

## Tesis de Posgrado

# Estudio paleomagnético de las manifestaciones tipo pórfido cuprífero de Farallón negro, Provincia de Catamarca

Nabel, Paulina E.

1981

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Nabel, Paulina E.. (1981). Estudio paleomagnético de las manifestaciones tipo pórfido cuprífero de Farallón negro, Provincia de Catamarca. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_1726\\_Nabel.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1726_Nabel.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Nabel, Paulina E.. "Estudio paleomagnético de las manifestaciones tipo pórfido cuprífero de Farallón negro, Provincia de Catamarca". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1981.

[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_1726\\_Nabel.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1726_Nabel.pdf)

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

ESTUDIO PALEOMAGNETICO DE LAS MANIFESTACIONES TIPO PORFIDO  
CUPRIFERO DE FARALLON NEGRO. PROVINCIA DE CATAMARCA

Autor: Paulina E. NABEL  
Director: Daniel A. VALENCIO

1981

- 1726 -  
g.4

A mi padre, que creía en un futuro luminoso para la humanidad y en la capacidad del hombre de contestar sus propias preguntas. Que me infundió una visión romántica de la ciencia, poblada de un hálito universalista y trascendente.  
A mi padre, que quería un hijo doctor.

## R E S U M E N

El objetivo del presente trabajo fue obtener información respecto a la génesis de los yacimientos de cobre diseminado presentes en Farallón Negro, sobre la base del estudio paleomagnético de los mismos.

Con ese fin se estudiaron muestras provenientes de cinco bajos topográficos conocidos como: Bajo del Durazno, Bajo del Agua Tapada, Bajo Las Pampitas, Bajo La Alumbraera y Bajo San Lucas, donde se ha verificado la existencia de los mencionados yacimientos. También se estudiaron paleomagnéticamente muestras de rocas sin alterar del Grupo Volcánico Farallón Negro que pudieran estar vinculadas genéticamente con la mineralización.

Las direcciones de la magnetización remanente estable provenientes de las rocas mineralizadas se alinearon a lo largo de dos círculos máximos sugiriendo la presencia de fenómenos de remagnetización e indicando que las rocas debieron haber adquirido durante su historia geológica más de una remanencia.

Para que la información obtenida resulte comparable con los círculos de confianza de las direcciones medias, se han trazado bandas de direcciones con un ancho equivalente a dos desviaciones standard, las que se utilizan por primera vez con este fin (en conocimiento de la autora) en la bibliografía paleomagnética.

La intersección de dichas bandas ha permitido definir un área dentro del cual se encuentra la dirección de magnetización estable representativa del fenómeno hidrotermal.

La comparación de dicha información con aquella proveniente de las rocas sin alterar del Grupo Volcánico Farallón Negro sugiere que las monzonitas y las riocacitas son las rocas que pudie

ron estar vinculadas genéticamente con la mineralización. Este es un aporte del presente estudio, el que demuestra la validez del método para dilucidar vinculaciones genéticas en yacimientos hidrotermales de cobre disseminado.

A su vez se ha sugerido la posibilidad de que el fenómeno hidrotermal se produjera con anterioridad al ascenso de las Sierras Pampeanas circundantes y se ha discutido las relaciones entre la mineralización y el sistema de fracturas presentes dentro del área de YMAD.

## INDICE GENERAL

<u>RESUMEN</u>	<u>PAGINA</u>
INDICE DE CUADROS	4
INDICE DE FIGURAS	6
I. INTRODUCCION .....	16
I.1. Objetivos generales.....	16
I.2. Ubicación geográfica.....	19
I.3. Antecedentes	21
I.3.1. Legales	21
I.3.2. Geológicos	21
II. GEOLOGIA .....	23
II.1. Estratigrafía. Relaciones generales	23
II.1.1. Basamento Cristalino.....	23
II.1.2. Estratos Calchaquenses .....	25
II.1.3. Grupo Volcánico Farallón Negro	25
II.1.4. Araucanense .....	28
II.1.5. Cuaternario	29
II.1.6. Estructura	29
II.2. Incógnitas y controversias	30
II.3. Descripción geológica de las áreas muestreadas.	
II.3.1. Bajo La Alumbreira	32
II.3.2. Bajo del Durazno .	34
II.3.3. Bajo del Agua Tapada	36
II.3.4. Bajo Las Pampitas	36
II.3.5. Bajo San Lucas .....	38
II.3.6. Zonas muestreadas no afectadas por alteración hidrotermal.....	39

III. ESTUDIO PALEOMAGNETICO	41
III.1. Principios involucrados .....	41
III.2. Metodología empleada	48
III.2.1. Trabajo de campo	48
III.2.2. Trabajo de gabinete .....	49
III.3. Resultados	59
III.3.1. Bajo La Alumbraera .....	59
III.3.2. Bajo del Durazno .....	58
III.3.3. Bajo del Agua Tapada .....	77
III.3.4. Bajo Las Pampitas .....	84
III.3.5. Bajo San Lucas .....	93
III.3.6. Monzonita de Alto de la Blenda.....	103
III.3.7. Andesitas cuarcíferas .....	110
III.3.8. Riodacitas de Macho Muerto .....	117
III.3.9. Riolitas .....	124
III.4. Discusión y comparación de los resultados obtenidos	130
III.5. Conclusiones	157
IV. AGRADECIMIENTOS	159
V. BIBLIOGRAFIA	160
ANEXO I	167

INDICE DE CUADROS

PAGINA

## CUADRO N°1

- Unidades que componen el Grupo Volcánico Farallón Negro.... 27

## CUADRO N°2

- Resultados del estudio paleomagnético de las muestras del:

2 a - Bajo La Alumbraera	66
2 b - Bajo del Durazno .....	76
2 c - Bajo del Agua Tapada .....	83
2 d - Bajo Las Pampitas	92
2 e - Bajo San Lucas .....	102
2 f - Monzonitas .....	109
2 g - Andesitas cuarcíferas .....	115
2 h - Riodacitas .....	123
2 i - Riolitas .....	129

## CUADRO N°3

- Comparación de los comportamientos magnéticos medios de cada una de las unidades estudiadas.....131

## CUADRO N°4

- Direcciones medias de la m.r.e. de cada una de las unidades estudiadas .....
- 135



CUADRO N° 5

- Criterio de asignación de pesos a las direcciones de m.r.e. de las áreas mineralizadas. 141

CUADRO N°6

- 6.a. Ajuste del círculo máximo y desviación standard de las direcciones medias. 143
- 6 b. Ajuste del círculo máximo y desviación standard de las direcciones intermedias. 143

I N D I C E    D E    F I G U R A S

	<u>PAGINA</u>
FIGURA 1.- Mapa de ubicación del distrito Agua de Dionisio	20
FIGURA 2.- Mapa geológico de Farallón Negro (Llambías,1970)	
FIGURA 3.- Vista aérea del Bajo La Alumbreira	33
FIGURA 4a.- Direcciones de la magnetización remanente residual de las muestras 1565 y 2216, luego de ser sometida a desmagnetización por campos magnéticos alternos. inclinación negativa,      inclinación positiva...	55
FIGURA 4b.- Direcciones de la magnetización remanente residual de las muestras 2214 y 2216, luego de ser sometidas a desmagnetización por medio de calor.....	56
FIGURA 5a.- Curvas de la variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de las muestras 1565 y 2216, en función del campo alterno desmagnetizante; $J_r$ representa la intensidad de la magnetización residual correspondiente a una etapa dada de desmagnetización $J_0$ es la intensidad de la magnetización remanente natural; $H_d$ representa los valores del campo alterno desmagnetizante, expresado en Oersteds.....	57
FIGURA 5b.- Curvas de variación de la magnetización remanente residual de las muestras 2214 y 2216 en función de la temperatura ( $T^\circ C$ expresada en grados centígrados) $J_r$ y $J_0$ igual que en la Figura 5a.....	57
FIGURA 6a.- Direcciones de la magnetización remanente residual de las muestras 1225 y 1227 del Bajo La Alumbreira luego de ser sometidas a desmagnetizaciones en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos. Referencias igual que Figura 4a. ....	61

FIGURA 6b.- Direcciones de la magnetización remanente residual de la muestra 1230 del Bajo La Alumb<sup>u</sup>brera, al ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. Referencias igual que Figura 4a. .... 62

FIGURA 7a.- Curvas de variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de las muestras 1225 y 1227 del Bajo La Alumb<sup>u</sup>brera, en función del campo alterno desmagnetizante..... 63

FIGURA 7b.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 1230 del Bajo La Alumb<sup>u</sup>brera, en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica..... 63

FIGURA 8.- Direcciones de la magnetización remanente estable de las muestras del Bajo La Alumb<sup>u</sup>brera, después de haber sido desmagnetizadas parcialmente por medio de campos alternos y calor. Referencia igual que Figura 4a y + Dirección del campo magnético terrestre  $\theta$  Dirección del campo dipolar axial y geocéntrico.....65

FIGURA 9a.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 1103 y 1108 del Bajo del Durazno luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos. Referencias igual que Figura 4a.....71

FIGURA 9b.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 1103 y 1108, al ser sometidas a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. Referencias igual que Figura 4a.....72

- FIGURA 10a.- Curva de variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de las muestras 1103 y 1108 del Bajo del Durazno en función del campo alterno desmagnetizante. ....73
- FIGURA 10b.- Curvas de variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de las muestras 1103 y 1108 del Bajo del Durazno en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica.....73
- FIGURA 11.- Direcciones de la m.r.e. de las muestras del Bajo del Durazno. Referencias igual que Figuras 4a y 8. ....75
- FIGURA 12a.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 1444 y 1453 del Bajo del Agua Tapada, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos. Referencias igual que Figura 4a. ....78
- FIGURA 12b.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de la muestra 1452 del Bajo del Agua Tapada al ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. Referencias igual que Figura 4a. ....79
- FIGURA 13a.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las muestras 1444 y 1453 del Bajo del Agua Tapada en función del c.a. desmagnetizante. Referencias como en la Figura 5a.....80

FIGURA 13b.- Curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 1452 del Bajo del Agua Tapada, en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica. ....	80
FIGURA 14 .- Direcciones de la m.r.e. de las muestras del Bajo del Agua Tapada. Referencia igual que Figuras 4a y 8. ....	82
FIGURA 15a.- Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de las muestras 1554, 1564 y 1572 del Bajo Las Pampitas, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos. Referencias como en la Figura 4a.....	86
FIGURA 15b.- Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de las muestras 1563, 1569 y 1571 del Bajo Las Pampitas, al ser sometidas a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. ....	87
FIGURA 16a.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función del campo alterno desmagnetizante de las muestras 1554, 1564 y 1572 del Bajo Las Pampitas. ....	88
FIGURA 16b.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica de las muestras 1563, 1569 y 1571 del Bajo Las Pampitas.....	88

- FIGURA 17.- Direcciones de la m.r.e. de las muestras del Bajo Las Pampitas, después de haber sido desmagnetizadas parcialmente por medio de c.a. y calor. Referencias igual que en Figuras 4a y 8. .... 91
- FIGURA 18a.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 1336 y 1341 del Bajo San Lucas, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos Referencias igual que Figura 4a. .... 95
- FIGURA 18b.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de la muestra 1341 del Bajo San Lucas, luego de ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. .... 96
- FIGURA 19a.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función del c.a. desmagnetizante de las muestras 1336 y 1341 del Bajo San Lucas. .... 97
- FIGURA 19b.- Curva de variación de la m.r. residual de la muestra 1341 del Bajo San Lucas en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica. .... 97
- FIGURA 20 .- Direcciones del m.r.e. de las muestras del Bajo San Lucas, después de haber sido desmagnetizadas parcialmente por medio de campos alternos y calor. Estas direcciones poseen corrección por estructura. Referencias igual que en Figuras 4a y 8. .... 100.

- FIGURA 21.- Direcciones del m.r.e. de las muestras del Bajo San Lucas sin correcciones por estructura. ....101
- FIGURA 22a.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 2178 y 2190 pertenecientes a las monzonitas, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos. Referencias igual que Figura 4a. ....104
- FIGURA 22b.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 2178 y 2192 pertenecientes a las monzonitas al ser sometidas a desmagnetización, por medio de calor en etapas progresivas. ....105
- FIGURA 23a.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función del c.a. desmagnetizante de las muestras de monzonita 2178 y 2190. ....106.
- FIGURA 23b.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r.residual de las muestras 2178 y 2192 de monzonita en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica. ....106.
- FIGURA 24.- Direcciones de la m.r.e. de las muestras de monzonita, después de haber sido desmagnetizadas parcialmente por medio de c.a. y calor Referencias igual que Figuras 4a y 8. ....108

FIGURA 25a.- Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de las muestras 2214 y 2218 de andesita cuarcífera, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos. Referencias igual que Figura 4a. ....	111
FIGURA 25b.- Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de la muestra 2214 de andesita cuarcífera, luego de ser sometida a desmagnetización en etapas progresivas por medio de calor.....	112
FIGURA 26a.- Curvas de variación de la intensidad de m.r. residual de las muestras 2214 y 2218 de andesita cuarcífera en función del c.a. desmagnetizante. ....	113
FIGURA 26b.- Curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 2214 de andesita cuarcífera en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de desmagnetización térmica.....	113
FIGURA 27 .- Direcciones de la m.r.e. de las muestras de andesita cuarcífera, después de haber sido desmagnetizadas parcialmente por medio de campos alternos y calor. Referencias igual que Figuras 4a y 8. ....	116
FIGURA 28a.- Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de las muestras 24100 y 24101 de riódacita luego de ser sometidas a desmagnetización por medio de campos magnéticos alternos en etapas progresivas. Referencias igual que Figura 4a. ....	118
FIGURA 28b. Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de la muestra 2495 de riódacita desmagnetizada por calor.....	119



- FIGURA 29a.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las muestras 24100 y 24101 de riodacita, en función del c.a. desmagnetizante. ....120
- FIGURA 29b.- Curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 2495 de riodacita en función de la Temperatura máxima alcanzada en cada etapa de desmagnetización térmica.....120
- FIGURA 30. - Direcciones de la m.r.e. de las muestras de riodacita, después de haber sido desmagnetizadas parcialmente por medio de c.a. y calor. Referencias igual Figura 4a y 8. ....122
- FIGURA 31a.- Direcciones de la m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 2382 y 2387 pertenecientes a riolitas luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos. Referencias igual que Figura 4a. ....125
- FIGURA 31b.- Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de la muestra 2385 perteneciente a las riolitas, luego de ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. ....126
- FIGURA 32a.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las muestras 2382 y 2387 de riolitas en función del campo magnético alterno desmagnetizante. ....127

- FIGURA 32b.- Curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 2385 de riolita en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de desmagnetización térmica..... 127
- FIGURA 33.- Direcciones de la m.r.e. de las muestras de riolita, después de haber sido desmagnetizadas parcialmente por medio de c.a. y calor..... 128
- FIGURA 34a.- Direcciones medias de la magnetización remanente estable de las muestras obtenidas de los diferentes Bajos mineralizados y banda de direcciones ..... 136
- FIGURA 34b.- Direcciones medias de la m.r.e. de las rocas del Grupo Volcánico Farallón Negro sin alterar.  
Referencias igual que Figuras 4a y 8 ..... 137
- FIGURA 35.- Paleopolos de las rocas alteradas en el Bajo San Lucas y paleopolos de la Formación Ñuñorco ..... 146
- FIGURA 36.- Direcciones intermedias de m.r.e. de muestras de las áreas mineralizadas y banda de direcciones ..... 148

FIGURA 37.- Areas de intersección de las bandas  
de direcciones

151

## I.- INTRODUCCION

### I.1. Objetivos generales

El presente trabajo, en su carácter de tesis, representa el requisito fundamental que ha de presentarse ante las autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, para optar al título de Doctor en Ciencias Geológicas.

En los últimos años se ha producido un aumento exponencial de la búsqueda de recursos minerales ocultos a la observación directa, debido a las urgentes necesidades de nuestra sociedad industrializada, concomitantemente con el agotamiento de las reservas conocidas.

La búsqueda de yacimientos se ha visto facilitada y enriquecida por múltiples técnicas, cada vez más complejas, que permiten la localización de áreas de interés económico, lo que está indisolublemente ligado con el conocimiento más detallado y preciso de las mismas. Es por ello que las observaciones y los datos que se acumulan sobre la génesis y los mecanismos de formación de los diferentes tipos de yacimientos, permiten elaborar una teoría ó definir puntos de partida conceptuales que expliquen los hechos conocidos y que permitan predecir los que aún se desconocen. Asimismo, el conocimiento de las relaciones témporo-espaciales de los yacimientos que presentan manifestaciones superficiales, facilitan la localización de aquéllos que no las poseen.

En los últimos años, el descubrimiento de recursos minerales ocultos a la observación directa, se ha visto enriquecido por una visión teórica del tema. El nuevo concepto de la Teoría de Tectónica de Placas que considera a la Tierra como un conjunto dinámico, abre el camino hacia una mejor comprensión de la distribución global de los depósitos

minerales, (Crawford, 1970; Rona, 1973; Tarling, 1973), tanto en el espacio como en el tiempo. Si bien en la actualidad, la extensión del concepto de Tectónica de Placas está limitado a proveer guías generales en el hallazgo de nuevas áreas mineralizadas, el conocimiento más detallado de la génesis de los depósitos minerales y sus relaciones con las rocas huésped darán lugar a posteriores refinamientos que permitan realizar predicciones más precisas en la localización de ciertos tipos de yacimientos. Particularmente, nos han interesado los yacimientos de cobre diseminado (porphyry copper), pues representan la mayor parte de la producción mundial de cobre en la actualidad y el futuro de dicha producción en nuestro país.

Uno de los aspectos sorprendentes de estos depósitos es que si bien se ubican en diversos ambientes y litologías, parecen estar siempre relacionados con un vulcanismo calcoalcalino e intrusivos félsicos asociados (Sillitoe, 1972).

En términos generales, los yacimientos de cobre diseminado están constituidos por cuerpos grandes y de baja ley, en los que predominan minerales primarios y/o secundarios de cobre en granos diseminados, en rocas donde se observa la presencia de zonas trizadas (stockworks), vetas y chimeneas de brecha, encontrándose por encima de una roca intrusiva ácida a intermedia ó de la roca huésped. La magnetita, que está generalmente asociada al origen de la mineralización, puede ser utilizada como una guía para el estudio y detección de los yacimientos de cobre diseminado. (Jerome, 1963). Es por ello particularmente adecuado el estudio paleomagnético de estos yacimientos, dado el óptimo comportamiento de la magnetita en los estudios mencionados.

Por otra parte se ha enfatizado (Sillitoe, 1972) en la estrecha relación existente entre la intrusión y la

mineralización de cobre diseminado, la que ha sido avalada por dataciones K-Ar, demostrando que los dos procesos son generalmente simultáneos, esto es, que la mineralización es singenética con respecto a la roca intrusiva asociada.

La elección del paleomagnetismo en el estudio de los yacimientos de cobre diseminado presentes en Farallón Negro (Prov. de Catamarca) intenta el aporte de nuevos datos para el conocimiento de dichos yacimientos y la posible resolución de indeterminaciones que no han sido resueltas con los métodos geológicos tradicionales. Esta técnica se aplica por primera vez en Sud América para el estudio de yacimientos, y, en este caso, ha demostrado ser resolutive en el esclarecimiento de una serie de problemas geológicos, entre los que se destaca: la determinación de la relación genética de la mineralización con las rocas adyacentes y con la estructura de fallamiento presente en el área.

Existe una amplia bibliografía que ejemplifica la aplicación de estudios paleomagnéticos a la geología económica. Así, diversos investigadores, han encarado el estudio de la formación de los depósitos minerales, desde el punto de vista del magnetismo de las rocas, utilizando para ello las diferentes propiedades magnéticas de los minerales. Asimismo, fueron realizados estudios de yacimientos sedimentarios, en formaciones férricas bandeadas del Precámbrico (Gross and Strangway, 1961) y estudios tendientes a determinar la edad, correlación y origen de diferentes tipos de

yacimientos, por Porath (1968); Schwartz (1966); Hanus y Krs (1963); Ueno (1967-1975ayb); Ueno et al. (1969 y 1975); Jones (1968); Vaughan et al. (1971).

## I.2. Ubicación geográfica

El área con conspicua alteración hidrotermal y que presenta yacimientos de cobre diseminado, objeto del presente estudio, se ubica en la reserva del distrito mineralizado Yacimientos Mineros Aguas de Dionisio (YMAD) ó Farallón Negro, como comunmente se le conoce.

Está situado a 24 Km de la localidad Los Nacimientos, la que se encuentra ubicada sobre la Ruta Nac. N° 40, entre las poblaciones de Belén y Santa María, en el Distrito de Hualfín, Dto. Belén, Pcia. de Catamarca, Figura 1.

LLambías (1970), cuyo mapa geológico del área hemos utilizado para este trabajo, lo denomina Farellón Negro, por lo cual hemos respetado esta denominación en la Figura 2.

El campamento central se encuentra ubicado a 2670 m.s.n.m. siendo las poblaciones cercanas mas importantes las de Belén, al SW, que dista 100 Km del mismo, y la de Andalgalá, hacia el SE, distante en un kilometraje equivalente, Un poco mas alejada se encuentra Santa María, al NE del área de YMAD.

En la actualidad, Farallón Negro cuenta con una población estable de unas 500 personas, constituida por mineros, que trabajan en los yacimientos de veta, y sus familias.

El clima de la región es desértico, con un promedio anual de las precipitaciones de 200 mm, distribuidas en algunas nevadas invernales y lluvias torrenciales vera-





niegas. Las amplitudes térmicas son elevadas, como corresponde a zonas con clima continental, con inviernos y veranos relativamente rigurosos.

En la comarca no existen cursos de agua permanente suficientes como para cubrir las necesidades de consumo, por lo que se bombea la misma desde los Nacimientos. Sin embargo, recientemente se contrató con el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Hídrica (INCYTH), el estudio del suministro de agua para encarar los proyectos de explotación minera existentes, determinándose la factibilidad de utilizar, por captación, los ríos del faldeo occidental del Aconquija, previa ejecución de la red de canalización, reservorio y sistema de bombeo. Así también existe la posibilidad de aprovechar un acuífero hallado en el Campo del Arenal, al NE del área, realizando para ello, las obras ingenieriles correspondientes.

El relieve si bien está formado por serranías y morros aislados de poca altura relativa, es sumamente áspero, destacándose áreas deprimidas que presentan intensa alteración hidrotermal.

Farallón Negro representa una extensa zona volcánica, tectónicamente deprimida entre fallas a través de las cuales contacta con los bloques elevados de las Sierras Pampeanas.

### I.3. Antecedentes

#### 1.3.1. Legales

La reserva del Distrito Minero Agua de Dios, comprende un área de 34.398 Ha que el Poder Ejecutivo Nacional acordó a Yacimientos Mineros Agua

de Dionisio (YMAD), por Decreto-Ley N°14.771 de octubre de 1958. Este Decreto, concreta una larga historia de estudios, trabajos y disputas entre la Provincia de Catamarca y la Universidad Nacional de Tucumán. A través del "Acta de Farallón Negro" se recomienda la explotación del mencionado distrito a un ente autárquico financiado por la Nación. A partir de 1974, comenzaron a realizarse trabajos de exploración y evaluación de los yacimientos de cobre diseminado, concretados por licitaciones internacionales. Estos estudios determinaron la factibilidad de la explotación, augurando un futuro promisorio a estos yacimientos.

En la actualidad, el proyecto de explotación de los yacimientos de cobre diseminado de Farallón Negro es uno de los más importantes de los que encara el país para el abastecimiento de cobre. Accesoriamente, estos yacimientos también poseen leyes de interés en oro, plata y molibdeno.

### I.3.2. Geológicos

Existen antecedentes escritos sobre el conocimiento de las riquezas de Farallón Negro, desde fines del siglo pasado. Pero recién en los trabajos de Peirano (1944-1945) se inicia el estudio detallado de estos yacimientos. Gonzalez Bonorino (1949 y 1950c) realizó un estudio de la alteración hidrotermal en Agua Tapada y el levantamiento geológico de las Hojas 12d (Capillitas) y 13d (Andalgalá). Asimismo, son numerosos los geólogos que han realizado trabajos en el área, entre ellos Stoll (1950); Tezón y de la Iglesia (1952); Tabachi y Re (1957); Quartino (1960); Gar

cía (1969, 1970 a y b), Sister (1963,1965), Llambías (1970 y 1972), González (1975), los que han contribuído al conocimiento geológico detallado de la región. Mas recientemente Godeas y Svetliza (1980); Bassi y Rochefort (1980).

## II.- GEOLOGIA

### II.1. Estratigrafía. Relaciones generales

#### II.1.1. Basamento Cristalino

Las rocas mas antiguas de la región, constituyen el Basamento Cristalino y afloran en los bloques elevados de las Sierras Pampeanas, que se ubican al sur y al este de Farallón Negro. Hacia el sur se eleva la Sierra de la Ovejería y hacia el este la Sierra Bola del Atajo, Figura 2, separadas del Grupo Volcánico Farallón Negro por fallas.

Son rocas metamórficas de grado mediano y bajo (pizarras filíticas, filitas, micacitas, cuarcitas micaceas y escasas calizas) intruídas por extensas rocas batolíticas, adamelliticas y graníticas de grado mediano a grueso, generalmente porfiroides y a veces con desarrollo de milonitas (González Bonorino, 1950 c).

La sierra de la Ovejería, constituída por esquistos y granitos, se pone en contacto con las rocas del Grupo Volcánico Farallón Negro a través de una falla de rumbo ENE-WSW. A lo largo de dicha falla ha ascendido y se ha inclinado el bloque con un ángulo de 20°-30°; hacia el SSE, pudiéndose calcular el rechazo de unos 3000m (González Bonorino, 1950c) En el contacto de la mencionada falla, se observan mani

festaciones de actividad hidrotermal. Este bloque elevado de la Sierra de la Ovejería separa al Grupo Volcánico Farallón Negro, de otro centro volcánico ubicado al sur del mismo, que se halla representado por el Grupo Volcánico de Vis-Vis.

La Sierra Bola del Atajo, ubicada al este de la reserva de YMAD, constituida por gneises, migmatitas y rocas graníticas, contactan con el Grupo Volcánico Farallón Negro, a través de un sistema de fallas. El bloque ascendido inclina, en conjunto, hacia el E-ESE. Esta Sierra constituye también, al igual que la Sierra de la Ovejería, un bloque elevado de las Sierras Pampeanas, que separa al Grupo Volcánico Farallón Negro de otro centro eruptivo, ubicado en este caso, al este de la reserva de YMAD y que está representado por el Grupo Volcánico del Atajo.

Se consideró que la edad del Basamento Cristalino es Precámbrica (Gonzalez Bonorino, 1950c; García 1970a). Sin embargo, las edades radimétricas de rocas graníticas recientemente obtenidas (Camino 1979) sugieren que la acción plutónica se mantuvo activa aún durante el Paleozoico temprano, llegando aparentemente hasta la parte mas baja del Carbónico. Según Vicente (1975), cita obtenida de Camino (1979), las Sierras Pampeanas eran zonas activas tanto tectónicas como magmáticamente durante todo el Paleozoico Temprano. Esta interpretación es coherente con los datos radimétricos obtenidos en nuestra zona de estudio por Cailles et al. (1971) quien registró edades de  $438.4 \pm 6,3$  y  $422,7 \pm 6,1$  m.a. (Ordovícico-Silúrico) para rocas del Basamento Cristalino muestreadas en el área cerca-

na a YMAD.

\* II.1.2. Estratos Calchaquenses (s.l.)

Sobre la superficie denudada del Basamento Cristalino se depositaron areniscas continentales atribuidas al Calchaquense, que en el área de YMAD se reducen a algunos afloramientos alargados al NE de la misma cerca de Las Escaleras (Figura 2). Son sedimentos de color rojizo, poco seleccionados e inmaduros, depositados seguramente en un clima de régimen semi-árido; estos pocos afloramientos no son fosilíferos. Se presentan en bancos con buena estratificación de rumbo NNW-SSE y estructura anticlinal.

En discordancia angular, sobre estas areniscas se asientan los primeros términos del Grupo Volcánico Farallón Negro. Por lo tanto, esta formación constituye la base de referencia que permite asignar un límite inferior a la edad del mencionado Grupo Volcánico. La ubicación cronológica de estas areniscas es un tanto imprecisa y han sido asignadas al Terciario Tardío (García, 1970a) y al Mioceno (Llambías 1970).

II.1.3. Grupo Volcánico Farallón Negro

Siguiendo los conceptos de Llambías (1970), la secuencia relativa de las rocas del Grupo Volcánico Farallón Negro, cuya composición varía desde basaltos a riolitas, se habría producido en el orden y de la manera en que se indica en el Cuadro N°1. El conjunto de rocas ígneas pertenece a la asociación volcánica: basalto toleítico-andesitas-riodacitas-riolitas.

\* Este término se ha utilizado en sentido amplio.

Ver página 169


El mencionado cuadro representa un resumen de las distintas unidades, su secuencia relativa, litología y forma de ocurrencia. De las rocas pertenecientes al Grupo Volcánico Farallón Negro, se han elegido para ser estudiadas paleomagnéticamente aquellas unidades que pudieran tener alguna relación genética o eventualmente ser coetaneas con el fenómeno de alteración hidrotermal, desechándose por ello los primeros términos del proceso volcánico. Esto se debe a que los yacimientos hidrotermales asociados a complejos volcánicos pueden responder a un esquema genético derivado de procesos de diferenciación magmática. (González Bonorino, 1950a).

El presente trabajo comprende el estudio de las zonas mineralizadas conocidas con los nombres de: Bajo del Durazno; Bajo del Agua Tapada; Bajo Las Pampitas; Bajo la Alumbreira y Bajo San Lucas. Figura 2. En estas áreas se ha verificado la existencia de yacimientos de cobre diseminado.

Las rocas presentes han experimentado una intensa alteración hidrotermal; este hecho se manifiesta en primer lugar, por las anomalías-color presentes. Las rocas gradan desde sus colores originales (general-

C U A D R O N° 1

UNIDADES QUE COMPONEN EL GRUPO VOLCANICO FARALLON NEGRO (Llambías, 1970)

Secuencia Relativa	Unidad	Ocurrencia	% areal	Alteración deutérica	Estudiadas paleomagnéticamente
	Riolitas	diques - domos	0,7	mediana	x
	Riodacitas de Macho Muerto	diques - domos	7,6	fuerte	x
	Andesitas cuarcíferas de Agua Tapada	domos diques	8,6	mediana	x
	Cuerpos Intrusivos del Durazno	stock domos diques	9,6	incipiente	x
	Monzonitas Alto de la Blenda	stock diques	28,2	no hay	x
	Basaltos Andesitas	diques		no hay	
	Andesitas anfibólicas	domos	1,1	incipiente	
	Andesitas de la Chilca	domos	44,0	incipiente	
	Basaltos Andesitas	filones-capa coladas		no hay	
	Tobas	bancos			
	Brechas Intrusivas	relleno chimeneas	0,2	incipiente	
	Brechas	mantos			

mente pardo oscuro ó pardo claro) a tonalidades verdosas, amarillentas, rojizas y blanquecinas. Estas zonas se ubican en bajos topográficos, debido a que la erosión ha progresado mas rapidamente en estas áreas alteradas, que en el resto de la región. Es decir, los yacimientos de cobre diseminado que nos interesan, se alojan en estas zonas deprimidas que se caracterizan además, por presentar una intensa fracturación y asociaciones minerales típicas de áreas afectadas por alteración hidrotermal.

Como proceso post-volcánico tuvo lugar la intrusión de centenares de vetas mineralizadas, ricas en manganeso, oro y plata, y la alteración deutérica de amplias zonas, que en su conjunto forman un área de gran interés minero. La edad del Grupo Volcánico Farallón Negro ha sido asignada al Terciario Medio (Quarantino, 1960) y al Plioceno (Gonzalez Bonorino 1950c).

\* II.1.4. Araucanense (s.l.)

Fuera de la comarca, se apoyan discordantemente sobre el Grupo Volcánico Farallón Negro, areniscas del Araucanense. Son sedimentos inmaduros, mal seleccionados, de origen continental. Si bien estas areniscas no afloran en el área de YMAD, su ubicación estratigráfica permitiría marcar un límite superior en la determinación de la edad del Grupo Volcánico Farallón Negro, representando uno de los techos posibles del fenómeno volcánico.

La edad asignada para el Araucanense es Pliocena (Caminos, 1979).

\* Este término se ha utilizado en sentido amplio.

Ver página 169



#### II.1.5. Cuaternario

El Cuaternario está escasamente representado en la zona, se restringe a algunos conglomerados aterrazados en el Bajo del Durazno, escasas depresiones pedmontanas, arenas limosas de origen eólico y otros depósitos de origen aluvial.

Dentro del Cuaternario se ha encontrado un yacimiento sedimentario de manganeso, donde la mineralización cementa los clastos de un conglomerado. (García, 1969).

#### II.1.6. Estructura

El Grupo Volcánico Farallón Negro se encuentra implantado en una zona deprimida, entre bloques elevados de las Sierras Pampeanas. La actual morfología de dichas Sierras se explica por la presencia de una estructura de fallamiento, de tipo inverso, del Basamento Cristalino, que sería la responsable del levantamiento de los bloques por vuelco o ascenso vertical (González Bonorino, 1950b), dando lugar a la típica estructura de bloques que las caracteriza.

Los fuertes movimientos Terciarios, que provocaron el ascenso de los bloques elevados de las Sierras Pampeanas, han sido asignados al Plioceno Tardío (González Bonorino, 1950b), al Plio-Pleistoceno (Charrier y Malumian, 1975; Caminos, 1979), mientras Turner (1969) remonta su origen al Mioceno, aunque asignándoles mayor envergadura durante el Plioceno. Estos movimientos han sido considerados el techo del Grupo Volcánico Farallón Negro debido a la presencia de evidencias

geológicas que permiten asegurar que los mencionados movimientos se produjeron con posterioridad al emplazamiento del mencionado Grupo.

Por otra parte dentro de la reserva de YMAD existe un fallamiento relativamente intenso, cuyo rumbo dominante es NW-SE y que afecta a gran parte de las estructuras presentes en el área (García, 1970d) lo que se hace evidente por la disposición de los diques, por la forma y orientación de los cuerpos ígneos, las orientaciones de fracturas y de vetas mineralizadas.

## II.2. Incógnitas y controversias

Sobre la base de la información geológica obtenida del área, nos encontramos frente a una serie de incógnitas y controversias, si bien el proceso hidrotermal, responsable del enriquecimiento mineral de la zona, está asociado al proceso volcánico, su ubicación cronológica dentro del mismo, fue objeto de diferentes interpretaciones. Así, González Bonorino (1949) considera que la alteración hidrotermal es la fase final de la evolución magmática, habiendo ocurrido inmediatamente después de la formación del complejo volcánico y a escasa profundidad. Por lo contrario, Llam-bías (1970) sostiene que la alteración se produjo con posterioridad al emplazamiento de las riolitas, a partir de cuyo magma se originaría, y no con posterioridad a la extrusión de las riolitas, que representan el último evento de la diferenciación magmática.

Como ya se ha expuesto, la región de YMAD es una zona intensamente fracturada, con estructuras cuyo rumbo predominante es NW-SE (II.1.6.). Del estudio de las mencionadas estructuras y de los yacimientos presentes en el área, había surgido la inquietud por la posible existencia de un control estructural de los yacimientos de cobre diseminado (García, 1971) el cual no ha podido ser verificado con los métodos geológicos tradicionales. Esta inquietud representa otra incógnita en relación a la génesis de estos yacimientos que el estudio paleomagnético de los mismos podría dilucidar.

Tampoco ha sido bien definido hasta el momento la relación existente entre la mineralización que nos ocupa y las grandes estructuras presentes en el área. Los movimientos que determinaron el fallamiento y la formación de los bloques elevados de las Sierras Pampeanas produjeron la separación de los diferentes centros volcánicos presentes en la región y que otrora coalescieran (Farallón Negro; Vis-Vis; del Atajo; Capillitas). Estos movimientos pues, representan el techo para la determinación de la edad del Grupo Volcánico Farallón Negro (II.1.6.). Al no contar con mayores precisiones, hasta el presente se consideró que la alteración hidrotermal, objeto de nuestro estudio, también se produjo con anterioridad a los mencionados movimientos. Sin embargo no existe información que permita precisar esta ubicación del proceso hidrotermal.

