).

4.2.3.2. Caldeira Salpo

Em ambas margens do rio Moche, afloram seqüências de ignimbritos, riolitos com quartzo hialino, plagioclásio, óxidos e fragmentos líticos

centimétricos. Estes fluxos estão dispostos em capas de 6-20m de espessura, no total medem 220 m.

Estes ignimbritos ocorrem abaixo de depósitos de blocos e cinzas do vulcão Urpillao (Otuzco) e se sobrepõem aos fluxos piroclásticos riolíticos da caldeira Carabamba. Segundo a disposição e aumento de espessura do depósito, sugere-se que estes podem provir provavelmente de uma antiga caldeira localizada ao sul ou sudoeste de Salpo. Estes fluxos piroclásticos se prolongam até a zona de Otuzco, em ambas margens do rio Huangamarca, onde medem aproximadamente 80 m de espessura.

4.2.3.3. *Caldeira Calamarca*

Nos setores de Los Toritos, Calamarca, Huaso, Unigambal (Quadrângulo de Santiago de Chuco), se tem reconhecido uma espessa seqüência de fluxos piroclásticos (fluxos de pomes e cinzas e fluxo de cinzas) que possuem uma espessura média de 300 m, e que cobrem uma área aproximada de 18 x 16 Km. (Cossio, 1964). Estes fluxos ocorrem em forma subhorizontal provém do setor leste (Los Toritos). A deposição desses fluxos estaria ligada a formação de uma caldeira de colapso que posteriormente foi erodida e coberta parcialmente por fluxos piroclásticos. As bordas da caldeira constituem seqüências de fluxos de lavas que ocorrem nas partes altas.

No setor de Acapalta, se distinguem fluxos piroclásticos, fluxos de lavas, rochas vulcanoclásticas (níveis de cinzas e arenitos), sedimentos lacustres e fluxos piroclásticos. Estes últimos que mais predominam. As lavas são andesíticas basálticas bastante afaníticas e medem de 6 a 8 m de espessura. Dentro dos sedimentos s encontram níveis de cherts ligados a presença de mananciais hidrotermais. Ao topo se distinguem espessos níveis de fluxos piroclásticos dacíticos com quartzo, biotita, plagioclásio , com fragmentos de pomes e líticos lávicos. No total, a seqüência mede mais de 100 m de espessura, prolongando mais de 8 km ao sul.

4.2.4. *BATOLITO DE LA COSTA*

As rochas intrusivas do Batolito de la Costa afloram no setor oeste da área de estudo e formam parte do embasamento do vulcanismo cenozóico

(Anexo I, Foto 10). As rochas vulcânicas do Grupo Calipuy ocorrem sobre uma superfície de erosão do Batolito de la Costa.

As rochas intrusivas do Batolito correspondem a tonalitos, sienogranitos e granodioritos situados entre 101 e 37 Ma. (Pitcher, 1985). A saber durante o período Cretáceo Superior - Paleógeno. Estas rochas intrudem seqüências sedimentares do Jurássico e Cretáceo. Os magmas do Batolito de la Costa originaram provavelmente do manto (Atherton & Sanderson, 1985).

Em diversos setores, entre o contato do vulcanismo Calipuy e o Batolito de la Costa se distinguem rochas hipoabissais, como por exemplo: no curso médio do rio Onyon (Quadrângulo de Santiago de Chuco) de onde se distingue um microdiorito com plagioclásio, anfibólio e óxidos. Estas estruturas parecem corresponder a um dos últimos pulsos do Batolito de la Costa (INGEMMET, 2004).

4.2.5. STOCKS

Em diversos setores da área de estudo afloram corpos subvulcânicos de natureza andesítica e dacítica (Anexo I, Foto 11). As dimensões dos corpos são variáveis, encontrando-se corpos que medem desde 100 m até 5 Km de diâmetro. Os quais por correlação com intrusivas datados em Algamarca e Quiruvilca (15 Ma), Pasto Bueno (9-13 Ma) se estabelecem também como pertencentes ao mesmo episódio de Magmatismo Neógeno (Mioceno). Os corpos subvulcânicos intrudem as rochas sedimentares do Mesozóico (Fms Chicama e Chimu) e rochas vulcânicas do Grupo Calipuy. (INGEMMET, 2004).

Os corpos subvulcânicos são de textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio, anfibólio, óxidos e às vezes biotita, quartzo. Ressalta-se a presença de fenocristais de biotita e anfibólio que medem até 1 cm de diâmetro. No setor leste do Quadrângulo de Santiago de Chuco, nos setores de Pasachique, Paballoca, Carhuachique e Icchal, se distinguem corpos subvulcânicos (stocks) e domos que seguem uma orientação NO-SE.

Na zona de Angamarca se distingue um corpo que mede aproximadamente 4 Km de longitude, cuja parte central apresenta alteração argílica. A parte alta do corpo subvulcânico se encontra bastante silicificado. Assim mesmo, em seus extremos se distinguem brechas e estruturas de bandamento, produto de ascensão e deposição do magma.

Ao norte da Hacienda Calipuy se observam rochas subvulcânicas (stocks Camish e Pertillas) com fenocristais de anfibólio e plagioclásio. Este corpo intrude e arranca parte dos ignimbritos soldados que ocorrem nesta zona. Na Quebrada Cayhuamarca (quadrângulo de Santa Rosa) se distingue um afloramento de rocha subvulcânica de aproximadamente 6 Km de longitude (Cossio, 1964). Corresponde a um stock de composição andesítica, que consta de fenocristais de plagioclásio, anfibólio de até 8 mm e óxidos. Em certos lugares o anfibólio chega a medir até 2,5 cm.

Na confluência de la Quebrada Cayhuamarca e Quebrada Peña Dorada, o corpo subvulcânico apresenta brechas formadas no momento de ascensão do magma. Nesta parte há evidências de assimilação e mistura de magmas. O que pode corresponder a uma câmara magmática de um vulcanismo que emitiu fluxos piroclásticos a leste (INGEMMET, 2004).

4.2.6. DOMOS

Os domos se evidenciam claramente por sua maior elevação topográfica e drenagem radial, estas intrusões, geralmente, afloram isoladamente. No vulcão Urpillao – Rusos se distinguem domos que cortam as rochas intrusivas do batolito e as lavas do respectivo vulcão. O domo é de composição microdiorítica e está constituído de plagioclásio, piroxênio e anfibólio. Na região de Icchal se distingue um domo de composição riolítica de mais de 140m de altura.

No vulcão Quesquenda se distingue uma série de domos erodidos de composição dacítica (Anexo I, Foto 12). O crescimento e colapso destes domos originaram depósitos de fluxo de blocos e cinzas que se prolongam até 12 Km ao norte do vulcão. A oeste do rio La Veda (CERN El Push) se distingue um domo de lava andesítico de aproximadamente 200 m de altura e 600 m de diâmetro. (INGEMMET, 2004).

5. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o presente trabalho consistiu no trabalho de campo; na revisão bibliográfica dos trabalhos geológicos existentes sobre a região em estudo e sobre a metodologia utilizada e; no trabalho de laboratório, incluindo análises petrográficas (visando tão somente à seleção das amostras) e por fim, a realização das análises geocronológicas e interpretação dos resultados.

Para realização do trabalho de campo e coleta de amostras, foram utilizados mapas geológicos (Esc. 1:100.000), fotografias aéreas (Esc. 1:42.000), imagens de satélite e outros trabalhos regionais e locais, onde foram selecionadas as localidades com afloramentos das diversas unidades em estudo, procurando evitar amostras com possíveis alterações. Parte das amostras foram obtidas de amostragens já realizadas pelo Instituto de Geologia Minería y Metalurgia del Peru (INGEMMET), por estarem em boas condições para datação e com controle adequado quanto à geologia e localização geográfica. No total, foram obtidas cerca de 35 amostras, sendo cerca de 12 delas, escolhidas dentre as coletadas em campo e as demais obtidas das coleções existentes.

Foram preparadas seções delgadas das amostras para análise petrográfica visando a seleção das amostras. A petrografia foi realizada em parte já no laboratório de microscopia do INGENMET, no Peru e em parte no laboratório de petrografia do Instituto de Geociências da USP.

A preparação das amostras foi efetuada no laboratório de separação mineral do Centro de Pesquisa Geocronológicas do Instituto de Geociências da USP (CPGeo), incluindo amostras em rocha total e separação de minerais, particularmente de biotita e anfibólio, mediante a vários processos de fragmentação, peneiramento, separação magnética e por gravidade e utilização de líquidos de alta densidade. As análises isotópicas e geocronológicas de K-Ar, Rb-Sr e Sm-Nd foram realizadas nos laboratórios do CPGeo. As análises de Ar-Ar foram irradiadas no IPEN, mas o espectrômetro do laboratório do CPGeo não produziu os resultados em tempo.

5.1. GEOCRONOLOGIA

Conforme tabela de relação das amostras (anexo II), foram realizadas datações de K-Ar em rocha total, minerais separados e matriz em 17 amostras e análises isotópicas de Sr e Nd para caracterizar fonte em 8 amostras. Foram ainda irradiadas 8 amostras de Ar-Ar, no entanto o equipamento não produziu os resultados em tempo. O mapa com a localização das amostras se encontra no anexo III.

5.1.1. MÉTODO K-Ar

O método K-Ar baseia-se na desintegração radioativa do ^{40}K para o ^{40}Ar . O argônio produzido, por possuir raio atômico maior que o elemento formador, tende a ficar preso nos retículos espaciais dos minerais onde se forma. No entanto, alguns minerais na natureza, por apresentarem freqüentemente irregularidades estruturais e composições diferentes, podem deixar escapar argônio do sistema por difusão (Dickin, 2005). A temperatura deste gás se torna desprezível quando a temperatura cai abaixo de certos limites que é variável para cada mineral, sendo maiores para anfibólio (440-450°) e menores para micas (200-250°). Quando o sistema é fechado, o argônio tende a se acumular continuamente até que ocorra novo evento, quando então poderá escapar total ou parcialmente. Desta forma, o método K-Ar aplicado em rocha totais ou minerais separados, quase sempre fornecerá a idade aparente mínima referente ao último evento térmico sofrido pelo sistema, (Schaeffer, 1966).

Foram realizadas cerca de 17 amostras de K-Ar em rocha total e minerais separados, conforme tabela de relação de amostras (anexo II). Todas as características de operação do método e de preparação das amostras são descritos em Dalrymple & Lanphere, 1969, os procedimentos analíticos para análise do potássio adotados pelo laboratório do CPGeo estão descritos de forma sucinta no anexo IV deste relatório.

5.1.2. MÉTODO Ar-Ar

O método Ar-Ar, que consiste numa variante do método K-Ar foi aplicado em minerais separados, especialmente em biotita e anfibólio. As características

de operação do método e a preparação das amostras são descritas em Vasconcelos et al (2002). Foram selecionados diversos cristais em fração 35-60 mesh por amostra e colocados em disco de alumínio para serem irradiados no reator nuclear IEA-R1 no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. Na interpretação, utiliza-se o conceito de temperatura de fechamento. Considera-se que a temperatura de fechamento do anfibólio é de $450^{\circ}\pm 50^{\circ}$ e da biotita 300° - 350° . Alguns parâmetros como presença de fluídos, variações composicionais, deformação e taxas de resfriamento podem modificar os valores e significados das idades aparentes Ar-Ar obtidas (Villa, 1997).

Foram irradiadas 8 amostras em minerais separados (biotita e anfibólio) para análise pelo método Ar-Ar, conforme tabela de amostras (anexo II). As análises seriam efetuadas mediante aquecimento com laser em sistemas de ultra-alto vácuo acoplado ao espectrômetro de massas do CPGeo do Instituto de Geociências da USP, no entanto, o equipamento não produziu os resultados em tempo. Haverá, portanto, um adendo ao relatório com a interpretação dessas análises, assim que os resultados sejam obtidos.

5.1.3. MÉTODO Rb-Sr

Os isótopos de Sr, em especial a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ é um importante indicador petrogenético, correspondente à razão isotópica inicial da rocha, que pode indicar a sua origem juvenil (mantélica) ou processo de retrabalhamento crustal (Faure, 1986). As características de operação do método e de preparação das amostras através do método Rb-Sr são descritas em Cordani *et. al.*, (1985). Os procedimentos analíticos empregados pelo laboratório do CPGeo para o método, estão descritos no anexo V.

Foram escolhidas no total, 8 amostras para a realização de análises isotópicas de Rb-Sr, sendo as mesmas para Sm-Nd, conforme tabela de relação de amostras (anexo II).

5.1.4. MÉTODO Sm-Nd

A evolução isotópica do Nd está condicionada pelo decaimento radioativo do Sm. Em muitos casos, o processo de diferenciação manto – crosta é o único fator que modifica significativamente a relação Sm-Nd, desta forma, refletindo

as diferenças de compatibilidade deste elemento entre um magma primário e o sólido residual. Na maioria dos casos, os processos de caráter crustal não modificam as razões Sm/Nd, podendo, portanto, se estabelecer à idade em que o material crustal foi separado do manto (Sato et al. 1995).

O $\epsilon_{Nd}(T)$ é um indicador petrogenético de grande significado. É obtido através da comparação da razão Nd/Nd da amostra com a relação Nd/Nd que representa a característica da Terra primitiva (CHUR). Este parâmetro é determinado para a idade da formação da rocha, permitindo identificar a presença de fontes mantélicas ou crustais (Dickin, 2005).

Foram selecionadas no total, 8 amostras para análise isotópica de Nd, as mesmas para Rb/Sr, conforme tabela (anexo II). A preparação e análises serão realizadas conforme procedimentos apresentados por Sato et al, (1995). Os procedimentos analíticos adotados para o método pelo laboratório do CPGeo estão descritos de forma sucinta no anexo VI.

6. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A primeira etapa do projeto constituiu na viagem de campo para a região em estudo, realizada por Danilo Reis Rolim entre janeiro e fevereiro do presente ano onde foram coletadas cerca de 35 amostras de rochas vulcânicas e subvulcânicas (andesitos e andesitos básicos e subordinamente variedades mais ácidas) e; da revisão bibliográfica dos trabalhos relacionados à região de estudo e o trabalho de laboratório que incluíram os estudos petrográficos para o reconhecimento prévio da composição mineralógica, estado de alteração e outros dados petrográficos que nos apoiassem na seleção das amostras para as análises geocronológicas.

Posteriormente, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Preparação de Amostras do CPGeo onde foram obtidas amostras em rocha total (RT) e matriz (frações 35-60 mesh e pó), e em minerais separados, particularmente biotita e plagioclásio, mediante a vários processos de fragmentação, peneiramento, separação magnética e por gravidade e através da utilização de líquidos de alta densidade. Foram escolhidas 17 amostras para análise pelo método K-Ar em rocha total, minerais separados e matriz; 8 amostras para análise isotópica de Sr e Nd e; 8 amostras para análise de Ar-Ar, conforme consta na tabela de relação das amostras (anexo II). A localização das amostras se encontra no mapa (Anexo III).

A Segunda etapa de trabalho consistiu na parte analítica, realizada nos laboratórios do CPGeo no período entre Julho e Outubro, na qual incluíram as análises isotópicas de K-Ar, Ar-Ar, Sm-Nd e Rb-Sr. Durante parte desse período (final de agosto a setembro), ocorreu uma paralisação das atividades em função da greve de professores e funcionários. O andamento das análises foi interrompido e comprometido pelo movimento da greve e a conclusão dos resultados ocorreu somente com a retomada normal das atividades.