Otras incógnitas que se han planteado son: si el proceso de mineralización hidrotermal representa un único evento mineralizante o, por el contrario, varios eventos y, si fuera éste el caso, cuales son las relaciones relativas entre los mismos.

Existen en la zona varios datos radiométricos. Es-

tos fueron elaborados por Caelles et al. (1971) los que asignan una edad de  $7.1 \pm 0.1$  m.a. para la mineralización del Bajo San Lucas; una edad de  $7.9 \pm 0.1$  m.a. para la del Bajo del Durazno y una edad de  $10 \pm 0.1$  m.a. para una andesita expuesta en el Puesto El Chorro. Estas edades fueron obtenidas utilizando el método de Argón-Potasio. Los ensayos se realizaron sobre concentrados minerales y roca total.

### II.3. Descripción geológica de las áreas muestreadas.

Como ya se ha dicho, (II.1.3.), las zonas muestreadas corresponden por un lado a cinco bajos topográficos denominados: Bajo La Alumbraera, Bajo del Durazno, Bajo del Agua Tapada, Bajo Las Pampitas, Bajo San Lucas, Figura 2, donde por observaciones geológicas se pudo deducir la presencia de yacimientos de cobre diseminado. Por otra parte se muestrearon afloramientos de rocas del Grupo Volcánico Farallón Negro, sin alterar, que pudieran estar genéticamente relacionados con la mineralización (monzonitas, andesitas cuarcíferas, riocitas y riolitas; Fig.2)

#### II.3.1. Bajo la Alumbraera

Se ubica al ESE del área estudiada. Las rocas que afloran son fundamentalmente andesitas cuarcíferas y brechas. El área de alternación hidrotermal que afecta a este Bajo es la más extensa de todas las estudiadas, abarcando casi 1,5km<sup>2</sup>.



Figura 3 . Bajo La Alumbraera

Zona de alteración hidrotermal enclavada en ambiente volcánico.

En este bajo no se han registrado desplazamientos relativos de las rocas aflorantes respecto a las de áreas vecinas que sugieran haber afectado su posición paleohorizontal. Ello es válido para el resto de las áreas estudiadas, con excepción del Bajo San Lucas y es de fundamental importancia en la interpretación de los datos paleomagnéticos.

Las aureolas concéntricas de alteración, como

se observan en la Figura 3, en esta vista aérea, ejemplifican otro de los rasgos característicos de estos Bajos que es el control litológico del progreso de la erosión, determinando zonas deprimidas en las rocas alteradas; y las anomalías-color, presentes en mayor o menor medida en todos ellos.

En el Bajo La Alumbreira las gradaciones de color pasan desde la roca fresca que es gris verdosa en la periferia, a tonalidades rosadas, amarillas y blanquecinas hacia el centro del Bajo, aunque distinguiéndose, generalmente, la textura porfírica original. El muestreo se realizó en las andesitas cuarcíferas alteradas, desde el borde de la zona de alteración hacia el centro de la misma, en un total de 12 muestras (1219 a 1230).

Es precisamente en este yacimiento donde se ha decidido comenzar la explotación del cobre de Farallón Negro.

### II.3.2. Bajo del Durazno

Se ubica al NE de la comarca estudiada. Las rocas aflorantes son pórfiros granodioríticos, andesitas y dacitas. Los pórfiros granodioríticos forman varios cuerpos entre los que se destaca uno central, que es clasificado como stock por Llambías (1970). A partir de dicho stock central se observan una serie de diques cuya composición es dacítica o andesítica y su diseño es radial, si bien presentan mayor desarrollo aquellos de rumbo NW-SE, que son los paralelos al

alineamiento estructural dominante en la región. La zona de alteración abarca parte de estos cuerpos de rocas en un área de casi  $1,5 \text{ km}^2$  y representa una de las más importantes de Farallón Negro.

Se observa una variación gradual del color desde la roca fresca, gris verdoso para las granodioritas y gris algo más claro para las andesitas, que gradan a tonalidades verdosas, amarillentas y blanquecinas en la zona de alteración.

Se extrajeron 10 muestras de este Bajo (N°1102 al 1111), todas ellas del área donde se ha observado intensa alteración hidrotermal y en afloramientos pertenecientes al stock granodiorítico central. Las rocas allí muestreadas presentan colores blanquecinos y amarillentos, reconociéndose con dificultad la textura porfírica original.

El muestreo se realizó desde el borde externo del área de alteración hacia el centro de la misma y luego saliendo del Bajo, hacia los bordes, siguiendo líneas radiales, en el primer caso entrando, y para la segunda línea, saliendo del Bajo.

Desde el punto de vista macroscópico no se han observado diferencias entre las distintas muestras.

Microscópicamente se observó la presencia de pocos y pequeños cristales grises de magnetita, algo de rutilo, pirita, limonita y zircón. La alteración varía de una zona a otra, reconociéndose algunas muestras muy cloritizadas con alteración sílicea (1104-1108 y 1111), las que fueron obtenidas de la zona interna del Bajo y otra muestra argiliza-

da (1102), con alteración sericítica, que fuera obtenida del borde mas externo del mismo.

### II.3.3. Bajo del Agua Tapada

Se encuentra al W NW del área. Las rocas dominantes son andesitas cuarcíferas de color gris a gris verdoso; se encuentran emplazadas en forma de diques y varios cuerpos intrusivos menores, que se hallan muy alterados. Los diques tienen rumbo dominante NW-SE, repitiendo el esquema imperante en el resto de la región.

La alteración hidrotermal ha afectado a las andesitas cuarcíferas en una superficie aproximada de 0,9 km<sup>2</sup>. y se caracteriza por la presencia de colores claros, amarillentos y blanquecinos con manchas rojizas

El muestreo se realizó en los afloramientos de andesitas cuarcíferas alteradas (Muestras N°1444 al 1453). Estas presentan una textura porfírica, con fenocristales de 2-4 mm en una pasta afanítica,

Los colores de las rocas muestreadas son grises con tonalidades amarillentas y rosadas intensas.

En este caso se tomaron las muestras desde el borde externo del Bajo hacia el centro del mismo.

### II.3.4. Bajo Las Pampitas

Se ubican en el centro del área, al SE del



gran stock monzonítico de Alto de la Blenda donde se presentan las mayores alturas del complejo.

En el centro de este Bajo aflora un cuerpo de riodacita que ha sido intruído por un tubo de brecha (breccia pipe); hacia la periferia aparecen brechas volcánicas, andesitas y monzonitas.

En Las Pampitas se produjo una estructura de fallamiento, limitada fundamentalmente por cuatro fallas subparalelas 2 a 2, dando lugar a una fosa tectónica de unos  $0,6 \text{ km}^2$  (García, 1970). Es precisamente en esta zona donde se manifiesta la intensa alteración hidrotermal con anomalías de color que abarcan tonalidades rojizas, verdosas, blancas y amarillentas. La alteración hidrotermal se manifiesta aquí en forma diferente a la de los otros bajos debido a la presencia de un intenso fallamiento, brechamiento, cementación y reemplazo.

Las rocas afectadas por la alteración han sido muestreadas en distintas partes del Bajo. Las muestras 1554 a 1563 fueron obtenidas del afloramiento del tubo de brechas presente en el centro del mismo; son rocas grises con inclusiones de cristales y clastos, estructura bandeada y filetes de flujo rojizos. Las muestras 1564 a 1569 fueron obtenidas del afloramiento de riodacitas, que aparece como un relieve positivo en el centro del Bajo, adosado al tubo de brecha. Presentan textura porfírica y su color es gris con manchas amarillentas y rosadas. Las muestras 1570 y 1573 corresponden a los afloramientos de monzonita intensamente alteradas que rodean al tubo de brecha y a la riodacita. Estas rocas presentan to

nalidades amarillentas, blancas y rojizas, atravesadas por finas vetas. Si bien los especímenes se hallan muy alterados, se pudo distinguir microscópicamente, iddingsita, óxidos de hierro hidratados, hematita (de la que solo quedan cristales relícticos) y limolita.

#### II.3.5. Bajo San Lucas

Este Bajo, a diferencia del resto de las áreas de alteración estudiadas, se encuentra enclavado en uno de los bloques elevados de las Sierras Pampeanas y fuera del área del complejo volcánico aunque, evidentemente, relacionado con aquél. La Sierra de Ovejería, en cuyo faldeo sur se ubica, es un bloque de basamento fallado y elevado por fallas regionales subparalelas de rumbo ENE. Las rocas presentes en el área corresponden a las del Basamento Cristalino (esquistos, granito y dioritas) y a rocas terciarias representadas por un tubo de brecha y un pórfiro dacítico seguramente relacionados con el Grupo Volcánico Farallón Negro (García, 1971); un poco al Sur del Bajo afloran algunos relictos de estratos Calchaquenses.

La zona afectada por la alteración hidrotermal abarca un área de  $0.7 \text{ km}^2$  de forma ovalada, cuyo eje mayor coincide con el rumbo predominante de las fracturas en Farallón Negro, es decir NW-SE.

Dicha zona de alteración afecta al pórfiro dacítico y a rocas del Basamento Cristalino (dioritas, esquistos y granitos), siendo mas intensa en

el mencionado pórfiro dacítico. Las muestras 1331 al 1334 fueron extraídas de afloramientos del pórfiro con incipiente alteración hidrotermal. Son rocas de color gris y textura porfírica, las que presentan venillas de cuarzo. Las muestras 1335 y 1336 fueron obtenidas de un afloramiento de diorita, alterada hidrotermalmente; esta roca presenta colores claros y textura porfírica gruesa, hasta holocristalina. Las muestras 1337 al 1343 fueron obtenidas de afloramientos del pórfiro dacítico intensamente alterado.

Para este Bajo existe un dato geocronológico elaborado por Caelles et al. (1971) obtenido en rocas alteradas hidrotermalmente (II.2.). La edad que les fué asignadas a las mismas fue de  $7.1 \pm 0.1$  m.a.

#### II.3.6. Zonas muestreadas no afectadas por alteración hidrotermal

Como ya se ha anticipado, hemos muestreado una serie de afloramientos de rocas frescas pertenecientes al Grupo Volcánico Farallón Negro, con el objeto de dilucidar cual de ellas se encuentra genéticamente relacionada con la mineralización. Las rocas elegidas para ser estudiadas paleomagnéticamente representan los estados intermedios y mas ácidos del fenómeno volcánico, entendiéndose, sobre la base de criterios geológicos establecidos, que entre ellas podríamos encontrar aquella o aquellas que estuvieron relacionadas con la mineralización. Estas fueron monzonitas, andesitas cuarcíferas, riódacitas y riolitas.

Las monzonitas fueron muestreadas en el área del Alto de la Blenda, desde el borde cercano al Bajo Las Pampitas (muestras N° 2174 al 2179), hacia el centro del cuerpo en las cercanías de la veta de Farallón Negro (muestras N° 2190 al 2193), Figura 2, siguiendo una línea que corta radialmente al stock monzonítico. Estas muestras pertenecen al mayor de todos los cuerpos intrusivos, el que abarca una extensión de casi 7 km<sup>2</sup> y ha sido clasificado como stock por su emplazamiento, su tamaño y sus texturas. Son rocas masivas y de color gris oscuro a gris verdoso. Microscópicamente se observa magnetita en granos anhedrales con una incipiente desmezcla a ilmenita. Dado que la ilmenita puede formar solución sólida con magnetita a altas temperaturas, la incipiente desmezcla con ilmenita, estaría indicando un enfriamiento lento, puesto que un rápido enfriamiento produciría una magnetita titanífera homogénea. Su textura es granosa hipidiomorfa.

Las andesitas cuarcíferas fueron muestreadas al NW del Bajo la Alumbreira (muestras 2212 a 2218) en aquellos lugares donde la roca no indicara signos de alteración. Son rocas grises de textura porfírica. Los fenocristales pueden distinguirse en una pasta afanítica.

Las riodacitas fueron muestreadas en el área de Macho Muerto, donde se obtuvieron un total de 10 muestras (2494 al 2499 y 24100 al 24103) allí donde los afloramientos no evidenciaran signos de alteración hidrotermal. Son rocas de color gris claro y textura porfírica. Presentan fluidalidad pla

nar.

Finalmente las riolitas fueron muestreadas en dos afloramientos distintos, uno al sur de la Veta de Farallón Negro (muestras 2380 al 2384) y otro un poco mas alejado en dirección SE de aquella (muestras 2385 al 2389) Figura 2. Son rocas de color gris claro violado claro, de textura porfírica y pasta afanítica que presenta marcada fluidalidad.

### III. ESTUDIO PALEOMAGNETICO

#### III.1. Principios involucrados

El principio básico en los estudios paleomagnéticos, es que ciertas rocas, y por ende, determinado tipo de yacimientos minerales, adquieren una magnetización remanente, además de la inducida por el campo geomagnético. Los mecanismos por los cuales una roca adquiere un magnetismo fósil dependen de su composición mineralógica, de la forma en que se ha originado la mencionada roca y de su historia posterior. Sobre esta base es posible definir los conceptos de magnetización remanente primaria y magnetización remanente secundaria, los que son fundamentales en los estudios paleomagnéticos y a los que nos referiremos en reiteradas oportunidades.

Se denomina magnetización remanente primaria, a la magnetización adquirida por las rocas en el momento en

que se forman. Posteriormente y a lo largo de la historia geológica de una roca, ésta puede adquirir, por una variedad de procesos, otras componentes de magnetización que se sumarán a la magnetización remanente primaria, pero que, como se produjeron con posterioridad a la formación de la roca, tienen características diferentes de aquella y se denominan genéricamente magnetizaciones remanentes secundarias.

De los diferentes tipos de magnetizaciones remanentes conocidas (Valencio, 1965), y a los efectos de este estudio, nos referiremos aquí solamente a aquellas que han afectado a las rocas que hemos investigado, en algún momento de su historia. Estas son la magnetización remanente térmica (m.r.t.); la magnetización remanente química ó de cristalización (m.r.q.); la magnetización remanente viscosa (m.r.v.); la magnetización remanente anhistórica (m.r.a.) y la magnetización remanente isotérmica (m.r.i.)

Las rocas ígneas adquieren una m.r.t. durante el proceso de su formación. Cuando el magma que dará origen a una roca se va enfriando hasta alcanzar una temperatura inferior a la de Curie y del orden de la de bloqueo de sus minerales con propiedades ferromagnéticas potenciales, la roca que se está formando adquiere una m.r.t. primaria bajo la acción del campo magnético terrestre (c.m.t.). Si el intervalo de temperaturas de enfriamiento abarcó el rango desde la temperatura de Curie de los minerales ferromagnéticos constituyentes hasta la temperatura ambiental, se dice que la m.r.t. es total. La dirección de esta m.r.t. coincide con la del c.m.t. actuante y representa una de las formas en que las rocas guardan memoria de las características del c.m.t. existente en el momento de su formación.

Del mismo modo, los yacimientos de origen endógeno que contienen minerales ferromagnéticos, pueden adquirir una m.r.t. como en el caso anterior, aunque en general la magnetización remanente de estos depósitos endogenéticos se debe a una magnetización remanente de tipo químico, Ueno (1967). Esta magnetización, también denominada de cristalización, se produce cuando los minerales ferromagnéticos crecen u ocurren cambios químicos en ellos, en presencia de un campo magnético débil, como lo es el geomagnético, por debajo de sus temperaturas de Curie. Esta magnetización, al igual que la anterior, es sumamente estable, y su dirección es paralela al c.m.t. actuante durante la cristalización o durante los cambios químicos mencionados. En el caso de un yacimiento endogenético, la cristalización y los cambios químicos que se producen durante su origen, pueden permitir la adquisición de una m.r.q. que en este caso será primaria respecto a la mineralización y proveerá información sobre las características del c.m.t. durante la formación del yacimiento.

La magnetización remanente adquirida por las rocas durante su origen, sufre cambios graduales con el tiempo; este efecto se debe por un lado a un lento decaimiento de la m.r. primaria y por el otro a la adquisición de una nueva remanencia bajo la acción del c.m.t. a través del tiempo. Esta remanencia se denomina magnetización remanente viscosa (m.r.v.) y representa una sobreimpresión del c.m.t. sobre las rocas. Esta magnetización es de origen secundario y puede enmascarar en mayor o menor grado las m.r. primarias, pero dado que ésta es una magnetización relativamente ines-

table, puede eliminarse con facilidad en el laboratorio, con los procesos de lavado de rutina.

La magnetización remanente anhistórica (m.r.a.), se produce en el caso de que una roca se encuentre sometida a un campo constante como el c.m.t. y a un campo alterno de mayor intensidad, cuya magnitud se reduce a cero durante el proceso, en forma simultánea. Esto pudo haber ocurrido en rocas de nuestra región, por ejemplo, por efecto de descargas eléctricas de origen meteórico. La dirección que memoriza la roca en ese caso, es la del c.m.t. presente durante el momento de la descarga. Esta es también una magnetización remanente secundaria, que puede eliminarse con los métodos desmagnetizantes de rutina. En general, una roca sometida a una temperatura constante, puede adquirir una magnetización remanente isotérmica (m.r.i.), cuando sufre los efectos de un campo magnético intenso. Los componentes ferromagnéticos afectados por dicho campo, adquirirán una dirección de su magnetización remanente paralela al mismo. Esta magnetización remanente representa una magnetización secundaria y puede ser eliminada con la aplicación de un campo magnético más intenso que aquel que la originó.

La magnetización remanente natural (m.r.n.) de las rocas es el efecto de los diferentes procesos físico-químicos que dieron lugar a los distintos tipos de magnetizaciones. Es, por lo general, la suma de la remanencia primaria y una ó más magnetizaciones secundarias que la enmascaran en mayor o menor grado.

Dado que la adquisición de las magnetizaciones remanentes primarias están vinculadas a la génesis de las



rocas, la edad de aquellas es coincidente con la edad de las rocas que las registran. Esto determina que cierto tipo de rocas sean aptas para definir las características del c.m.t. en el pasado geológico, y viceversa, el reconocimiento de las características del c.m.t. registrado en una roca permita, en algunos casos, asignarle una edad a la misma.

En el caso de los yacimientos endogenéticos, el estudio y la comparación de la m.r. de la mineralización y la m.r.t. de las rocas ígneas adyacentes, puede dilucidar problemas tales como el de la determinación de cual de las fases de la actividad ígnea está vinculada genéticamente con el yacimiento en cuestión; puede asimismo, y en ciertos casos, definir la edad de la mineralización y la duración del episodio mineralizante. Estas comparaciones pueden realizarse de dos formas diferentes, una de ellas se basa en el análisis de las direcciones de la magnetización remanente primaria o las posiciones de los paleopolos correspondientes de las rocas estudiadas (Hanus y Krs, 1964, Nedachi et. al. 1970). La otra forma en que puede encararse la investigación se basa en la comparación de las polaridades de las magnetizaciones remanentes primarias halladas, con el cuadro de reversiones de polaridad del c.m.t., Ueno (1975a).

Tanto en el caso del método de comparación de las posiciones paleopolares, como así también en el del método de comparación de las polaridades, el fundamento de estas aplicaciones se basa en que las rocas y las áreas mineralizadas coetáneas adquirieron su magnetización remanente primaria bajo la acción del mismo campo (c.m.t.) y por lo tanto, tales remanencias deben tener igual dirección y por en

de posiciones polares similares e igual polaridad. En áreas donde existen diversas rocas aparentemente relacionadas con un depósito mineral endogenético, aquélla que posea una magnetización similar a la del depósito, podrá ser considerada la roca genéticamente relacionada con la mineralización.

El método de la comparación de las posiciones polares es particularmente apto para valorar la edad de rocas pertenecientes a períodos "móviles" de un continente. Esto significa que este tipo de comparaciones es mas ventajosa para rocas que se han formado en períodos durante los cuales la zona de estudio, solidariamente con el continente al que pertenece, se ha movido respecto a los polos magnéticos. Dado que para cada lugar de muestreo se obtiene una posición polar, la comparación de las posiciones paleopolares obtenidas de los distintos lugares de muestreo, permite sugerir ó desechar la contemporaneidad del origen de las rocas investigadas. Es decir, si las posiciones paleopolares son iguales, las unidades de interés se han formado coetáneamente. Si, por el contrario, muestran distintas posiciones de sus paleopolos y no existen otras fuentes de dispersión, se puede suponer que dichas unidades se han formado en diferentes momentos geológicos.

En cuanto al criterio de comparación de las polaridades de las m.r.primarias registradas, con el cuadro de reversiones de polaridad del c.m.t., se basa en una de las características mas notables del campo geomagnético y es su propiedad de cambiar su polaridad con el tiempo. Estos cambios han ocurrido con distinta frecuencia en los diferentes períodos geológicos y se producen con relativa rapidez (entre 1000 y 2000 años), (Valencio, 1971).

Si un yacimiento endogenético se forma durante una época en la cual el c.m.t. tuvo polaridad reversa, las magnetizaciones remanentes primarias de la mineralización y de la roca ígnea asociada, deben ser reversas. Si por el contrario, la mineralización presenta magnetismo remanente estable de polaridad normal, la roca coetánea debe también presentar una dirección normal de su m.r. estable.

La comparación de las direcciones y polaridades de las áreas mineralizadas con las correspondientes a las rocas aledañas, puede realizarse en la forma arriba descrita siempre y cuando haya sido posible identificar las magnetizaciones primarias de las rocas, por un lado y la magnetización representativa del momento de la mineralización, por el otro. En los casos en los que no es posible aislar una única componente representativa del fenómeno que se desea investigar, es decir que la magnetización registrada represente la suma de dos o más componentes de magnetización estable, será necesario analizar la información teniendo en cuenta las distribuciones de direcciones que se obtengan.

Esta situación puede producirse cuando se graban en las rocas acontecimientos de magnetización de estabilidad similar, en forma superpuesta, los que en muchas circunstancias no son posibles de diferenciar. Ello podría ocurrir si la magnetización estable registrada fuese la resultante de dos ó mas pulsos de mineralización, cada uno de lo cuales hubiese registrado una dirección del c.m.t. o también podría ocurrir en el caso en que las rocas afectadas, conservaran parte de su dirección de magnetización original, dando como resultado una dirección equivalente a la suma de la componente de magnetización primaria mas la o las componentes de magnetización originadas durante la actividad mineralizante.

En estos casos es necesario analizar la distribución de direcciones de la m.r.e. obtenidas, las que se encuentran vinculadas con los procesos de magnetización sufridos por la rocas; como así también toda la información de carácter parcial, representativa de cada muestra, para tratar de identificar los acontecimientos de magnetización ocurridos.

El análisis de la información plaeomagnética obtenida de cada lugar que se investiga, permite evaluar las diferentes situaciones a la luz de estos principios.

### III.2. Metodología empleada

#### III.2.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó durante el mes de julio de 1972. En una primera etapa se realizó un reconocimiento geológico de las diferentes unidades litológicas, utilizando para ello el mapa elaborado por Llambías (1970), de escala 1:50.000 y se eligieron las zonas de muestreo, las que han sido descritas en II.3. En el muestreo de cada Bajo se siguieron, siempre que fué posible, líneas radiales (de afuera hacia el centro), de manera de obtener una secuencia relativa entre las distintas muestras y poder reconocer su ubicación respecto de la áreas de alteración. En el muestreo de las rocas sin alterar del Grupo Volcánico Farallón Negro, también se siguieron líneas radiales o transversales en cada afloramiento, se tuvo en cuenta que éstos no evidenciaran signos de

alteración hidrotermal y que estuviesen relativamente alejados de los contactos con diques u otros cuerpos intrusivos.

Fué así que se obtuvieron 103 muestras de mano, orientadas según la técnica habitual en paleomagnetismo, con brújula Brunton y con brújula solar (Valencio y Delneri, 1967).

### III.2.2. Trabajo de gabinete

Las muestras de mano fueron cortadas a tamaños adecuados para ser utilizadas en los equipos del Laboratorio de Paleomagnetismo del Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires. Para ello se las redujo en el taller de cortes a cilindros de 2,5 cm de diámetro y alturas de 1,1 cm y de 2,3 cm para ser utilizadas en diferentes equipos. Se obtuvieron así tres o cuatro cilindros por muestra de mano. En esta reducción se tuvo mucho cuidado en el traslado de las marcas de orientación originales, trazadas en la cara orientada de las muestras obtenidas en el campo, a los cilindros extraídos perpendicularmente a la misma.

La dirección y la intensidad de la m.r.n. de las muestras fueron medidas utilizando un magnetómetro rotativo de alta sensibilidad (Vilas, 1980) del tipo flux-gate. El vector definido en esta operación, representa la sumatoria de las magnetizaciones secundarias y de la magnetización remanente estable. De todas ellas, como ya se ha expresado, nos interesa re-

cuperar a esta última. Para aislarla se procedió a realizar sucesivos lavados por campos magnéticos alternos decrecientes (c.a.) (Irving, 1964) Esta técnica de desmagnetización es la que se aconseja emplear cuando las muestras son de origen ígneo, ello se debe a que las magnetizaciones primarias (m.r.t. y m.r.q.) son muy resistentes a este tipo de desmagnetización mientras que las secundarias (m.r.v., m.r.a. y m.r.i.) son muy sensibles a dicho tratamiento.

Para ello las muestras fueron sometidas a campos magnéticos alternos crecientes en etapas de 25 ó 50 Oersteds, hasta alcanzar valores de 300 Oersteds, y en algunos casos, hasta los 500 Oersteds. El equipo desmagnetizante ha sido descrito por Valencio (1971), y se basa en que el aumento de los campos magnéticos alternos (los que se hacen luego decaer gradualmente a cero, en un espacio libre de campo magnético) permite eliminar en forma progresiva las componentes de magnetizaciones remanentes secundarias, adquiridas por el espécimen en diferentes momentos de su historia. Después de cada una de las etapas de lavado, se realizaron las mediciones del m.r. residual.

Esta técnica permite determinar la estabilidad de la m.r.n. de la muestra que se analiza, la que se manifiesta por su resistencia al cambio. Esta prueba es sumamente importante ya que el magnetismo fósil es útil para determinar la dirección del c.m.t. en el pasado geológico cuando acredita ser suficientemente estable.

Con la intención de corroborar los resultados obtenidos y observar el comportamiento del m.r.n. de las rocas con el aumento de la temperatura, se sometió a una o más muestras por zona, a desmagnetización por alta temperatura, (Valencio, 1965). Para ello se sometió a los especímenes a temperaturas crecientes en etapas sucesivas de 50°C, dejándolos enfriar a temperatura ambiente, en un espacio libre de campo magnético. Este proceso se repitió hasta temperaturas del orden de los 650°C. Después de los sucesivos lavados, se realizaron las mediciones correspondientes del magnetismo remanente residual. Este método, como el del lavado por campos alternos, también permite analizar la estabilidad de la remanencia de las muestras, como así también definir los puntos de Curie, característicos de los minerales ferromagnéticos presentes y determinar el rango de temperaturas de bloqueo propios de los diferentes componentes de la magnetización.

En todos los casos hemos realizado una "corrección de campo" para las marcas de orientación de las muestras recolectadas. Esto se debe a que las direcciones obtenidas en el proceso de laboratorio están referidas a dichas marcas de orientación señaladas en las muestras en el campo, las cuales deben ser corregidas para referirlas al sistema norte geográfico-plano horizontal (Valencio, 1978).

Otra corrección que fué necesario realizar en algunos casos (III.3.5.) fué la "corrección por

estructura" (Valencio, 1978), esta se realiza cuando se han producido movimientos tectónicos posteriores a la génesis de la roca; mediante la misma se obtiene la dirección del m.r. del espécimen referido a su posición paleohorizontal (antes de la deformación tectónica).

Las direcciones de la m.r.n. o de la m.r. estable de los distintos cilindros pertenecientes a cada muestra, suelen estar mas o menos agrupados, por lo que para obtener la mejor estimación de la verdadera dirección de la remanencia de la misma, se somete los valores obtenidos a un tratamiento estadístico (Fisher, 1953). Este método permite un análisis de las direcciones, dando a cada dato disponible un peso unitario y representándolo como un vector de longitud unitaria. La dirección del m.r. n. de cada muestra, representa un valor promedio obtenido de la medición de las direcciones de los distintos cilindros obtenidos de la misma; de igual manera las direcciones medias del m.r.n. de cada unidad estudiada, representan un promedio fisheriano de las muestras que la representan. (Valencio, 1978).

Las direcciones promedio del magnetismo remanente estable se obtuvieron siguiendo el mismo método estadístico pero después de haber realizado los sucesivos lavados por campos alternos y por altas temperaturas.

Este método permite definir los parámetros estadísticos  $k \approx 95$ . El parámetro  $k$ . determina la pre



cisión de las direcciones; si  $k=0$ , significa que las mismas se encuentran uniformemente distribuidas sobre toda la superficie de una esfera de radio unitario y las direcciones son aleatorias, mientras que los valores elevados de  $k$ , significan que las direcciones se encuentran confinadas a una pequeña porción de la esfera, cerca de la verdadera dirección media.

La confiabilidad con la cual se ha calculado la dirección media de la población está definida por el ángulo  $\nu$  95 que representa el semiángulo del cono circular, alrededor del vector resultante  $R$ , dentro del cual se encuentra la verdadera dirección de la población, con una probabilidad del 95%.

El análisis, para cada muestra, después de las sucesivas etapas de desmagnetización, se realizó por métodos gráficos. Un ejemplo del mismo ha sido volcado en la Figura 4 y la Figura 5.

Las direcciones de la magnetización ha sido representada por medio de una red estereográfica de Wulff (Figura 4 a y b) donde por convención, las inclinaciones positivas se representan con símbolos llenos y las inclinaciones negativas, con símbolos aabiertos. En la figura 4a se ha graficado las direcciones del m.r.n. y de la magnetización remanente residual de las muestras 1565 (de riocacita alterada del Bajo Las Pampitas) y 2216 (de andesita cuarcífera) al ser sometidas a desmagnetización, en etapas progresivas, por

medio de campos magnéticos alternos. En la figura 4b se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la magnetización remanente residual de las muestras 2214 y 2216 pertenecientes a las andesitas cuarcíferas, luego de ser sometidas a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas.

En las figuras 5a y b se ha representado en coordenadas cartesianas, curvas representativas de la variación porcentual de la intensidad de la magnetización remanente natural en función de la intensidad del campo desmagnetizante. En la Figura 5a se han graficado las curvas de la variación de intensidad de la m.r. residual de las muestras 1565 y 2216, en función del campo alterno desmagnetizante;  $J_r$  representa la intensidad de la magnetización residual correspondiente a una etapa dada de desmagnetización;  $J_o$  es la intensidad de la magnetización remanente natural, antes de iniciarse el proceso de lavado magnético de la muestra;  $H_d$  representa los valores del campo alterno de desmagnetizante expresado en Oersteds.

En la figura 5b se han graficado las curvas de la variación de la m.r. residual de las muestras 2214 y 2216 en función de la temperatura máxima ( $T^\circ C$  expresada en grados centígrados), alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica;  $J_r$  y  $J_o$  representan los mismos parámetros explicados para la figura 5a.

El análisis de estos gráficos, conjuntamente con los estereogramas, permite definir además de

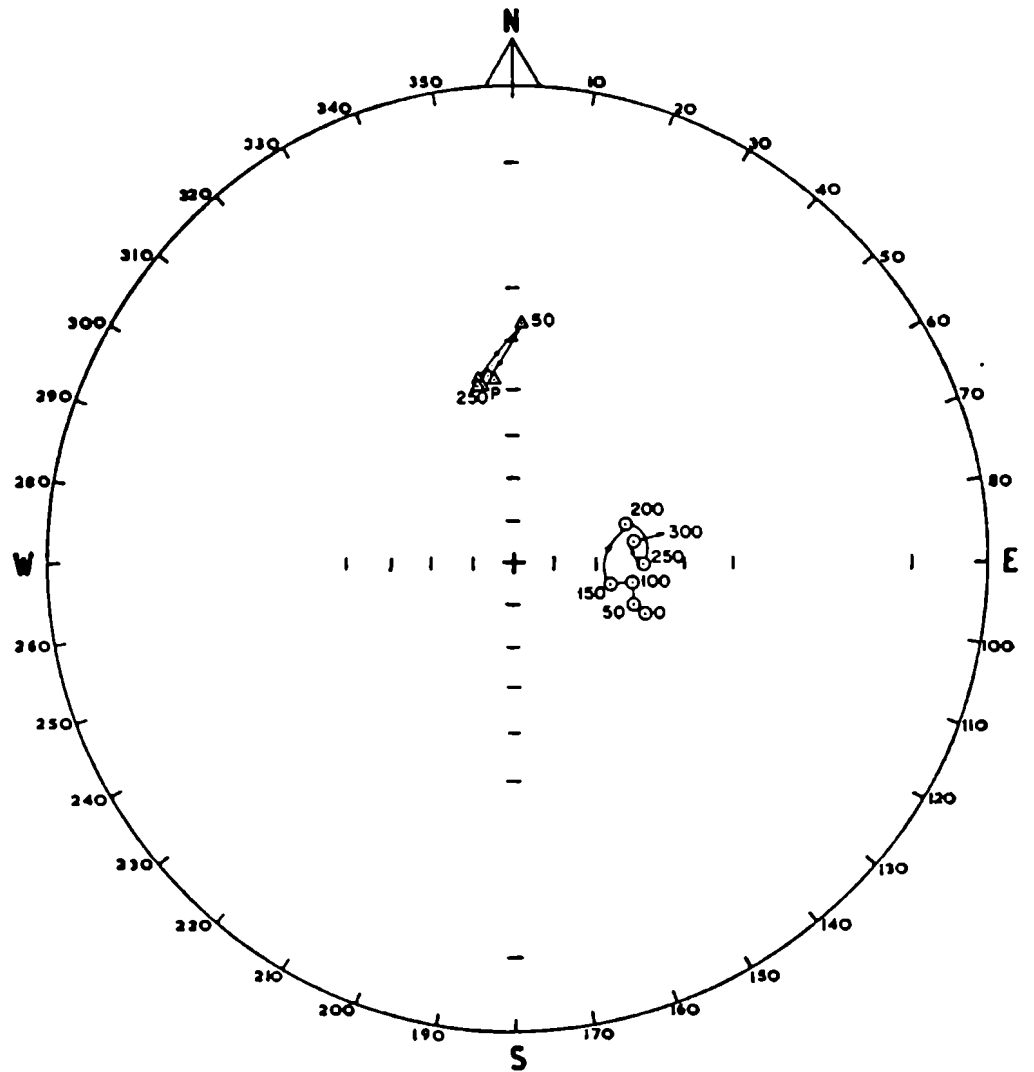


figura 4a

△ Muestra 1565  
 ○ Muestra 2216

Direcciones de la magnetización remanente residual de las muestras 1565 y 2216, luego de ser sometida a desmagnetización por campos magnéticos alternos.

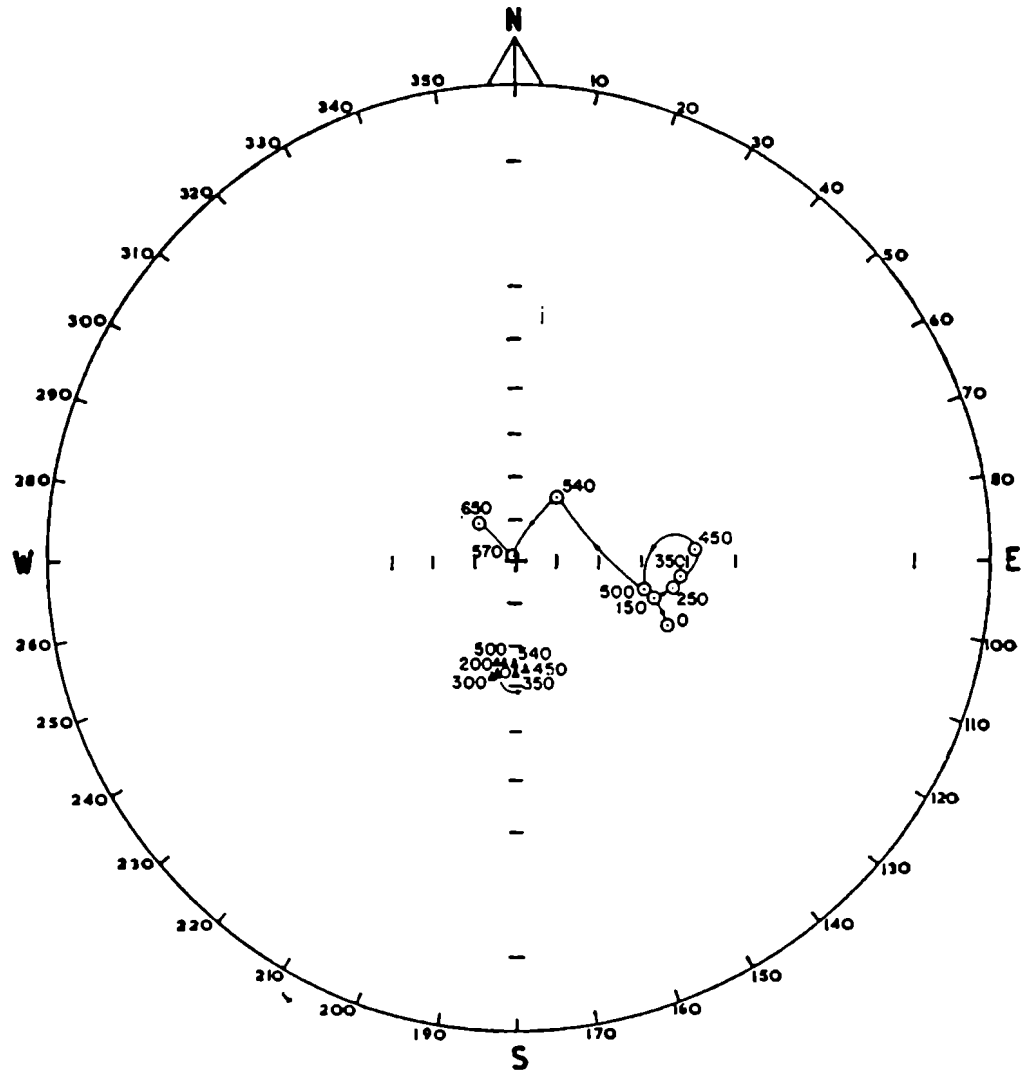
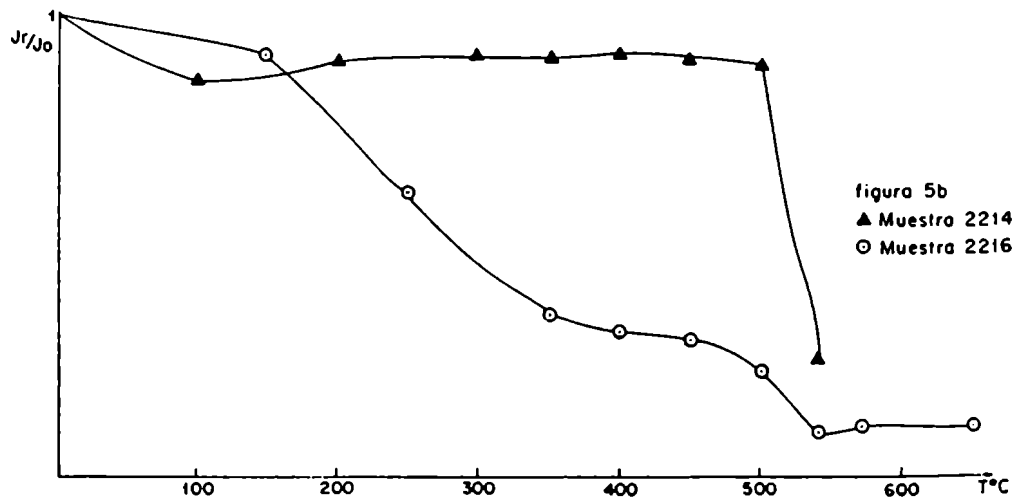
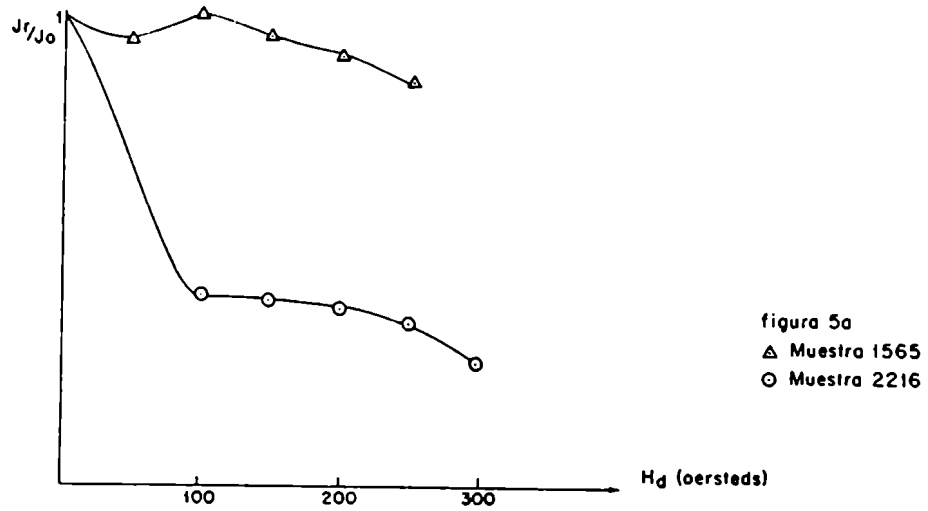


figura 4b

▲ Muestra 2214  
○ Muestra 2216

Direcciones de la magnetización remanente residual de las muestras 2214 y 2216, luego de ser sometidas a desmagnetización por medio de calor.....

5a.- Curvas de la variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de las muestras 1565 y 2216, en función del campo alterno desmagnetizante;



5b.- Curvas de variación de la magnetización remanente residual de las muestras 2214 y 2216 en función de la temperatura

las direcciones de las m.r. y su estabilidad, una serie de parámetros magnéticos característicos para cada muestra, como lo son los valores óptimos de los campos desmagnetizantes que eliminan las magnetizaciones secundarias, los espectros de coercitividad del magnetismo remanente natural, en el caso del tratamiento por campos alternos (Figuras 4a y 5a) y las temperaturas de bloqueo y de Curie en los gráficos representativos del comportamiento frente al tratamiento por temperatura (Figuras 4b y 5b).

Por otra parte, se realizaron cortes calco gráficos y delgados de once de las muestras obtenidas, cuatro de ellas del Bajo del Durazno (1102-1104-1108-1111); cuatro pertenecientes a las monzonitas, una de la zona de alteración (1570) y tres de ellas de afloramientos de roca fresca (2178-2191-2193), y una muestra de cada una de las restantes unidades del Grupo Volcánico Farallón Negro sin alterar que fueron investigadas: andesita cuarcífera (2218), riocacita (2495) y riolita (2387). Estos análisis se realizaron con el fin de confirmar los tipos petrográficos reconocidos macroscopicamente y muestreados en el campo y en el caso de las muestras del Bajo del Durazno, como así también de la secuencia de monzonitas, de observar posibles relaciones entre los cambios del comportamiento magnético y la petrografía. Para ello se eligieron, en ambos casos, muestras que presentaran direcciones con polaridades normales y reversas y se comparó este comportamiento con el análisis petrográ

fico de las mismas.

### III.3. Resultados

El comportamiento magnético de las muestras recolectadas en YMAD es analizado por Bajo, en el caso de las áreas mineralizadas y por unidad litológica, en el caso de las rocas seleccionadas del Grupo Volcánico Farallón Negro que no evidenciaron estar afectadas por alteración hidrotermal.

#### III.3.1. Bajo la Alumbreira

El comportamiento de las muestras de andesita cuacífera alteradas, recolectadas en el Bajo La Alumbreira (muestras 1219 al 1230) frente al tratamiento por campos alternos se encuentra ejemplificado por el de las muestras 1225 y 1227.

En la figura 6a se ha graficado la dirección de la m.r.n. y de la m.r. residual de dichas muestras luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por campos magnéticos alternos y en la Figura 7a se representaron las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las mismas, en función del c.a. desmagnetizante.

La muestra 1225 presenta un comportamiento estable frente al lavado por c.a., con un muy buen agrupamiento de las direcciones en el estereograma. La pendiente suave de la curva de variación de la

intensidad indica una superposición de espectros de fuerzas coercitivas, el correspondiente a la m.r.e. se encuentra por encima de los 300 Oersteds que fué la etapa de lavado máxima alcanzada. El campo alterno desmagnetizante óptimo, o sea el que define mejor la dirección de la m.r.e fue elegido para los 200 Oersteds.

La muestra 1227 posee una m.r. compuesta, donde la magnetización secundaria fue producida por un campo magnético de diferente dirección al que originó la m.r.e.; su comportamiento frente al lavado por c.a. es muy estable. La componente de magnetización secundaria fué eliminada con un campo desmagnetizante de 100 Oersteds, a partir de cuyo valor fué aislada la m.r.e. El espectro de fuerzas coercitivas de ésta última, se encuentra por encima de los 300 Oersteds, que fué el valor máximo de lavado alcanzado durante el tratamiento de esta muestra. El c.a. desmagnetizante óptimo es del orden de los 200 Oersteds.

En la figura 6b se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de la muestra 1230, al ser sometida a desmagnetización por temperatura. En la figura 7b se ha graficado la variación de la intensidad de la m.r. residual de la misma, en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de lavado. Esta muestra ejemplifica el comportamiento de las andesitas cuarcíferas alteradas de este Bajo frente al tratamiento térmico. Posee una m.r. compuesta, con una componente de magne-



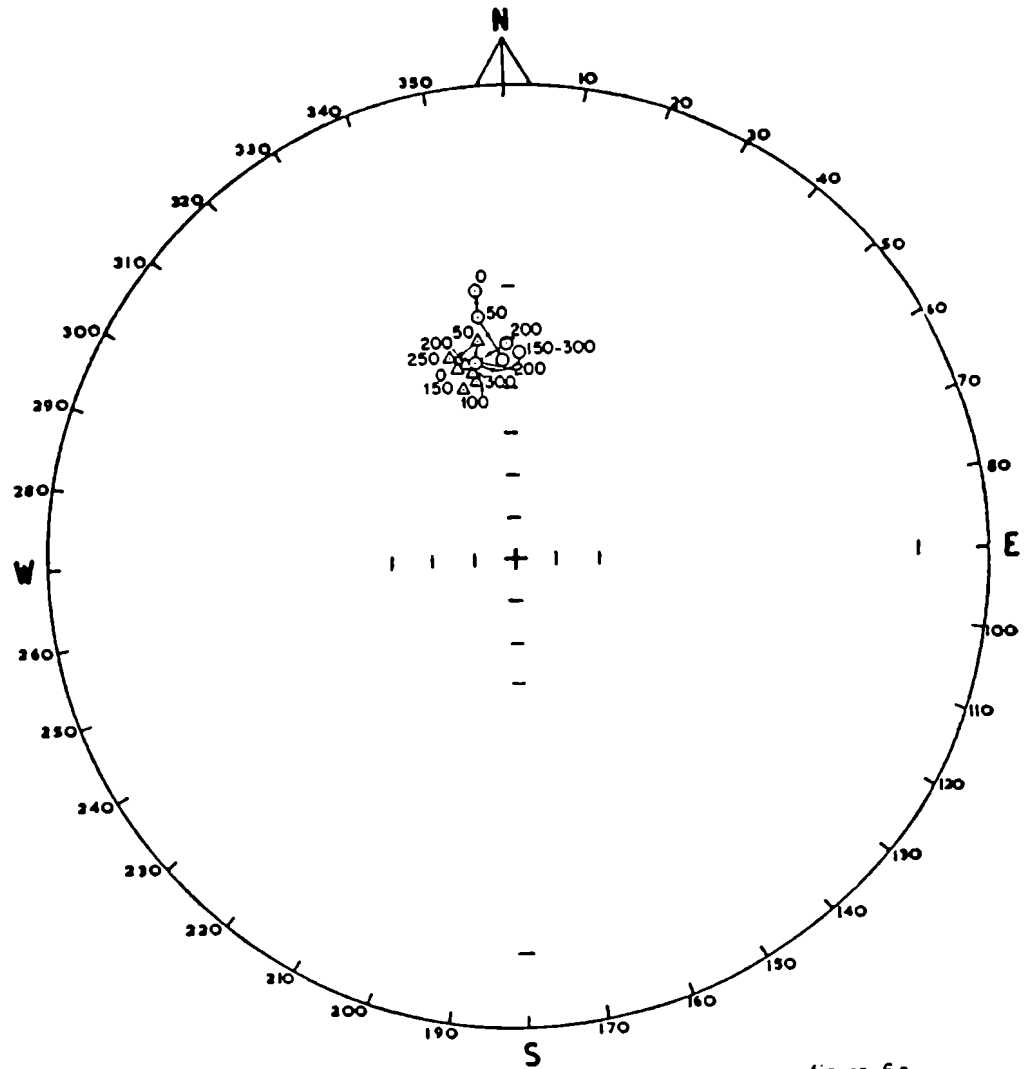


figura 6a

△ Muestra 1225  
 ○ Muestra 1227  
 Bajo La Alumbreira

Direcciones de la magnetización remanente residual de las muestras 1225 y 1227 del Bajo La Alumbreira luego de ser sometidas a desmagnetizaciones en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos.

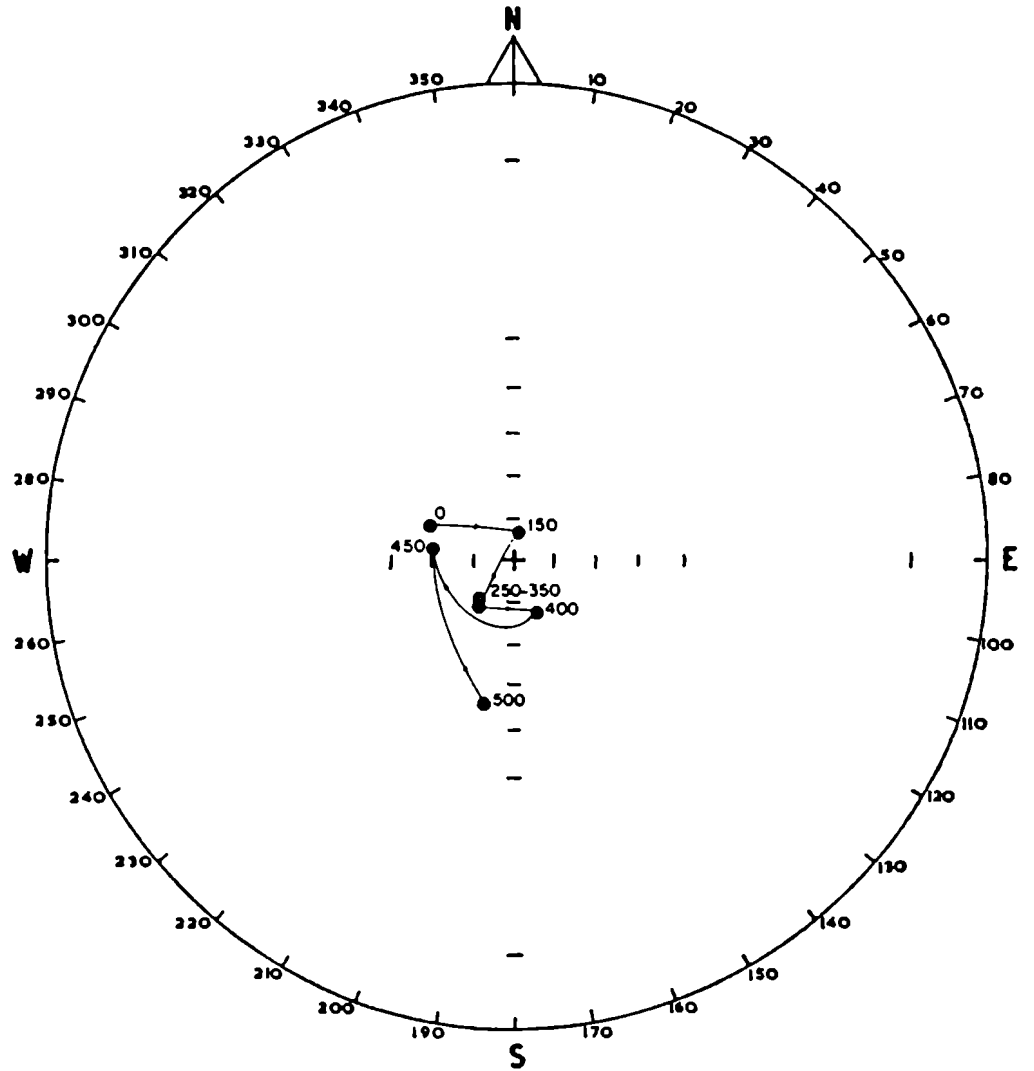


figura 6b

● Muestra 1230  
Bajo La Alumbraera

Direcciones de la magnetización remanente residual de la muestra 1230 del Bajo La Alumbraera, al ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. Referencias igual que Figura 4a.

7a.- Curvas de variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de las muestras 1225 y 1227 del Bajo La Alumbraera, en función del campo alterno desmagnetizante.....

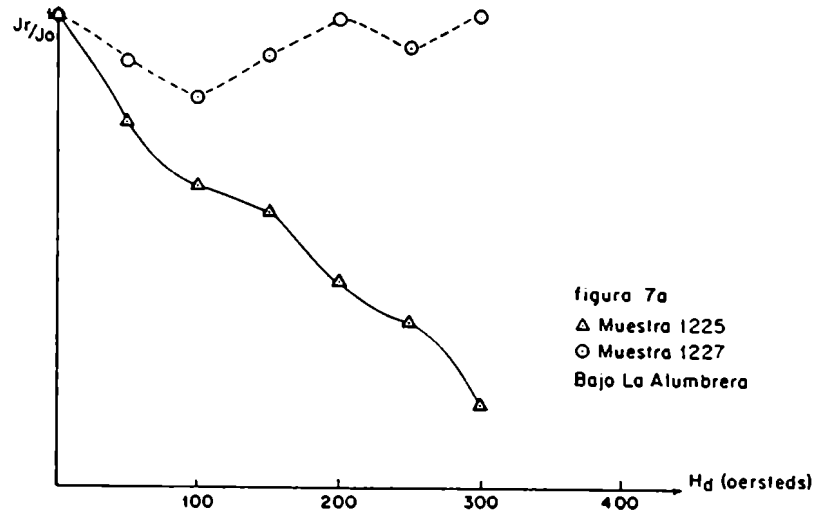


figura 7a  
 Δ Muestra 1225  
 ○ Muestra 1227  
 Bajo La Alumbraera

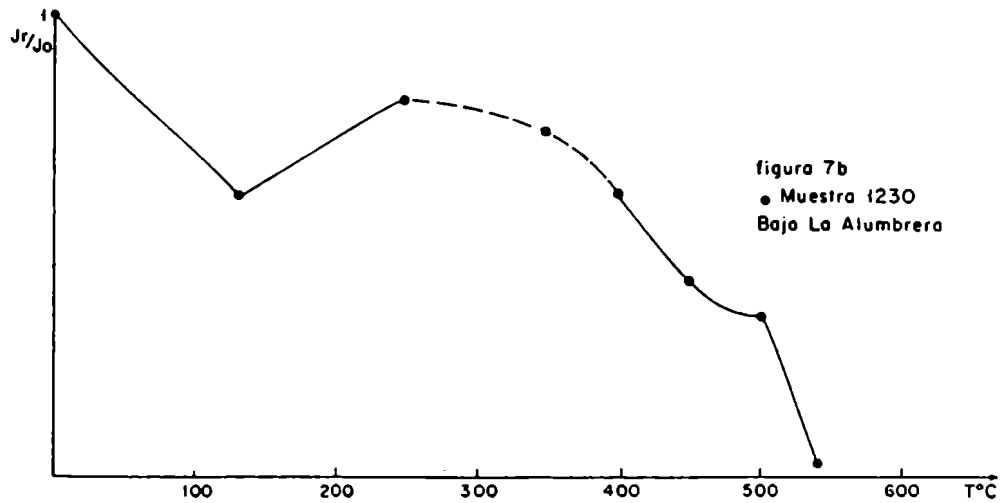


figura 7b  
 ● Muestra 1230  
 Bajo La Alumbraera

7b.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 1230 del Bajo La Alumbraera, en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica.....

tización blanda que fue eliminada en la primera etapa de lavado y otra componente dura. La temperatura de Curie registrada fue de 540°C. La temperatura de bloqueo abarcó el rango, entre los 500 y los 540°C para la componente dura. La temperatura desmagnetizante óptima es del orden de los 350°C.

Los especímenes de las muestras 1225 y 1227 que fueron sometidos a desmagnetización por temperatura estallaron durante las primeras etapas de lavado, por lo que los valores de m.r.e. que figuran en el cuadro 2a fueron obtenidos sobre la base de su desmagnetización por c.a.

El comportamiento magnético de algunas de las muestras de este Bajo fue poco estable, siendo necesario deshecharlas de nuestras interpretaciones (muestras 1223 y 1224), aunque resultan de interés para un futuro análisis detallado de sus características magnéticas y petrográfico-mineralógicas.

Una síntesis de los resultados del estudio paleomagnético de las andesitas cuarcíferas alteradas, muestreadas en el Bajo La Alumbreira, se ha volcado en el Cuadro 2a. En él se ha representado, además de otros parámetros, la inclinación y la declinación medias de las m.r.n. y m.r.e.; los parámetros estadísticos de Fisher  $k$  y  $\alpha$  95, la intensidad de la magnetización remanente inicial  $J_0$  expresada en  $\frac{\text{emu}}{\text{cm}^3} \times 10^{-6}$ ; la relación de intensidad  $J_r/J_0$  y la polaridad de las muestras P. La relación  $J_r/J_0$  representa la variación de la intensidad de la magnetización residual  $J_r$ , para el valor del lavado óptimo, respecto de la intensidad original de la m.r.n. La Polaridad P de la magnetización remanente estable puede ser normal (N), Reserva (R), ó intermedia (I).

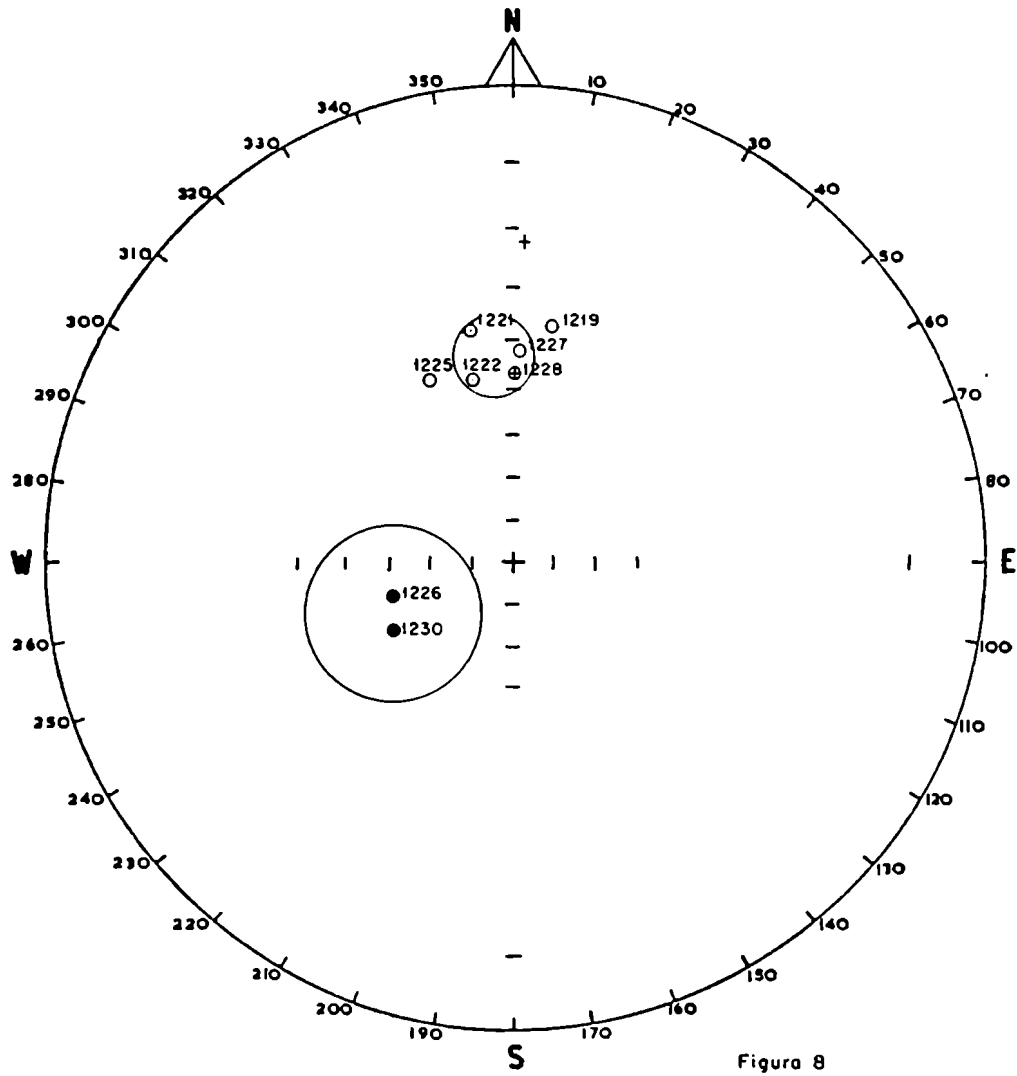


Figura 8  
 Direcciones del m.r.e.  
 Bajo La Alumbreiro.

Resultados del estudio paleomagnético de las muestras del Bajo La Alumbraera

Lugar de Muestreo	Muestras	Tipo de roca	m.		r.		n.	$J_0 \frac{\text{emu}}{\text{cm}^3}$	m.		k	e.
			D.(°)	I.(°)	N°	$\alpha$ 95			D.(°)	I.(°)		
BAJO LA ALUMBRAERA	1219	ANDESITAS CUARCIFERAS MUY ALTERADAS	350.9	-37.4	2	24.9	102.5	669.93	10.4	-37.3	27.3	85.5
	1221		346.1	-43.4	2	7	1273.2	474.42	350.2	-37.6	47.9	29.2
	1222		349.6	-47.8	1			522.5	347.8	-47.9		
	1225		334.3	-34.5	2	50.4	26.6	17.9	335.7	-44.7		
	1226		3.8	-52.8	1			83.89	258	60		
	1227		340.6	11.8	2	90	1.7	1.43	2.8	-42.1		
	1228		352.7	-50.5	4	12	106.5	390.9	2.47	-46.4	26.4	91
	1230		291.3	69.3	2			48.58	240.8	57	50.3	26.7

El criterio utilizado para clasificar a las m.r.e. como normales, reversas ó intermedias, se basa en un filtrado de los datos obtenidos. Para ello se calculó un polo geomagnético virtual (PGV) para cada una de las muestras estudiadas empleando la dirección de su m.r.e.. Para cada uno de los Bajos ó unidades litológicas, se calculó la posición promedio de todos sus PGV. La distancia angular definida entre la posición del PGV de una muestra y la del polo promedio de la unidad a la que pertenece, fué utilizada para clasificar la polaridad de la m.r.e. de la misma (Valencio et al. 1977). "Las muestras cuyas m.r.e. definen PGV con distancias angulares oscilantes entre  $0^{\circ}$  y  $40^{\circ}$  de la posición polar promedio, son clasificadas como de polaridad normal (igual polaridad a la del campo magnético terrestre actual); aquéllas que definen distancias angulares comprendidas entre los  $140^{\circ}$  y  $180^{\circ}$  son consideradas como poseedoras de una m.r.e. de polaridad reversa (opuesta a la del campo actual). Las muestras cuyos PGV distan entre  $40^{\circ}$  y  $140^{\circ}$  de la posición polar promedio son clasificadas como de polaridad intermedia" (Nabel y Valencio, 1980).

En la figura 8 se han volcado las direcciones medias de la m.r.e. de las muestras del Bajo La Alumbraera después de haber sido desmagnetizadas por medio de campos alternos y calor. La mayor parte de ellas han registrado una m.r.e. de polaridad normal, las muestras 1226 y 1230 poseen una m.r.e.

de polaridad intermedia. Ello sugiere que las rocas alteradas de este Bajo registraron un cambio de polaridad del c.m.t. La dirección promedio de la m.r.e. de polaridad normal es muy cercana a la dirección del campo dipolar axial y geocéntrico y su círculo de confianza la incluye, mientras que representa una posición alejada de la dirección del c.m.t. actual. Las direcciones de polaridad intermedia se encuentran alejadas de esas dos posiciones.

### III.3.2. Bajo del Durazno

El comportamiento de las muestras del pórfiro granodiorítico alterado, recolectadas en el Bajo del Durazno (muestras 1102 al 1111) frente al tratamiento por campos alternos, se encuentra ejemplificado por el de las muestras 1103 y 1108. En la figura 9a se han graficado las direcciones de la m.r.n. residual de dichas muestras, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de c.a.. En la figura 10a se han graficado las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las mismas, en función del campo alterno desmagnetizante. El análisis de las mismas indica la presencia de magnetizaciones compuestas, con componentes de diferente dureza. La muestra 1103 presenta un comportamiento magnético estable. Los espectros de fuer



zas coercitivas abarcan los rangos entre los 0 y 50; los 100 y 150 y por encima de los 350 Oersteds. El campo alterno desmagnetizante óptimo, o sea el que mejor define la dirección de la m.r.e., es del orden de los 200 Oersteds. El buen agrupamiento de las direcciones del m.r. residual, luego de los sucesivos lavados, indica que la magnetización, para las componentes con diferentes espectros de coercitividad, fue producida por el mismo campo magnético ó por campos de direcciones próximas.

La muestra 1108 posee una componente de magnetización blanda, lo que se refleja en la rápida disminución de la intensidad de la m.r.n. en las primeras etapas de lavado (por debajo del 10% de la intensidad original), asociado a un bajo agrupamiento de las correspondientes direcciones en el estereograma, y una componente dura, con fuerzas coercitivas superiores a los 300 Oersteds. El valor medio del campo alterno necesario para aislar la m.r.e. fué de 75 Oersteds; alrededor de ese valor se han destruído las magnetizaciones secundarias. En este caso, el campo alterno desmagnetizante óptimo, es del orden de los 175 Oersteds.

En la figura 9b se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 1103 y 1108 al ser sometidas a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. En la figura 10b se representaron las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las mismas, en función de la temperatura. La muestra

1103 presenta una m.r. compuesta, con una componente de magnetización blanda que fué eliminada en la primer etapa de lavado, es decir a los 100°C, a partir de cuyo valor se rescata la dirección de la m.r.e. y una componente dura que aún se conserva a los 640°C. La temperatura desmagnetizante óptima elegida es de 400°C.

La muestra 1108 tiene un comportamiento muy estable frente al tratamiento térmico, registrándose una disminución paulatina de la intensidad con un buen agrupamiento de las direcciones en el estereograma. Las temperaturas de Curie de la m.r.e., se encuentra por encima de los 500°C. El lavado óptimo elegido es (indistinto entre los 200°C y los 500°C) de 400°C. El comportamiento de las muestras del Bajo del Durazno frente al tratamiento térmico, también refleja la estabilidad de su m.r.n.

Una síntesis de los resultados del estudio paleomagnético del pórfiro granodiorítico alterado, muestreado en el Bajo del Durazno, se ha volcado en el cuadro 2b. En él se han representado los mismos parámetros que fueron explicados para el cuadro 2a.