Além da paralisação, ocorreram algumas dificuldades previstas em relação ao cronograma do projeto, tendo em vista a grande quantidade de solicitações de serviços que recorrem aos laboratórios do CPGeo. As amostras de Ar-Ar, irradiadas no decorrer do período não foram concluídas devido a alguns problemas técnicos ocorridos no espectrômetro de massas do CPGeo. O equipamento não produziu os resultados em tempo e, como já citado, haverá um adendo ao relatório com a interpretação dessas análises, assim que os resultados forem obtidos.

Abaixo (Tabela 1) segue o cronograma sucinto de planejamento das atividades realizadas:

Tabela 1 – Cronograma de planejamento das atividades

Ativ.\Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Trabalho de Campo											
Levantamento Bibliográfico											
Estudo Petrográfico											
Preparação das amostras											
Análise K-Ar											
Anal. Isotópica Sr e Nd											
Análise Ar-Ar											
Interpretação dos resultados											
Elaboração da Monografia											

Obs: O símbolo  indica o período de paralisação.

Janeiro a Fevereiro de 2005

- Viagem de campo para a região em estudo, realizada por Danilo Reis Rolim, incluindo coleta de 35 amostras de rochas vulcânicas e subvulcânicas (Basaltos, Riolitos, etc).

Março a Abril de 2005

- Estudo petrográfico das amostras para escolha daquelas a serem datadas;
- Preparação das amostras e separação de minerais para datação;
- Início das extrações de Ar das primeiras amostras selecionadas.

Maió a Junho de 2005

- Análises geocronológicas de K-Ar em rocha total e em minerais separados (biotita, plagioclásio) e matriz;

Julho a Agosto de 2005

- Continuação dos estudos petrográficos;
- Análises geocronológicas de Ar/Ar em minerais separados (anfíbólio, biotita) das amostras selecionadas.

Agosto a Novembro de 2005

- Análises isotópicas de Sr e Nd das amostras selecionadas;
- Interpretação e discussão dos resultados;
- Elaboração da Monografia de TF.

O Levantamento e consulta das referências bibliográficas existentes foram realizadas concomitantemente às necessidades de cada etapa e evolução dos trabalhos efetuados.

7. RESULTADOS OBTIDOS E INTERPRETAÇÕES PRELIMINARES

7.1. ESTUDO PETROGRÁFICO

O estudo petrográfico teve como objetivo caracterizar as principais composições mineralógicas, e as feições texturais e especificamente para verificar possíveis alterações das rochas, tais observações permitiriam, dessa forma, selecionar adequadamente as amostras mais apropriadas para datação. Foram observadas as lâminas delgadas das amostras: CA-32, CA-117, CA-147, CA-159, CA-170, CA-267, CA-283, CA-405, CA-431, CA-432, CA-451, CA-458, CA-469, CA-470, CA-513, CA-520, CA-521, CA-605, CA-610, CA-613, CA-634, CA-635, CA-637, CA-639, CA-641, CA-643 e CA-654. A descrição sucinta das amostras observadas se encontram no Anexo VII.

Os produtos do vulcanismo Calipuy mostram uma variada composição petrográfica onde predominam andesitos e andesitos básicos, e aparecem subordinadamente variedades mais ácidas. As rochas andesíticas, no geral, quase todas apresentam texturas porfiríticas, com os minerais: plagioclásio, anfibólio, clinopiroxênio, magnetita e ocasionalmente, ortopiroxênio e biotita. As rochas andesíticas básicas, como as provenientes do vulcanismo Uromalqui-Quinga (Fotomicrografias 6, 11a e 11b, Anexo VIII) e do Vulcão Quiruvilca (Fotomicrografias 2a e 2b, Anexo VIII), que apresentam essencialmente uma textura microlítica porfirítica, caracterizadas pelos minerais: plagioclásio, clinopiroxênio, olivina, magnetita e ocasionalmente ortopiroxênio e anfibólio.

Nas variedades mais ácidas, como dacitos, rochas porfiríticas e microlíticas, aparecem com frequência anfibólio e biotita, a matriz é vítrea, como por exemplo nos tufos dacíticos provenientes do Centro Vulcânico Uromalqui (Fotomicrografia 7, Anexo VIII). Os riolitos são porfiríticos com fenocristais mais abundantes de quartzo, biotita, anfibólio e feldspato potássico, já os piroxênios são escassos. A fotomicrografia 1a e 1b, (Anexo VIII), mostra um stock subvulcânico riolítico com textura porfirítica e fenocristais de plagioclásio (Oligoclásio) e anfibólio.

Por outro lado, há características texturais em muito dos fenocristais de plagioclásio zonado (Fotomicrografias 2a e 2b, Anexo VIII), de ortopiroxênios com borda de augita e anfibólios com bordas de óxidos, em certas lavas e fluxos andesíticos que podem indicar cristalização em condições químicas e

físicas diferentes daquelas correspondentes ao final da evolução magmática (Arana et al., 1994).

A fase mineral predominante é o feldspato plagioclásio, tanto em fenocristais freqüentemente milimétricos, como em microlitos na maioria das rochas do Grupo Calipuy. Sua composição varia, geralmente, de oligoclásio a andesina nas unidades do Grupo Calipuy.

A abundância de anfibólios pode indicar presença de água superior a 2-3 % nos magmas do Grupo Calipuy (Holloway, 1973). Estes aparecem freqüentemente como fenocristais nos dacitos (Fotomicrografias 3 e 9, Anexo VIII), andesitos (Fotomicrografia 8, Anexo VIII) e riolitos (Fotomicrografia 4, Anexo VIII). Alguns cristais de anfibólio pertencentes a lavas e púmices submetidos a um resfriamento rápido mostram bordas de minerais opacos e processos de alteração (Fotomicrografia 10, Anexo VIII). A biotita aparece como fenocristais associadas aos anfibólios nos riolitos, dacitos e andesitos mais diferenciados.

As rochas do Batolito de la Costa, que formam parte do embasamento do vulcanismo Calipuy, correspondem a tonalitos, sienogranitos e granodioritos. A fotomicrografia 5, (Anexo VIII), mostra um granodiorito com biotita, quartzo, plagioclásio e anfibólio, proveniente do Batolito de la Costa.

7.2. GEOCRONOLOGIA

7.2.1. ANÁLISES K – Ar

Foram realizadas análises de K-Ar em 17 amostras em Rocha Total e em minerais separados e/ou matriz, conforme a tabela que consta do Anexo III. Os resultados obtidos se encontram no anexo IX desta monografia.

O método K-Ar, aplicado em rochas totais ou minerais separados, quase sempre fornece a idade aparente mínima referente ao último evento térmico sofrido pelo sistema (Schaeffer, 1966; Dalrymple & Lanphere, 1969). Quando o teor de potássio obtido na amostra for superior a 1% ($\%K > 1\%$), o método produz resultados com razoável precisão. No entanto, quando a quantidade de potássio obtida é inferior a 0,2 %, o fotômetro de chama produz resultados com precisão menor, em muitos casos, inviabilizando a interpretação.

Em relação à quantidade de argônio atmosférico obtida na amostra, os resultados possuem baixa precisão quando esse se apresenta em quantidades

superiores a 90% ($^{40}\text{Ar}_{\text{Atm}} > 90\%$). Nos casos em que a porcentagem de argônio atmosférico ultrapassa 95% ($^{40}\text{Ar}_{\text{Atm}} > 95\%$), o resultado é crítico e as idades aparentes obtidas devem ser desconsideradas. Isso ocorre devido à correção atmosférica empregada, que depende da razão $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$, considerada constante e igual a $295,5 \pm 0,5$ (Dickin, 2005).

Foram efetuadas análises de K-Ar em plagioclásio e matriz nas amostras CA-159, CA-451, CA-470, CA-513 e CA-520. Os resultados apresentam discrepância muito grande nas idades aparentes obtidas pelos cristais de plagioclásio em relação às obtidas pela matriz (Tabela de resultados, anexo IX). A exceção é a amostra CA-513, que apresentou idades obtidas em plagioclásio e matriz praticamente concordantes, dentro do limite de erro. A quantidade de potássio encontrada no plagioclásio para essa amostra é de 1,49%, enquanto que nas demais essa quantidade é inferior a 1%.

Tais discrepâncias entre os resultados pode ser explicada por dois motivos, seja pelo excesso de argônio no plagioclásio, por se tratarem de cristais intratelúricos ou ainda, pela perda de argônio na matriz por alteração. De acordo com os resultados observados na petrografia, é provável afirmar que houve excesso de argônio no plagioclásio, pois há evidências de cristais zonados de plagioclásio, como observado na amostra CA-159 (fotomicrografia 2a e 2b, anexo VIII). Além disso, as amostras escolhidas para datação K-Ar apresentavam-se com baixa quantidade de materiais de alteração.

Comparando os resultados de K-Ar dessas amostras com algumas datações de Ar-Ar realizadas em maio do presente ano, em minerais separados, pelo SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile), pode se observar resultados bastante próximos às idades K-Ar obtidas pela matriz, nas amostras CA-159 e CA-451 (Tabela 2). Já que as idades K-Ar obtidas em RT e matriz equivalem a idades mínimas, em relação ao último evento térmico sofrido pelo sistema, a concordância com os resultados Ar-Ar indicaria que estariam situadas muito próximas das idades reais.

As datações efetuadas em rochas subvulcânicas do embasamento (amostras CA-267, CA-615 e CA-645), mostram que as idades são da mesma ordem que as idades obtidas nas rochas vulcânicas (Tabela de resultados K-Ar, anexo IX). Parece haver, portanto, consangüinidade entre as rochas subvulcânicas (intrusivas no embasamento) e as rochas vulcânicas do Grupo Calipuy, podendo ser consideradas como pertencentes ao mesmo episódio de magmatismo que originou os produtos do vulcanismo Calipuy.

Tabela 2 – Datações radiométricas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. (SERNAGEOMIN, Maio 2005).

Amostra	Litologia	Unidade	Idade	Erro	Mineral
CA – 117	Lava	CV Alto Dorado	23,7	$\pm 0,3$	Anfibólio
CA – 159*	Lava	CV Quiruvilca	20,3	$\pm 0,6$	Plagioclásio
CA – 170	Subvulcânica	Stock	35,2	$\pm 0,4$	Biotita
CA – 267	Subvulcânica	Stock	13,7	$\pm 0,2$	Biotita
CA – 428	Lava	CV Quinga	27,0	$\pm 0,4$	Anfibólio
CA – 451*	Lava	CV Totorá	18,7	$\pm 0,4$	Plagioclásio
CA – 469	Fluxo piroclástico	CV Quesquenda	19,5	$\pm 0,5$	Plagioclásio

Quanto à distribuição geográfica, os resultados podem ser agrupados de acordo com a localização dos Centros Vulcânicos: Uromalqui – Quinga (Julcán), Quiruvilca, Quesquenda, Totorá e Cururupa. A localização desses Centros Vulcânicos se encontram no mapa geológico (Figura 2). As principais idades K-Ar obtidas estão plotadas no mapa (Figura 3) com a localização das análises de Sr e Nd amostradas e datações Ar-Ar realizadas pelo SERNAGEOMIN.

7.2.1.1. *Uromalqui – Quinga (Julcán)*

As datações radiométricas de K-Ar efetuadas em lavas andesíticas do Cerro Quinga (Amostras CA-610 e CA-513), indicaram idades muito próximas à idade obtida de uma amostra de rocha de um Stock subvulcânico (CA-645), em torno de 27 Ma. Já as lavas vulcânicas Uromalqui (amostras CA-432, CA-520, CA-521 e CA-605) e tufos dacíticos (amostra CA-431), localizadas em posições mais distais em relação ao Stock, apresentaram idades relativamente concordantes e mais novas, entre 17-18 Ma.

7.2.1.2. *Quiruvilca*

As lavas andesíticas provenientes do Centro Vulcânico Quiruvilca obtidas pelo método K-Ar em matriz, nas amostras CA-159 e CA-470, indicaram idades em torno dos 20 Ma, conforme tabela de resultados de K-Ar (anexo IX). Comparando esses resultados com a idade Ar-Ar obtida em plagioclásio pelo SERNAGEOMIN (Tabela 2), que é de $20,3 \pm 0,6$ Ma, parece que, mesmo

tratando-se de idades aparentes, estariam elas, no entanto, muito próximas da idade real.

7.2.1.3. Quesquenda

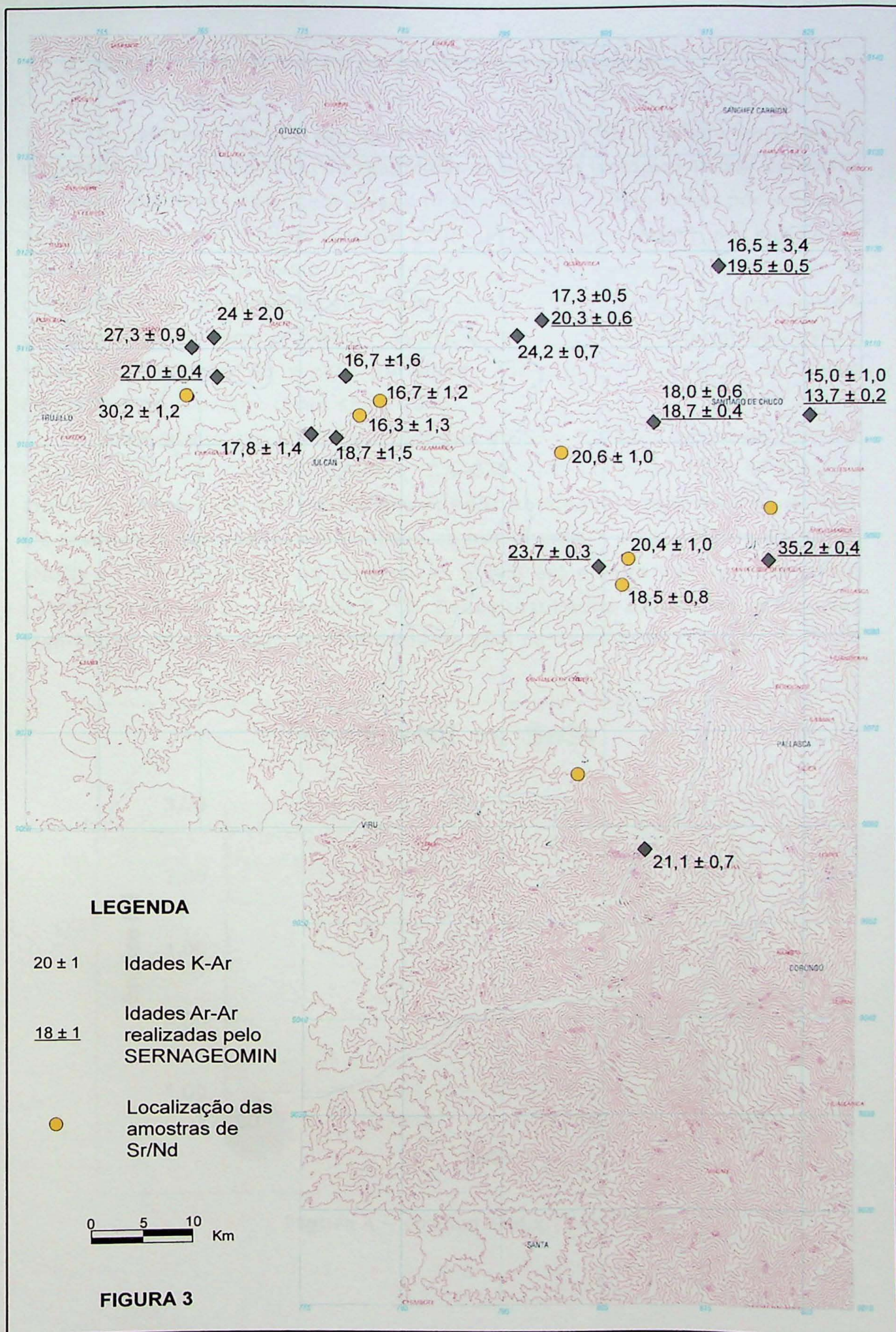
A datação K-Ar efetuada em plagioclásio dos fluxos piroclásticos provenientes do Vulcão Quesquenda (amostra CA-469), apresentou uma idade de $16,5 \pm 3,4$ Ma, conforme tabela de resultados (Anexo IX.). O alto valor do erro pode ser explicado pela baixa quantidade de potássio ($\%K = 0,3888$) e pela alta quantidade de argônio atmosférico muito próxima do limite ($\%^{40}Ar_{atm} = 94,64\%$). No entanto, o resultado da datação efetuada pelo SERNAGEOMIN, em plagioclásio da mesma amostra, de $19,5 \pm 0,5$ Ma, é relativamente próximo da idade obtida pelo método K-Ar.