En la figura 11 se han graficado las direcciones medias de la m.r.e. de las muestras del Bajo del Durazno. Estas se han agrupado claramente alrededor de dos posiciones opuestas. Las muestras 1103, 1104 y 1105 presentan una m.r.e. de polaridad normal, las muestras 1102, 1107, 1108, 1109 y 1110, una m.r.e. de polaridad reversa la muestra 1111 con una m.r.e. de polaridad intermedia. Ello sugiere que el

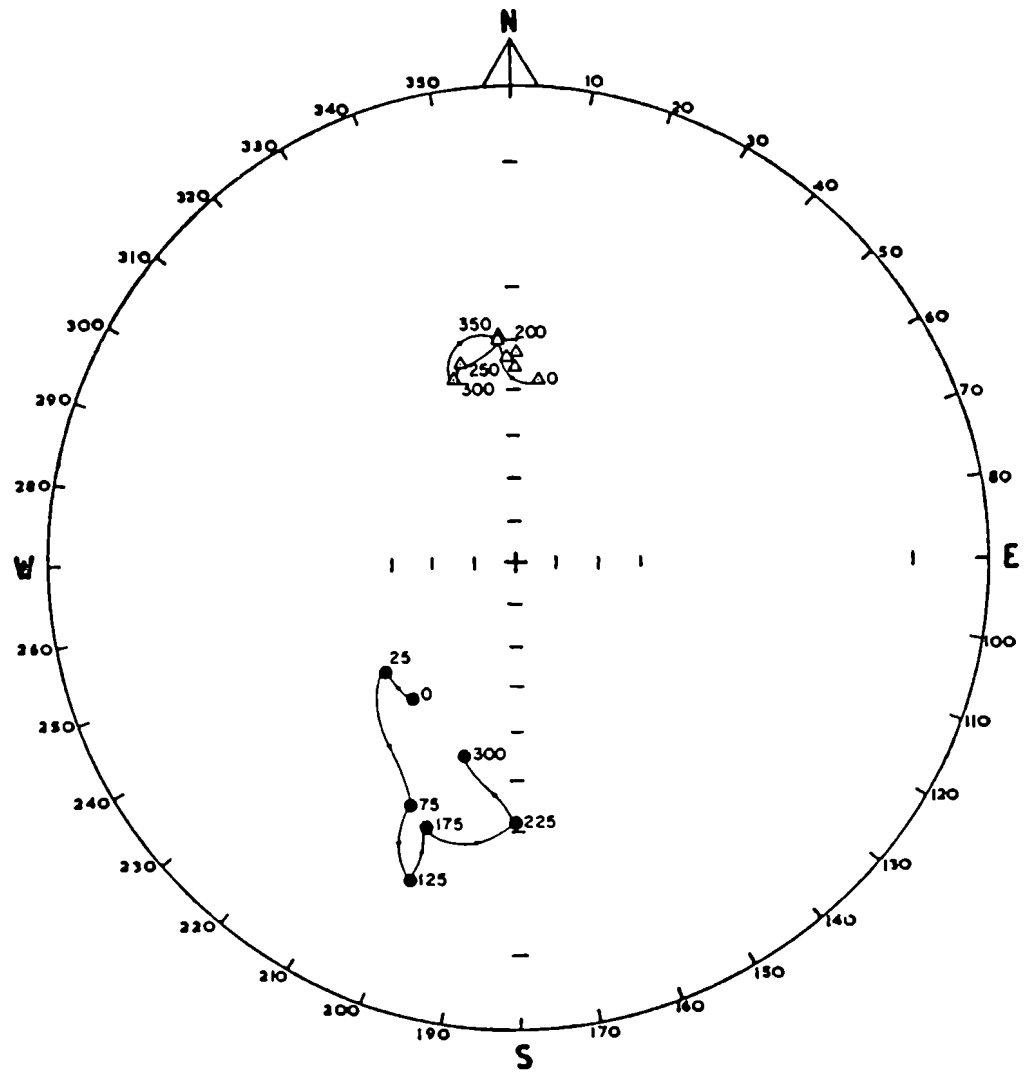
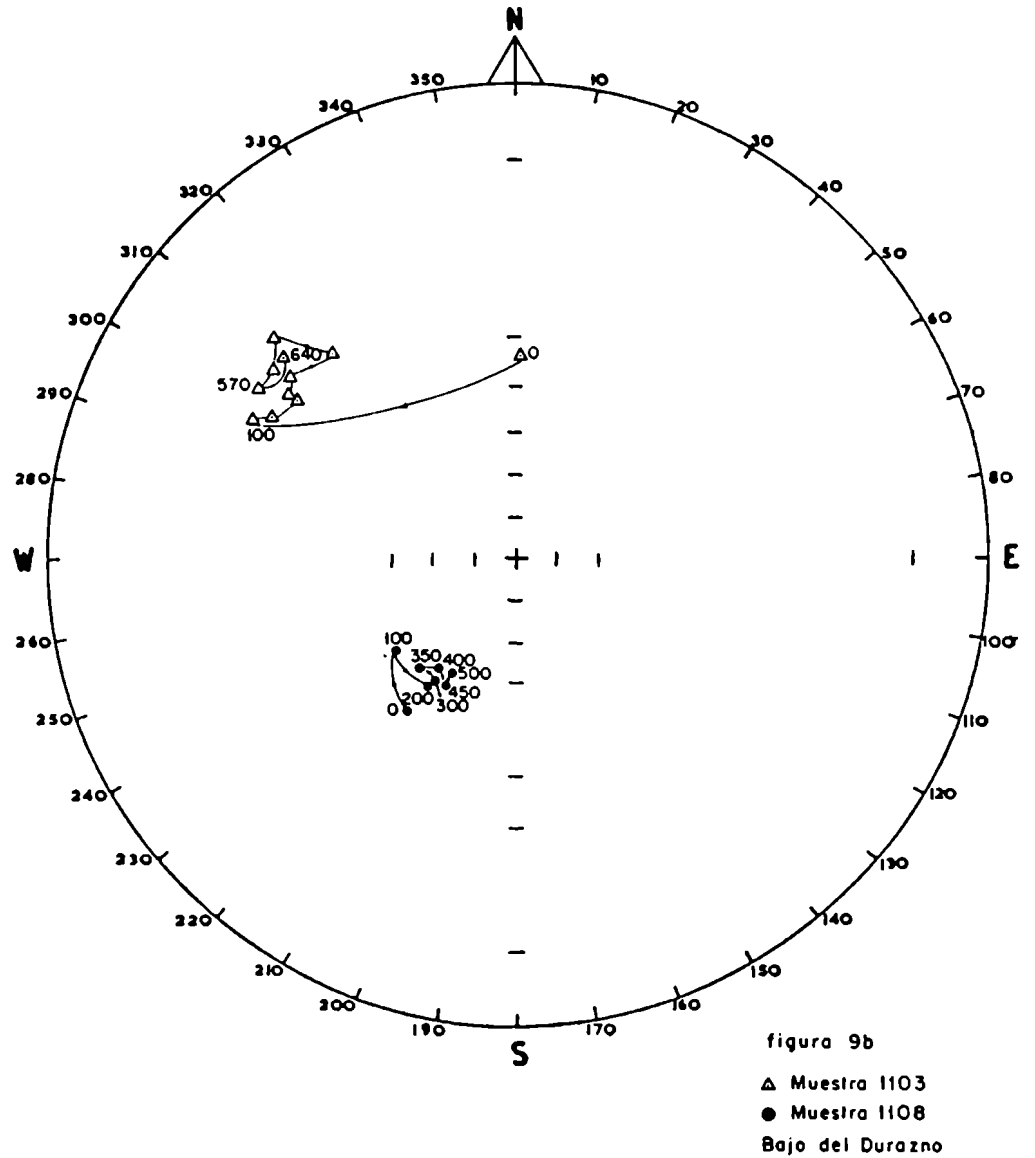


figura 9a

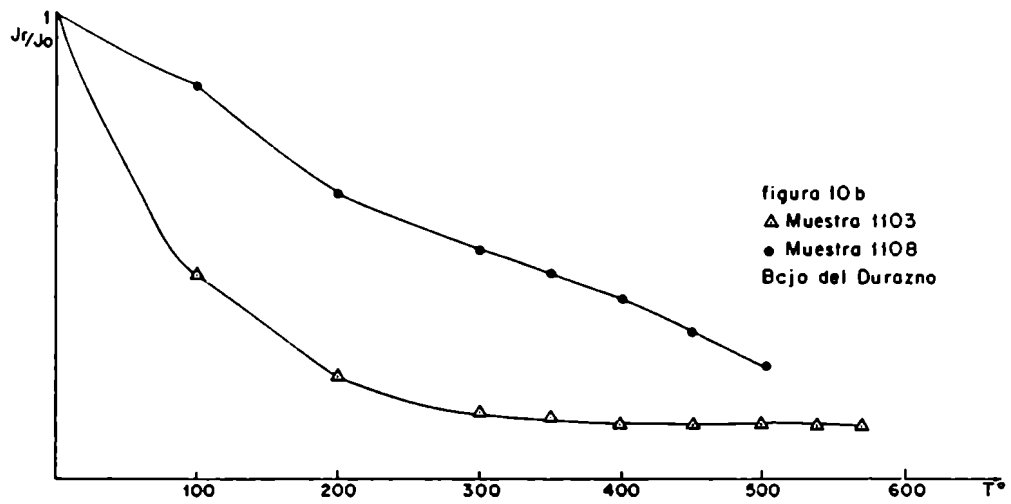
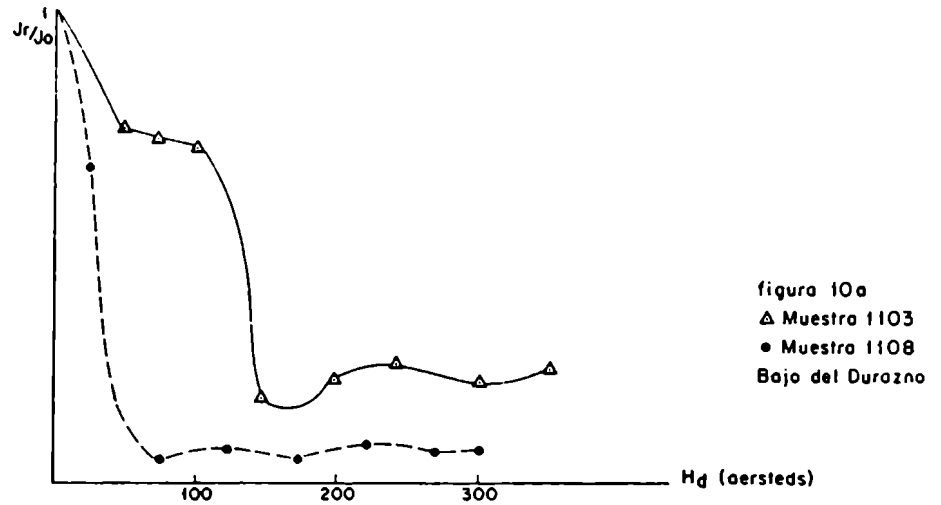
- △ Muestra 1103
- Muestra 1108
- Bajo del Durazno

Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 1103 y 1108 del Bajo del Durazno luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos. Referencias igual que Figura 4a...



Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 1103 y 1108, al ser sometidas a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas. Referencias igual que Figura 4a..

10a.- Curva de variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de las muestras 1103 y 1108 del Bajo del Durazno en función del campo alterno desmagnetizante.



10b.- Curvas de variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de las muestras 1103 y 1108 del Bajo del Durazno en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica.....

pórfiro granodiorítico alterado registró un cambio de polaridad del campo magnético terrestre. La dirección media de la m.r.e., si bien es cercana a la dirección del campo dipolar axial y geocéntrico, no coincide con la misma; por otra parte se encuentra claramente alejada de la dirección del campo magnético terrestre existente durante el momento del muestreo.

La intensidad de la m.r.n. de las muestras de este Bajo es particularmente baja, y en general, comparativamente menor a las de las otras zonas mineralizadas. La observación macroscópica como así también la microscópica indican una intensa alteración de los minerales ferromagnéticos presentes, reconociendo solamente relictos de los mismos; esto lleva a pensar que la mencionada baja intensidad de la m.r.n., estaría asociada a la intensa alteración sufrida por dichos minerales.

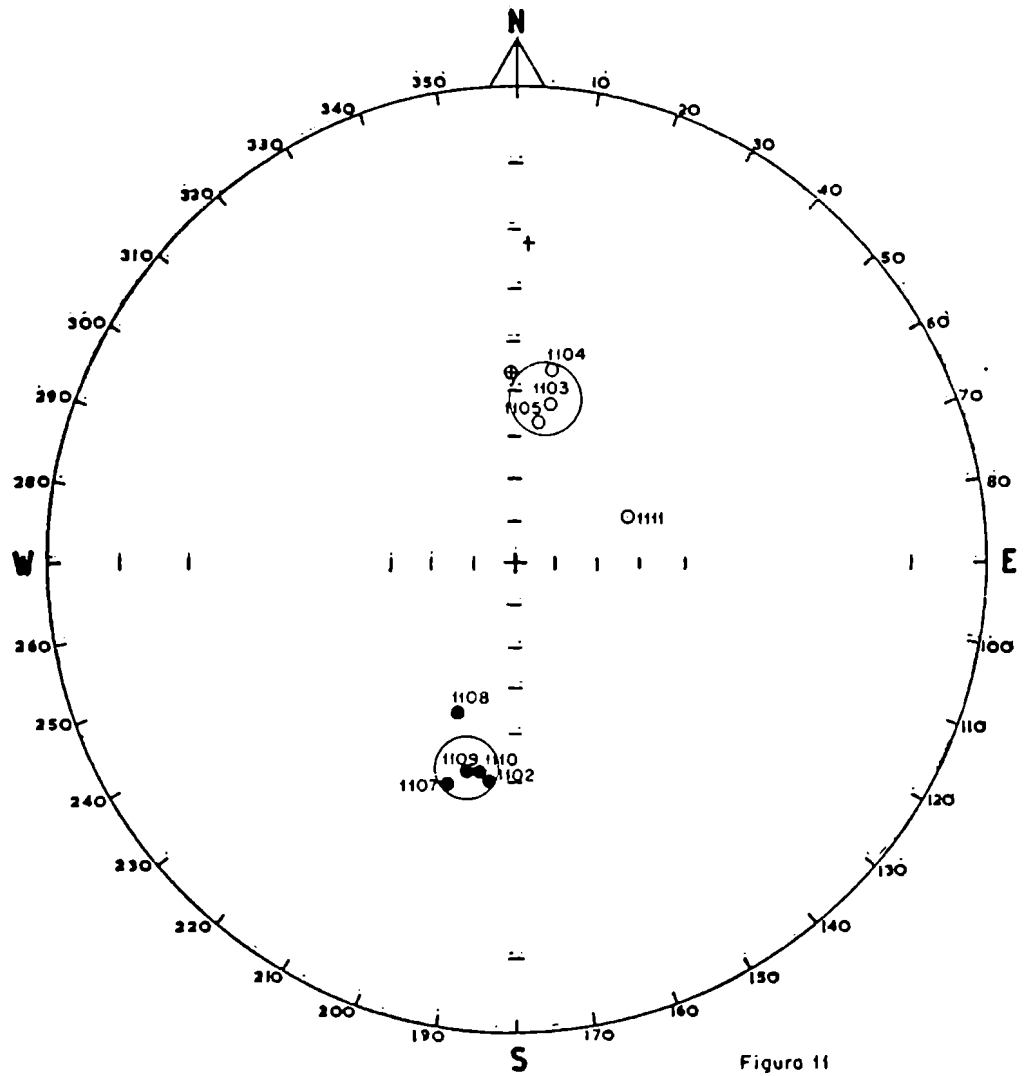


Figura 11  
 Direcciones del m.r.e.  
 Bajo del Durazno.

BAJO DEL DURAZNO

1102	168.2	7.3	2	>90	7.2	0.22
1103	10.2	-48.4	3	19.3	41.6	4.91
1104	17.7	-51.5	3	5.1	572.2	7.20
1105	23.6	-60.7	3	14.4	74	6.48
1107	154.6	41.3	2	18.8	176.8	12.15
1108	219.2	54.8	4	11.3	66.5	1.96
1109	225.5	48.7	3	11	125.4	3.14
1110	192.5	47.5	2	47.4	29.8	1.58
1111	102.6	-59.6	2	53.5	23.9	1.08

PORFIRO GRANDIORITICO MUY ALTERADO



### II.3.3. Bajo del Agua Tapada

El comportamiento de las muestras de andsita cuarcífera alterada, recolectadas en el Bajo del Agua Tapada (muestras 1444 al 1453) frente al tratamiento por campos magnéticos alternos fué muy estable, registrándose magnetizaciones relativamente duras. En la figura 12a se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 1444 y 1453, luego de ser sometidas a desmmagnetizaciones en etapas progresivas por medio de c.a. y en la figura 13a se han graficado las curvas correspondientes de la variación de la intensidad de la m.r. residual, en función del c.a. desmagnetizante. La muestra 1453 posee una m.r. compuesta, con una componente de magnetización cuyas fuerzas coercitivas abarcan el rango entre los 150 y los 200 Oersteds, además de la componente estable, cuyas fuerzas coercitivas se encuentran por encima de los 250 Oersteds. El c.a. desmagnetizante óptimo es del orden de los 200 Oersteds.

La muestra 1444 registra un comportamiento magnético estable, con fuerzas coercitivas superiores a los 300 Oersteds (etapa de lavado máxima alcanzada). El c.a. desmagnetizante óptimo elegido es de 250 Oersteds.

En la figura 12b se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de la

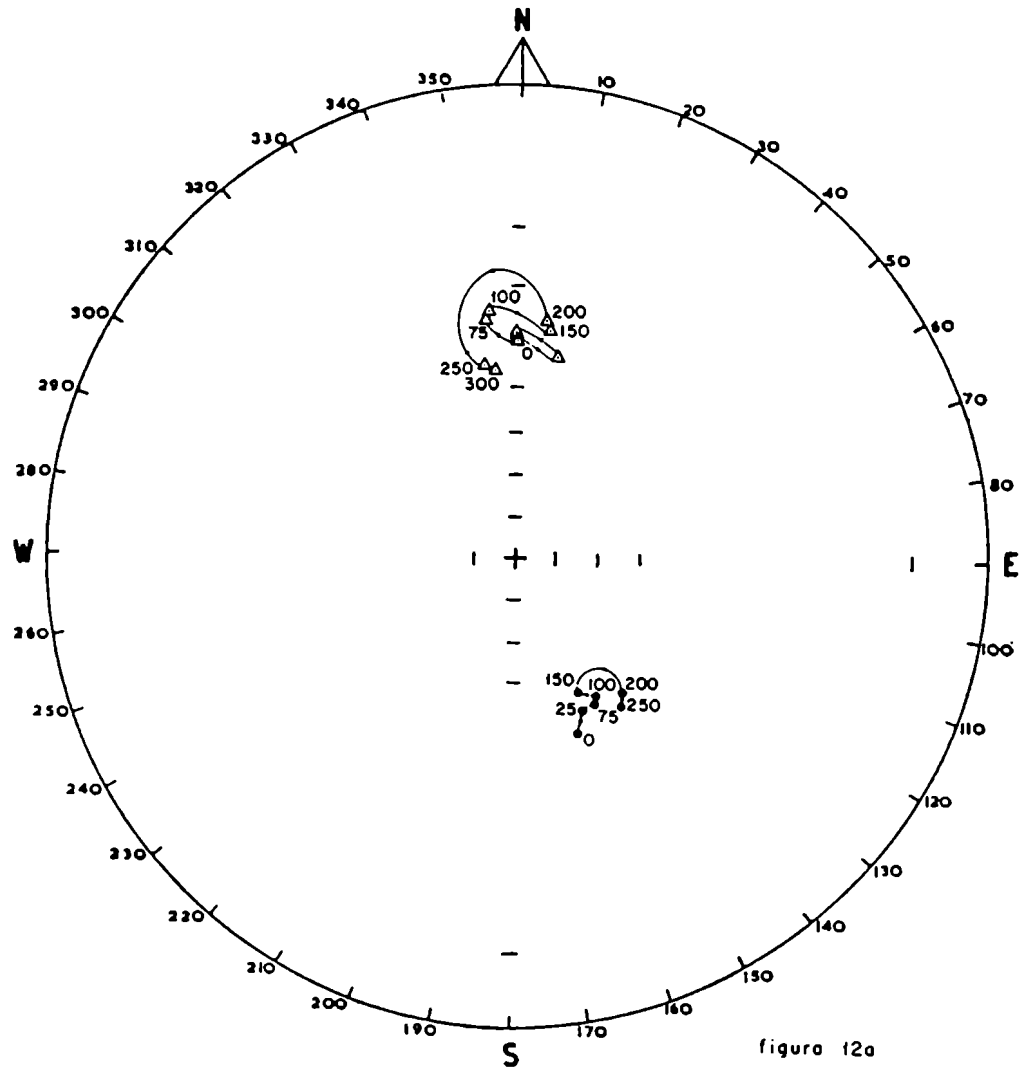


figura 12a  
 Δ Muestra 1444  
 ● Muestra 1453  
 Bajo del Agua Tapada

Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual  
 de las muestras 1444 y 1453 del Bajo del Agua  
 Tapada, luego de ser sometidas a desmagnetiza  
 ción en etapas progresivas por medio de campos  
 magnéticos alternos.

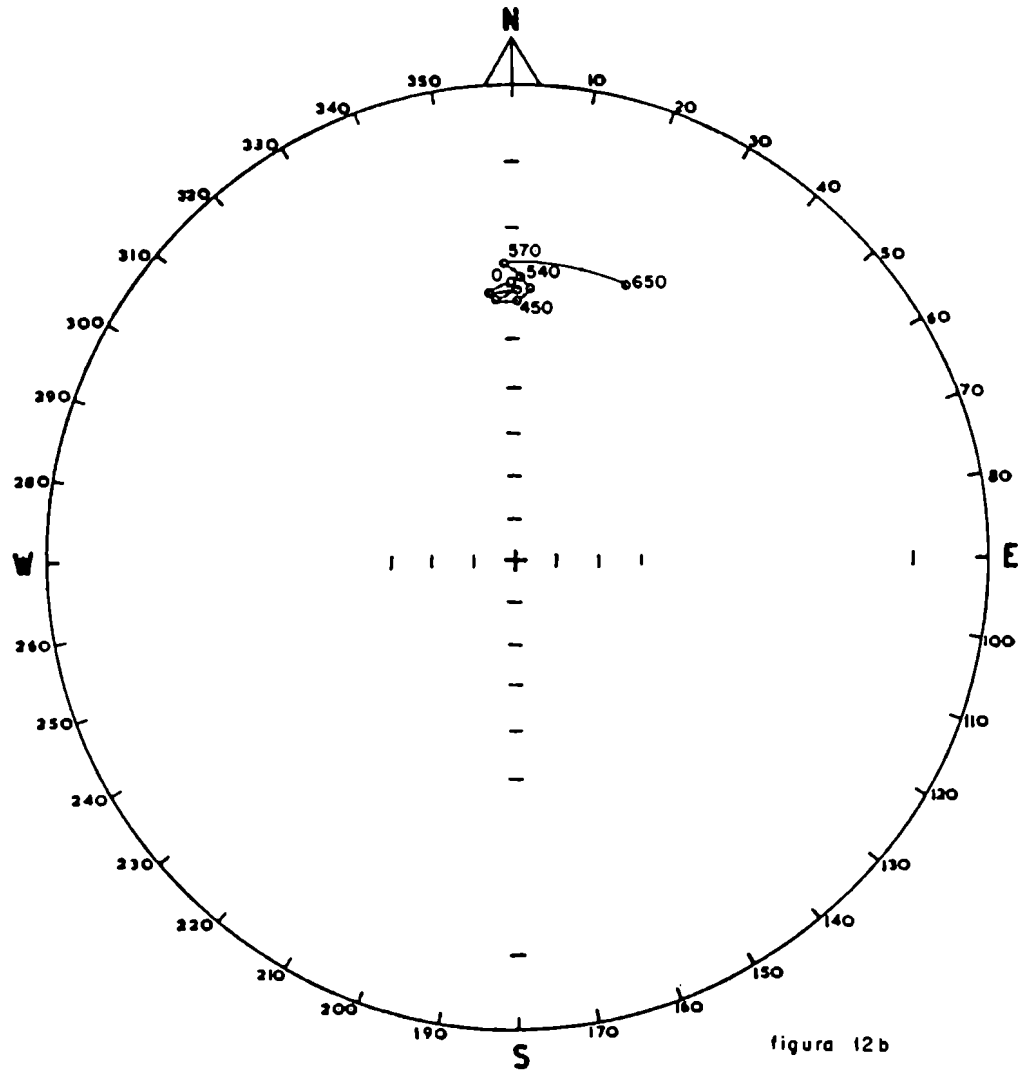
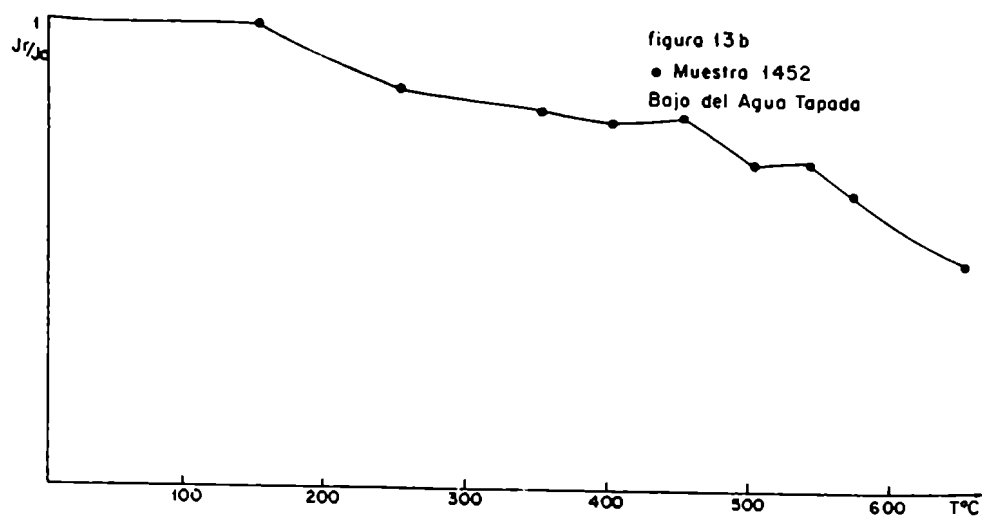
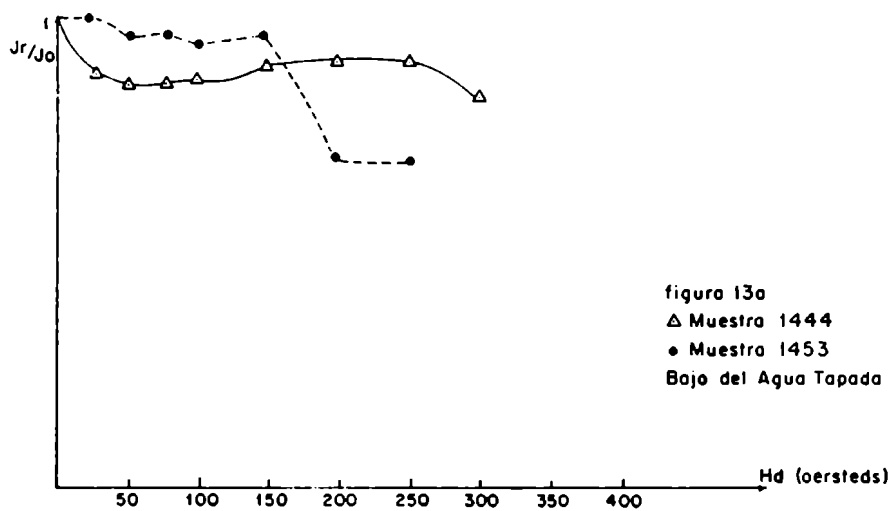


figura 12b  
 ○ Muestra 1452  
 Bajo del Agua Tapada

Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de la muestra 1452 del Bajo del Agua Tapada al ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas.

13a.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las muestras 1444 y 1453 del Bajo del Agua Tapada en función del c.a. desmagnetizante.



13b.- Curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 1452 del Bajo del Agua Tapada, en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica.

muestra 1452, luego de ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas y en la Figura 13b, se ha representado la curva de variación de la intensidad de la magnetización remanente residual de la misma, en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica. Frente a este tratamiento, al igual que frente al lavado por c.a., las muestras han registrado un comportamiento sumamente estable. La temperatura de Curie de la m.r.e. se encuentra por encima de los 650° que fué la temperatura máxima alcanzanada durante el tratamiento térmico. El lavado óptimo elegido es (indistinto entre los 150°C y los 570° C) de 500°C..

Las andesitas alteradas muestreadas en este Bajo, son mas estables ante el tratamiento por c.a. y por temperatura, que las muestras del Bajo del Durazno. Al igual que aquellas, como se vió, presentan direcciones de la m.r.e. de polaridad normal y reversa.

En el cuadro 2c, están sintetizados los valores medios de la m.r.n. y de la m.r.e., obtenidos del estudio paleomagnético de las muestras de andesitas, recogidas en este Bajo.

Las direcciones medias de la m.r.e. han sido graficadas en la Figura 14. Estas se han agrupado alrededor de dos posiciones opuestas, indicando que las muestras de este Bajo registraron un cambio de polaridad del c.m.t.

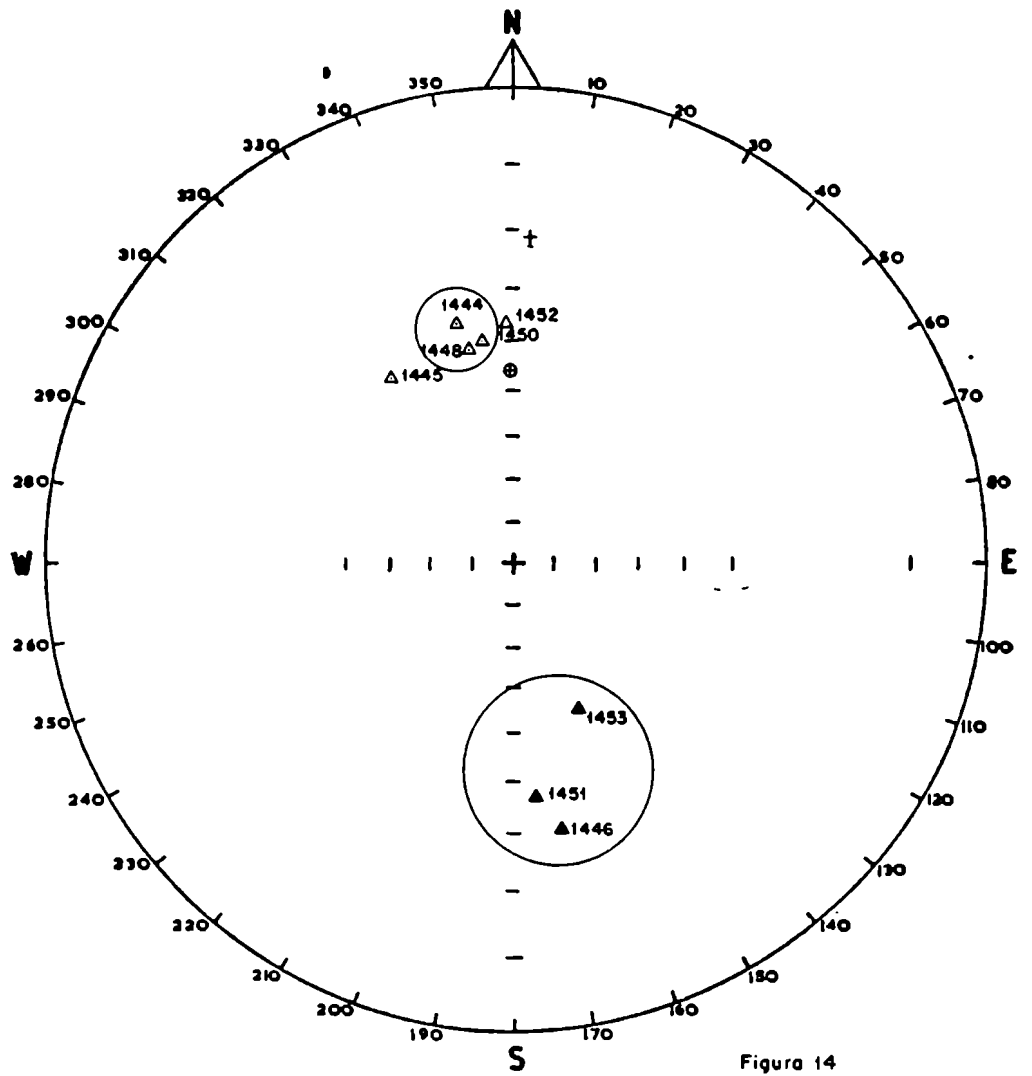


Figura 14  
 Direcciones del m.e.  
 Bajo del Agua Tapado

Resultados del estudio paleomagnético de las muestras del Bajo del Agua Tapada

Lugar de Muestreo	Muestras N°	Tipo de Roca	m.				n.				m.			J r/ J <sub>0</sub>	Polaridad
			D.(°)	I.(°)	N°	α 95	k	J <sub>0</sub> emu cm <sup>3</sup> 10 <sup>-6</sup>	D.(°)	I.(°)	α 95	k	D.(°)		
BAJO DEL AGUA TAPADA	1444	ANDESITAS CUARCIFERAS MUY ALTERADAS	333.2	-60.6	3	790	4.2	0.9	346	-35.7	51.8	25.3	0.90	N	
	1445		321.4	-37.2	3	45.4	32.2	0.38	326.2	-40.2	38	41.1	0.63	N	
	1446		263.4	-57.2	3	57	21.3	0.48	170.4	29.8	19	42.9	0.53	R	
	1448		344.8	-45.7	3	24.4	26.5	0.86	347.7	-40.6	26.5	90.8	0.62	N	
	1450	344.2	-46	2	10.2	599.6	0.47	351.6	-39.1	31.4	62.2	0.79	N		
	1451	165.2	34.4	3	31.1	16.7	2.56	175.1	37.9	9.3	174.1	0.95	R		
	1452	359.2	-30.9	3	6.6	344.1	2.05	358.8	-34.8	6.9	314.7	0.22	N		
	1453	159.2	-47.6	3	2.7	951.2	5.58	155.9	53.3	6.8	1345.5	0.80	R		

La dirección media de la m.r.e. de polaridad normal se encuentra alejada de las direcciones correspondientes al campo magnético terrestre actual y de la del campo dipolar, axial y geocéntrico. La dirección media de la m.r.e. de polaridad reversa, se encuentra igualmente alejada de la dirección del c.m.t. actual, pero incluye dentro de su círculo de confianza a la dirección del campo dipolar axial y geocéntrico

La intensidad de la m.r.n. de las andesitas alteradas de este Bajo es relativamente baja, en relación a las otras zonas mineralizadas, y del mismo orden que la del Bajo del Durazno. En este caso también y por las mismas consideraciones allí realizadas, la baja intensidad de la m.r.n. estaría relacionada al alto grado de alteración y a la disminución de la cantidad de minerales ferromagnéticos presentes en las muestras.

#### III.3.4. Bajo Las Pampitas

En el Bajo Las Pampitas se han muestreado diferentes rocas afectadas por la alteración hidrotermal. Las muestras obtenidas del tubo de brecha (muestras 1554 al 1563), de las riodacitas alteradas (muestras 1564 al 1569), y de las monzonitas alteradas (muestras 1570 al 1573), presentaron comportamientos relativamente diferentes frente al tratamiento por campos alternos. En la Figura 15a se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 1554, 1564 y 1572, luego de ser sometidas



tidas a desmagnetizaciones progresivas por medio de c.a. y en la Figura 16a se representaron las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual para las mismas, en función del c.a. desmagnetizante. Las magnetizaciones mas duras pertenecen a las monzonitas alteradas (muestra 1572) ésta presenta un excelente agrupamiento de las direcciones, con una paulatina disminución de la intensidad. No se han definido los espectros de fuerzas coercitivas, encontrándose el correspondiente a la m.r.e. por encima de los 300 Oersteds. El valor de campo desmagnetizante óptimo elegido es (indistinto entre los 50 y los 250 Oersteds) de 200 Oersteds.

La muestra 1564, perteneciente a la riodacita alterada, posee una m.r. compuesta, con una componente de magnetización blanda, con fuerzas coercitivas del orden de los 50 Oersteds y otra componente estable con un rango de fuerzas coercitivas entre los 250 y los 300 Oersteds. El c.a. desmagnetizante óptimo es (indistinto entre los valores de 100 y de 250 Oersteds) de 200 Oersteds.

Las muestras pertenecientes al tubo de brecha son las que han presentado magnetizaciones menos estables. La muestra 1554 posee una m.r. compuesta, con componentes de magnetización blandas, cuyos espectros de fuerzas coercitivas se superponen dando lugar a una curva de variación de la intensidad de pendiente relativamente suave y un bajo agrupamiento de las direcciones y una componente estable con fuerzas coercitivas del orden de los 300 Oersteds. El c.a. desmagne

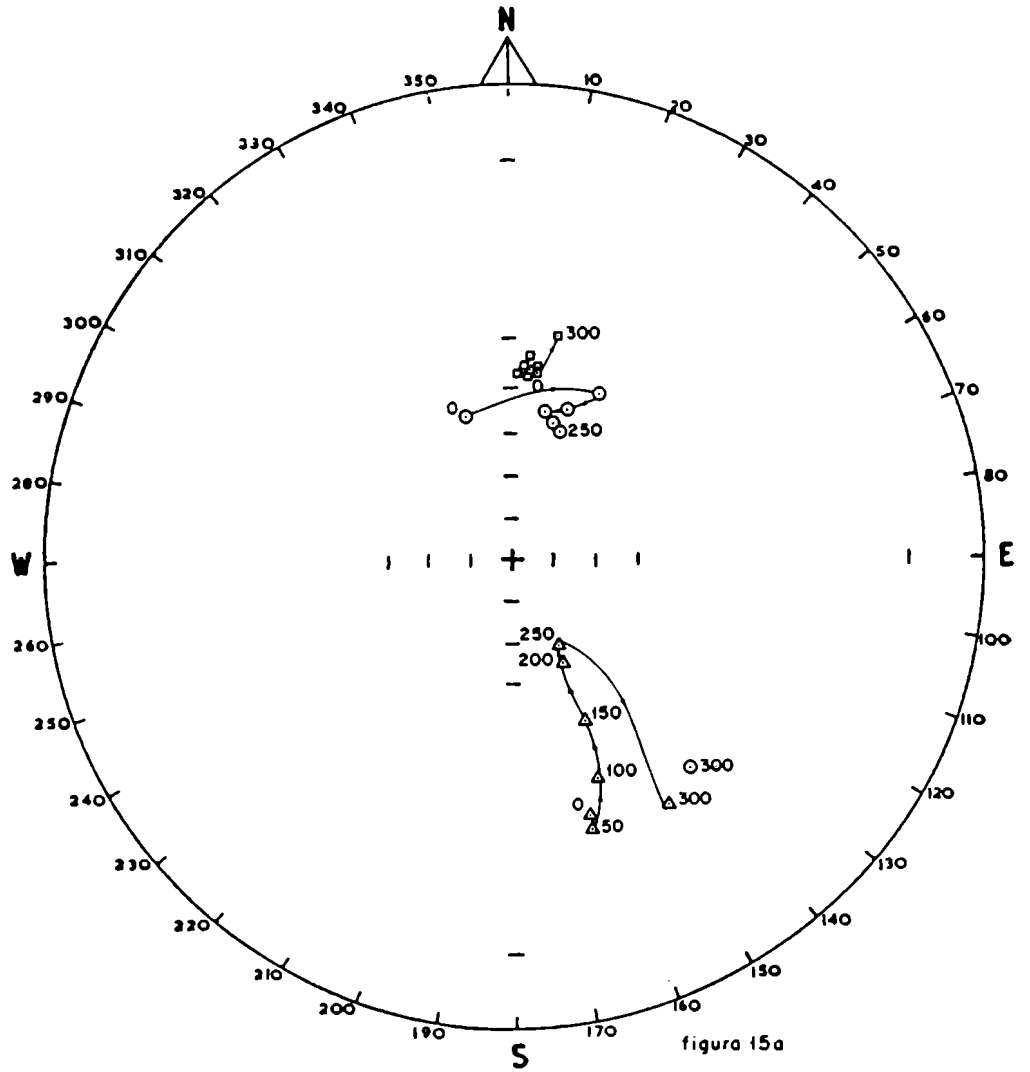


figura 15a

- △ Muestra 1554 del tubo de brecha
  - Muestra 1564 de riolacita alterada
  - Muestra 1572 de monzonita alterada
- Bajo Las Pampitas

Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de las muestras 1554, 1564 y 1572 del Bajo Las Pampitas, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos.