7.2.1.4. Totora

As datações K-Ar efetuadas em amostras dentro do Centro Vulcânico Totora, foram realizadas em lavas andesíticas (amostras CA-451 e CA-639). Os resultados obtidos (Tabela de resultados de K-Ar, anexo IX) foram de $18,0 \pm 0,6$ em matriz da amostra CA - 451 e de $20,6 \pm 1,0$ em rocha total da amostra CA-639. Esses valores foram muito próximos ao obtido pelo método Ar-Ar em plagioclásio (amostra CA-451) realizado pelo SERNAGEOMIN (Tabela 2), que apresentou uma idade de $18,7 \pm 0,4$ Ma.

7.2.1.5. Cururupa

As análises realizadas em lavas andesíticas do Centro Vulcânico Cururupa foram obtidas em rocha total (Amostras CA-635 e CA-637). As amostras aparentes mínimas (Tabela de resultados de K-Ar, anexo IX) encontram-se entre 18,5-21 Ma, pouco inferiores à idade obtida pelo SERNAGEOMIN pelo método Ar-Ar em anfibólio de uma amostra da mesma área (CA-117), que foi de $23,7 \pm 0,3$ Ma.



7.2.2. ANÁLISES ISOTÓPICAS DE ESTRÔNCIO E NEODÍMIO

Os isótopos de Sr, em especial as razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ são importantes indicadores petrogenéticos, correspondendo à razão isotópica inicial da rocha, que pode indicar a sua origem juvenil (mantélica) ou transformada por processo de retrabalhamento crustal. (Dickin, 2005). O parâmetro $\epsilon\text{Nd}(T)$, por sua vez, é um indicador petrogenético de grande significado, sendo obtido através da comparação da razão Nd/Nd da amostra com a relação Nd/Nd que representa a característica da Terra primitiva (CHUR). Este parâmetro é determinado para a idade da formação da rocha, permitindo identificar a presença de fontes mantélicas ou crustais. (Sato et al, 1995).

Foram efetuadas análises isotópicas de Sr e Nd em 8 amostras (CA-32, CA-431, CA-432, CA-458, CA-610, CA-635, CA-637 e CA-639). A figura 3 mostra a distribuição dos pontos amostrados ao longo de toda área de estudo. Os resultados das análises encontram-se nos anexos X e XI. A figura 4 (gráfico $\epsilon\text{Nd}(t) \times (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ para as respectivas amostras) mostra valores para $\epsilon\text{Nd}(t)$ positivos e razões Sr_i abaixo de 0,705. Esses resultados são típicos de magmas mantélicos, ou seja, sem ou praticamente sem contaminação crustal.

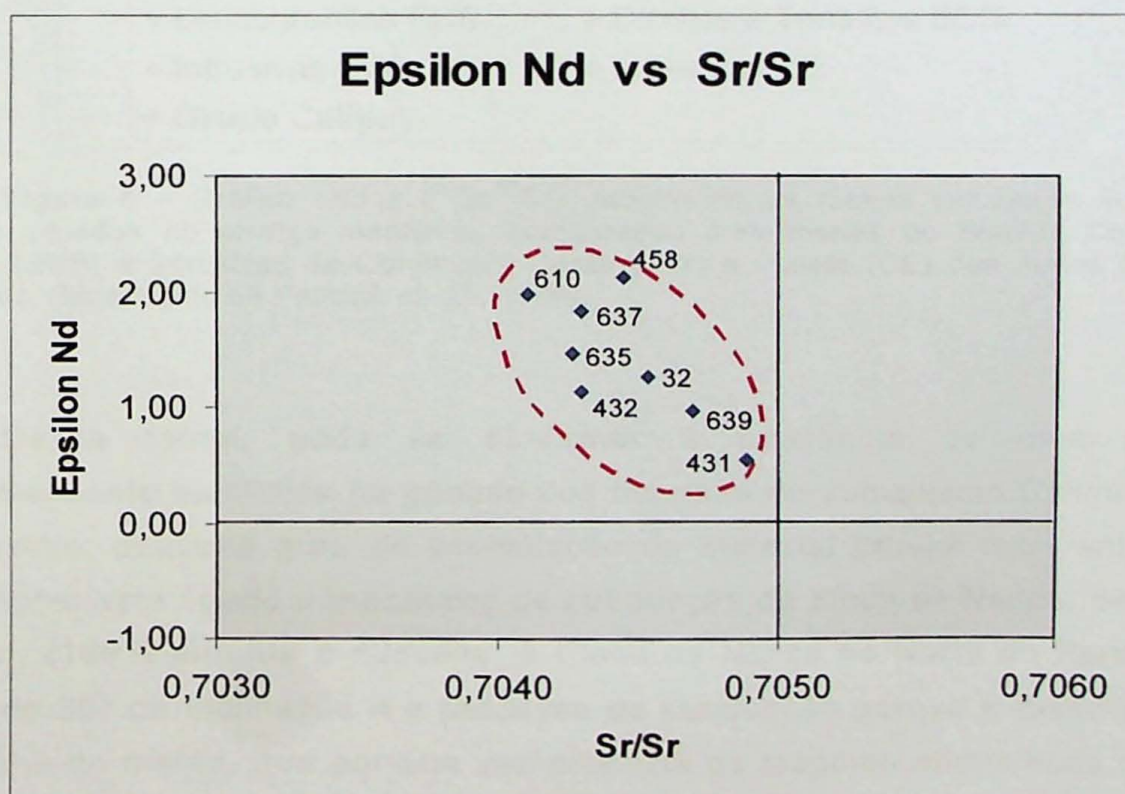


Figura 4 – Gráfico $\epsilon\text{Nd} \times (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$

A figura 5 mostra os mesmos dados de Sr e Nd para as rochas do Grupo Calipuy da figura anterior comparados com dados de outras regiões do Peru (extraído e modificado de Petford, *et. al.*, 1996), mostrando que as rochas do Grupo Calipuy se concentram no arranjo mantélico.

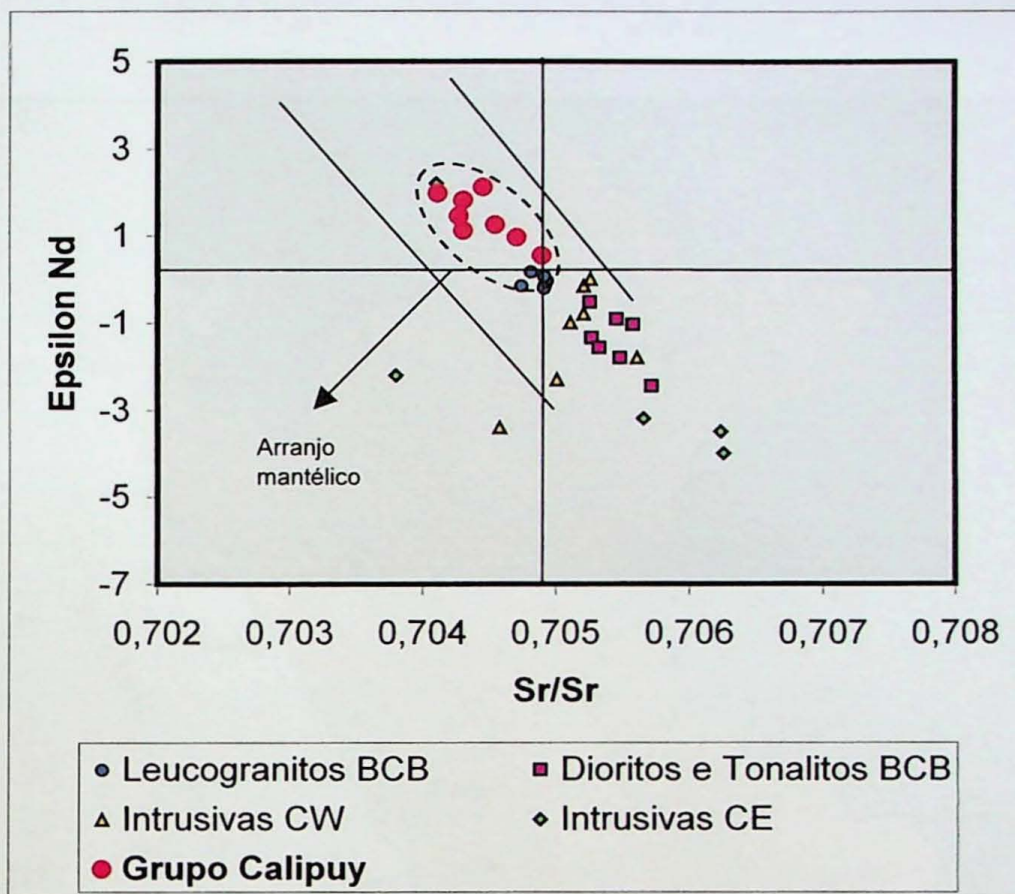


Figura 5 – Gráfico $\epsilon Nd \times (^{87}Sr/^{86}Sr)_0$ mostrando as rochas vulcânicas do Grupo Calipuy situadas no arranjo mantélico, comparadas com rochas do Batolito Cordilheira Branca (BCB) e intrusivas da Cordilheira Oeste (CW) e Leste (CE) dos Andes Centrais peruanos. (Modificado de Petford, *et. al.*, 1996).

Dessa forma, pode se confirmar a existência de uma origem essencialmente mantélica na gênese dos magmas do vulcanismo Calipuy, com no máximo, pequeno grau de assimilação de material crustal mais antigo. O vulcanismo está ligado a processos de subducção da placa de Nazca. Segundo Worner, (1991) durante o mioceno, a Placa de Nazca no Norte do Peru, teria cerca de 30° de inclinação e o processo de subducção gerava a fusão parcial da cunha do manto, que por sua vez produzia os magmas andesíticos que se encontram no vulcanismo Calipuy.

A figura 6 mostra o mapa do Peru com a localização da área onde foram realizadas as análises de Sr e Nd do vulcanismo Calipuy, comparado com

algumas razões iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ realizadas em diferentes rochas plutônicas dos Andes Peruanos. As análises efetuadas para o Vulcanismo Calipuy obtiveram razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0,7036 e 0,7048, mostrando haver correlação em relação às demais rochas vulcânicas e plutônicas localizadas próximo do litoral peruano.

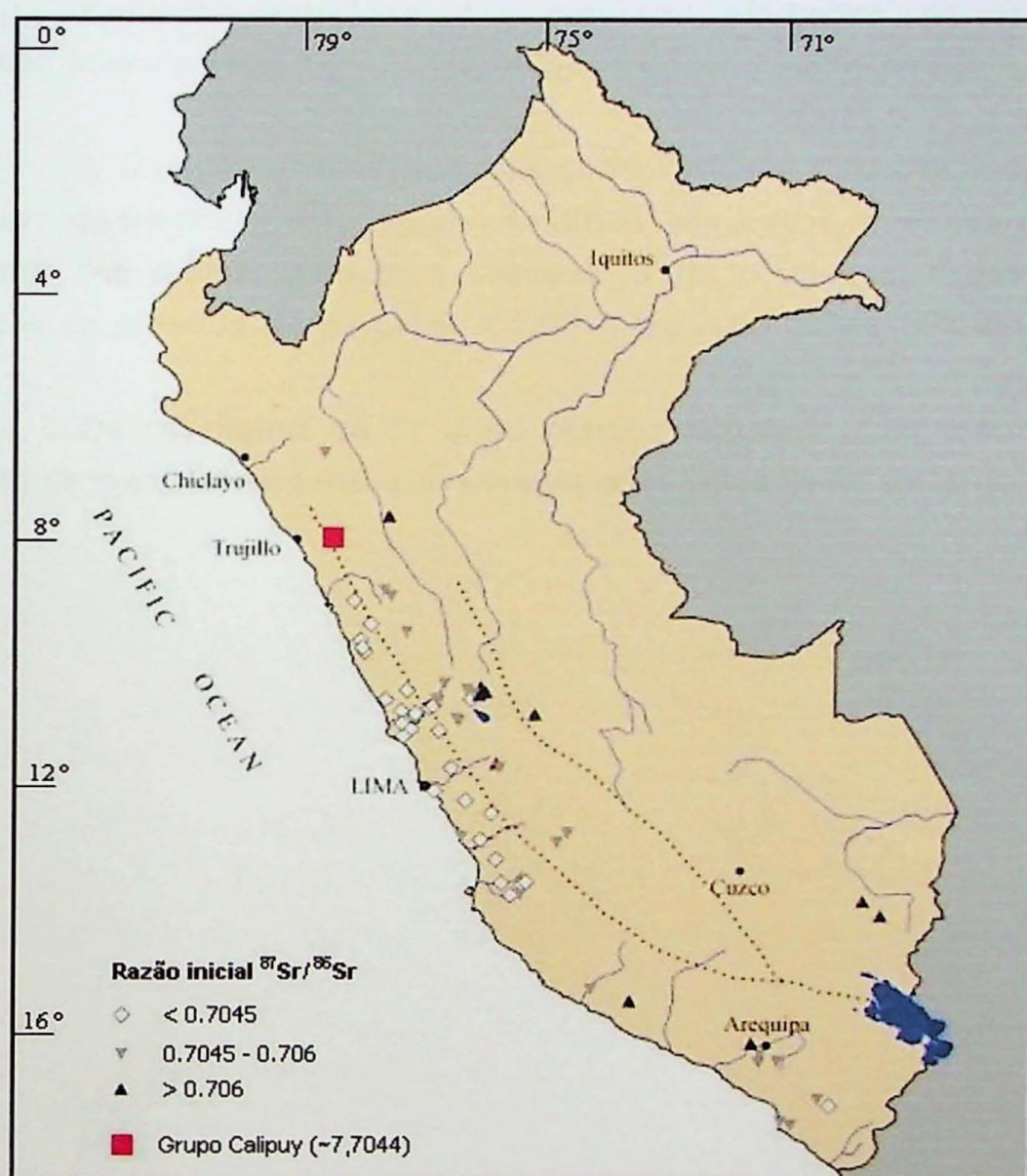


Figura 6 - mapa do Peru com a localização do vulcanismo Calipuy comparado com algumas razões iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de rochas plutônicas realizadas por Capdevila et al. (1977) para o Batolito San Ramón, Beckinsale et al. (1985) e Soler & Rotach-Toulhoat (1990) para o Batolito de La Costa, Beckinsale et al. (1985) e Petford et al. (1996) para o Batolito Cordilheira Blanca, Kontak et al. (1990) para a Cordilheira Carabaya, Soler & Rotach-Toulhoat (1990) para 11°S traverse, Macfarlane (1999) para a região Hualgayoc, Noble & McKee (1999) para o Cerro de Pasco e Julcani, Beuchat (en prep.) para o Domo de Yauli e para o Batolito Patatz. (Modificado de Haeberlin, 2002).