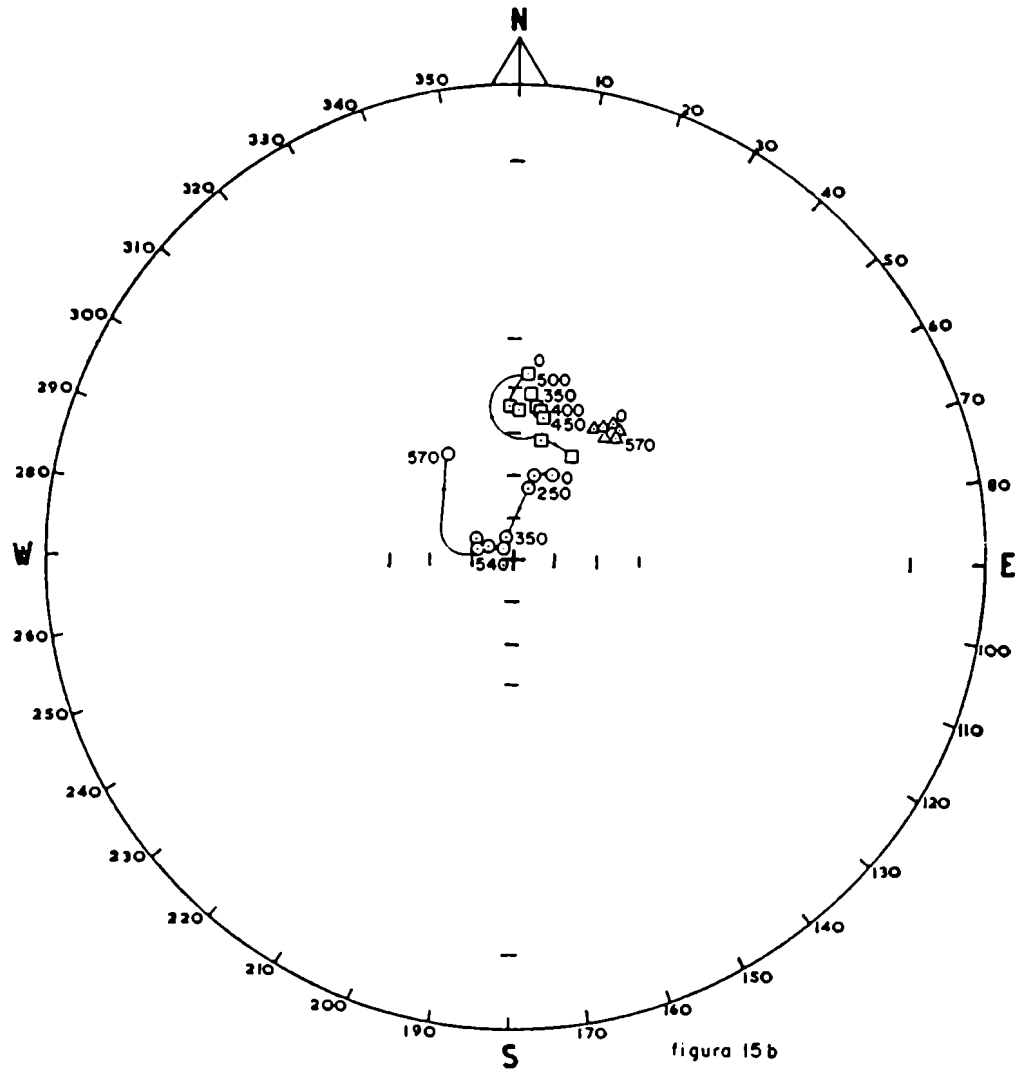


figura 15 b  
 △ Muestra 1563 de luto de brecha  
 ○ Muestra 1569 de riodacita alterada  
 □ Muestra 1571 de monzonita alterada  
 Bajo Las Pampitas

Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de las muestras 1563, 1569 y 1571 del Bajo Las Pampitas, al ser sometidas a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas.

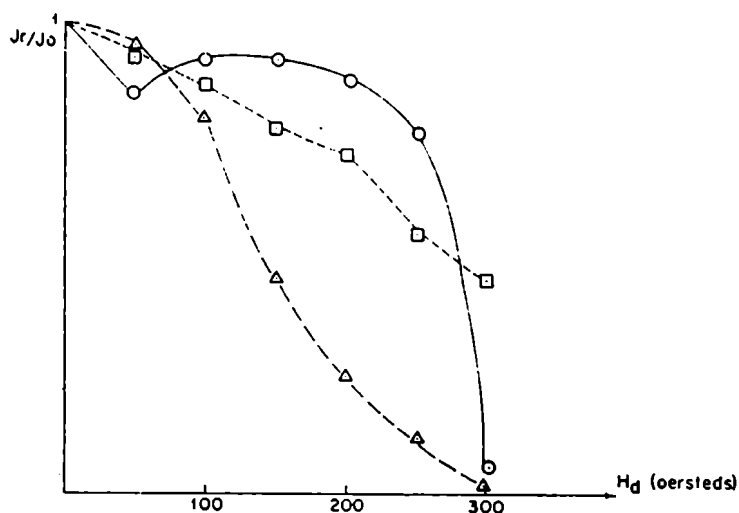


figura 16a

Δ Muestra 1554 del tubo de brecha  
 ○ Muestra 1564 de la riocacita alterada  
 ◻ Muestra 1572 de la monzonita alterada  
 Bajo Las Pampitas

Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función del campo alterno desmagnetizante

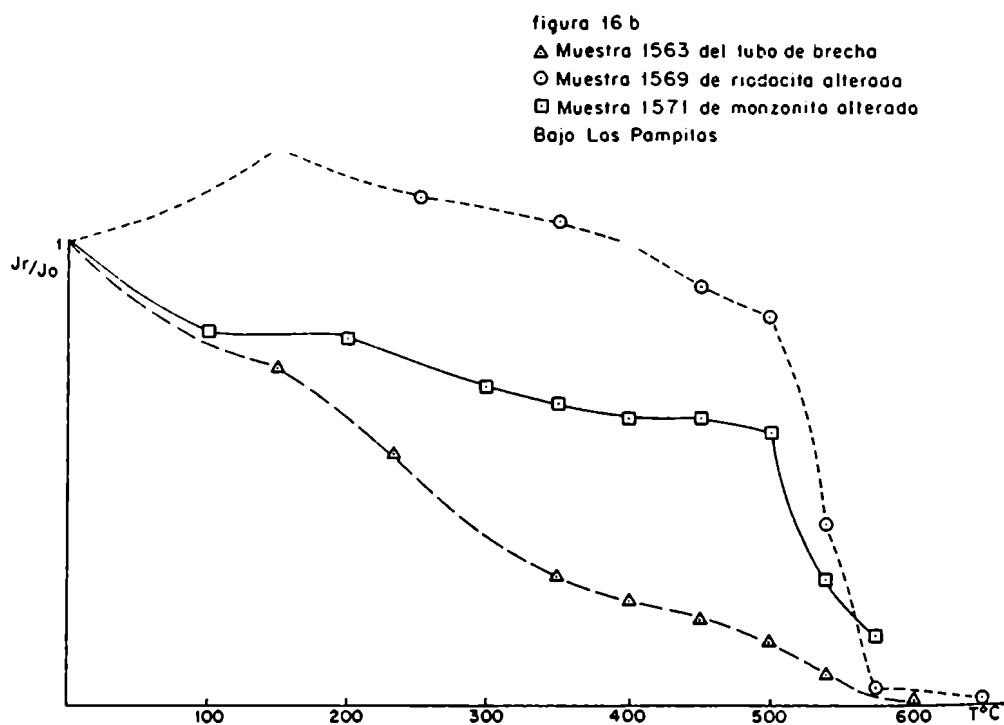


figura 16 b

Δ Muestra 1563 del tubo de brecha  
 ○ Muestra 1569 de riocacita alterada  
 ◻ Muestra 1571 de monzonita alterada  
 Bajo Los Pampitas

16b.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica

tizante óptimo es de 200 Oersteds.

En las muestras que presentaron m.r. compuestas (riodacitas y tubo de brecha) se observó que la dirección del campo magnético responsable de la magnetización secundaria, tuvo diferente dirección a la del c.m.t. actuante durante el origen de la m.r.e. en las mismas.

En la Figura 15b se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 1563, 1569 y 1571, luego de ser sometidas a desmagnetizaciones progresivas por medio de calor y en la Figura 16b, se representaron las curvas correspondientes de variación de la intensidad de la m.r. residual, en función de la temperatura. Si bien las muestras representativas de las distintas litologías muestreadas, han presentado ciertas diferencias en su dureza todas ellas tuvieron un comportamiento estable frente al tratamiento térmico. La muestra 1571 perteneciente a las monzonitas alteradas, posee una componente de magnetización con temperatura de Curie de  $570^{\circ}\text{C}$  y la temperatura de bloqueo, abarcó el rango entre los 500 y  $570^{\circ}\text{C}$ . El lavado óptimo elegido es (indistinto entre los 100 y los  $500^{\circ}\text{C}$ ) de  $400^{\circ}\text{C}$ .

La muestra 1569 perteneciente a las riodacitas alteradas posee una m.r. compuesta con una componente de magnetización blanda, que fué eliminada a los  $350^{\circ}\text{C}$ , y una magnetización estable cuya temperatura de Curie fué de  $570^{\circ}\text{C}$ , con un rango de temperaturas de bloqueo entre los 500 y  $570^{\circ}\text{C}$ . El lavado óptimo es de  $400^{\circ}\text{C}$ .

La muestra 1563 del tubo de brecha, presentó un excelente agrupamiento en el estereograma y una paulatina disminución de la intensidad, la temperatura de Curie fue próxima a los 570°C. La desmagnetización óptima puede tomarse entre cualquiera de los lavados realizados, dada la estabilidad de la muestra frente a este tratamiento y se ha elegido la de 400°C.

El valor de m.r.e. de la muestra 1570 se definió sobre la base del lavado por c.a. de un solo espécimen. De los dos restantes, uno se desintegró durante el lavado térmico y el otro presentó intensidad de magnetización por debajo de la sensibilidad del equipo.

Una síntesis de los resultados del estudio paleomagnético de las muestras alteradas del Bajo Las Pampitas, se ha volcado en el cuadro 2d. Las direcciones medias de la m.r.e. fueron graficadas en la Figura 17 donde también se ha dibujado el círculo de confianza (95) alrededor de la dirección media del m.r.e. La mayor parte de las muestras se han agrupado alrededor de una dirección de polaridad normal, aunque también aparecen en forma aislada, una muestra reversa (1561), y otras intermedias (1554, 1555, 1556, 1558, y 1569). El análisis de estos valores, nos sugiere que las rocas mineralizadas del Bajo Las Pampitas, han registrado más de una dirección del c.m.t.. La dirección media de la m.r.e. se encuentra muy cercana a la dirección del campo dipolar axial y geocéntrico, y su círculo de confianza, la incluye. A su vez, la mencionada dirección media se encuentra francamente alejada de la posición del campo magnético actual en la región.

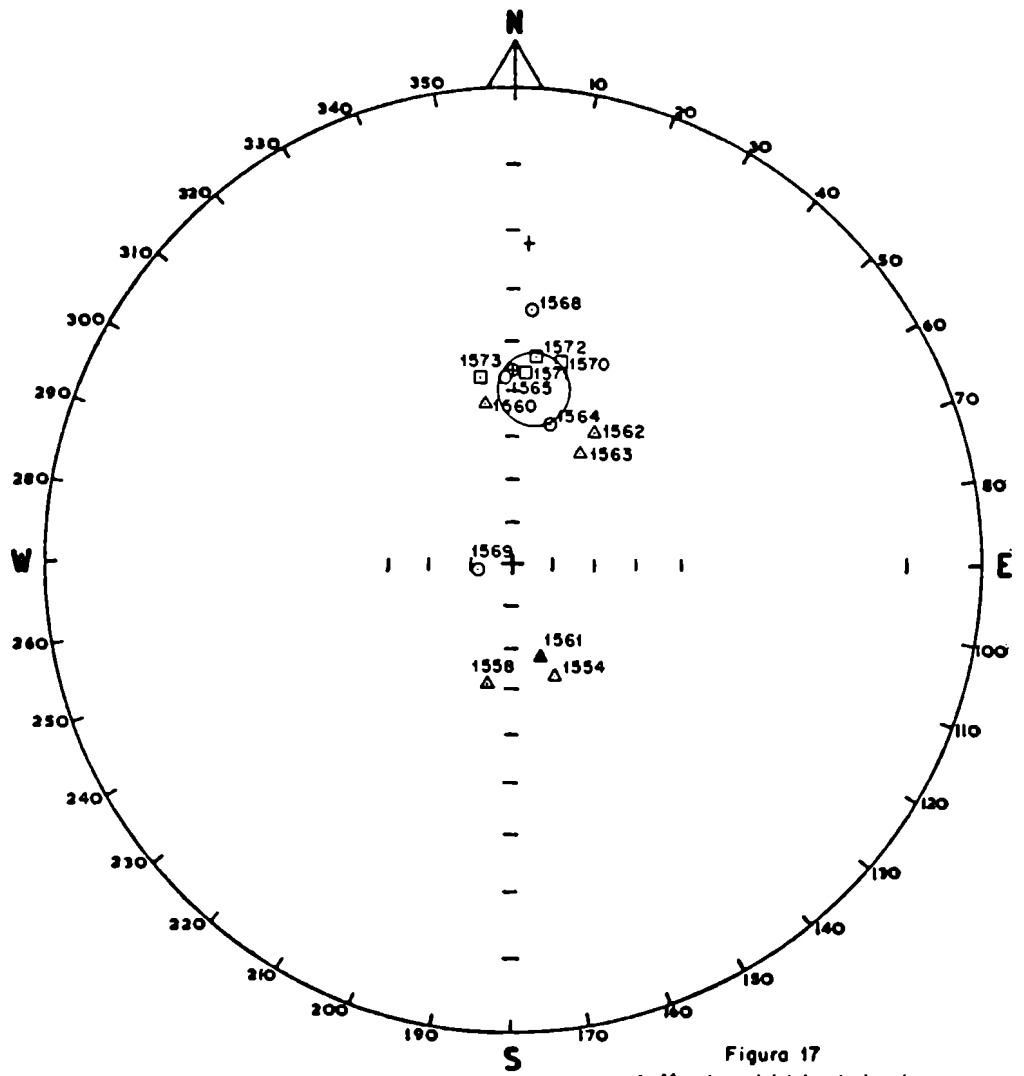


Figura 17

- △ Muestras del tubo de brecha.
  - Muestras de riolacitas alteradas.
  - Muestras de monzonitas alteradas.
- Bajo Los Pampitas.

8.3	895.8	47721.89	158.7	-61.5	8.9	775.9	0.
-	-	37602.7	203.2	10.2	-	-	0.
4.9	632.7	32357.8	223.3	-16.4	24.7	103.8	0.
-	-	205846.7	192.2	-60	-	-	0.
14.3	303.9	1894.68	34.9	-52.5	3.8	45.2	0.
50.9	26.1	179763.4	161.9	66.5	41.3	38.6	0.
-	-	1523.76	34.2	-54.8	-	-	0.
6.6	341.5	84840.2	34.4	-57.5	6.6	346.9	0.
-	-	2779.2	17.2	-56.8	-	-	0.
56.2	21.8	2915.4	357	-47	19.9	158.8	0.
15.1	274.2	1487.3	373	-34	14.4	300	0.
12.8	93.6	3861.3	254.7	-82.2	8.9	192.3	0.
61.3	5.1	0.10	7.7	-34.1	-	-	0.
18.2	188.8	15.99	4.1	-46.4	32	62.7	0.
8.2	225.6	6.66	6.9	-43.6	5.7	1874.4	0.
-	-	4.48	350.1	-46.8	21.9	131.9	0.



### III.3.5. Bajo San Lucas

El comportamiento de las muestras del pórfiro dacítico alterado (muestras 1331, 1332 y 1337 al 1343), como así también el de las muestras de diorita alterada (muestras 1335 y 1336) recolectadas en el Bajo San Lucas, han presentado en la mayoría de los casos, una magnetización de dureza intermedia, frente al tratamiento por campos magnéticos alternos. Solamente la muestra 1336 ha presentado un comportamiento más duro y diferente de las demás. En la Figura 18a se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 1336 y 1341, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas, por medio de c.a. y en la Figura 19a se han presentado las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las mismas, en función del c.a. desmagnetizante. Ambas muestras poseen m.r. compuestas, donde las componentes de magnetización blandas, que representan magnetizaciones secundarias, fueron producidas por campos magnéticos de diferente dirección al que originó las m.r.e.. La muestra 1336 posee una componente de magnetización blanda, con fuerzas coercitivas del orden de los 75 Oersteds y otra componente dura, con fuerzas coercitivas superiores a los 300 Oersteds. Para esta muestra el c.a. desmagnetizante óptimo elegido es (cualquiera entre los 75 y los 300 Oersteds) de 125 Oersteds.

En la muestra 1341, el valor medio del c.a. necesario para aislar la m.r.e. fue de 50 Oersteds.

Los espectros de fuerzas coercitivas se encuentran entre 0 y 50 Oersteds, y entre 150 y 200 Oersteds, por encima de ese valor la muestra ha tenido un comportamiento magnético inestable. El c.a. desmagnetizante óptimo es del orden de los 100 Oersteds.

En la Figura 18b se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de la muestra 1341 luego de ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas y en la Figura 19b se ha representado la curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la misma en función de la temperatura. Esta muestra posee una m.r. compuesta. La temperatura de Curie registrada es de  $540^{\circ}\text{C}$ , para ésta el rango de temperaturas de bloqueo osciló entre los  $500$  y  $540^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura desmagnetizante óptima es del orden de los  $400^{\circ}\text{C}$ .

Un resumen de los valores de la m.r.n. y la m.r.e. obtenidos del estudio paleomagnético de las muestras obtenidas en el Bajo San Lucas, fueron volcados en el cuadro 2e. Las direcciones medias de la m.r.e. fueron graficadas en la Figura 20 y la Figura 21. Las muestras han registrado direcciones de polaridad normal; esto indica que el c.m.t. tuvo polaridad normal durante la época en que se produjo la mineralización en el Bajo San Lucas. El hecho de que muestras pertenecientes a diferentes litologías hayan presentado un comportamiento magnético similar entre sí, sugiere un origen común de

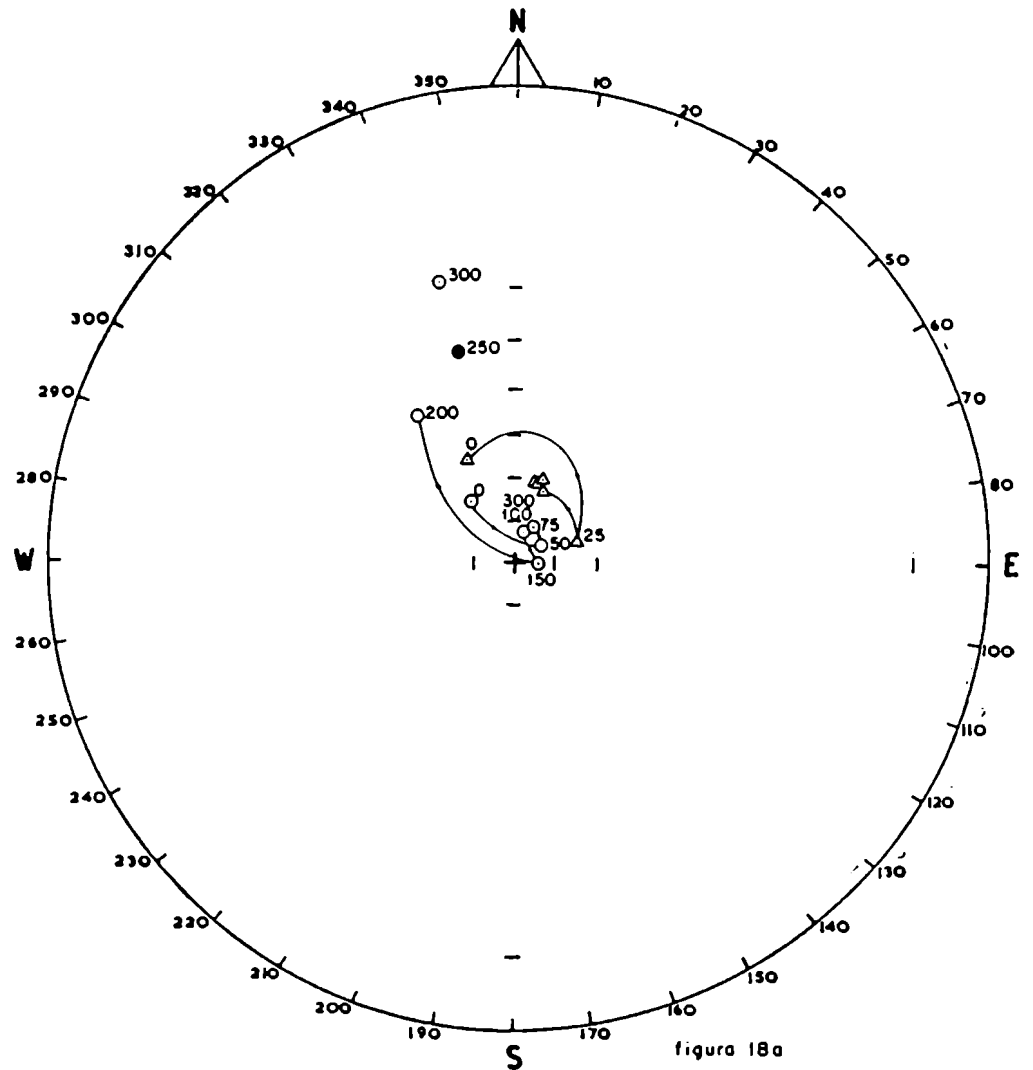


figura 18a  
 Δ Muestra 1336 de diorita alterada  
 O Muestra 1341 del porfiro dacitico alterado  
 Bajo San Lucas

Direcciones del m.r.n. y del m.r. resi  
 dual de las muestras 1336 y 1341 del Ba  
 jo San Lucas, luego de ser sometidas a  
 desmagnetización en etapas progresivas  
 por medio de campos magnéticos alternos

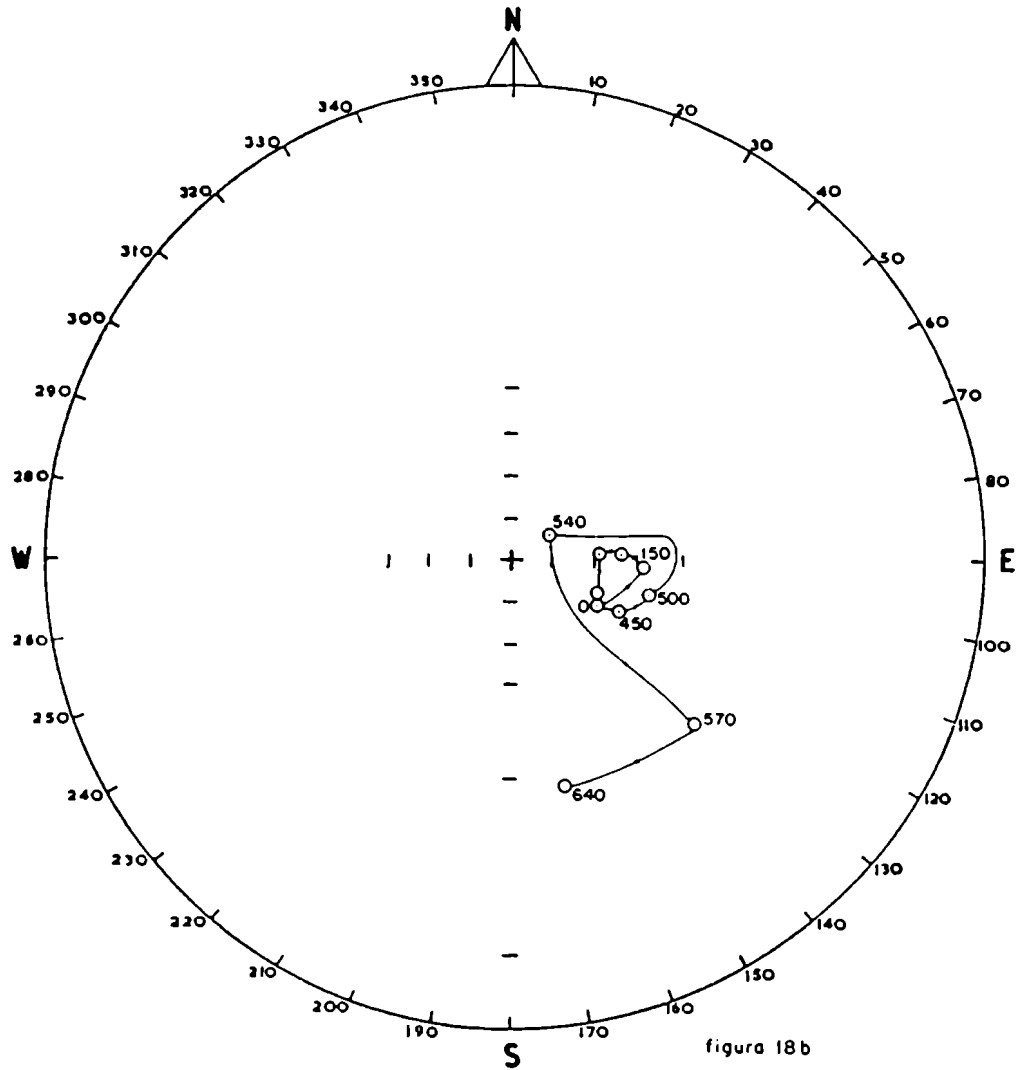


figura 18b  
 ○ Muestra 1341 del porfiro  
 dacítico alterado  
 Bajo San Lucas

Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de la muestra 1341 del Bajo San Lucas, luego de ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas.

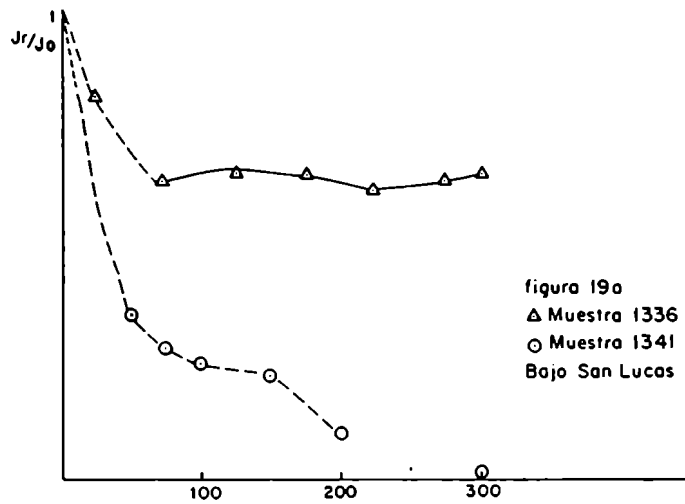


figura 19a  
 ▲ Muestra 1336 de diorita alterada  
 ○ Muestra 1341 del porfiro dacítico alterado  
 Bajo San Lucas

Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función del c.a. desmagnetizante de las muestras 1336 y 1341 del Bajo San Lucas.

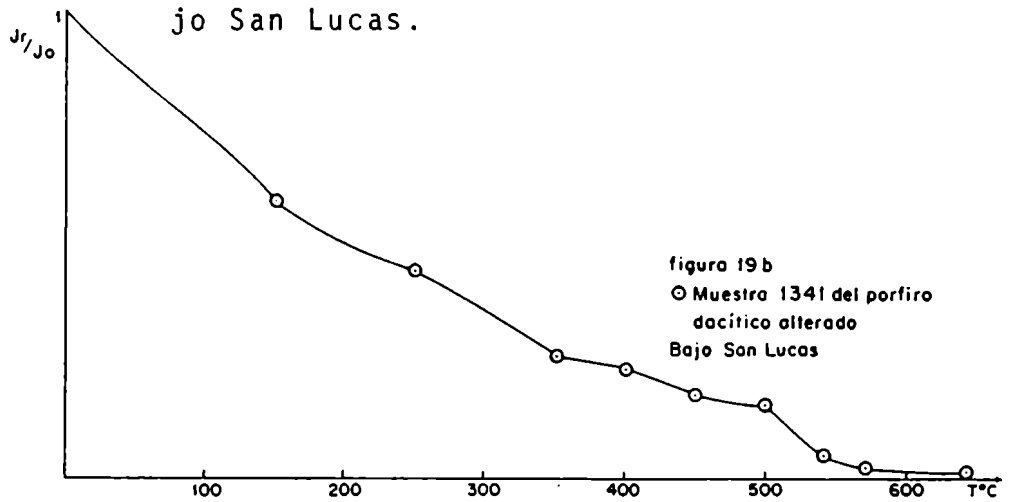


figura 19b  
 ○ Muestra 1341 del porfiro dacítico alterado  
 Bajo San Lucas

Curva de variación de la m.r. residual de la muestra 1341 del Bajo San Lucas en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmagnetización térmica.

su m.r.e.

Los valores de la m.r.e. obtenidos para las muestras de este Bajo, fueron tratados de dos maneras diferentes. Por un lado se supuso que la estructura de fallamiento y el evento diastrófico asociado, responsables del ascenso de la Sierra de la Ovejería, fué posterior al fenómeno hidrotermal (González Bonorino, 1950c; Llambías, 1970). En este caso, el correcto tratamiento de los datos exige realizar una corrección por estructura. Hecha esta corrección, se obtuvo un agrupamiento de las direcciones de la m.r.e. de las muestras de este Bajo, Figura 20. Sin embargo, habiéndose planteado la inquietud, y con el fin de aportar datos que permitieran confirmar ó deshechar la hipótesis geológica planteada (hidrotermalismo previo al fallamiento) y dado que el método lo permitió, se supuso que el fallamiento y ascenso de la Sierra de la Ovejería se produjo con anterioridad al fenómeno hidrotermal en el Bajo San Lucas y no se aplicó la mencionada corrección por estructura: Figura 21.

La comparación de las direcciones medias de la m.r.e. graficadas en las Figuras 20 y 21 con las direcciones medias de la m.r.e. de las otras áreas mineralizadas (Figura 8, Figura 11, Figura 14 y Figura 17) sugieren que la dirección que resulta mas cercana y coherente con las mismas es la dirección de la m.r.e. corregida (Figura 20).

La dirección de la m.r.e. a la que no fué aplicada la corrección por estructura queda aislada.

Por otra parte, la observación de las Figuras 20 y 21 indica que la dirección media de la m.r.e. de las muestras del Bajo San Lucas se encuentra francamente alejada tanto de la dirección del campo magnético actual co como así también del campo dipolar axial y geocéntrico.

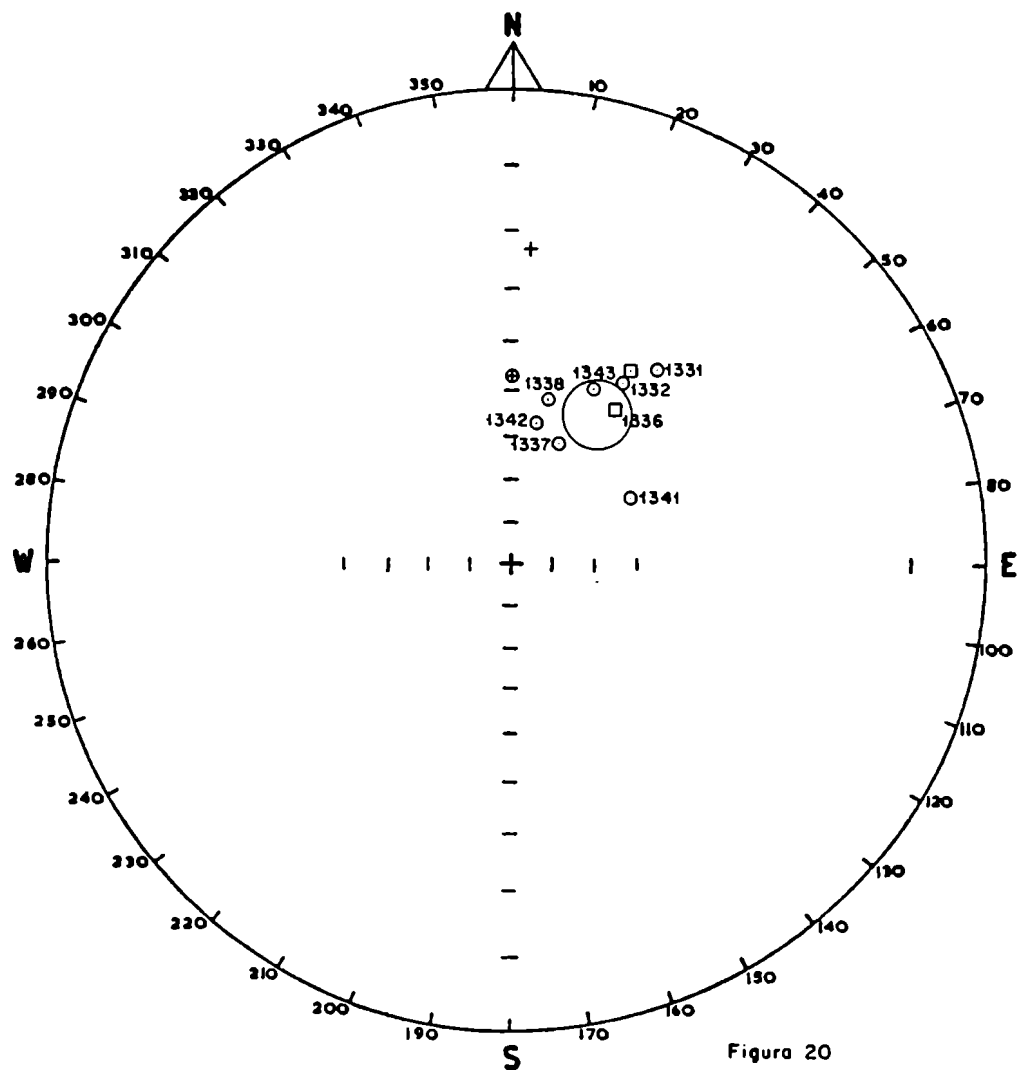


Figura 20  
 Direcciones del m.r.e. con corrección  
 por estructura.  
 □ Diorita alterada.  
 ○ Páfriro dacítico alterado.  
 Bajo San Lucas.