8. CONCLUSÕES

1. O Grupo Calipuy consiste em um conjunto de centros vulcânicos erodidos, domos, caldeiras e seqüências de lavas e fluxos piroclásticos que se depositaram ao longo da Cordilheira Ocidental, região noroeste do Peru.
2. Conforme resultado das datações efetuadas na área, este vulcanismo ocorreu entre 14 – 35 Ma (durante Eoceno – Mioceno).
3. A erupção desses magmas dando origem a rochas extrusivas e intrusivas cogenéticas, está ligada à vários processos que ocorreram na Cordilheira dos Andes, durante o Mioceno, período no qual o processo de subducção da placa de Nazca gerou a fusão parcial da cunha do manto.
4. Os resultados de Sr e Nd obtidos permitem confirmar a origem mantélica do material na gênese dos magmas do vulcanismo Calipuy.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arana, V.; Marti, J.; Aparicio, A.; García Cacho, L.; García-García, R. 1994. *Magma mixing in alkaline magmas: An example from Tenerife (Canary Islands)*. Lithos, **32**: 1-9.

Atherthon, M.P, & Sanderson, L.M., 1985. *The chemical variation and evolution of the superunits of the segmented Coastal Batholith*. En. Pitcher, W.S., Atherthon, M.P., Cobbing, E. J. & Beckinsale, R.D. (eds.) . Magmatism at plate edge: The Peruvian Andes. Glasgow, 208-227.

Atherthon, M., Sanderson, L., Warden, V., McCourt, W. 1985. *The volcanic cover: Chemical composition and the origin of the magmas of the Calipuy Group*. En Pitcher, W.S., Atherton, M.P., Cobbing, E. J. & Beckinsale, R.D. (eds). Magmatism at a plate edge; The Peruvian Andes. Glasgow, 273-284.

Bussell, M.A., 1975. *The structural evolution of the Coastal Batholith in the Provinces of Ancash and Lima, central Peru*. Ph.D. thesis Univ. Liverpool.

Cobbing, E. J., Pitcher, W. S., Wilson, J. J., Baldock J.W., Taylor, W.P., McCourt, W.J. & Snellin, N.J. 1981. *The geology of the western cordillera of northern Peru*. Overseas Memoir of the Institute of Geological Science, London, nº5, 143p.

Cobbing, J., Sanchez, A., Martinez, W., Zarate, H. 1996. *Geologia de los cuadrangulos de Huaraz, Recuay, La Union, Chiquián, Yanahuanca*. INGEMMET, Boletin nº 76, serie A, 281 p.

Cordani, U.G.; Kawashita K.; Thomaz Filho, A.; Neves, B.B.B. 1985. *On the applicability of the Rb-Sr method to argillaceous sedimentary rocks: some examples from precambrian sequences of Brazil*. Giornale di Geologia 47: 263-280.

Cossio, N. A., 1964. *Geología de los cuadrangulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa*. INGEMMET, Boletín n° 8 (A).

Cossio, A. & Jaén, H. 1967. *Geología de los cuadrangulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry Y Santa*. Serviço de Geologia y Minería del Peru, Boletín n° 17.

Dalrymple, G. B. & Lanphere, M.^a, 1969. *Potassium – Argon Dating*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

Dickin, A. P. 2005. *Radiogenic isotopic geology*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 2nd Ed.

Dill, H. G. , Bosse, H. R., Henning, K. H. , Fricke, A. and Ahrend , H. 1997. *Mineralogical and chemical variations in hypogene and supergene kaolin deposits in a mobile fold belt – The Central Andes of northwestern Peru*.- Mineralium Deposita, **32**: 149-163

Farrar, E. & Noble, D.C. 1976. *Timing of late Tertiary deformation in the Andes of Peru*. Bull. Geol. Soc. Am., 87; 1247-1250.

Faure, G. 1986. *Principles of isotope geology*. New York, Wiley. 2nd ed. XV: 589p.

Gauthier, A., Dias, N., Quirita, V. 1999. *Yacimiento La Arena – Virgen, Huamachuco, La Libertad – Perú*. Pro Explo, Conferences, 73-92.

Haeberlin, Y. & Fontboté, L. 2002. *Geological and structural setting, age, and geochemistry of the orogenic gold deposits at the Pataz Province, Eastern Andean Cordillera, Peru*. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Genève pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences mention sciences de la Terre. (de Berg/Suisse) Thèse N. Sc. 3283. Genève, 2002.

Hollister, V., Sirvas, E. 1978. *The Calipuy Formation of northern Peru and its relation to vulcanism in northern Andes*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 4: 89-98.

Holloway J.R., 1973. *Melting relations of basalt with equilibrium water pressure less than total pressure*. J. Petrol., 13; 1-29.

INGEMMET. 2004. *Avance de los trabajos del proyecto de investigación: Volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) y su asociación con los yacimientos epitermales en los departamentos de La Libertad y Ancash*. Publicação interna. Ingemmet. Lima, Peru. 18-25.

Noble, D., Wise, J., Vidal, C., Heizler, M., 1999. *Age and deformational history of the "Calipuy Group" in the Cordillera Negra, Northern*. Bol. Soc. Geol. Del Peru, Volume Jubilar nº5, 219-226.

Petford, N., Atherthon, M., 1995. *Cretaceous-Tertiary volcanism and syn-subducción crustal extensión in northern central Peru*. Volcanism Associated with Extensión at Consuming Plate Margins, Geological Society Special Publication, 81, 233-248.

Petford, N.; Atherton, M.P.; Halliday, A.N. *Rapid magma production rates, underplating and remelting in the Andes: isotopic evidence from northern-central Peru (9-11 °S)*. Journal of South American Earth. Sci: 9:69-78.

Pitcher, W.S., 1985. *A múltiple and composite batholith*. En: Pitcher, W.S., Atherthon, M.P., Cobbing, E.J. & Beckinsale, R.D. (eds). Magmatism at a plate edge. The Peruvian Andes, Glasgow, p. 93-101.

Sato, K., Tassinari, C., Kawashita, K., Petronilho, L., 1995. *O método geocronológico Sm-N no IGc-Usp e suas aplicações*. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 67, 313-335.

Schaeffer, O. A., 1966. *Potassium argon dating*. Published on the occasion of the sixtieth birthday of Wolfgang Gentner. Springer-Verlag. Berlin, 234p.

Sirvas, E. , Holister, V., 1979. *La Formacion Calipuy del Norte del Peru*. Boletín de la Sociedad Geologica del Peru, v.64, 1-15.

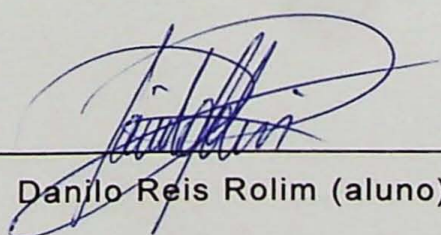
Vasconcelos, P.M., Onoe, A.T., Kawashita, K. et al., 2002. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological at the Instituto de Geociências USP: Instrumentation, analytical procedures and calibration. An. Acad. Bras. Ciências, Vol. 74, Nº2, p.297-342.

Villa, J., 1997. Isotopic Closure. Terra Nova. 10, 42-47.

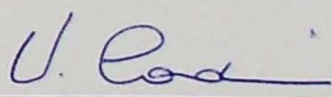
Worner, G. 1991. *Lê Volcanisme Andine*. La Recherche N. 228, volume 22, Paris, p. 38-45.

Wilson, P.A. 1975. *Potassium-argon age studies in Peru with special reference to the emplacement of Coastal Batholith*. Ph. D. Thesis. Univ. Liverpool.

De acordo com o estabelecido neste documento, subscrevemo-nos:



Danilo Reis Rolim (aluno)



Prof. Dr. Umberto Cordani (orientador)

ANEXO I
PRANCHA DE FOTOS
(Fotografias de Danilo Reis Rolim)

PRANCHA 1



Foto 1. Mina de Ouro Chicama.

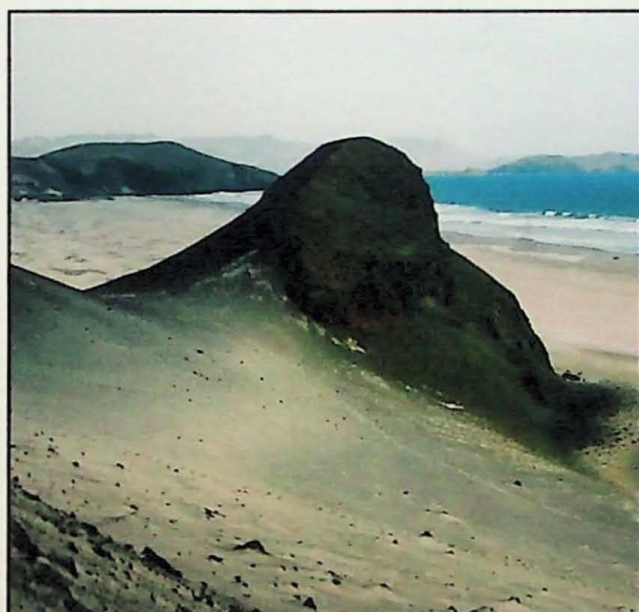


Foto 2. Seqüências de lavas andesíticas e fluxos piroclásticos do Grupo Casma.



Foto 3. Seqüência de conglomerados da Formação Huaylas.



Foto 4. Seqüência vulcano-sedimentar da Formação Tablachaca.

PRANCHA 2

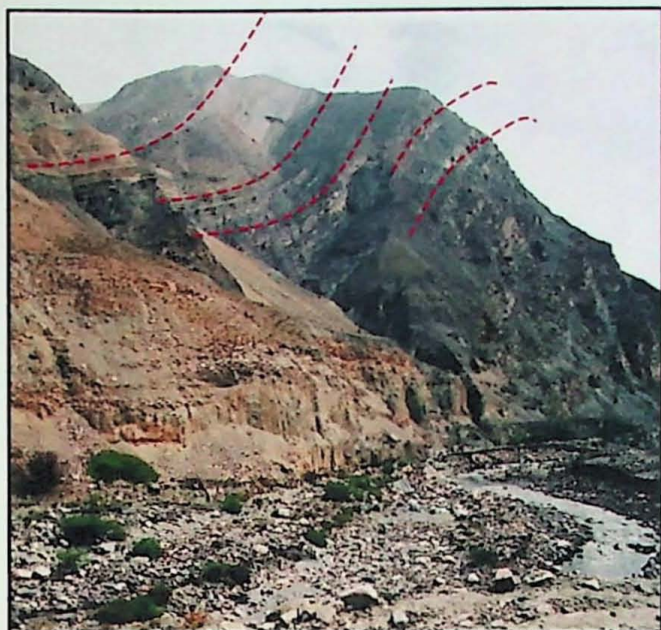


Foto 5. Seqüência dobrada da Formação Tablachaca.



Foto 6. Fluxos piroclásticos e depósitos vulcanoclásticos da Formação Tablachaca.



Foto 7. Mina de Prata Quiruvilca.



Foto 8. Depósito de fluxos de blocos e cinzas provenientes do Vulcão Cururupa.



Foto 9. Estratovulcão Alto Dorado.

PRANCHA 3

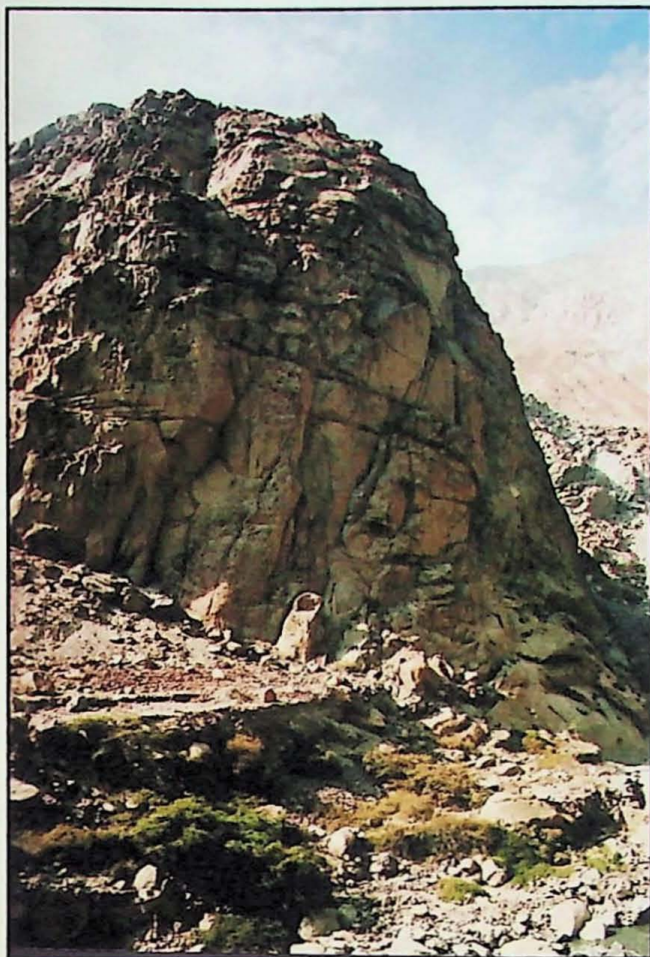


Foto 10. Batolito de la Costa.