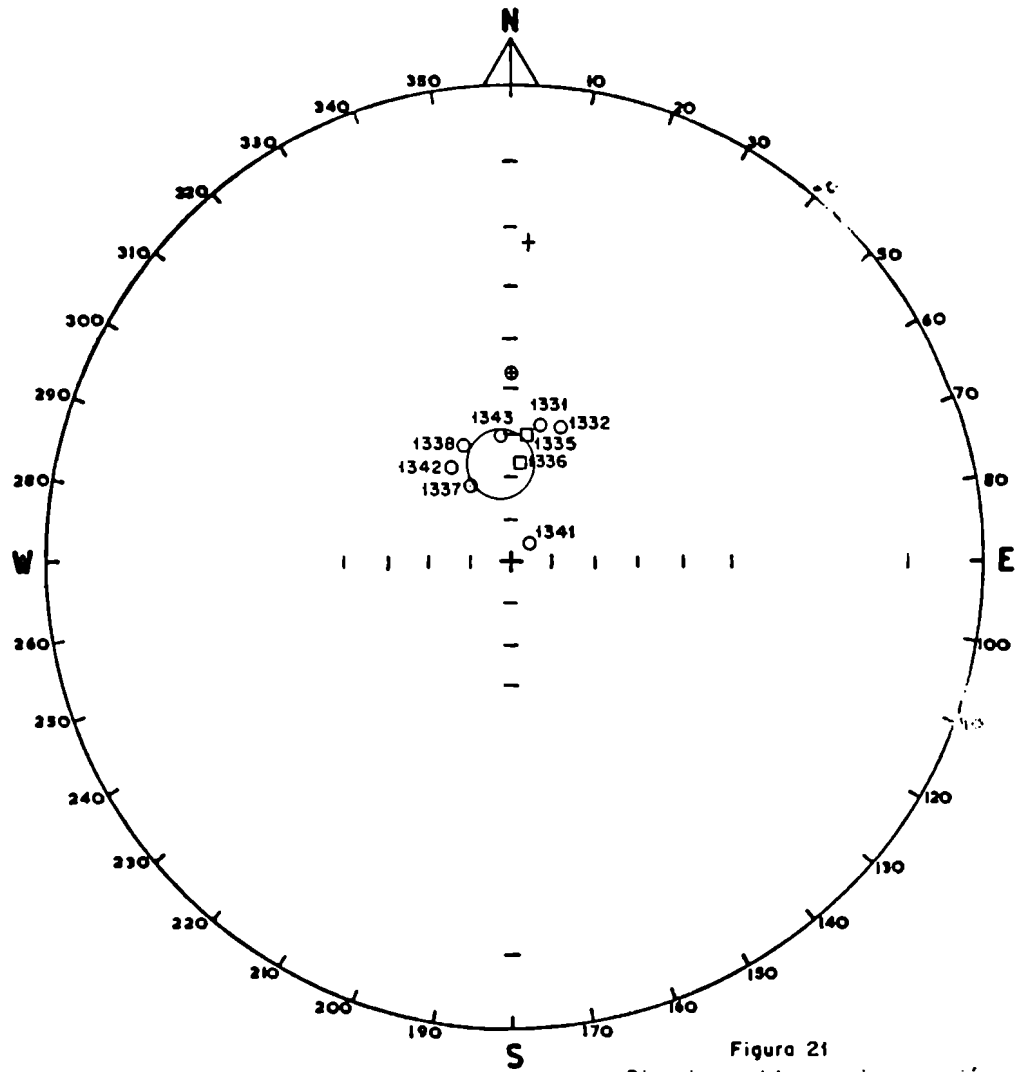


Figura 21  
 Direcciones del m.r.e. sin corrección  
 por estructura.  
 □ Diorita alterada.  
 ○ Pórfiro dacítico alterado.  
 Bajo San Lucas.



Tipo de Roca	m.					m. r. e.		
	D.(°)	I.(°)	Nº	$\alpha_{95}$	n. k	sin corrección por D.(°)   I.(°)		$\alpha_{95}$
Pórfiro dacítico	11.8	-19.3	2	24	109.9	20.9	-56	8.0
	356.5	-28.2	1	-	-	10.6	-59.3	-
	39.8	-35.4	2	23.2	117.3	12.2	-57.1	17.6
Diorita alterada	35.9	-51.5	2	40.1	40.8	6.3	-66.1	28.2
	25.5	-55.7	2	30.5	68.9	330.4	-68.8	67.3
	16.3	-58.2	3	19.1	172.3	337.0	-59.8	36.1
Pórfiro dacítico	68.3	-71.9	3	87.1	10.4	41	-83.1	21.3
	18.1	-44.4	3	59.3	19.8	326.8	-62.8	51.4
	26.8	-33.8	2	34.7	53.7	358.7	-60.6	7.6

$J_0$  en  $\mu\text{cm}^3 \cdot 10^{-6}$

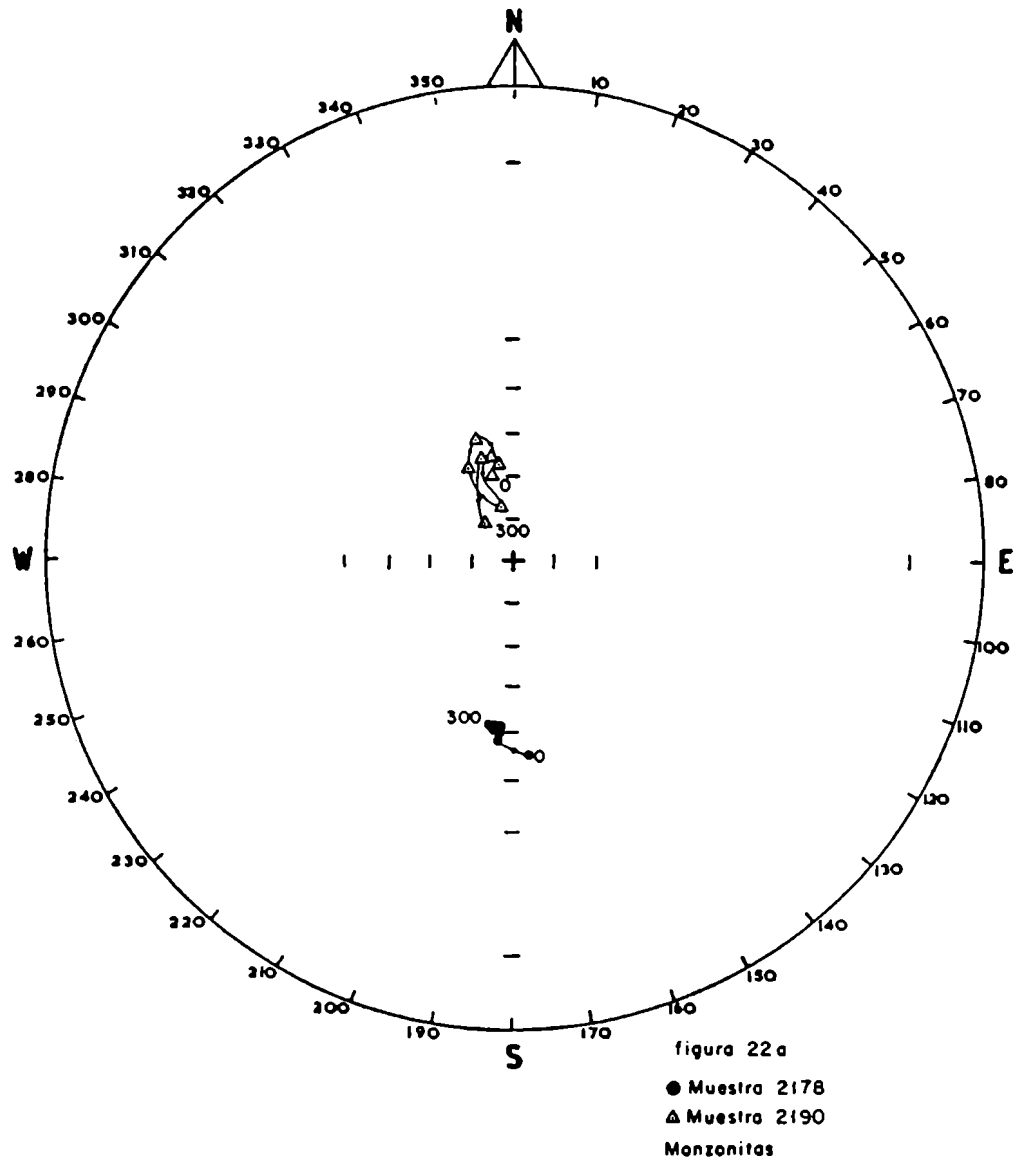
1447	12.2	-57.1	17.6	202.8	0.25
1666.5	6.3	-66.1	28.2	79.5	0.61
42621.6	330.4	-68.8	67.3	15.9	0.35
6002.6	337.0	-59.8	36.1	49.8	0.38
18446.3	41	-83.1	21.3	34.4	0.21
6666.6	326.8	-62.8	51.4	25.7	0.38
1486.7	358.7	-60.6	7.6	1066.5	0.35

### III.3.6. Monzonita de Alto de la Blenda

El comportamiento de las muestras de monzonita sin alterar (muestras 2174 al 2179 y 2190 al 2193) frente a los tratamientos de desmagnetización, ha sido muy estable. En la Figura 22a se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 2178 y 2190 luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de c.a. y en la Figura 23a se han representado las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las mismas, en función del c.a. desmagnetizante. La muestra 2178 posee una m.r. compuesta con una componente de magnetización blanda, la que es eliminada a los 50 Oersteds, a partir de dicho valor de campo desmagnetizante se aísla la m.r.e. El espectro de fuerzas coercitivas para las mismas, se encuentra por encima de los 300 Oersteds. El c.a. desmagnetizante óptimo elegido es (indistinto entre los 50 y los 300 Oersteds) de 250 Oersteds.

La muestra 2190 presenta un buen agrupamiento de las direcciones del m.r. residual y una paulatina disminución de la intensidad. El espectro de fuerzas coercitivas de la m.r.e. se encuentra por encima de los 300 Oersteds. El c.a. desmagnetizante óptimo es del orden de los 250 Oersteds.

En la Figura 22b se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 2178 y 2192 después de ser sometidas a des



Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 2178 y 2190 pertenecientes a las monzonitas, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos.

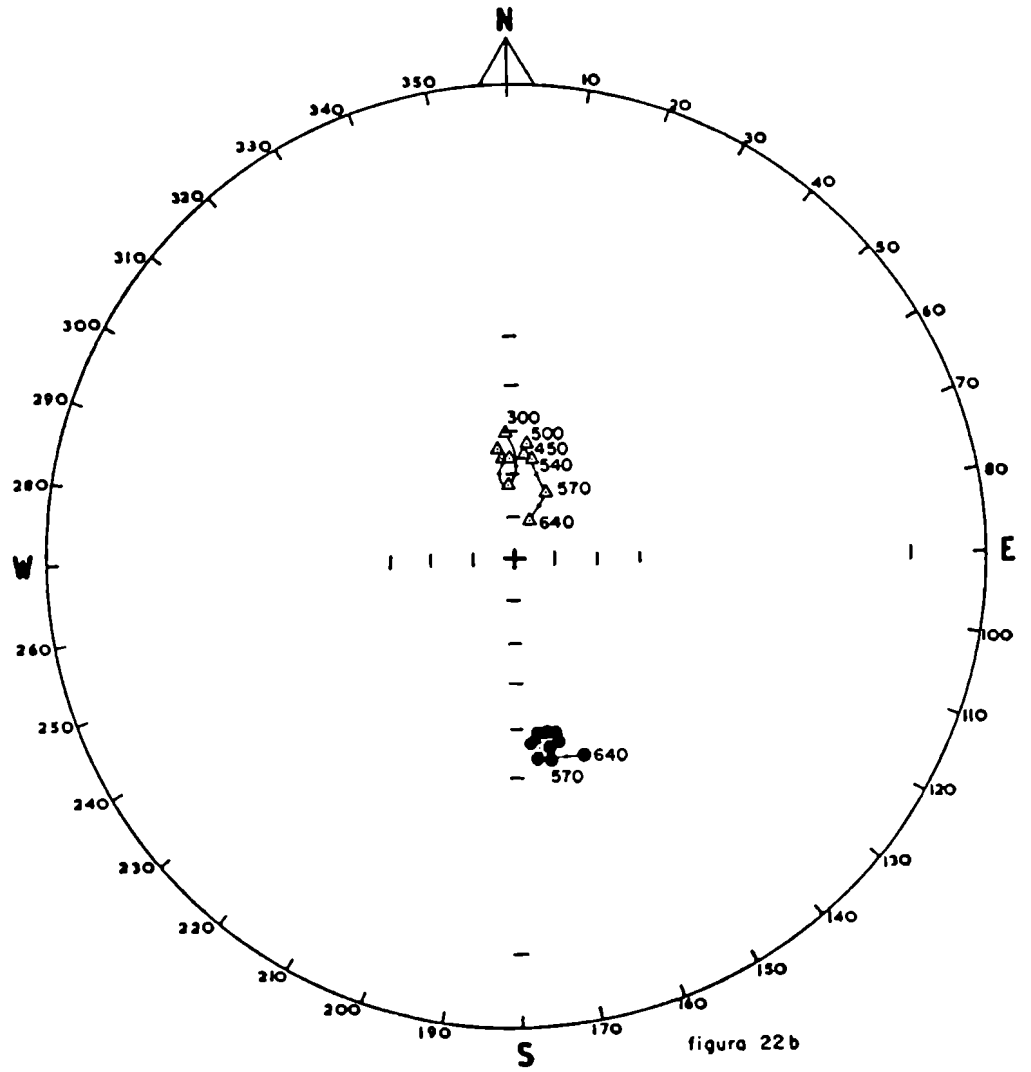


figura 22b  
 ● Muestra 2178  
 △ Muestra 2192  
 Monzonitas

Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 2178 y 2192 pertenecientes a las monzonitas al ser sometidas a desmagnetización, por medio de calor en etapas progresivas.

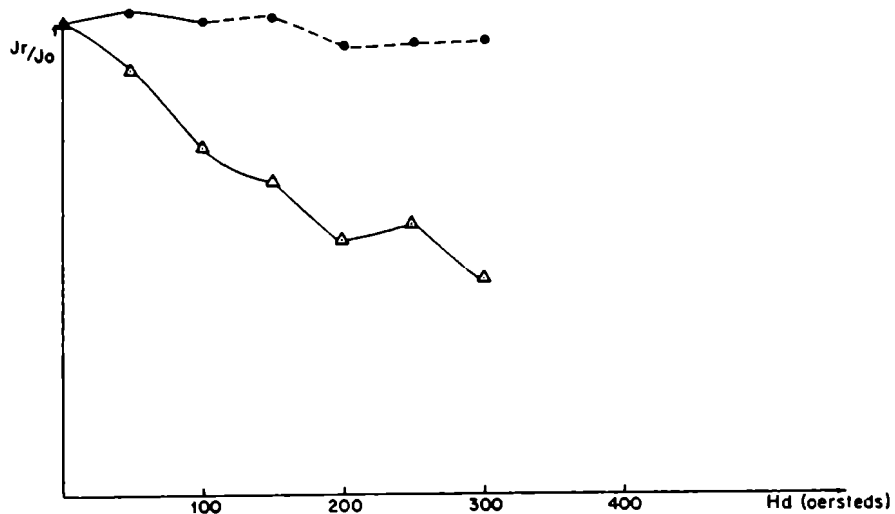


figura 23a  
 ● Muestra 2178  
 ▲ Muestra 2190  
 Monzonitas

Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función del c.a. desmagnetizante

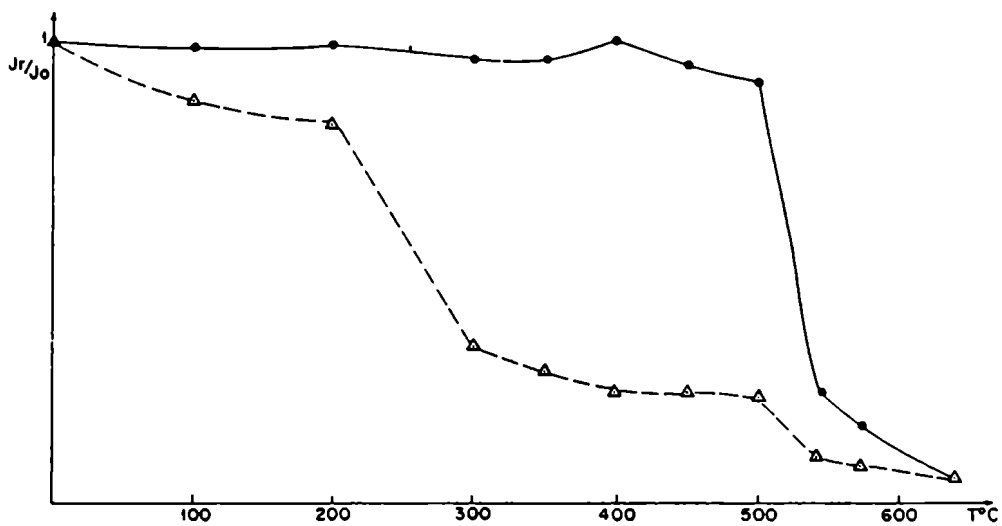


figura 23b  
 ● Muestra 2178  
 ▲ Muestra 2192  
 Monzonitas

Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las muestras 2178 y 2192 de monzonita en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de la desmag

magnetización por medio de calor en etapas progresivas y en la Figura 23b se han representado las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las mismas, en función de la temperatura. Ambas muestras registran m.r. compuestas frente a este tratamiento. La muestra 2178 posee una componente de magnetización con temperatura de Curie de  $540^{\circ}\text{C}$  y otra componente de magnetización cuya temperatura de Curie no fue alcanzada con la etapa máxima de lavado realizada ( $640^{\circ}\text{C}$ ). El rango de temperaturas de bloqueo para la primera de ellas, osciló entre los  $500$  y  $540^{\circ}\text{C}$ . El lavado óptimo es (indistinto entre los  $100^{\circ}\text{C}$  y los  $500^{\circ}\text{C}$ ) de  $450^{\circ}\text{C}$ .

La muestra 2192 posee componentes de magnetización con temperaturas de Curie de  $300^{\circ}\text{C}$ , de  $540^{\circ}\text{C}$  y mayores de  $640^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas de bloqueo registradas fueron de  $200$  a  $300^{\circ}\text{C}$ , para la primera de ellas, y de  $500$  a  $540$  para la segunda. La temperatura desmagnetizante óptima es del orden de los  $450^{\circ}\text{C}$ .

Los especímenes de las muestras 2190 y 2193 que fueron sometidos a desmagnetización por temperatura, se desintegraron durante el proceso, por lo que los valores de m.r.e. que figuran en el cuadro 2f, fueron obtenidos sobre la base de la desmagnetización por c.a.

Una síntesis de los resultados del estudio paleomagnético de las monzonitas se ha volcado en el cuadro 2f y en la Figura 24 se han graficado las direcciones medias de la m.r.e. de las mismas. Las muestras presentan direcciones de su m.r.e. de polaridad normal, reserva e intermedia y se han agrupado alrededor de dos posiciones opuestas. Esto indica que el período de emplazamiento de las monzonitas coincidió con un momento en el cual el c.m.t. sufrió un cambio de polaridad.



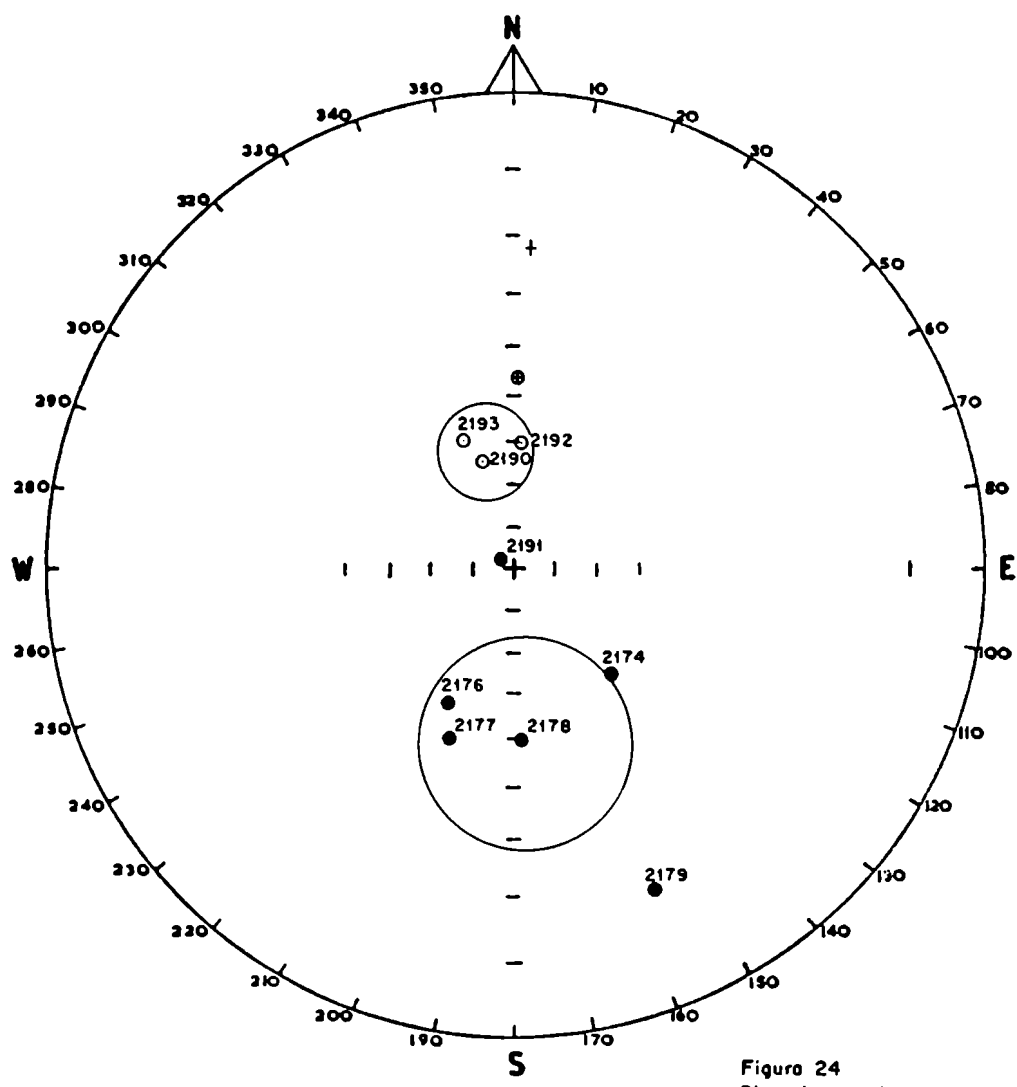


Figura 24  
 Direcciones del m.r.e.  
 Monzonitos

Resultados del estudio paleomagnético de las muestras de Monzonitas

Lugar de Muestreo	Muestras	Tipo de roca	m.		r.		n.		J <sub>0</sub> emu cm <sup>3</sup> 10 <sup>-6</sup>		m.		e.
			D.(°)	I.(°)	N°	> 95	k	k	D.(°)	I.(°)			
ALTO DE LA BLENDA	2174		90.4	50.3	2	> 90	3.2	158.4	139.7	56.8	81	11.7	
	2176		244.5	57.9	3	14.6	72	878.4	208.9	54.2	13	90.7	
	2177		287.1	53.5	2	90	2.0	188.5	202.9	48.3	80	11.8	
	2178		181.1	48.7	2	18.8	177	5540.9	179.3	49.4	12.8	380	
	2179		6.3	-43.6	2	14.9	280.2	486.3	157	16.3	49.9	27.1	
	2190		347.1	-67.2	2	6.1	1672.9	2094.4	341.2	-64.7			
	2191		267	44.8	3	60.9	5.1	122.2	289.8	85.3	3.4	1301.1	
	2192		1.0	-57.9	2	11.9	435.2	2556.7	1.86	-60.9	2.8	1922.5	
	2193		3.2	-51.9	2	8.6	826.4	1377.14	337	-58			

MONZONITA

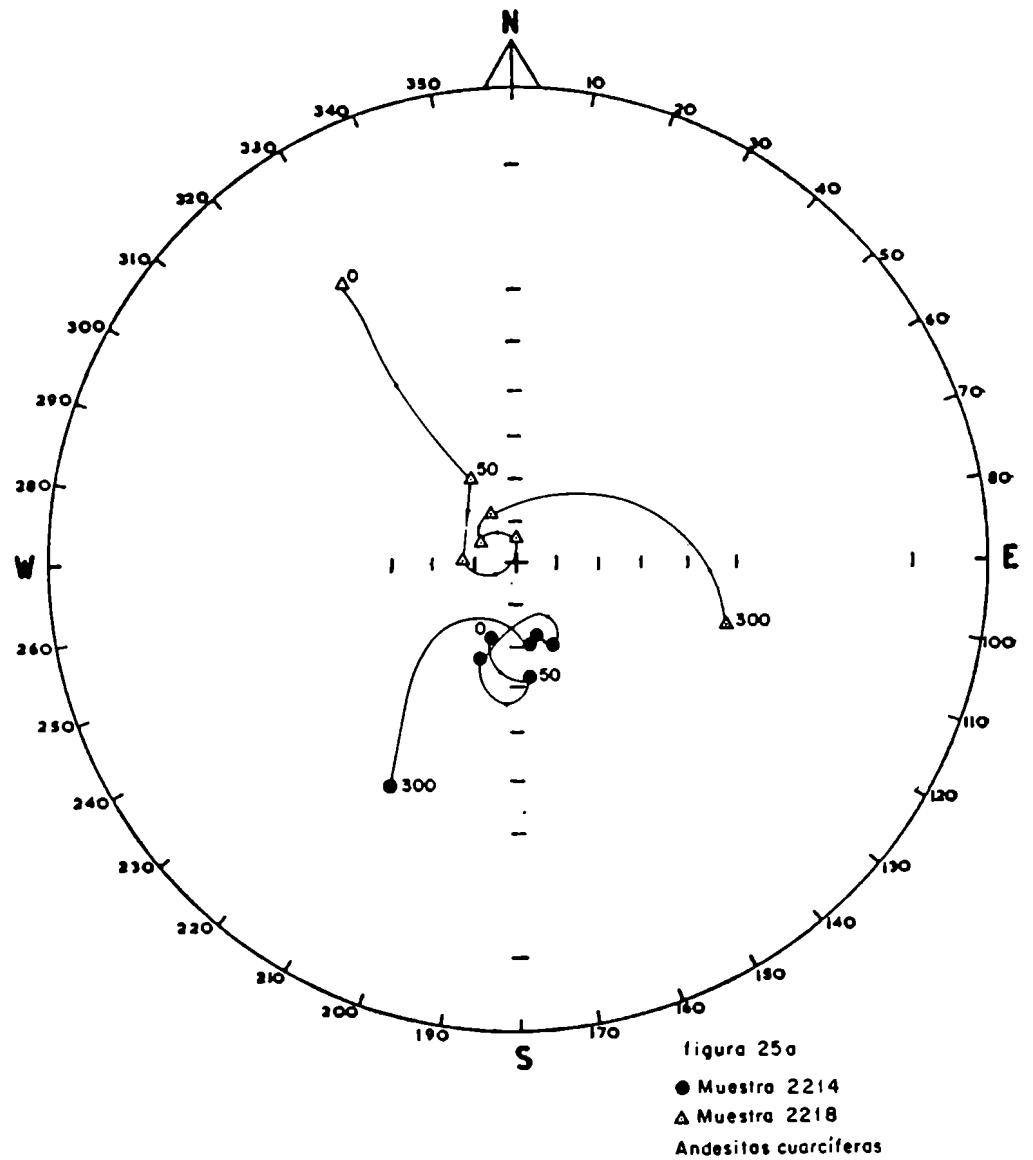
La dirección media de la m.r.e. de las monzonitas de polaridad normal se encuentra alejada de las posiciones del c.m.t. actual y de la del campo dipolar axial y geocéntrico. La dirección reversa de la m.r.e. se encuentra igualmente alejada de la dirección del c.m.t. actual, pero incluye dentro de su círculo de confianza la del campo dipolar axial y geocéntrico.

### III.3.7. Andesitas cuarcíferas

El comportamiento de las muestras de andesita cuarcífera sin alterar (muestras 2212 al 2218) frente a la desmagnetización por campos magnéticos alternos, indica la presencia de magnetizaciones relativamente blandas y medias. En la Figura 25a se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 2214 y 2218, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos y en la Figura 26a se representaron las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las mismas en función del c.a. desmagnetizante. Estas muestras poseen m.r. compuestas.

La muestra 2214 registra un espectro de fuerzas coercitivas entre los 50 y los 150 Oersteds y conserva otra componente de magnetización cuyo espectro de fuerzas coercitivas se encuentra por encima de los 300 Oersteds. El campo alterno desmagnetizante óptimo es del orden de los 200 Oersteds.

La componente blanda de la muestra 2218 pre-



Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de las muestras 2214 y 2218 de andesita cuarcífera, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos.

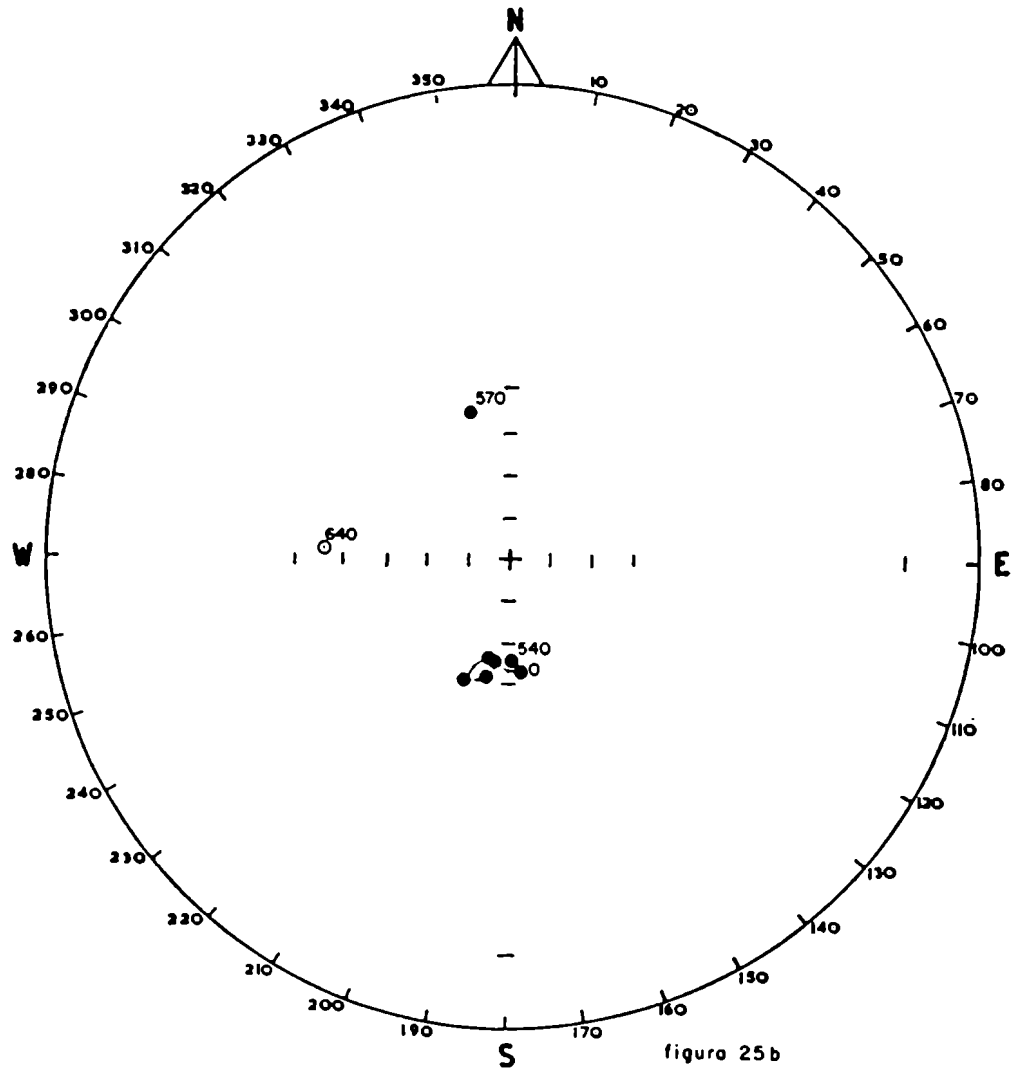


figura 25 b

● Muestra 2214  
Andesitas cuarcíferas

Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de la muestra 2214 de andesita cuarcífera, luego de ser sometida a desmagnetización en etapas progresivas por medio de calor....

Curvas de variación de la intensidad de m.r. residual de las muestras 2214 y 2218 de andesita cuarcífera en función del c.a. desmagnetizante.

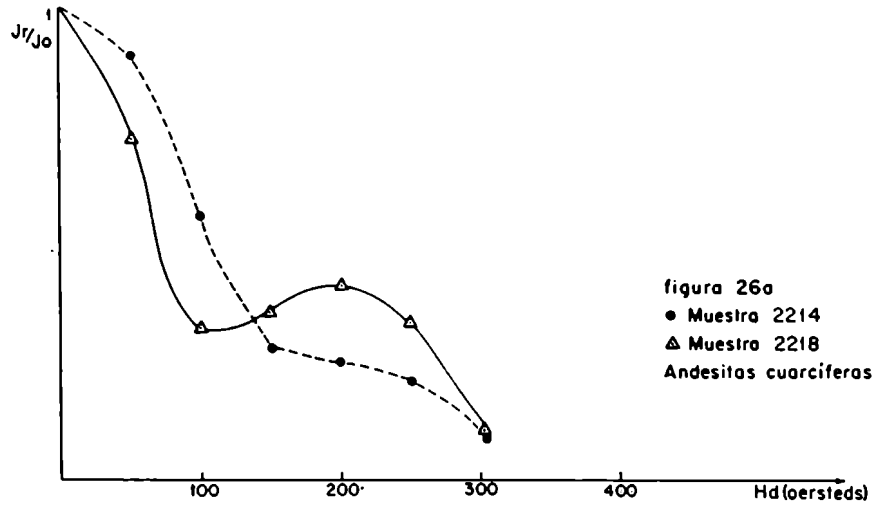


figura 26a  
 ● Muestra 2214  
 ▲ Muestra 2218  
 Andesitas cuarcíferas

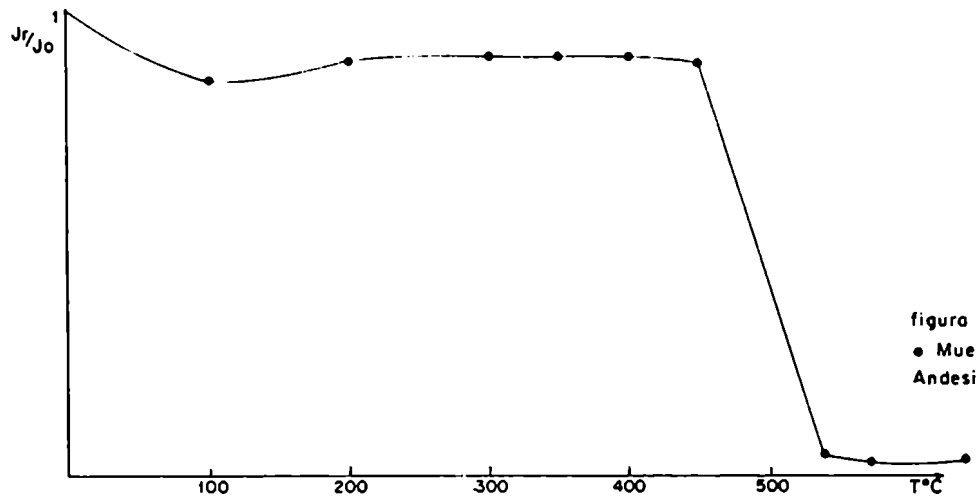


figura 26b  
 ● Muestra 2214  
 Andesitas cuarcíferas

Curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 2214 de andesita cuarcífera en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de desmagnetización térmica.....

senta un espectro de fuerzas coercitivas entre los 0 y los 100 Oerstedes y la componente estable entre los 250 y los 300 Oerstedes. El c.a. desmagnetizante óptimo es del orden de los 200 Oerstedes. En este caso, la dirección del campo magnético responsable de la magnetización secundaria, fué diferente a la del c.m.t. productor de la m.r.e.