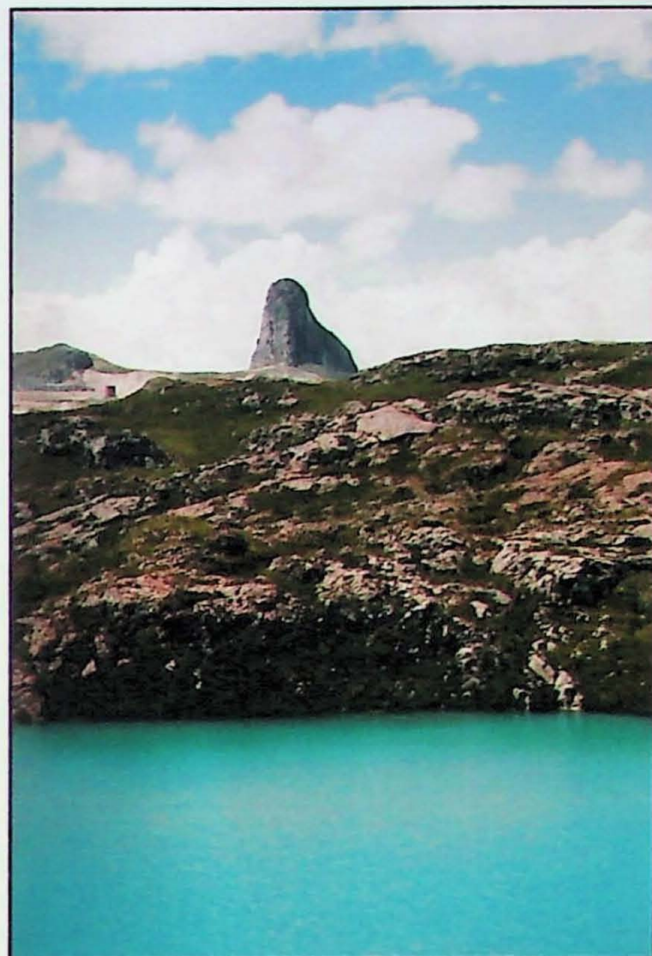


Foto 11. Lavas Quiruvilca. Ao fundo, Stock Subvulcânico.



Foto 12. Domos e lavas erodidos do Vulcão Quesquenda.

ANEXO II

TABELA DE RELAÇÃO DAS AMOSTRAS

(Nº campo, localização, método geocronológico, etc)

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

Nº de Campo	Rocha	Material	Método	Coord Geográficas		Referência Geográfica	Observações
				Latitude	Longitude		
CA-32 C49	subvulcanica	Biot	Ar-Ar	9092974	821602	Cerro Suapacha	Stock
		RTOT	Rb-Sr/Sm-Nd				
CA-117 C49	Lava andesítico	Anfib	Ar-Ar	9086986	804404	Suyarida	CV Alto Dorado
CA-147 C49	subvulcanica	Anfib	Ar-Ar	9074476	808182	Cerro Chuchugal	Stock
CA-159 C49	Lava andesítico	Plag	K-Ar	9112648	799122	Cerro Negro	CV Quiruvilca
		Matriz	K-Ar				
CA-170 C49	subvulcanica	Plag	K-Ar	9088786	820586	Pasachique	Stock
CA-267 C49	subvulcanica	Plag	K-Ar	9102686	825589	Huacascorral	Stock
		Biot	K-Ar e Ar-Ar				
CA-283 C49	Intrusiva	Biot	K-Ar	9043806	806209	Rio Tablachaca	Batolito
CA-405 C49	Microgranodiorito	Biot	K-Ar	9124349	761357	Pampa Grande	Stock
CA-431 C49	Dacito	Biot	Ar-Ar	9102936	780925	Cerro Agujereado	CV Urumalqui
		RTOT	K-Ar				
		RTOT	Rb-Sr/Sm-Nd				
CA-432 C49	Lava Andesítica	RTOT	K-Ar	9104206	782794	Galilea	CV Urumalqui
		RTOT	Rb-Sr/Sm-Nd				
CA-451 C49	Lava Andesítica	Plag	K-Ar	9101919	810145	Qda. Chivatos	Totora

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

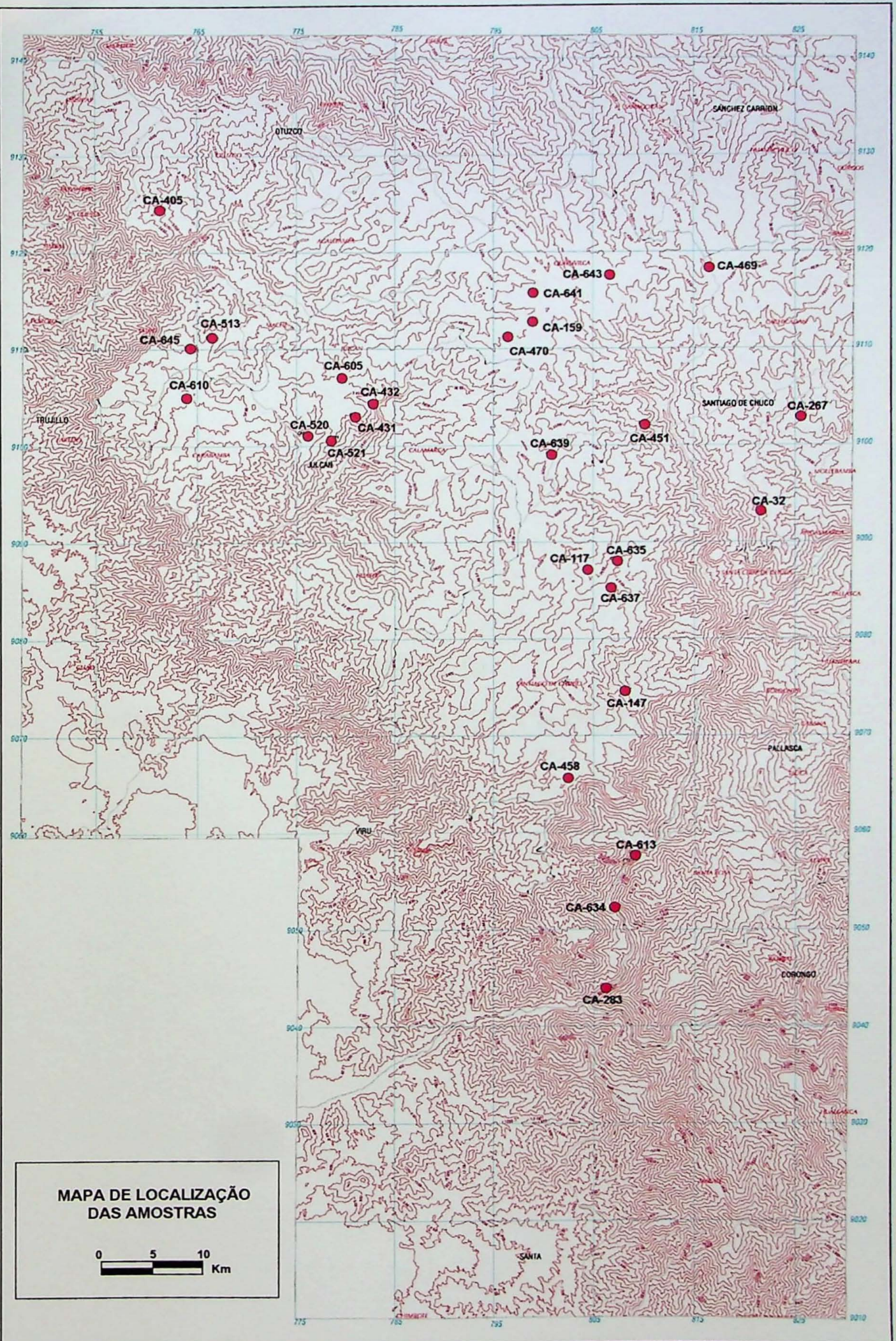
N° de Campo	Rocha	Material	Método	Coord Geográficas		Referência Geográfica	Observações
				Latitude	Longitude		
		Matriz	Ar-Ar				
CA-458 C49	subvulcanica	Anfib	Ar-Ar	9065468	802436	La Tranca	Stock
		RTOT	Rb-Sr/Sm-Nd				
CA-469 C49	fluxo piroclastico	Plag.	K-Ar	9118082	816582	Qda del Agua	V. Quesquenda
CA-470 C49	Lava Andesítica	Plag.	Ar-Ar	9110923	796409	Campanario	CV Quiruvilca
		Matriz	K-Ar				
CA-513 C49	Lava Andesítica	Plag.	K-Ar	9110960	766405	Cerro Chulite	C. Quinga
		Matriz	K-Ar				
CA-520 C49	Lava Andesítica	Plag.	K-Ar	9100980	776406	Candual Bajo	CV. Urumalqui
		Matriz	Ar-Ar				
CA-521 C49	Lava Andesítica	RTOT	K-Ar	9100506	778361	Candual Bajo	CV. Urumalqui
CA-605 C49	Lava Andesítica	RTOT	K-Ar	9106824	779586	Cerro Urumalqui	CV. Urumalqui
CA-610 C49	Lava Andesítica	RTOT	K-Ar	9104767	763864	Cerro Pan de Azucar	CV. Quinga
		RTOT	Rb-Sr/Sm-Nd				
CA-613 C49	Subvulcanico	RTOT	Ar-Ar	9057660	809037	Rio Tablachaca	Stock
CA-634 C49	Granodiorito	Biot	Ar-Ar	9052033	807107	Rio Tablachaca	Batolito
CA-635 C49	lava andesítico	RTOT	K-Ar	9087843	807452	Pampas Los Arriero	V. Alto dorado
		RTOT	Rb-Sr/Sm-Nd				

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

Nº de Campo	Rocha	Material	Método	Coord Geográficas		Referência Geográfica	Observações
				Latitude	Longitude		
CA-637 C49	lava andesítico	RTOT	K-Ar	9085039	906781	Cerro Valeriana	V. Alto dorado
		RTOT	Rb-Sr/Sm-Nd				
CA-639 C49	Lava andesítico	RTOT	K-Ar	9098880	800825	Sector Colpin	V. Totora
		RTOT	Rb-Sr/Sm-Nd				
CA-641 C49	subvulcanica	Anfib	Ar-Ar	9115658	799024	Pampa La Julia	stock
CA-643A C49	Fluxo Pomes e cinzas	Biot	Ar-Ar	9117662	806343	Sector Vira Vira	V. Quesquenda
CA-643B C49	Fluxo Pomes e cinzas	Biot	Ar-Ar	9117662	806343	Sector Vira Vira	V. Quesquenda
CA-645 C49	subvulcanica	RTOT	Ar-Ar	9109908	644320	Cerro Yagamasha	stock

ANEXO III

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS



ANEXO IV

PROCEDIMENTO ANALÍTICO: POTÁSSIO

ATAQUE QUÍMICO E ANÁLISE DO POTÁSSIO

No CPGeo a determinação do teor de K da amostra é feita pelo processo de Fotometria de Chama.

Fotometria de Chama

Princípio do Método - quando uma solução contendo potássio é dispersa em chama, os átomos e moléculas absorvem energia e passam do estado normal ao estado de alta excitação. Inversamente, o retorno ao estado normal libera energia em forma de radiação característica, emitida pela chama, que passa através de um filtro ou prisma, atingindo uma fotocélula onde a radiação é convertida em impulso elétrico que, amplificado, passa ao instrumento de registro.

Preparação da amostra e ataque químico

Pesagem

Numa balança analítica, pesar cuidadosamente a amostra, na quantidade necessária (essa quantidade é determinada **anteriormente** porque depende do tipo do material analisado), e anotar o peso.

Química

Colocar em cada cadinho com a amostra, 0,5ml de H_2SO_4 (50%) depois adicionar 3ml de HF.

Tampar bem os cadinhos e colocar no ultrassom por aproximadamente 50 minutos.

Retirar do ultrassom e deixar no aquecedor por uma noite debaixo de uma lâmpada fraca.

Na manhã seguinte, colocar num evaporador os cadinhos abertos. Deixar evaporar durante 3hs debaixo de uma lâmpada fraca.

Após este tempo, adicionar 0,5ml de HNO_3 destilado e deixar aquecendo sob uma lâmpada mais forte.

Retirar o cadinho do evaporador e hidrolizar colocando lentamente (com um pissete) água tri-distilada até cerca de 2/3 do volume do cadinho e aquecedor por um período de uma noite onde a amostra deverá ficar totalmente dissolvida.

Após a dissolução em água transferir a solução para um frasco Erlenmeyer de 125ml.

Neutralizar com hidróxido de amônio (NH_4OH). Adicionar 5ml de carbonato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ a 10%.

Filtrar a solução, através de papel de filtro, em balão volumétrico de 200ml.

Completar o balão volumétrico com água tri-distilada. Homogeneizar a solução e transferi-la para um frasco de polietileno para armazenamento (solução mãe).

PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO PARA A LEITURA NO FOTÔMETRO DE CHAMA

A. Solução simples

Adicionar (com pipeta) em um frasco de polietileno de 60ml:

30ml de Li-133 1/3 ppm
10ml de solução da amostra

B. Solução diluída (para amostras com alto teor de K)

Adicionar (com pipeta) em um frasco de polietileno de 60ml:

15ml de Li-133 1/3 ppm
20ml de Li-100 ppm
5ml de solução da amostra

ANEXO V

PROCEDIMENTO ANALÍTICO Pb - Sn

ANEXO V

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO: Rb – Sr

ATAQUE QUÍMICO - Rb/Sr

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As análises pelo método Rb/Sr são, geralmente, feitas em Rocha Total (RT) podendo também, serem feita em minerais separados e a sua interpretação é feita pela construção de isócronas. Para isso são necessárias várias amostras de rochas cogenéticas (de um mesmo corpo, do mesmo afloramento) e que apresentem entre si as maiores variações na razão Rb_{total}/Sr_{total} (bom espalhamento ao longo da ordenada x). Essa razão é obtida pelos dados de fluorescência de R-X.

Tendo em mãos esses resultados, o interessado escolhe as amostras que produzem o melhor "espalhamento" para então enviá-las ao laboratório químico.

No laboratório químico é determinado o tipo de análise a ser feita para cada amostra, sendo que, amostras com teores de Rb e/ou Sr < 50ppm e > que 650ppm serão feitos pelo método de diluição isotópica e para os de teores > 50ppm e menores que 650 ppm pelo método Natural.

A diluição isotópica consiste na mistura da amostra com traçadores ("spikes") dos elementos que se deseja dosar.

O procedimento para o tratamento químico utiliza béquer "savillex", previamente descontaminados, e ácidos destilados.

Descontaminação

- lava-se os béqueres "savillex" com água e detergente. Após a lavagem colocar em cada béquer HNO_3 (50%) e deixar em aquecimento durante 30min. ; despreza-se o HNO_3 e enxagua-se com milli-Q.

- Ferve-se com HNO_3 (50%) por 1 hora. Enxagua-se por 3 vezes com água tri-destilada.

- Ferve-se com água milli-Q por 1 hora. Retira-se a água e leva-se para secar em estufa dentro do próprio béquer usado na descontaminação.

- Guarda-se em recipientes fechados e classificados por tamanho.

Procedimento para o ataque químico

1. Coloca-se aproximadamente 0,1g da amostra em béquer "savillex" (envolver o béquer em papel alumínio para evitar o problema de estática);

2. Adiciona-se 1ml de ácido nítrico (HNO_3) concentrado e destilado e 3ml de ácido fluorídrico (HF) destilado (usar a capela);

3. Coloca-se em ultrassom por, aproximadamente, 60 minutos;

4. Deixa-se em aquecimento em chapa aquecedora, uma semana ($\pm 60^\circ$);

5. Após uma noite, coloca-se para evaporar até a secura, em chapa aquecedora;

6. Dissolve-se com HCl 6N destilado e deixa-se em chapa aquecedora por 1 noite ($\pm 60^\circ C$).

7. Evapora-se até a secura e dissolve-se com HCl 2,62N,

8. No caso de análise de Sr Natural (Sr_N), transfere-se a amostra para um tubo de centrífuga (Tc), devidamente numerado. Em caso de diluição isotópica (DI), deixa-se o béquer "savillex" em repouso por 10 dias.

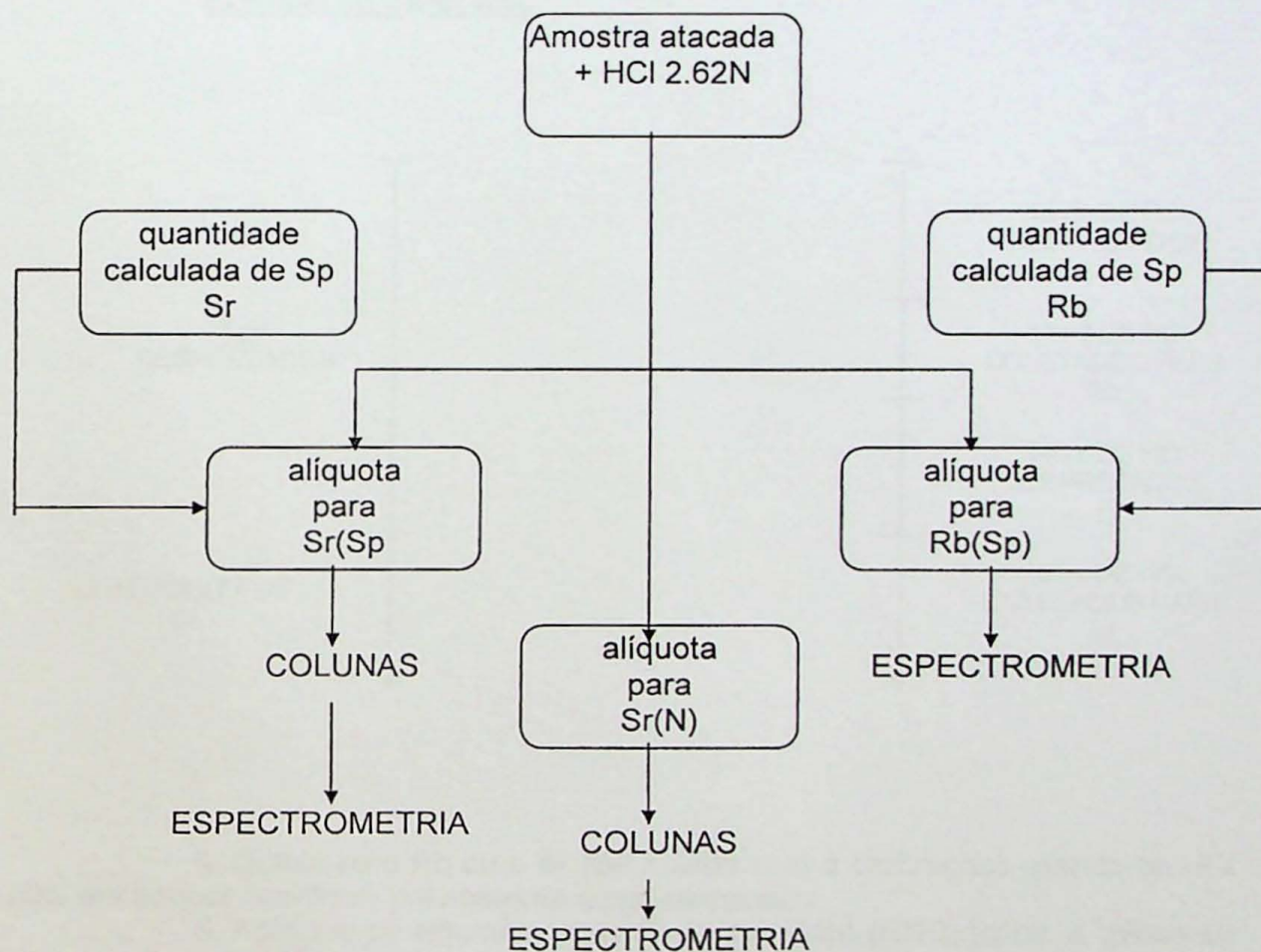
9. Nos casos em que há necessidade de análises por DI para a determinação dos teores de Rb e Sr da amostra, deve-se proceder a 3 análises espectrométricas dessa mesma amostra:

Sr_N - Estrôncio Natural ou da amostra: para a análise da composição isotópica do estrôncio.

Sr_{sp} - Estrôncio Spike = Estrôncio natural + Estrôncio do traçador: para determinação do teor de Sr da amostra.

Rb_{sp} - Rubídio Spike = Rubídio natural + Rb do traçador: para determinação do teor de Rb da amostra.

Para esse procedimento, separa-se da amostra que ficou em repouso, 3 alíquotas conforme esquema abaixo:



Nas alíquotas para Sr_{sp} e Rb_{sp}, adiciona-se uma quantidade previamente calculada de spike.

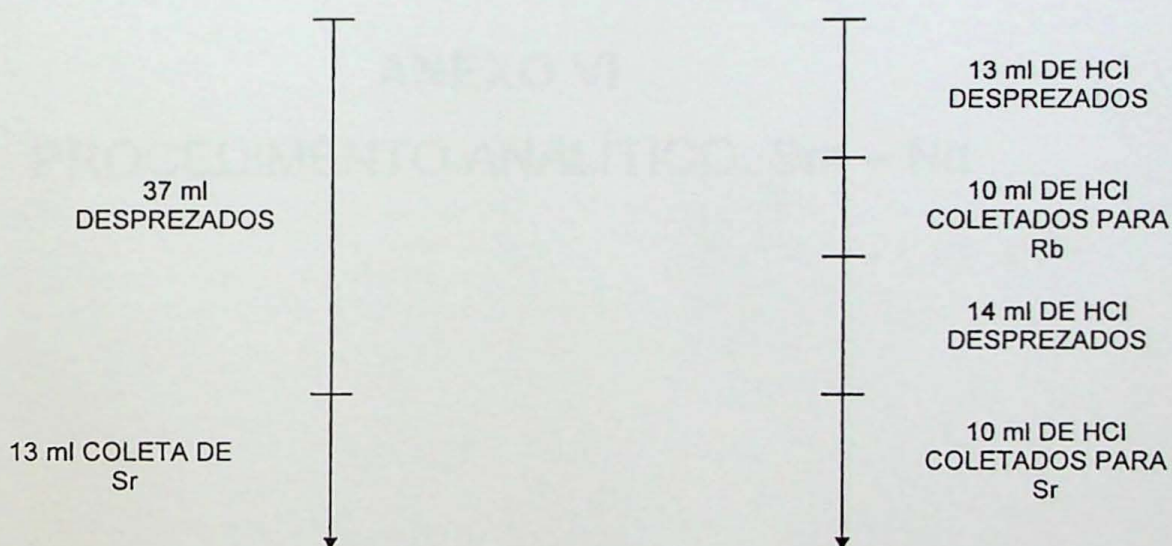
9. Transfere-se as alíquotas "spikadas" para tubos de centrifuga devidamente numerados.

Procedimento para o trabalho com as colunas de troca iônica

Após preencher as folhas de controle do laboratório químico (roteiro das colunas Rb/Sr):

1. Procede-se a centrifugação durante o tempo suficiente para que o líquido fique transparente, ou seja, com o resíduo totalmente depositado no fundo.
2. Usando uma trompa de vácuo e com HCl 2,62N faz-se refluxo em todas as colunas de resina catiônica (AG-50 WX8, 200-400 mesh).
3. Deixa-se escoar todo o ácido e inicia-se a deposição da amostra (de acordo com a calibração).

Exemplo de Calibração



4. Coleta-se o Rb ou o Sr (de acordo com a calibração) usando-se HCl 2,62N em bquer "saville", previamente descontaminado.
5. Adiciona-se algumas gotas de ácido nítrico (HNO_3) conc. e coloca-se para secar em evaporadores até a secura total. Esse ácido tem o poder de eliminar a resina que por ventura tenha escapado da coluna.
6. O resíduo seco é levado para o espectrômetro para a análise isotópica.
7. Regenera-se a resina passando-se pela coluna HCl 6N.

ANEXO VI

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO: Sm – Nd

ATAQUE QUÍMICO Sm - Nd:

O método envolve a adição do spike combinado Sm-Nd e digestão química usando a mistura ácida HF/HNO₃ na proporção de 3:1. Os ácidos HNO₃ e HCl são bi-distilados em destiladores de quartzo e o HF é destilado pelo método de duas garrafas de teflon.

Utiliza-se chapa aquecedora para o aquecimento e evaporação das amostras.

PROCEDIMENTO PARA ATAQUE QUÍMICO

1. Pesa-se em béquer savillex entre 50mg e 150mg de amostra;
2. Adiciona-se o spike combinado Sm-Nd (a quantidade depende da amostra e da concentração do spike);
3. Adiciona-se 1ml de HNO₃ e 3ml de HF sendo os ácidos concentrados e destilados ;
4. Coloca-se em ultra-som por aproximadamente 45 minutos;
5. Deixa-se em aquecimento a aproximadamente 60°C em placa aquecedora por 5 dias (rochas máficas) ou 10 dias (rochas félsicas) (béquer savillex fechado);
6. Após aquecimento, coloca-se para evaporar até a secura, em placa aquecedora (béquer savillex aberto);
7. Adiciona-se 0.5 ml de HNO₃ conc ao resíduo formado e coloca-se para evaporar até a secura novamente;
8. Dissolve-se com aproximadamente 5ml de HCl 6.0N e deixa-se por uma noite em aquecimento de 60°C em placa aquecedora(bequer savillex fechado);
9. Após uma noite de aquecimento, se não houver resíduo, evapora-se até secura e dissolve-se com 1ml de HCl 2.62N.
10. Caso haja resíduo, deixar em aquecimento por mais tempo e se o resíduo persistir secar e voltar ao item 3 (usar bomba digestora do tipo Parr).

SEPARAÇÃO DOS ELEMENTOS

Na metodologia Sm-Nd os elementos são separados em duas etapas, sendo a primeira em coluna de troca iônica, (coluna primária)e a segunda em coluna LN.

Na coluna primária separa-se o conjunto das terras raras dos outros elementos e na secundária separa-se o Samário e o Neodímio do conjunto das terras raras.

PROCEDIMENTO PARA TRABALHO NAS COLUNA DE TROCA IÔNICA "COLUNAS PRIMÁRIAS":

Usando uma trompa de vácuo e com HCl 2.62N faz-se refluxo em todas as colunas de troca iônica. Após escoar todo o ácido inicia-se a deposição da amostra na coluna seguindo o esquema de calibração do laboratório.

Coleta-se o Sr usando HCl 2.62N em béquer savillex. Após secagem, o resíduo é levado para a espectrometria de massa.

Coleta-se as terras raras usando HCl 6.2N. Após secagem o resíduo é levado para a coluna LN.

A regeneração e o acondicionamento da resina são feitos com 100ml de HCl 6.0N.

PROCEDIMENTO PARA TRABALHO COM AS COLUNAS LN

Dissolve-se com 0.2ml de HCl 0.26N o resíduo de terras raras e inicia-se a deposição da amostra na coluna, seguindo-se o esquema de calibração do laboratório;

Coleta-se o Nd usando HCl 0.26N e coleta-se o Sm usando HCl 0.55N. Os resíduos são levados para a espectrometria de massa.

A regeneração da resina é feita com 20ml de HCl 6N.

ANEXO VII

ESTUDO PETROGRÁFICO SUCINTO DAS AMOSTRAS

ESTUDO PETROGRÁFICO SUSCINTO DAS AMOSTRAS DE ROCHAS PARA DATAÇÃO				
AMOSTRA	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	ROCHA / UNIDADE	MÉTODO	
Ca 32	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), anfibólio, biotita, quartzo. Textura: Textura porfírica com matriz microlítica Plagioclásios pouco zonados de até 2mm de longitude, geminados, com teor de An = Oligoclásio Se distinguem aglomerados de plagioclásio com biotita e anfibólio. Fenocristais de anfibólio euhédricos e subhédricos, com até 3 mm de longitude Fenocristais de quartzo subhedral com borda corroída Anfibólio e biotita correspondem a cerca de 5%	Subvulcânico riolítico Stock <i>Fotomicrografia 1a e 1b</i>	biotita RT Ar-Ar Rb-Sr Sm-Nd	
Ca 117	Minerais: Plagioclásio (oligoclásio) e anfibólio, como minerais primários. Presença de minerais acessórios: óxidos, argilominerais e clorita Textura: textura porfírica com matriz microlítica Fenocristais de anfibólio (entre 5-8%). Medem ate 3mm de longitude Os fenocristais de anfibólio são de forma subhédricos. Alguns apresentam inclusões de plagioclásio. Além disso alguns apresentam bordas de óxidos Fenocristais de plagioclásio são subhédricos y euhédricos, apresentam geminação Freqüentemente se distinguem óxidos associados com os anfibólios Fenocristais de plagioclásio zonados e com inclusões vitreas A rocha apresenta poucas vesículas	Lava andesítica Centro vulcânico Alto Dorado	anfibólio Ar-Ar	
Ca 147	Minerais: plagioclásio, anfibólio, quartzo primário e secundário, biotita Presença de minerais acessórios: óxidos e argilominerais Textura: Textura porfírica com matriz microlítica Fenocristais de anfibólio medem até 4mm, correspondendo a 15% Fenocristais de biotita atingem até 1 mm e correspondem a aproximadamente 2% Em geral os fenocristais são subhédricos e euhédricos Presença de anfibólios completamente alterados e/ou envolvidos em óxidos Minerais opacos (óxidos) atingem 5% Amostra um pouco alterada, não é possível observar geminação no plagioclásio.	Subvulcânica dacítica Stock <i>Fotomicrografia 3</i>	anfibólio Ar-Ar	

Ca 159	Minerais: plagioclásio (andesina), anfíbólio e ainda óxidos e carbonatos (acessórios) Textura: Porfírica com matriz afanítica Possue uma matriz afanítica com fenocristais de plagioclásio, anfíbólio e óxidos Fenocristais de plagioclásio geminado com teor de An = Andesina Anfíbólio (cerca de 20%), alguns estão alterados para carbonatos. Anfíbólios com bordas de óxidos e a grande parte alterados em óxidos Minerais opacos (óxidos) estão entre 8 e 12% Em geral os fenocristais são subhédricos e euhédricos Plagioclásio geminado com teor de An referente à da andesina Fenocristais de plagioclásios de formas euhédricas e subhédricas de até 1.5 mm Presença de aglomerados de microlitos de plagioclásio.	Lava andesítica Centro vulcânico Quiruvilca	Plag Matriz K-Ar K-Ar
Ca 170	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), biotita, anfíbólio, quartzo Minerais acessórios: argilominerais, óxidos Textura: Textura porfírica com matriz microlítica Em geral os minerais são subhédricos e euhédricos Fenocristais de plagioclásio, geminados de até 2 mm, com bordas limpas e claras. Fenocristais de biotita apresentam inclusões de microlitos de plagioclásio. Fenocristais de anfíbólio de formas subhédricas e alongadas (.5%) Minerais opacos (óxidos) atingem cerca de 5% Quartzo está em forma subhédrica em proporção menos de 5%	Subvulcânica dacítica Stock	Plag K-Ar
Ca 267	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), biotita, anfíbólio, quartzo Textura: Textura intergranular Fenocristais de biotita de até 5 mm Fenocristais de plagioclásio com inclusões de biotita Fenocristais de anfíbólio de formas subhédricas que medem entre 200-300µm Minerais (anfíbólio e biotita) um pouco alterados e envolvidos em óxidos Presença de minerais de alteração (limonita, hematita, psilomelano).	Riolito (Subvulcânica) Stock	Plag K-Ar Biotita K-Ar Ar-Ar
Ca 283	Minerais: plagioclásio, biotita, quartzo, anfíbólio, óxidos. Textura: granular Plagioclásio um pouco alterado, não se observa geminação. Cristais medem até 1.5 mm de longitude. Biotita anedrica que preenchem as cavidades entre os cristais. Alguns cristais de biotita contêm inclusões de óxidos Em geral os cristais são de formas subhédricas a anédricas Cristais de anfíbólio de formas subhédricas, alguns frescos. Se distinguem aglomerados de anfíbólios e biotita. Em alguns cristais de plagioclásio se observam inclusões de anfíbólio.	Granodiorito Batolito de la Costa	Biotita K-Ar
		Fotomicrografia 5	