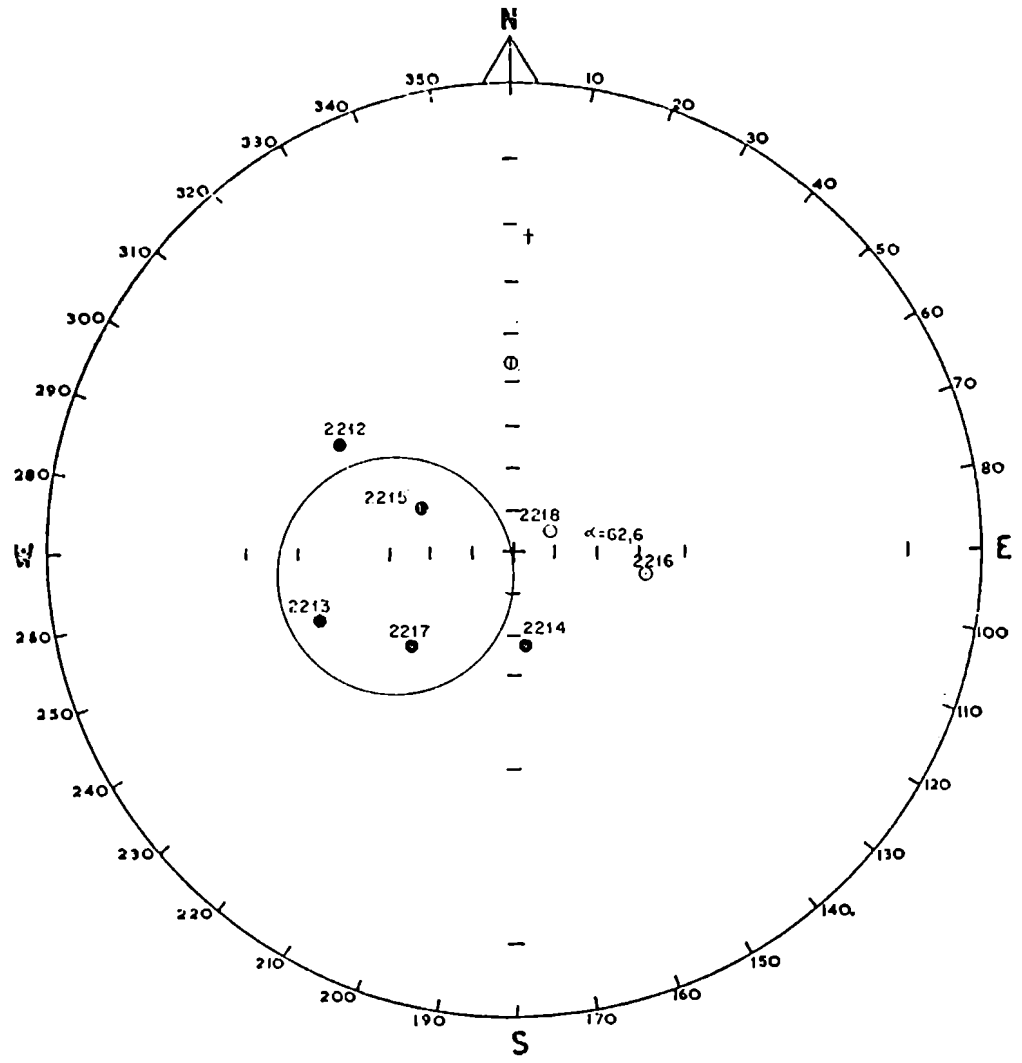
En la figura 25b se han graficado las direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de la muestra 2214, luego de ser sometida a desmagnetización térmica, en etapas progresivas y en la Figura 26b se ha representado la curva correspondiente de variación de la intensidad en función de la temperatura. Frente al tratamiento térmico, las andesitas cuarcíferas han presentado un comportamiento muy estable. La temperatura de Curie registrada fué de 540°C. El rango de temperatura de bloqueo se ubicó entre los 500 y 540°C. La temperatura desmagnetizante óptima elegida es (indistinta entre los 100 y los 500°C) de 400°C.

Una síntesis de los resultados del estudio paleomagnético de las andesitas cuarcíferas se ha representado en el cuadro 2g y en la Figura 27 se han graficado las direcciones medias de la m.r.e. Se registraron direcciones antiparalelas con un bajo agrupamiento de las mismas. El hecho de que las muestras presenten polaridades opuestas permite asegurar que el emplazamiento de estas andesitas se produjo en un período de tiempo en el cual el c.m.t. sufrió un cambio de polaridad. La dirección media de la m.r.e. se encuentra francamente alejada de las posiciones del c.m.t. actual y de la del campo dipolar axial y geocéntrico.

AFLORAMIENTOS AL NM DEL  
BAJO DE LA ALUMBRERA

2212	352.9	-26	3	49.2	27.8	734.5
2213	350	-17.7	3	24.5	26.2	366.68
2214	179	66	3	10.8	129.6	2870.58
2215	347.6	13	3	29.6	18.3	863.4
2216	111.5	-56.4	3	7	305.2	11485.35
2217	217.3	64.6	3	15.9	60.9	4358.01
2218	332.5	-15.3	3	22.4	31.3	335.8
ANDESITAS CUARCIFERAS						





### III.3.8. Riodacitas de Macho Muerto

El comportamiento de las muestras de riodacita sin alterar (muestras 2494 al 2499 y 24100 al 24103) frente a la desmagnetización por campos magnéticos alternos, indicó la presencia de magnetizaciones de dureza media. En la Figura 28a se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 24100 y 24101, luego de ser sometidas a desmagnetización por c.a. en etapas progresivas y en la Figura 29a se representaron las curvas correspondientes a la variación de intensidad en función del c.a. desmagnetizante.

El valor medio del c.a. necesario para aislar la m.r.e., para la muestra 24100, fué de 50 Oersteds, a partir de cuyo valor se registra un buen agrupamiento de las direcciones de la m.r. residual; este agrupamiento comienza a perderse alrededor de los 300 Oersteds. La magnetización secundaria fué producida por un campo magnético de distinta dirección al que originó la m.r.e. El c.a. desmagnetizante óptimo, es del orden de los 250 Oersteds.

La muestra 24101 presenta un agrupamiento de las direcciones de su m.r. residual relativamente bueno con una paulatina disminución de la intensidad. El c.a. desmagnetizante óptimo es del orden de los 150 Oersteds.

Para ambas muestras, la pendiente relativamente suave de sus curvas de variación de la intensidad, reflejan una superposición de los espectros de

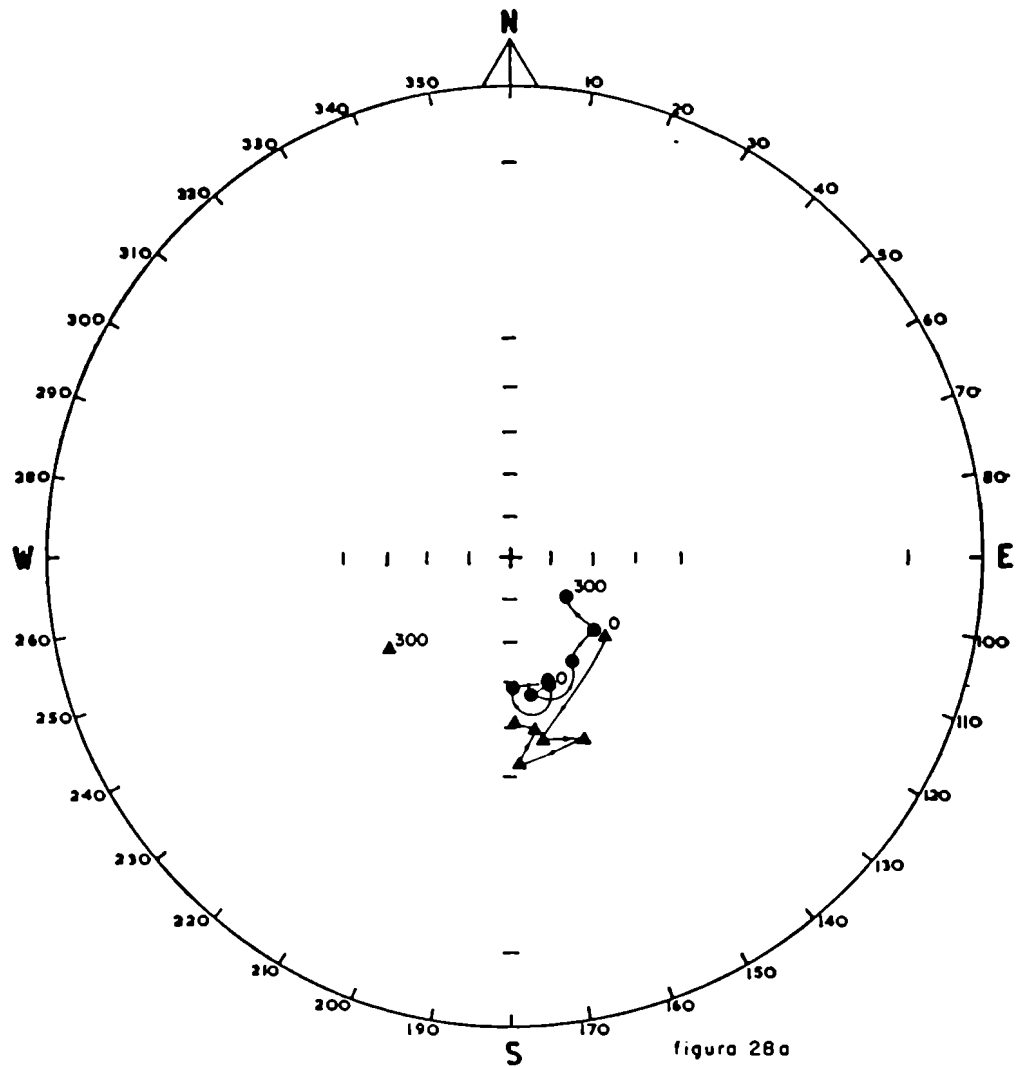


figura 28a

- ▲ Muestra 24100
- Muestra 24101
- Riodacitas

Direcciones de la m.r.n. y la m.r. residual de las muestras 24100 y 24101 de riodacita luego de ser sometidas a desmagnetización por medio de campos magnéticos alternos en etapas progresivas.

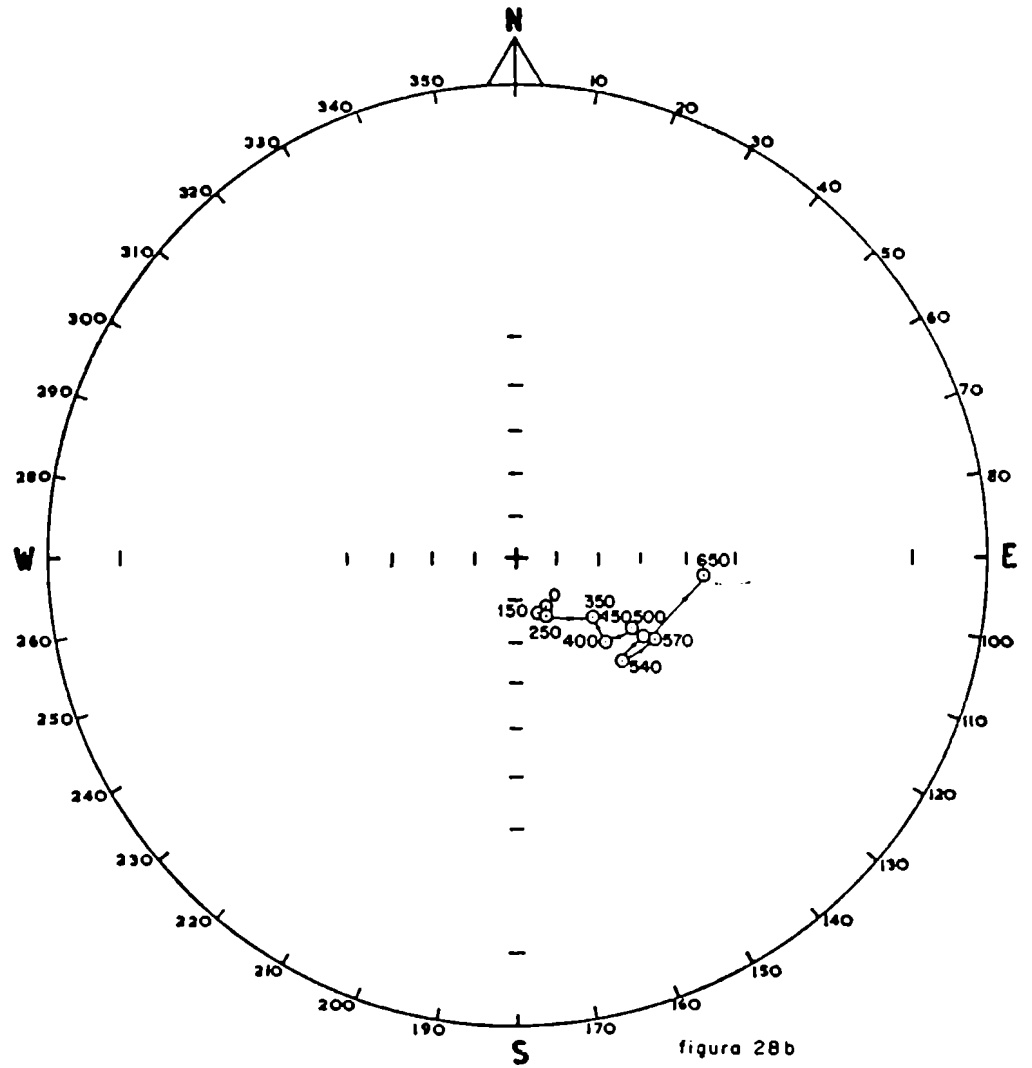


figura 28b  
 O Muestra 2495  
 Riodacita

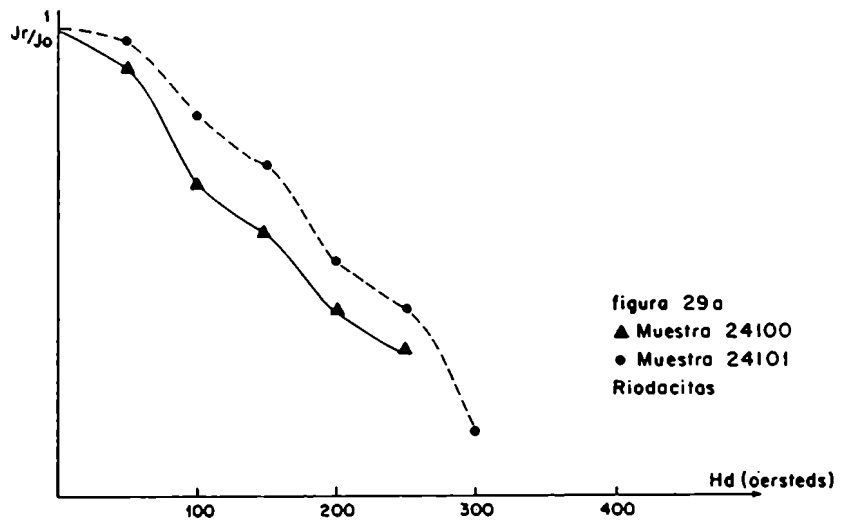


figura 29a  
 ▲ Muestra 24100  
 ● Muestra 24101  
 Riodacitas

Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las muestras 24100 y 24101 de riodacita, en función del c.a. desmagnetizante.

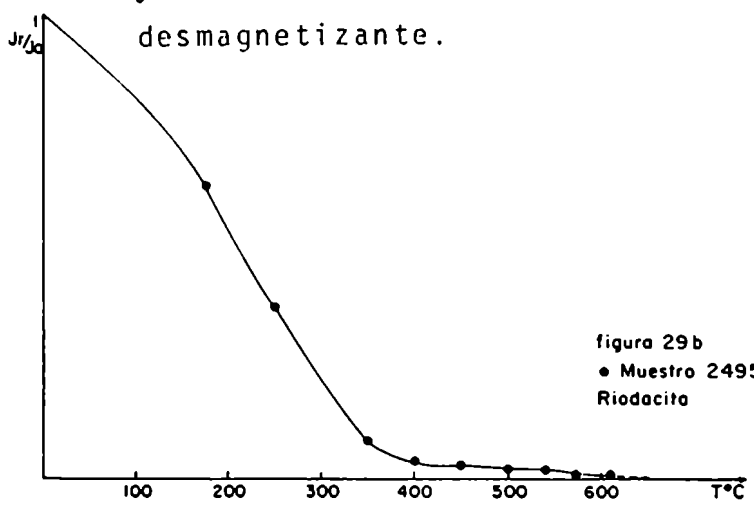


figura 29b  
 ● Muestra 2495  
 Riodacita

Curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 2495 de riodacita en función de la Temperatura máxima alcanzada en cada etapa de desmagnetización térmica.....

coercitividad que no permiten definir con claridad el valor de las fuerzas coercitivas correspondientes a las diferentes componentes de su magnetización.

En la figura 28b se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de la muestra 2495 luego de ser sometida a desmagnetización térmica en etapas progresivas y en la figura 29b se ha representado la curva correspondiente de variación de la intensidad en función de la temperatura. Esta muestra posee una m.r. compuesta, donde las componentes de magnetización registran temperaturas de Curie de 350 y 570°C. Las temperaturas de bloqueo se encuentran entre 250 y 350°C y de 540 a 570°C respectivamente. La temperatura desmagnetizante óptima es del orden de los 450°C.

Es espécimen de la muestra 24100 que fue sometida a desmagnetización por temperatura, se desintegró durante el proceso, por lo que los valores de m.r.e. que figuran en el cuadro 2h, fueron obtenidos sobre la base de la desmagnetización por c.a.

Una síntesis de los resultados del estudio paleomagnético de las muestras de riodacitas se ha volcado en el cuadro 2h y las direcciones medias obtenidas para la m.r.e. fueron graficadas en la Figura 30. La mayor parte de las direcciones registradas presentaron polaridades reversas, siendo las de las muestras 2495 y 2398 de polaridad intermedia. El hecho de que las direcciones de la m.r.e. de las muestras de riodacitas se hayan agrupado al rededor de una posición reversa, indica que durante el emplazamiento de las mismas, el c.m.t. tuvo, preponderantemente una polaridad opuesta al actual. La dirección media de la m.r.e. se encuentra cercana a la dirección del campo dipolar axial y geocéntrico aunque no coincide con ella y se halla francamente alejada de la del c.m.t. actual.

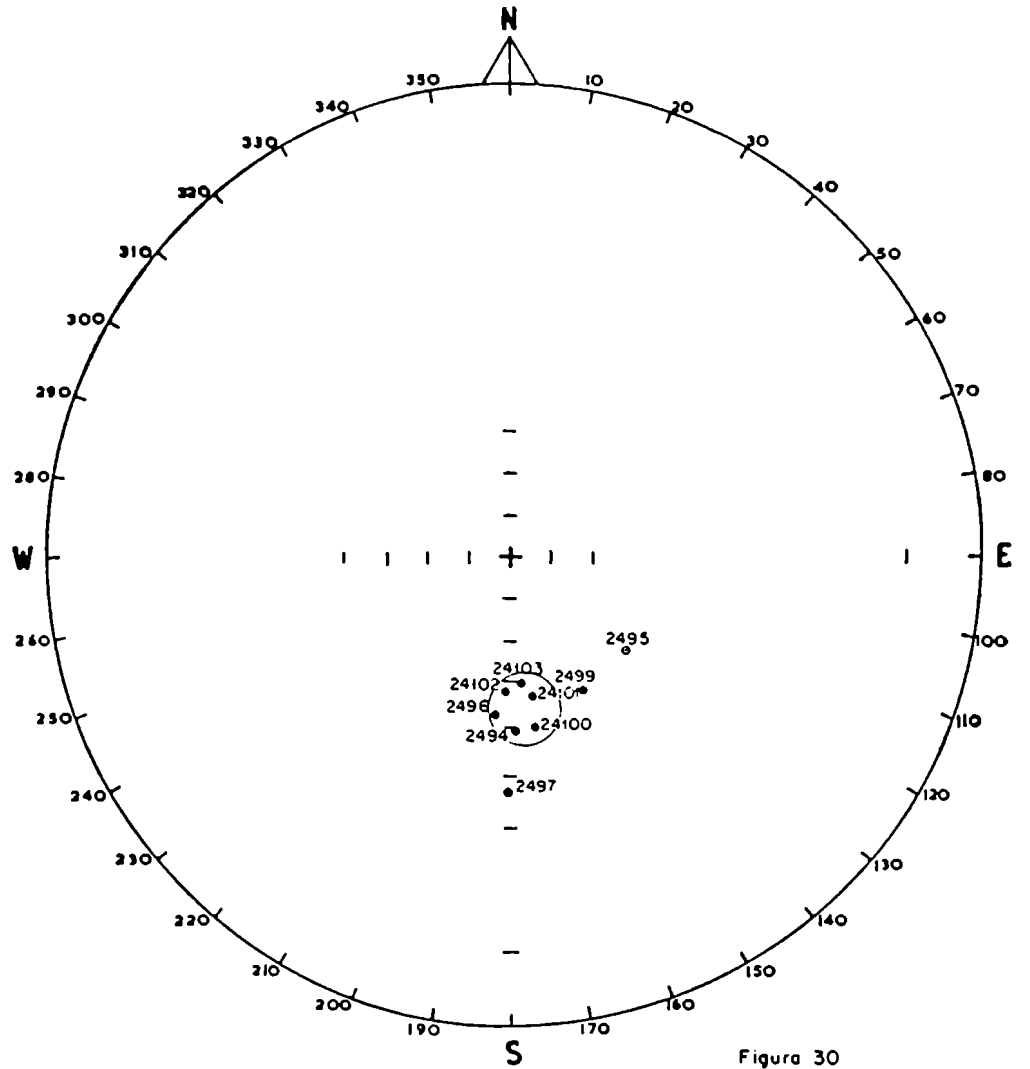


Figura 30  
 Direcciones del m.e.  
 Riocacitas

Resultados del estudio paleomagnético de las muestras de riodacitas

Lugar de Muestreo	Muestras	Tipo de roca	m.		r.		n.		$J_0$ emu $10^{-6}$ $\text{cm}^3$	m.		$J_r/J_0$
			D.(°)	I.(°)	N°	$\alpha$ 95	k	D.(°)		I.(°)	$\alpha$ 95	
O T O	2494		161.3	46.2	2	37.9	45.3	96.03	177	50.4	20	0.63
	2495		150.4	-75.7	2	1.9	16462.8	2350.4	128.4	54.9	15.5	0.06
	2496		158	31.2	2	19	174.7	339.4	168.8	54.7	7.2	0.35
	2497		155	39	1			117.5	180.8	37.9		0.58
	2498		1231	-29.4	3	2.3	2782.9	3050.8	232.8	23.8	5.7	0.13
O H O	2499		161.9	63.2	1			66.7	151.4	55.2		0.64
	24100		121.1	60.9	2	19.1	172.8	196.6	172	50.6		0.40
	24101		163.5	58.4	1			237.6	170.9	58.7		0.71
M A C H O	24102		171	50.4	2	18	193.4	149.3	181.2	58.9	3.5	0.60
	24103		139.9	54	2	5.2	2260.6	53.2	175.7	61		0.72

R I O D A C I T A S



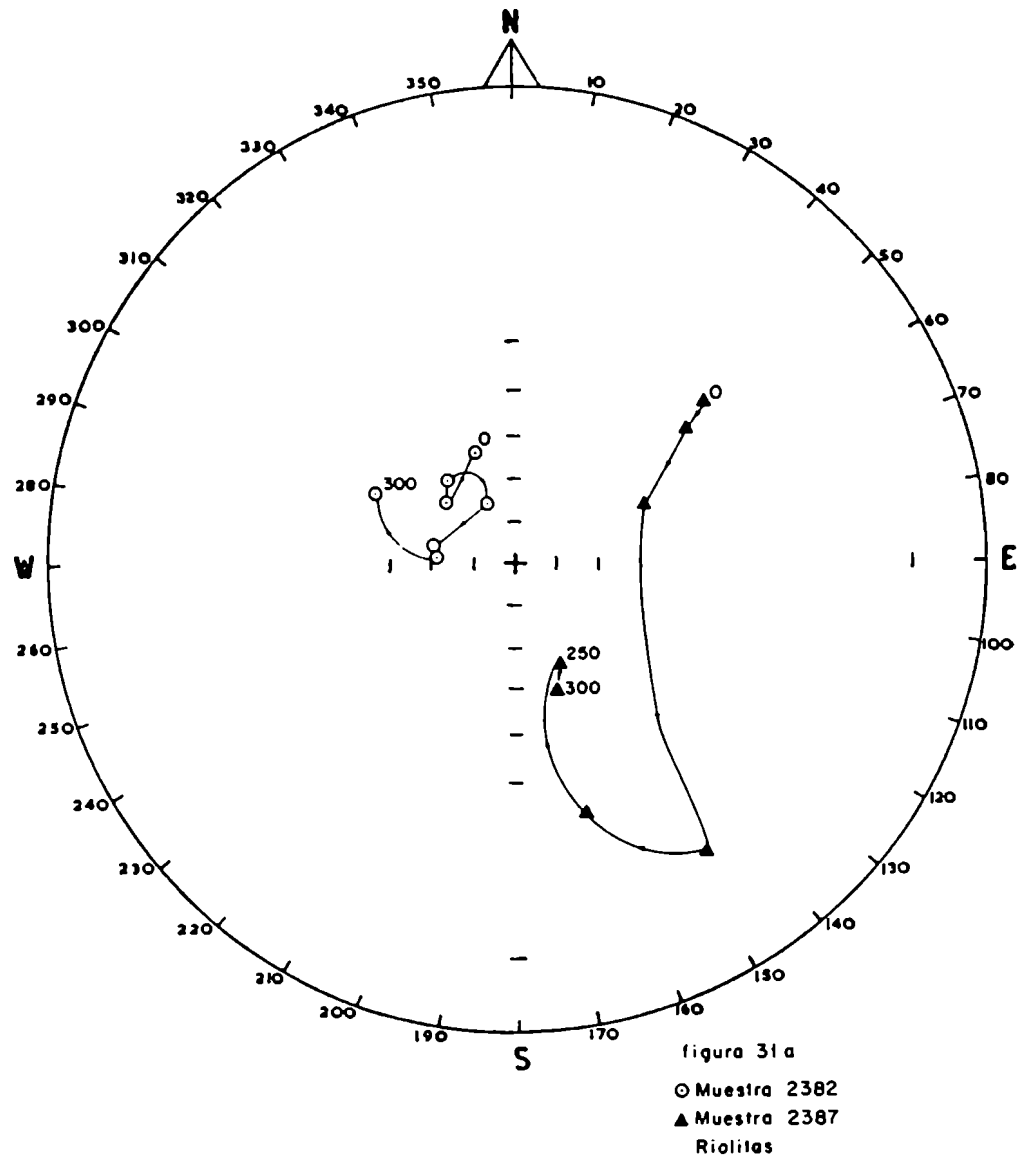
### III.3.9. Riolitas

El comportamiento de las muestras de riolita sin alterar (muestras 2382 al 2389) frente al tratamiento por campos magnéticos alternos, indicó la presencia de magnetizaciones de dureza media y baja. En la Figura 31a se han graficado las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de las muestras 2382 y 2387, luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas, por medio de c.a. y en la Figura 32a se representaron para las mismas, las curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual en función del c.a. desmagnetizante. Ambas muestras poseen una m.r. compuesta.

La muestra 2382 presenta una componente de magnetización blanda que es eliminada a los 50 Oerstedes y una componente de magnetización con fuerzas coercitivas superiores a los 300 Oerstedes. El campo alterno desmagnetizante óptimo es del orden de los 250 Oerstedes.

La componente blanda de la muestra 2387 tiene fuerzas coercitivas del orden de los 50 Oerstedes y una componente estable con fuerzas coercitivas superiores a los 300 Oerstedes. El campo alterno desmagnetizante óptimo es también en este caso de 250 Oerstedes.

En la Figura 31b se graficaron las direcciones de la m.r.n. y de la m.r. residual de la muestra 2385 luego de ser sometida a desmagnetización térmica, en etapas progresivas y en la Figura 32b se representó la curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la misma en función de la temperatura.



Direcciones de la m.r.n. y del m.r. residual de las muestras 2382 y 2387 pertenecientes a riolitas luego de ser sometidas a desmagnetización en etapas progresivas por medio de campos magnéticos alternos.

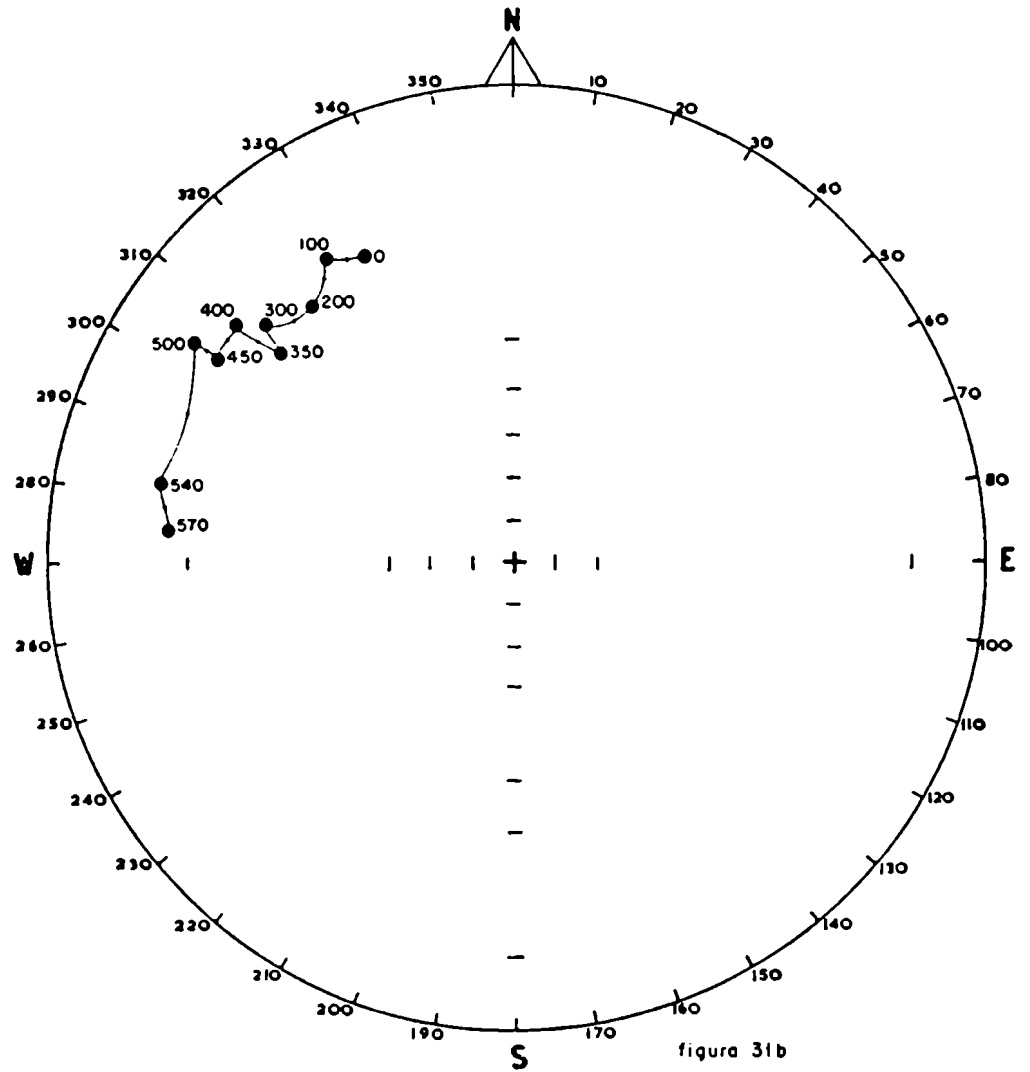
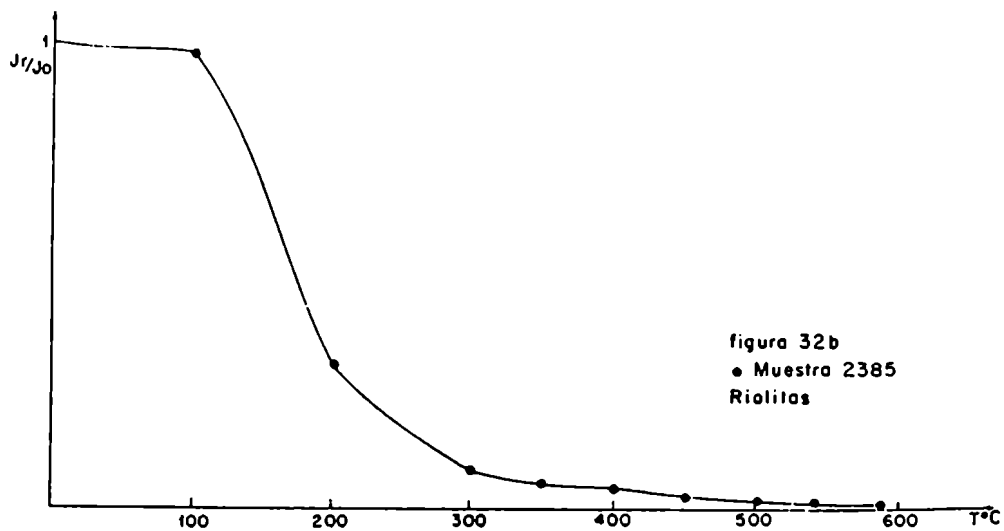
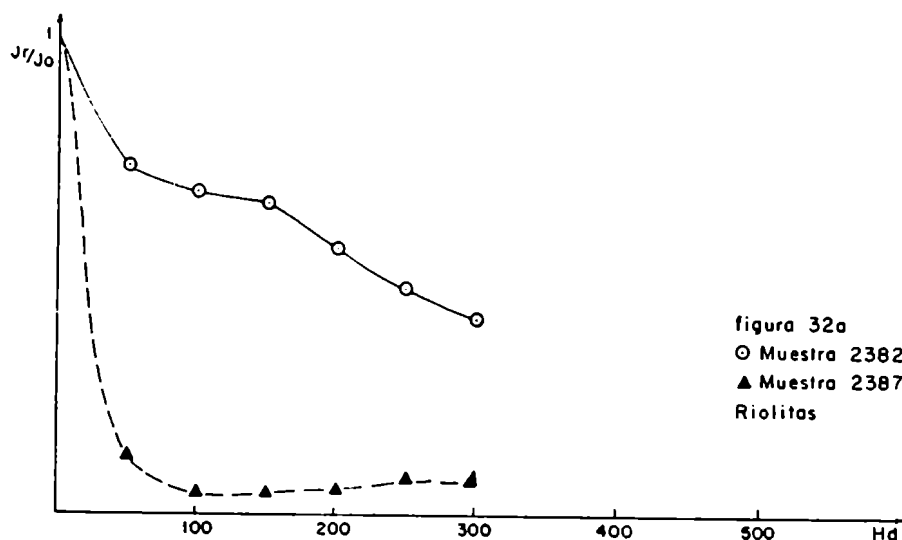


figura 31b  
 ● Muestra 2385  
 Riolitas

Direcciones del m.r.n. y del m.r. residual de la muestra 2385 perteneciente a las riolitas, luego de ser sometida a desmagnetización por medio de calor en etapas progresivas.

32a.- Curvas de variación de la intensidad de la m.r. residual de las muestras 2382 y 2387 de riolitas en función del campo magnético alterno desmagnetizante.