Ca 405	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), quartzo, biotita, feldspato potássico, óxidos. Textura: intergranular Biotita e quartzo preenchem as cavidades vazias entre os cristais de plagioclásio. Biotita de formas subhedral a anhedral, estão entre 15-20% Plagioclásio subhedral e euhedral de até 2 mm de diâmetro com teor de An = oligoclásio Minerais opacos (óxidos de Fe-Ti) de 100-200 µm preenchem as cavidades vazias Se observa certa textura gráfica em alguns setores da amostra (Qz)	Subvulcânica microgranodiorítica Stock	Biotita	K-Ar
Ca 431	Minerais: plagioclásio (andesina), anfibólio, biotita, óxidos. Textura: eutaxítica Minerais subhédricos fragmentados dentro de uma matriz vítrea vesicular Fenocristais de plagioclásio de até 1mm, alguns com inclusões de microlitos de anfibólio. Presença de vesículas disformes em aproximadamente 10% Óxidos estão presentes até em 10%, principalmente na matriz Poucos fragmentos líticos alterados de tamanhos milimétricos (5%) Fenocristais de anfibólio estão em 15% e plagioclásio em 40% Em geral a maioria de fenocristais estão fragmentados.	Tufo dacítico Centro vulcânico Urumalqui <i>Fotomicrografia 7</i>	Biotita RT	Ar-Ar K-Ar Rb-Sr Sm-Nd
Ca 432	Minerais: plagioclásio (andesina), opx, cpx, olivina, anfibólio, óxidos Textura: microlítica porfírica Minerais subhédricos e euhédricos em uma matriz vítrea microlítica Fenocristais de plagioclásio, geminados, medem até 2 mm, e estão até cerca de 30% Fenocristais de anfibólio são de forma tabular, medem até 4.5mm, e estão em aprox. 2%. Alguns anfibólios apresentam inclusões de plagioclásio. Alguns anfibólios estão alterados e parcialmente oxidados Aglomerados de óxidos ao redor de plagioclásio e piroxênio Alguns fenocristais de ortopiroxênios apresentam inclusões de plagioclásio Óxidos estão presentes na matriz, e também alguns como inclusões nos piroxênios Fenocristais de olivina são raros (aproximadamente 1%), e são de formas subhédricas.	Lava andesítica Centro vulcânico Urumalqui <i>Fotomicrografia 6</i>	RT	K-Ar Rb-Sr Sm-Nd
Ca 451	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), anfibólio acessórios: óxidos, clorita, argilominerais. Textura: microlítica porfírica Fenocristais de plagioclásio estão em uns 30%, com teor de An do oligoclásio Plagioclásio mede 5-6 mm, são de formas euhédricas, geminados. Anfibólio de até 2mm (10-15%). Os cristais são euhédricos e apresentam bordas de óxidos, alguns anfibólios estão completamente alterados ou associados a óxidos Abundantes microlitos de plagioclásio estão presentes na matriz.	Andesito Vulcão Totora <i>Fotomicrografia 8</i>	Plag matriz	K-Ar Ar-Ar

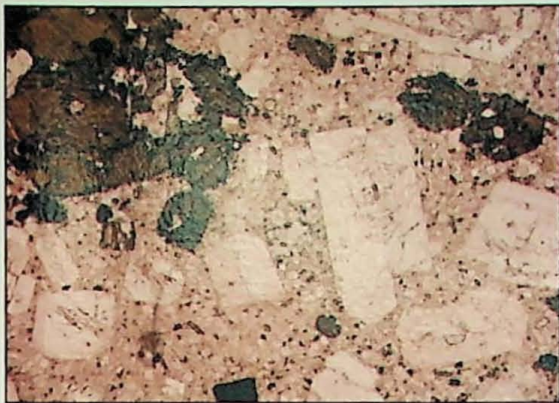
Ca 458	Minerais: plagioclásio, anfibólio, biotita, óxidos, feldspato potássico. Textura: porfírica Plagioclásio alterado, sem geminação observável, teor de An não determinável. Fenocrístais de plagioclásio de até 2 mm, alguns se encontram alterados. Fenocrístais de anfibólio medem até 0.5 cm. Estão presentes aproximadamente 30% Em geral os minerais são de formas subhedrais y euhedrais Alguns anfibólios apresentam bordas de óxidos, mas a grande maioria (aprox. 40%) do total estão alterados ou oxidados Fenocrístais de biotita são de forma euhédricas e estão em torno de 2% Anfibólios contém inclusões de plagioclásio.	Subvulcânica dacítica Stock	anfibólio RT Rb-Sr Sm-Nd
Ca 469	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), anfibólio, biotita, quartzo, óxidos Textura: eutaxítica com matriz vítrea vesicular Fenocrístais de biotita de até 1.5 mm, aproximadamente 8% Em geral os minerais são de forma subhédricos Presença de alguns minerais de plagioclásio zonados Os óxidos ferrotitaníferos estão em aprox. 5% na matriz Fenocrístais de anfibólio de formas subhédricas estão em aprox. 5% Quartzo subhedral e anhedral aprox. 5% e medem entre 50-200 µm A maioria de minerais estão fragmentados	Pomes riolítico Vulcão Quesquenda <i>Fotomicrografia 10</i>	Plag K-Ar
Ca 470	Minerais: plagioclásio (andesina), piroxênios, quartzo secundário acesórios: clorita, óxidos, argilominerais Textura: porfírica Fenocrístais de plagioclásio de formas euhedrais, medem até 2,8 mm Alguns dos cristais de plagioclásio estão um pouco cloritizados, teor de An referente a andesina. Os piroxênios de formas subhedrais e euhedrais medem até 400 µm Inclusões de óxidos nos piroxênios Se observam óxidos ao redor de piroxênio Presença de fenocrístais em matriz microlítica Minerais de alteração de formas subhédricas e anhédricas (clorita, argilominerais)	Lava andesítica Centro vulcânico Quiruvilca	Plag matriz K-Ar K-Ar
Ca 513	Minerais: plagioclásio (andesina), opx, cpx, anfibólio; óxidos e olivina como acessórios Textura: microlítica porfírica Minerais subhédricos e euhédricos em uma matriz vítrea microlítica Fenocrístais de plagioclásio, geminados, medem até 2 mm, e estão até cerca de 30% pouco anfibólio, de forma tabular, estão em aprox. 2% Alguns anfibólios apresentam inclusões de plagioclásio e piroxênio Aglomerados de óxidos, envolvendo plagioclásio e piroxênio Alguns fenocrístais de ortopiroxênios apresentam inclusões de plagioclásio Óxidos estão presentes na matriz, e também alguns como inclusões nos piroxênios Fenocrístais de olivina raros (aproximadamente 1%), e são de formas subhédricas.	Lava andesítica Cerro Quinga <i>Fotomicrografia 11a e 11b</i>	Plag matriz K-Ar K-Ar

Ca 520	Minerais: plagioclásio (andesina), opx, cpx, anfíbólio, óxidos Textura: microlítica porfírica Minerais subhédricos e euhédricos em uma matriz vítrea microlítica Fenocristais de plagioclásio, geminados, medem até 2 mm, e estão até cerca de 30% Fenocristais de anfíbólio são de forma tabular, medem até 5 mm, e estão em aprox. 2%. Anfíbólios apresentam inclusões de plagioclásio, estão um pouco alterados. Alguns fenocristais de ortopiroxênios apresentam inclusões de plagioclásio Óxidos estão presentes na matriz, e também alguns como inclusões nos piroxênios	Lava andesítica Centro vulcânico Urumalqui	Plag matriz K-Ar K-Ar
Ca 521	Minerais: plagioclásio (andesina), opx, cpx, olivina, anfíbólio, óxidos Textura: microlítica porfírica Minerais subhédricos e euhédricos em uma matriz vítrea microlítica Fenocristais de plagioclásio, geminados, medem até 2 mm, e estão até cerca de 30% Fenocristais de anfíbólio são de forma tabular, medem até 4 mm, (aprox. 3%). Anfíbólios estão alterados e parcialmente oxidados, alguns com inclusões de plagioclásio Alguns fenocristais de ortopiroxênios apresentam inclusões de plagioclásio Óxidos estão presentes na matriz, e também alguns como inclusões nos piroxênios Fenocristais de olivina raros (cerca de 1%), e são de formas subhédricas.	Lava andesítica Centro vulcânico Urumalqui	RT K-Ar
Ca 605	Minerais: plagioclásio (andesina), piroxênio, anfíbólio acessórios: óxidos, olivina Textura: microlítica porfírica Minerais subhédricos e euhédricos em uma matriz vítrea microlítica Fenocristais de plagioclásio, geminados, medem até 1.5 mm, e estão até cerca de 30% Fenocristais de anfíbólio são de forma tabular, medem até 5 mm, e estão em aprox. 2%. Anfíbólios apresentam inclusões de plagioclásio, estão um pouco alterados. Alguns fenocristais de ortopiroxênios apresentam inclusões de plagioclásio Presença de cristais de olivina. Óxidos estão presentes na matriz, e também alguns como inclusões nos piroxênios	Lava andesítica Centro vulcânico Urumalqui	RT K-Ar
Ca 610	Minerais: Plagioclásio, piroxênio e óxidos (acessório) Textura: microlítica fluidal Plagioclásio em forma tabular alongada (40%), euhédricos, não determinável teor de An. Piroxênio e outros em forma de microlitos de 50 - 10µm Piroxênio em forma de fenocristal, cerca de 5% Presença de óxidos, cerca de 15-20%	Lava andesítica Centro vulcânico Quinga	RT K-Ar Rb-Sr Sm-Nd

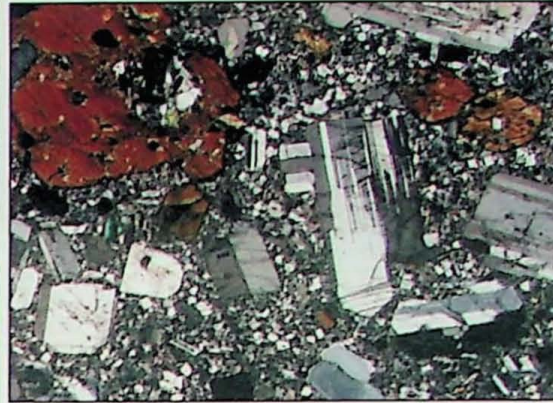
Ca 613	Minerais: plagioclásio (andesina), anfíbólio, quartzo, biotita Presença de minerais acessórios: óxidos e argilominerais Textura: Textura porfírica com matriz microlítica Poucos fenocristais de anfíbólio medem até 2mm, correspondendo a 5% Fenocristais de biotita atingem até 1 mm e correspondem a aproximadamente 2% Em geral os fenocristais são subhédricos e euhédricos Minerais opacos (óxidos) atingem 5% Plagioclásio com geminação, cujo teor de An é correspondente ao da andesina.	Subvulcânica Stock	RT	K-Ar
Ca 634	Minerais: plagioclásio, biotita, quartzo, anfíbólio, óxidos. Textura: granular Plagioclásio um pouco alterado, não se observa geminação. Cristais medem até 1.5 mm de longitude. Biotita anedrica que preenchem as cavidades entre os cristais. Em geral os cristais são de formas subhédricas a anédricas Anfíbólio aparece de forma subhédrica. Presença de aglomerados de anfíbólio e biotita. Inclusões de anfíbólio em alguns cristais de plagioclásio	Granodiorito Batolito de la Costa	Biotita	Ar-Ar
Ca 635	Minerais: Plagioclásio (oligoclásio) e anfíbólio, como minerais primários. Presença de minerais acessórios: óxidos, argilominerais e clorita Textura: textura porfírica com matriz microlítica Os cristais de anfíbólio são de forma subhédricos. Alguns apresentam inclusões de plagioclásio. Além disso alguns apresentam bordas de óxidos Fenocristais de plagioclásio são subhédricos y euhédricos, apresentam geminação Freqüentemente se distinguem óxidos associados com os anfíbólios Fenocristais de plagioclásio zonados e com inclusões vitreas	Lava andesítica Centro vulcânico Alto Dorado	RT	K-Ar Rb-Sr Sm-Nd
Ca 637	Minerais: Plagioclásio (oligoclásio) e anfíbólio. Presença de minerais acessórios: óxidos, argilominerais e clorita Textura: textura porfírica com matriz microlítica Há poucos cristais de anfíbólio, são de forma subhédricos. Fenocristais de plagioclásio são subhédricos y euhédricos, apresentam geminação com teor de Anortita correspondente ao do oligoclásio. Freqüentemente se distinguem óxidos associados com os anfíbólios Fenocristais de plagioclásio ora zonados e com inclusões vitreas	Lava andesítica Centro vulcânico Alto Dorado	RT	K-Ar Rb-Sr Sm-Nd

Ca 639	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), anfíbólio acessórios: óxidos, clorita, argilominerais. Textura: microlítica porfírica Fenocristais de plagioclásio estão em proporção de 30%. Plagioclásio mede até 4 mm, são de formas euhédricas, e predominam os de 1 mm. Anfíbólio de até 2mm (10-15%). Os cristais são euhédricos e apresentam bordas de óxidos, alguns anfíbólios estão completamente alterados ou associados a óxidos Abundantes microlitos de plagioclásio estão presentes na matriz.	Andesito Vulcão Totora	RT K-Ar Rb-Sr Sm-Nd
Ca 641	Minerais: plagioclásio (andesina), anfíbólio, quartzo, biotita Presença de minerais acessórios: óxidos e argilominerais Textura: Textura porfírica com matriz microlítica Fenocristais de anfíbólio medem até 4mm, correspondendo a 15% Fenocristais de biotita atingem até 1 mm e correspondem a aproximadamente 2% Em geral os fenocristais são subhédricos e euhédricos Presença de anfíbólio um pouco alterado Plagioclásio com geminação, cujo teor de An é correspondente ao da andesina. Minerais opacos (óxidos) atingem 5%	Subvulcânica Stock	Anfíbólio Ar-Ar
Ca 643	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), anfíbólio, biotita, quartzo, óxidos Textura: eutaxítica com matriz vítrea vesicular Fenocristais de biotita de até 1.5 mm, aproximadamente 10% Em geral os minerais são de forma subhédricos Presença de alguns minerais de plagioclásio zonados Os óxidos ferrotitaníferos estão em aprox. 5% na matriz Fenocristais de anfíbólio de formas subhédricas estão em aprox. 5% Quartzo subhedral e anedral aprox. 5% e medem entre 50-200 µm	Pomes riolítico Vulcão Quesquenda	Biotita Ar-Ar
Ca 645	Minerais: plagioclásio (oligoclásio), anfíbólio, biotita, quartzo. Textura: Textura porfírica com matriz microlítica Bastante Plagioclásio (40%) de até 2mm de longitude, geminados, com teor de An = Oligoclásio Se distinguem aglomerados de plagioclásio com biotita e anfíbólio. Poucos fenocristais de anfíbólio euhédricos e subhédricos, com até 3 mm de longitude Fenocristais de quartzo subhedral com borda corroída Anfíbólio e biotita correspondem a cerca de 5%	Subvulcânica Stock	RT Ar-Ar

ANEXO VIII
FOTOMICROGRAFIAS
(Fotos de Danilo Reis Rolim)



1a. Stock subvulcânico riolítico, com textura porfiritica e matriz microlítica, fenocristais de plagioclásio e anfibólio. Lado menor mede 7mm (Ca-32).



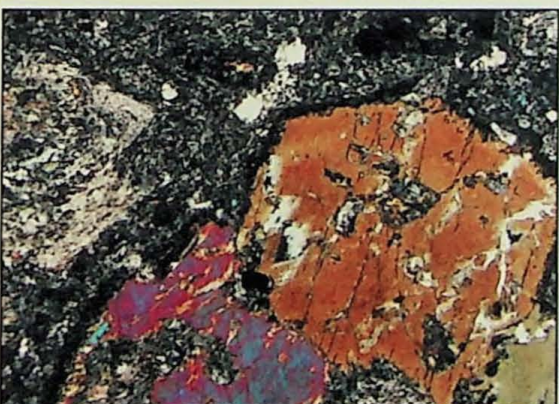
1b. Idem, com polarizadores cruzados. Fenocristais de plagioclásio com teor de An = oligoclásio. Lado menor da foto mede 7mm.



2a. Lava andesítica do centro vulcânico Quiruvilca. Textura porfiritica com cristais de plagioclásio em matriz afanítica. Lado menor mede 7mm. (Ca-159).



2b. Idem, Ca-159 com polarizadores cruzados. Plagioclásio geminado com teor de An referente à Andesina. O lado menor mede 7mm.



3. Stock subvulcânico dacítico, com fenocristais de anfibólio em matriz microlítica. Amostra Ca - 147 com polarizadores cruzados. Lado menor = 7mm.



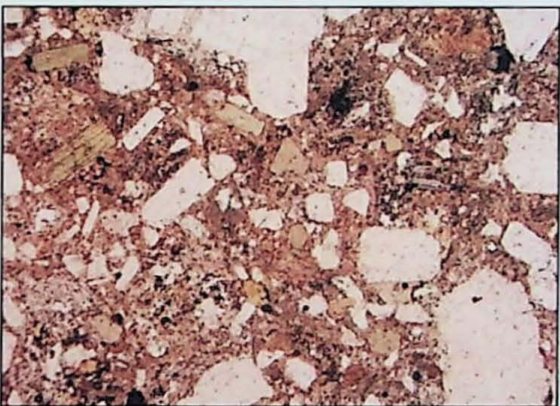
4. Riolito de stock subvulcânico com fenocristais de anfibólio e plagioclásio (oligoclásio). Amostra Ca-267 com polarizadores cruzados. Lado maior mede 7mm.



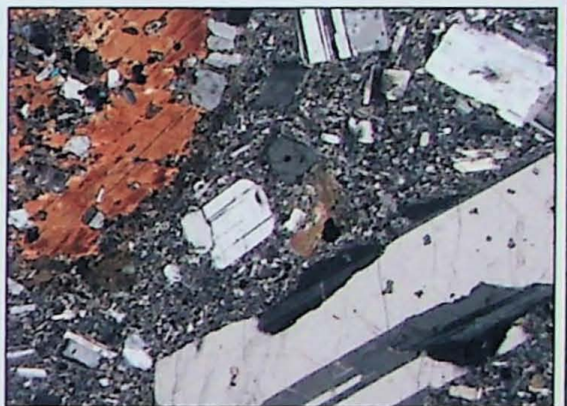
5. Cristais de biotita dos granodioritos do Batolito de la Costa observado com polarizadores paralelos. O lado menor mede 7mm. (Ca-283).



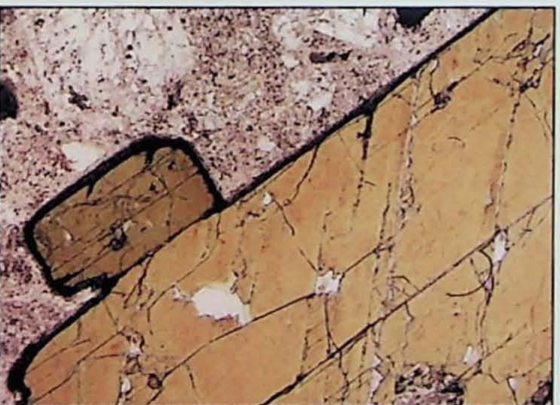
6. Aspecto textural de lava andesítica proveniente do ventro vulcânico Urumalqui. Fenocristais de andesina em matriz microlítica. (Ca-432). Lado menor = 7mm.



7. Tufo dacítico proveniente do vulcão Urumalqui, com fenocristais de andesina e anfibólio em matriz microlítica, amostra Ca-431. Lado menor mede 7mm.



8. Aspecto textural de andesito do Vulcão Totoro, com fenocristais de oligoclásio e anfibólio em matriz microlítica. Amostra Ca-451. O lado menor mede 7mm.



9. Fenocristal de anfibólio de um stock subvulcânico dacítico, amostra Ca-458. O lado menor da foto mede 7mm.



10. Fenocristais de anfibólio e oligoclásio em pomes riolítico proveniente do vulcão Quesquenda. Amostra Ca-469. Lado menor da foto mede 7mm.



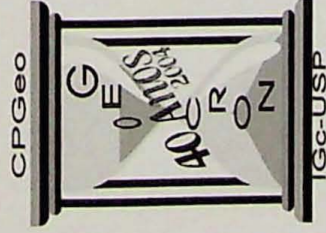
11a. Aspecto textural de lava andesítica proveniente Do cerro Quinga, amostra Ca-513. Fenocristais de plagioclásio em matriz microlítica. Lado menor = 7mm.



11b. Idem, com polarizadores cruzados, mostrando plagioclásio geminado, com teor de An = Andesina. Lado menor da foto mede 7mm.

ANEXO IX

TABELA DE RESULTADOS: K – Ar

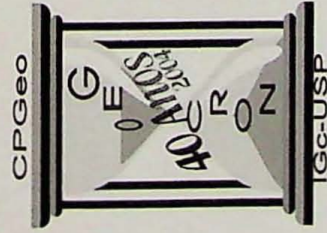


CPGeo - Centro de Pesquisas Geocronológicas - Instituto de Geociências - USP

Datação K/Ar

Interessado: C49 - TF Danilo/UC

SPK	N. de Campo	Material Analisado	Rocha	% de K	erro de K (%)	Ar ⁴⁰ Rad ccSTP/g (*10 ⁻⁶)	Ar ⁴⁰ Atm (%)	Tmax (Ma)	Idade (Ma)	Erro Max (Ma)
7984	CA-159 C49	Plag	Lava andesítico	0,4381	4,7576	0,81	61,28	52,2	47,1	5,1
7974	CA-159 C49	Matriz	Lava andesítico	2,1003	0,9453	1,42	24,98	17,9	17,3	0,5
7993	CA-267 C49	Plag	subvulcanica	0,4282	0,5000	0,25	68,59	16,1	15,0	1,0
7966	CA-267 C49	Biot	subvulcanica	6,4719	0,5000	2,21	79,00	9,7	8,8	0,9
7965	CA-431 C49	RTOT	Dacito	1,0977	1,9084	0,70	76,12	17,6	16,3	1,3
7951	CA-432 C49	RTOT	Lava Andesítica	1,4004	0,5000	0,91	64,85	17,9	16,7	1,2
7981	CA-451 C49	Plag	Lava Andesítica	0,5289	1,6177	0,85	55,44	43,5	40,8	2,7
7973	CA-451 C49	Matriz	Lava Andesítica	1,3537	0,8691	0,95	37,06	18,6	18,0	0,6
7994	CA-469 C49	Plag.	fluxo piroclastico	0,3888	0,5000	0,25	94,64	19,9	16,5	3,4

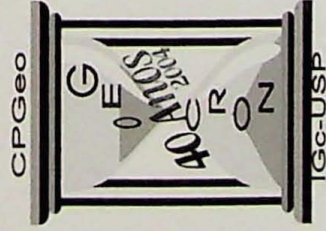


CPGeo - Centro de Pesquisas Geocronológicas - Instituto de Geociências - USP

Datação K/Ar

Interessado: C49 - TF Danilo/UC

SPK	N. de Campo	Material Analisado	Rocha	% de K	erro de K (%)	Ar ⁴⁰ Rad ccSTP/g (*10 ⁻⁶)	Ar ⁴⁰ Atm (%)	Tmax (Ma)	Idade (Ma)	Erro Max (Ma)
7983	CA-470 C49	Plag.	Lava Andesítica	0,2501	3,8599	0,63	60,24	70,1	63,9	6,3
7977	CA-470 C49	Matriz	Lava Andesítica	1,3071	0,5000	1,23	36,35	24,9	24,2	0,7
7989	CA-513 C49	Plag.	Lava Andesítica	1,4900	1,6853	1,63	43,11	29,3	28,0	1,3
7976	CA-513 C49	Matriz	Lava Andesítica	0,4768	0,5000	0,45	83,36	26,0	24,0	2,0
7990	CA-520 C49	Plag.	Lava Andesítica	0,2946	0,5000	0,48	69,27	44,5	41,6	2,9
7978	CA-520 C49	Matriz	Lava Andesítica	1,0026	0,5897	0,69	70,01	19,2	17,8	1,4
7952	CA-521 C49	RTOT	Lava Andesítica	0,6276	0,9135	0,46	72,11	20,1	18,7	1,5
7953	CA-605 C49	RTOT	Lava Andesítica	1,1691	0,8053	0,76	75,88	18,3	16,7	1,6
7954	CA-610 C49	RTOT	Lava Andesítica	0,8619	0,6307	1,02	44,72	31,4	30,2	1,2



CPGeo - Centro de Pesquisas Geocronológicas - Instituto de Geociências - USP

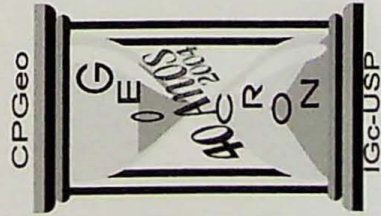
Datação K/Ar

Interessado: C49 - TF Danilo/UC

SPK	N. de Campo	Material Analisado	Rocha	% de K	erro de K (%)	Ar ⁴⁰ Rad ccSTP/g (*10 ⁻⁶)	Ar ⁴⁰ Atm (%)	Tmax (Ma)	Idade (Ma)	Erro Max (Ma)
7955	CA-613 C49	RTOT	Subvulcanico	2,7734	0,5000	2,29	31,96	21,8	21,1	0,7
7956	CA-635 C49	RTOT	lava andesítico	1,3109	0,5652	1,04	49,80	21,3	20,4	1,0
7957	CA-637 C49	RTOT	lava andesítico	1,5915	0,7895	1,15	48,16	19,3	18,5	0,8
7958	CA-639 C49	RTOT	Lava andesítico	1,4822	0,5000	1,19	55,81	21,5	20,6	1,0
7959	CA-645 C49	RTOT	subvulcanica	2,1813	0,9857	2,33	35,13	28,2	27,3	0,9

ANEXO X

TABELA DE RESULTADOS: Rb – Sr



CENTRO DE PESQUISAS GEOCRONOLÓGICAS

Interessado: C49 - TF Danilo

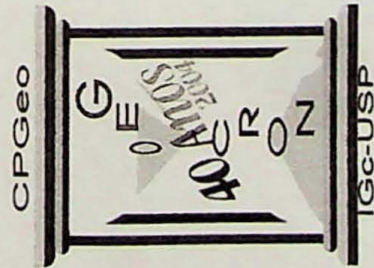
DATAÇÃO Rb/Sr

SPR	No. Campo	Material	Rb	Sr	1/Sr	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	T(Ma)	(Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶) ₀
			(ppm)	(ppm)		(Y)	(X)	$\lambda = 1.42$	p/T(Ma)
4076	CA-32 C49	RTOT/Subvulcanica	38,93	633,26	0,00158	0,70459	0,1779	20	0,70454
4077	CA-431 C49	RTOT/Dacito	35,51	637,36	0,00157	0,70493	0,1612	16,3	0,70489
4078	CA-432 C49	RTOT/Lava Andesitica	51,37	370,93	0,0027	0,70440	0,4007	16,7	0,70430
4079	CA-458 C49	RTOT/Subvulcanica	30,30	542,02	0,00184	0,70449	0,1618	20	0,70445
4080	CA-610 C49	RTOT/Lava Andesitica	22,93	358,45	0,00279	0,70419	0,1851	30,2	0,70411
4081	CA-635 C49	RTOT/Lava andesitico	35,83	545,67	0,00183	0,70433	0,1900	20,4	0,70427
4082	CA-637 C49	RTOT/Lava andesitico	50,78	609,19	0,00164	0,70436	0,2412	18,5	0,70430
4083	CA-639 C49	RTOT/Lava andesitico	44,76	609,94	0,00164	0,70477	0,2123	20,6	0,70470

ANEXO XI

TABELA DE RESULTADOS: Sm – Nd

DOAÇÃO
<i>IGC-USP</i>
Data: <i>24/03/06</i>



Centro de Pesquisas Geocronológicas - CPGeo - IG - USP

Interessado: C49 - TF Danilo Datação: Sm/Nd

SPS	No. Campo	Material	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	Erro	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Erro	$f_{\text{Sm/Nd}}$	T_{DePaolo} (Ga)	$\epsilon_{(0)}$
4076	CA-32 C49	RTOT/Subvulcanica	3,131	15,621	0,1212	0,0004	0,512702	0,000009	-0,38	0,6	1,25
4077	CA-431 C49	RTOT/Dacito	5,683	26,654	0,1289	0,0004	0,512666	0,000009	-0,34	0,7	0,54
4078	CA-432 C49	RTOT/Lava Andesitica	4,043	18,312	0,1335	0,0004	0,512695	0,000009	-0,32	0,7	1,12
4079	CA-458 C49	RTOT/Subvulcanica	3,254	14,543	0,1353	0,0004	0,512746	0,000009	-0,31	0,6	2,11
4080	CA-610 C49	RTOT/Lava Andesitica	4,175	16,491	0,1531	0,0005	0,512739	0,000008	-0,22	0,8	1,98
4081	CA-635 C49	RTOT/Lava andesitico	4,407	20,923	0,1274	0,0004	0,512713	0,000009	-0,35	0,6	1,45
4082	CA-637 C49	RTOT/Lava andesitico	3,826	19,445	0,1190	0,0004	0,512731	0,000007	-0,40	0,5	1,82
4083	CA-639 C49	RTOT/Lava andesitico	3,673	18,237	0,1218	0,0004	0,512687	0,000008	-0,38	0,6	0,96