32b.- Curva de variación de la intensidad de la m.r. residual de la muestra 2385 de riolita en función de la temperatura máxima alcanzada en cada etapa de desmagnetización térmica

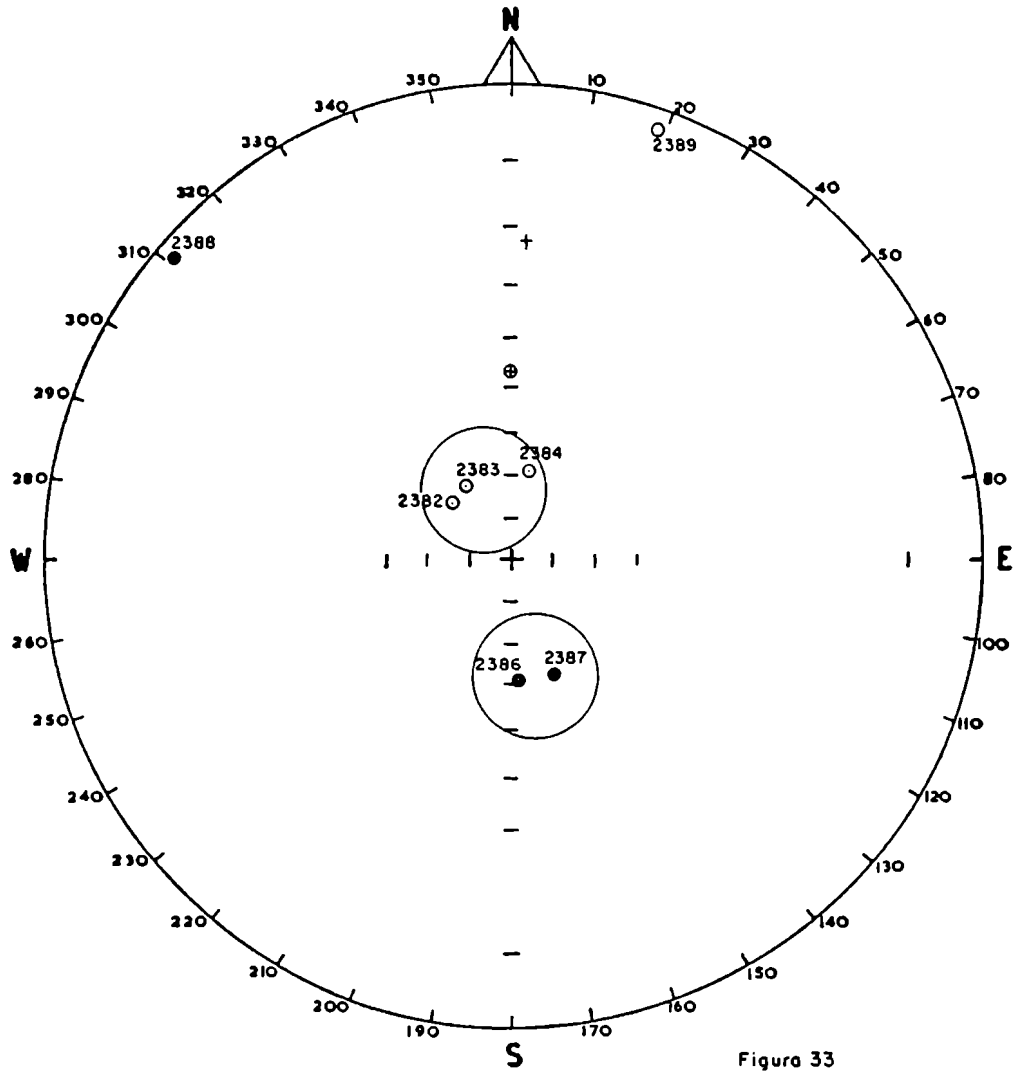


Figura 33  
 Direcciones del m.e.  
 Riolitas.

Resultados del estudio paleomagnético de las muestras de riolitas

Lugar de Muestreo	Muestras	Tipo de roca	Dip. (°)		Incl. (°)		n.	J <sub>0</sub> emu 10 <sup>-6</sup> cm <sup>3</sup>	Dip. (°)	Incl. (°)	e.	k	J <sub>r</sub> /J <sub>0</sub>
			D(°)	I(°)	r.	r.							
ALFARAMIENTOS AL S Y SE DE LA VETA FARALLON NEGRO	2382		332.8	-65.8	2	15.7	253.2	174.1	313.8	-71	26	93.8	0.65
	2383		357.6	-63	1			124.3	326.6	-70.8		-	0.40
	2384		9.6	-73.5	1			72.3	13.8	-69.3		-	0.57
	2385	S	330.6	28.8	3	42.3	36.8	504.5	318.7	37	25.2	24.8	0.07
	2386	A	249	-33.7	2	7 90	9.9	14.9	17.6	61.8	30.2	70.2	0.62
	2387	T	47.9	32.2	2	20	157.2	88.9	160.9	61.6	13.1	364.8	0.08
	2388	I	311	1.2	2	1.0	52002.2	258.5	310.9	2.6	7.6	1073.4	0.11
	2389	O	340	6.5	2	7.0	1251.9	116.2	19.4	-3.5	20.6	148.4	0.15

También aquí se registra una m.r. compuesta, con componentes de magnetización cuyas temperaturas de Curie son de los 200°C y 570°C. La temperatura de bloqueo para la primera de ellas oscila entre los 100° y los 200°C. La temperatura desmagnetizante óptima es del orden de los 400°C.

Una síntesis de los resultados del estudio paleomagnético de las muestras de riolitas se ha volcado en el cuadro 2i. En la Figura 33 se han graficado las direcciones medias de la m.r.e. de las mismas. Estas presentan polaridades normales, reversas e intermedias y se han agrupado alrededor de dos posiciones opuestas. Este hecho significa que el origen de las riolitas está asociado a un momento en el cual el c.m.t. sufrió un cambio de polaridad.

La dirección media de la m.r.e. de las riolitas se encuentra francamente alejada de las direcciones del c.m.t. actual y de la del campo dipolar axial y geocéntrico.

### III. 4 Discusión y comparación de los resultados obtenidos

i\_ Se han utilizado diferentes criterios en la comparación de la información obtenida. Por un lado se han comparado independientemente, los comportamientos magnéticos de las muestras de los diferentes Bajos y de las rocas sin alterar que fueron estudiadas. Estos valores se hallan resumidos en el Cuadro N°3. El análisis de esta información ha permitido observar que las curvas de desmagnetización, los espectros de fuerzas coercitivas, las temperaturas de Curie, como el resto de los parámetros magnéticos de las muestras no representan

Comparación de los comportamientos magnéticos medios de cada una de la unidades estudiada:

	Curvas de Desmagn.	Espectros Coercit. (oersteds)	Lavados óptimos (oersteds)	t. °Curie (°C)	Rango t. °bloqueo (°C)	Lavados óptimos (°C)	$J_0 \frac{\text{emu}}{\text{cm}^3} 10^6$
Bajo La Alumbreira	m. r. compuestas Duras medias blandas	> 300 0-100	200	570 150	500-570	300	276,19
Bajo del Durazno	m. r. compuestas Duras medias blandas	350 100-150 0-50	200	500-640 100		400	4,29
Bajo del Agua Tapada	Duras medias	300 150-200	200	650		500	1,49
Bajo Las Pampitas	m. r. compuestas Duras medias	300 250-300 0-50-150	200	650 570 300	500-570	400	37660,72
Bajo San Lucas	m. r. compuestas Duras medias	300 150-200 0-50	125	640 540	500-540	400 300	9825,17
Monzonita	Duras medias	300	250	300 540 650	500-540	450	1489,22
Andesitas	m. r. compuestas Medias blandas	250-300 50-150	200	100 540	500-540	400	3002,05
Riodacitas	m. r. compuestas Medias	sobrepuestos 300	250 150	350 570 650	540-570	450	665,79



por sí solos un criterio definitorio de comparación, en el caso del estudio paleomagnético de los yacimientos de cobre diseminado de Farallón Negro. Si bien en los Bajos del Durazno y del Agua Tapada se ha observado una intensidad de magnetización particularmente baja, en relación a las otras áreas estudiadas (cuadro N°3), este rasgo aislado no es suficiente como para realizar comparaciones. Por otra parte en las diferentes áreas muestreadas se han presentado minerales ferromagnéticos similares, ocasionando que durante su estudio se observara la repetición de los espectros de fuerzas coercitivas, de las temperaturas de Curie y la presencia de varios tipos de curvas de desmagnetización para cada una de las áreas. En suma, el comportamiento magnético de las muestras no ha proporcionado un carácter diagnóstico definido de las características de cada lugar de interés. El criterio que ha resultado apropiado para realizar comparaciones, fue el basado sobre el uso de las direcciones y polaridades del m.r.e. de cada Bajo y de cada una de las unidades litológicas estudiadas. Si bien se ha visto complementado por el anterior.

ii - El estudio de los cortes calcográficos y delgados de las muestras del Bajo del Durazno (muestras 1102, 1104, 1108 y 1111) permitió observar que las variaciones en el comportamiento petrográfico de las mismas, no guardan relación con las direcciones de los vectores de sus m.r.e. Así, la muestra 1102 que se encuentra argilizada, tiene igual dirección e igual polaridad de su m.r.e. que la muestra 1108 que posee una alteración de tipo silícea, Figura 11.

Por otra parte, la muestra 1104 que presenta el mismo tipo de alteración que la muestra 1108, posee una polaridad opuesta de su m.r.e. Esto nos permite suponer, que la adquisición de una dada polaridad en las rocas, no depende de la existencia de determinada fase de alteración. La presencia de direcciones con polaridades normales y reversas en las rocas de los Bajos del Durazno (figura 11), del Agua Tapada (figura 14) y de Las Pampitas (figura 17), como así también las de polaridad normal e intermedia del Bajo La Alumbreira (figura 8), podría estar relacionada con el registro de diferentes acontecimientos de magnetización (ocurridos en momentos en que el c.m.t. presentó polaridades opuestas), la superposición de los cuales produciría el efecto observado y/o podría estar relacionado con un único proceso, que al prolongarse por un período superior a 1000 años, hubiese registrado un cambio de polaridad del c.m.t.

Resulta necesario entonces, analizar cuales fueron los procesos de magnetización que pudieron afectar a las rocas mineralizadas que hemos investigado.

Las rocas ígneas presentes en el área, adquirieron durante su enfriamiento, una m.r.t. (III.1) de dirección paralela al c.m.t. actuante; ésta es la magnetización primaria de esas rocas y la denominaremos m.r.p.

En las áreas afectadas por la mineralización hidrotermal se debe haber producido una remagnetización de las rocas preexistentes, que pudo producirse por efecto de un aumento de temperatura durante el fenómeno (dando origen a nuevas m.r.t.), por

efecto de los cambios químicos involucrados en el proceso (dando origen a m.r.q.) (III.1) o por el efecto de una combinación de ambas, y la denominaremos m.r.h.

Esta magnetización si bien es secundaria en relación al origen de la roca, es primaria en relación al proceso mineralizante y es la que dará información respecto del mismo.

Con posterioridad a estos fenómenos se pudieron haber producido otras magnetizaciones secundarias m.r.v., m.r.a., o m.r.i. (III.1) que se superprimieron a las m.r.p. y/o m.r.h. y las enmascararon en mayor o menor grado. A estas magnetizaciones secundarias las denominaremos m.r.s.

La evaluación de la información paleomagnética obtenida indica que las técnicas de laboratorio empleadas han sido eficientes en la eliminación de las magnetizaciones secundarias (m.r.s.) producidas por factores ajenos a la mineralización hidrotermal y con posterioridad a la misma. Las m.r.e. de las rocas extraídas de las áreas mineralizadas representan la m.r.p., la m.r.h., o una combinación de ambas.

iii- En el cuadro N°4 se han volcado los valores medios de la m.r.e. de cada una de las áreas mineralizadas y de las rocas sin alterar que fueron elegidas para ser estudiadas paleomagnéticamente y en las figuras 34a y 34b se graficaron las direcciones medias correspondientes. Dichos valores fueron obtenidos luego de someter a las direcciones estables de cada una de las áreas investigadas a un filtrado de datos, como se ha explicado en el ítem III.3.1.

Direcciones medias de la m.r.e. de cada una de las unidades estudiadas

Lugar de Muestreo	N°de muestras	D.(°)	I.(°)	k	$\alpha$ 95°	Polaridad
Bajo La Alumbraera	6	355.2	-43.2	62.0	8.5	N
Bajo del Durazno	3	11.6	-51.1	204.3	8.6	N
	5	194.2	42.1	123.7	6.9	R
Bajo del Agua Tapada	5	346.3	-38.5	67.9	9.3	N
	3	168.2	40.5	34	21	R
Bajo Las Pampitas	10	5.3	-49.5	40.7	7.6	N
Bajo San Lucas	9	30.4	-49.3	41.7	8.0	N
Monzonitas	3	346.5	-61.6	124.2	11.1	N
	5	176.3	48.0	10.9	24.8	R
Andesitas cuarcíferas	2	90.1	-69.8	18	62.6	I <sub>N</sub>
	5	258.1	62.4	8.9	27	I <sub>R</sub>
Riodacitas	8	174.7	53.8	70.9	6.6	R
Riolitas	3	338.4	-72.2	60.6	15.9	N
	2	168.4	61.9	257.2	15.6	R

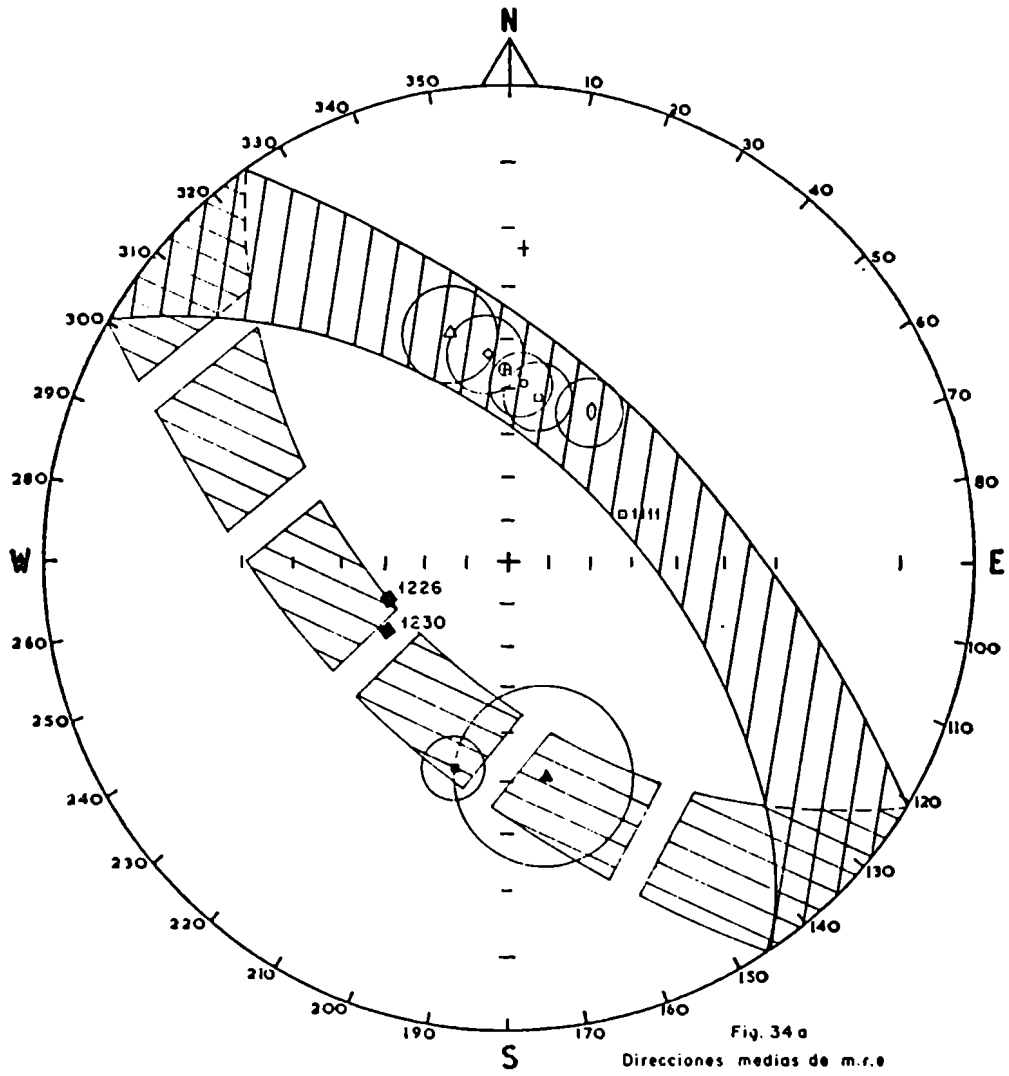


Fig. 34 a

- Direcciones medias de m.r.e
- ◇ Bajo La Alumbraera
  - Bajo del Durazno
  - △ Bajo del Agua Tapada
  - Bajo Los Pampilas
  - ⊙ Bajo San Lucas
  - 1111,1226,1230 muestras intermedias

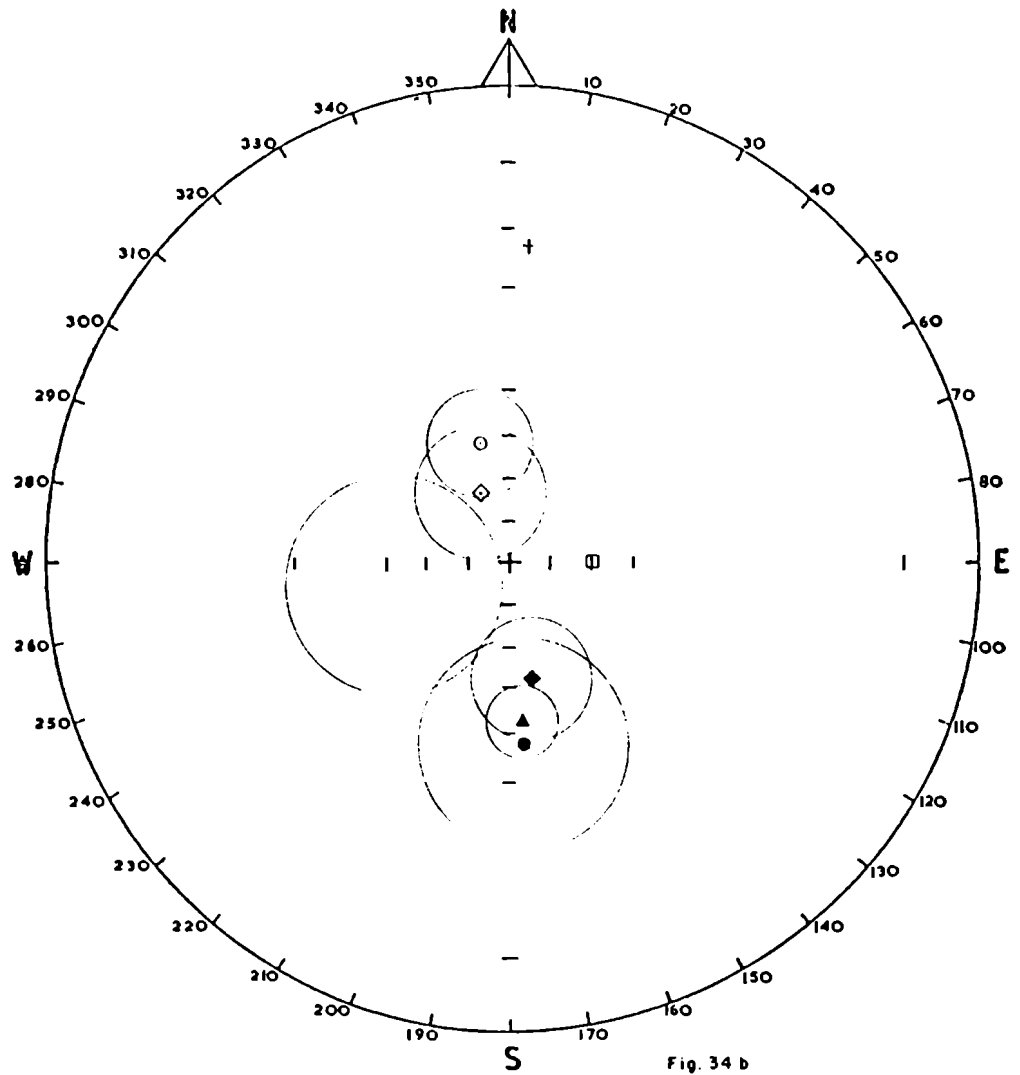


Fig. 34 b

Direcciones medias de m.r.e.

- Monzonitas
- Andesitas cuarcíferas
- ▲ Riocacitas
- ◇ Riolitas

Otras referencias en Índice de Figuras

En el caso de las andesitas cuarcíferas y debido a la elevada dispersión de sus direcciones, se consideró más representativo presentar los datos sin filtrar. La identificación de sus direcciones como intermedias reversas ( $I_R$ ) e intermedias normales ( $I_N$ ) se obtuvo a partir de un filtrado de datos realizado con las direcciones medias de las otras rocas sin alterar que fueron analizadas. Las muestras que tienen m.r.e. de inclinación positiva tienen un parámetro de precisión bajo ( $k=8.9$ ) por lo que esta dirección no resulta confiable. A su vez las andesitas cuarcíferas ( $I_N$ ), si bien tienen un parámetro de precisión aceptable ( $k=18$ ) su semiángulo de confianza ( $\alpha = 62,6^\circ$ ) es muy elevado el que no ha sido graficado en favor de la claridad del dibujo. Si bien este valor no es exactamente representativo de la calidad de la información obtenida debido a que sólo se emplearon dos muestras en su determinación, da una idea de la baja confiabilidad de la misma, lo que deberá tenerse en cuenta en las comparaciones que se realicen.

La dirección media de las riolitas ( $R$ ) se encuentra bien definida siendo su parámetro de precisión ( $k = 257,2$ ) y su semiángulo de confianza ( $\alpha = 15,6^\circ$ ). Sin embargo, el valor de este último tampoco representa fielmente la calidad de la información, debido a que el número de muestras involucradas en su determinación es dos. Ello deberá tenerse en cuenta en las comparaciones que se realicen.

En las ya citadas figuras también se han representado las direcciones del campo magnético actual en el lugar del muestreo y del campo dipolar axial y geocéntrico.

En la figura 34b se observa que las direcciones medias de la m.r.e. de las rocas sin alterar se encuentran alejadas de la posición del campo magnético actual. Las correspondientes a las andesitas cuarcíferas, a las riolitas, y a las monzonitas de polaridad normal, se encuentran también alejadas de la dirección dipolar axial y geocéntrica, a diferencia de las monzonitas reversas y de las riodacitas de igual polaridad que se encuentran próximas a aquella. La dirección media de la m.r.e. de polaridad reversa de las monzonitas incluye dentro de su círculo de confianza la posición (reversa) del campo dipolar axial y geocéntrico y el círculo correspondiente a la dirección media del m.r.e. de las riodacitas también la incluye.

Las rocas que no evidenciaron alteración hidrotermal, registraron diferentes direcciones de sus m.r.e. indicando que es posible identificar, desde el punto de vista paleomagnético, distintos momentos del proceso volcánico. Este es el requisito fundamental para realizar correlaciones. Las direcciones se agrupan, básicamente en cuatro posiciones, figura 34b; una de polaridad normal: monzonitas (N) riolitas (N), otra de polaridad reversa: monzonitas (R) riodacitas (R), riolitas (R); otra intermedia reversa: andesitas cuarcíferas ( $I_R$ ) y la cuarta intermedia normal: andesitas cuarcíferas ( $I_N$ ).



En las muestras de monzonitas, se ha podido observar que la presencia de diferentes direcciones y polaridades de su m.r.e. se encuentra relacionada con la posición relativa de las muestras respecto del centro del stock. Así, las muestras 2172 al 2179 que fueron obtenidas de las zonas más externas del cuerpo, presentan distinta polaridad que las muestras 2190 al 2193 obtenidas de la zona central, figura 24. Debido a que el origen de la magnetización en las monzonitas está asociado a una im.r.t. (III.1), podemos suponer que el borde exterior del stock, se enfrió más rápidamente que el centro del mismo, y, al hacerlo, adquirió una m.r.e. de polaridad reversa; el proceso de enfriamiento se prolongó por un período mayor a 1000 años por lo cual la zona central pudo registrar un cambio de polaridad del c.m.t. y adquirió una m.r.e. de polaridad normal.

Las muestras de andesitas cuarcíferas y de riolitas también registraron m.r.e. de direcciones opuestas. Ello indica que los emplazamientos de las mismas abarcaron períodos superiores a los 1000 años, que es el tiempo que se ha estimado, tarda en producirse un cambio de polaridad del c.m.t. Tanto en el caso de las andesitas cuarcíferas como en el de las riolitas, no ha sido posible detectar variaciones sistemáticas de la polaridad de sus respectivas m.r.e en relación a la posición de las muestras respecto de los cuerpos muestreados. Las riolitas que hemos investigado, han registrado a su vez, direcciones reversas e intermedias. fig.30.

## CUADRO N°6a.

Ajuste del círculo máximo y desviación standard de las direcciones medias.

Lugar de muestreo	D (°)	I (°)	N	k	peso	Apartam. (°)	$\epsilon_i$ (°)	$G \cdot \sqrt{\frac{\sum \epsilon_i^2}{N}}$ (°)
Bajo La Alumbraera	355.2	-43.2	6	62.0	2	0	0	5.0
Bajo del Durazno	11.6	-51.1	3	204.3	2	1	1.06	
	194.2	42.1	5	123.7	2	12	12.72	
Bajo del Agua	346.3	-38.5	5	67.9	2	0	0	
Tapada	168.2	40.5	3	34	2	1	1.06	
Bajo Las Pampitas	5.3	-49.5	10	40.7	2	2	2.12	
Bajo S. Lucas	30.4	-49.3	9	41.7	2	4	4.24	
Muestras intermedias Bajo La Alumbraera	249	58.8	2	147.3	1	7	3.71	

 $\epsilon_i$  = Desviación de cada medición

G = Desviación standard

## CUADRO N° 6b

Ajuste del círculo máximo y desviación standard de las direcciones intermedias.

Muestra	D (°)	I (°)	N	k	peso	Apartam. (°)	$\epsilon_i$ (°)	$G \cdot \sqrt{\frac{\sum \epsilon_i^2}{N}}$ (°)
1555	203.2	10.2	1	-	-	-	-	7.48
1556	223.3	-16.4	3	103.8	2	0	0	
1561	161.9	66.5	2	38.6	1	7	4.41	
1569	254.7	-82.2	3	192.3	2	6	7.56	
1560	349	-52.5	2	45.2	1	16	10.08	
1562	34.2	-54.8	1	-	-	-	-	
1563	34.4	-57.5	3	346	2	8	10.8	

iv.-Las direcciones medias de m.r.e. de las áreas mineralizadas se distribuyen a lo largo de un círculo máximo, el que ha sido trazado en la figura 34a como una banda, para la definición de la cual se tuvo en cuenta que su ancho estuviese vinculado con la desviación standard de las direcciones medias respecto del mismo. La proyección del hemisferio superior está indicada por líneas continuas y símbolos en blanco y las del hemisferio inferior por líneas cortadas y símbolos en negro. La banda definida por estas direcciones es consistente con las direcciones intermedias de las muestras 1226 y 1230 del Bajo la Alumbra y 1111 del Bajo del Durazno. El promedio de las dos primeras se ha utilizado en el cálculo del citado círculo. La dirección de la tercera no ha sido considerada pues representa la dirección de una sola muestra y no sería consistente mezclarla con las direcciones medias.

El ajuste del círculo máximo se realizó otorgándole a cada una de las direcciones medias un peso en función del número de muestras involucradas en su determinación y su correspondiente parámetro estadístico K, según el criterio expresado en el cuadro siguiente:

CUADRO N°5

N (N° de muestras)	k	Peso
2	$\geq 15$	1
2	$< 15$	0
$\geq 3$	$> 15$	2
$\geq 3$	10 - 15	1
$\geq 3$	$< 10$	0

Una vez definido el círculo máximo, fueron calculados los apartamientos de cada una de las direcciones medias respecto del mismo y multiplicados por su peso normalizado para la obtención de cada desviación ( $\epsilon_i$ ) y de la desviación standard correspondiente (Cuadro 6a). Para que esta información resulte comparable con los círculos de confianza de las direcciones medias (dentro de los cuales se encuentra la verdadera dirección con un 95% de probabilidad), se ha trazado la banda con un ancho equivalente a dos desviaciones standard

Las direcciones medias de m.r.e. de las áreas mineralizadas, como así también la banda de direcciones trazada, se encuentran alejadas de la posición del c.m.t. actual. Por otra parte las direcciones medias mencionadas se encuentran próximas a la dirección dipolar axial y geocéntrica y la banda que las contiene, la incluye.

La mencionada distribución de direcciones es el resultado de determinados acontecimientos de magnetización, en las rocas, la identificación de los cuales permitirá realizar una interpretación vinculada con el origen de la mineralización.

Una distribución como la observada puede deberse al registro de un comportamiento particular del c.m.t. o puede ser el resultado de un fenómeno de remagnetización en las rocas.

Un comportamiento del c.m.t. que podría justificar una distribución de direcciones de m.r.e. de las rocas a lo largo de un círculo máximo, sería

el producido durante un cambio de polaridad (Creer e Ispir, 1970). Se define un intervalo de transición como un período durante el cual el c.m.t. invierte su polaridad y es registrado por magnetizaciones que son intermedias entre las direcciones normales y reversas (Dagley y Lawley, 1974). El análisis de un cambio de polaridad como el sugerido, suele realizarse en secuencias continuas de rocas e investigando el comportamiento de las muestras en relación a su posición dentro del perfil. En la práctica, los estudios realizados con el fin de investigar el comportamiento del c.m.t. durante un cambio de polaridad (Van Zijl et al., 1962-63; Creer e Ispir, 1970; Dagley y Lawley, 1974 etc.,) no registran, en ninguno de los casos, que dichos cambios de polaridad se produzcan según trayectorias tan perfectamente alineadas, como la observada en la figura 34a. Ello nos sugiere que es altamente improbable, que, sobre la base de un muestreo discontinuo como el realizado en las áreas mineralizadas que se estudian, la distribución observada sea el reflejo del comportamiento del c.m.t. durante un cambio de polaridad.

Otra explicación que justificaría el alineamiento de las direcciones medias de la m.r.e. de las áreas mineralizadas a lo largo de un círculo máximo es la de considerar que el mismo representa un fenómeno de remagnetización en las rocas. Tal distribución de direcciones suele producirse cuando se registran dos componentes de magnetización (Irving, 1964) Ellas podrían estar representadas en nuestro caso, por la magnetización remanente primaria (m.r.p.)

originada en las rocas en el momento de su formación y la magnetización remanente producida durante la remagnetización de las rocas por efecto del fenómeno hidrotermal (m.r.h.) estando por lo tanto los vectores resultantes (m.r.e. aislada en el laboratorio) contenidos en un plano (círculo máximo en una red estereográfica). Este tipo de distribución está ampliamente documentado en la bibliografía paleomagnética (Creer, 1958, 1962, 1970; Irving 1964, etc.) y representa el registro de diferentes proporciones de ambas componentes. Es posible explicar de este modo el fenómeno de magnetización registrado en los Bajos, pues postulando variaciones en las proporciones de la m.r.p. y la m.r.h. se justificaría satisfactoriamente la distribución de direcciones observada en la figura 34a.

Si bien no ha sido posible separar dichas componentes entre sí, es posible que una gran proporción de la m.r.e. medida de las áreas mineralizadas, se deba a la magnetización remanente producida durante el fenómeno hidrotermal. Ello se evidencia en la coherencia de las direcciones de m.r.e. de las muestras recogidas en el Bajo San Lucas, figura 20, donde parecería que el fenómeno hidrotermal hubiese borrado la m.r.t. de la diorita paleozoica. En efecto, el polo magnético virtual de dicha roca alterada  $28^{\circ}\text{E}$ ,  $50^{\circ}\text{N}$  ( $N=2$ ,  $k=265,7$   $\alpha = 15^{\circ}$   $R = 1,99$ ) es coherente con el definido por los pórfiros alterados de dicho Bajo:  $41^{\circ}\text{E}$ ,  $64^{\circ}\text{N}$  ( $N = 7$ ,  $k = 25,6$   $\alpha = 12^{\circ}$   $R = 6,7$ ) de edad terciaria y difiere de la posición de polos geomagnéticos virtuales de la Formación Ñuñorco del Silúrico Tardío:  $316^{\circ}\text{E}$ ,  $36^{\circ}\text{N}$  ( $N=2$ ,  $k=227$ ,  $\alpha = 17^{\circ}$ ,  $R=1,99$ ) y  $337^{\circ}\text{E}$ ,  $30^{\circ}\text{S}$  ( $N=4$ ,  $k=41$ ,  $\alpha = 14^{\circ}$ ,  $R=3,93$ ) (Valencio et al. 1980) figura 35. La elección de estos paleopolos para la comparación se realizó sobre

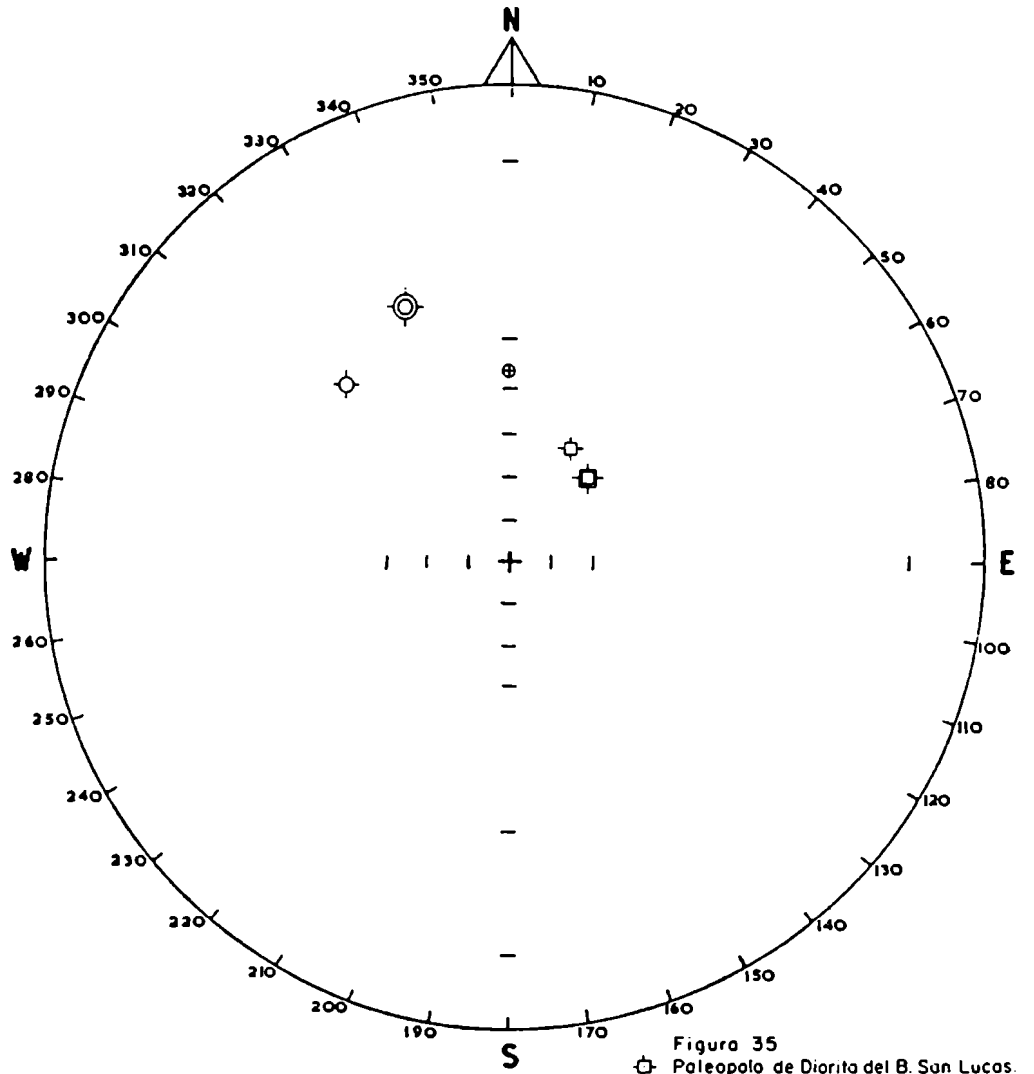


Figura 35  
 ☐ Paleopolo de Diorita del B. San Lucas.  
 ◻ Paleopolo del Porfiro del B. San Lucas  
 ⊗ Paleopolo<sub>1</sub> Silurico F. Nuñorco  
 ⊙ Paleopolo<sub>2</sub> Silurico F. Nuñorco

la base de la similitud de las edades radimétricas de las rocas que permitieron su determinación ( $416 \pm 25$  m.a.) (Valencio et al. 1980) y las correspondientes al Basamento Cristalino en nuestra zona de trabajo ( $422,7 \pm 6,1$  y  $438,4 \pm 6,3$  m.a.) (Caelles et al. 1971).

La comparación de las figuras 34a y 34b permite observar que la banda de direcciones trazada intercepta los círculos de confianza de las monzonitas, de las riolacitas y de las riolitas (R), por lo que estas direcciones pueden representar una de las componentes de la m.r.e. que definieron al círculo máximo. La intersección de la banda de direcciones con las direcciones medias de la m.r.e. de las rocas mencionadas sugiere que éstas pueden representar direcciones primarias de las rocas afectadas, o alguna de ellas puede ser equivalente a una dirección hidrotermal en la medida que el hidrotermalismo estudiado haya sido coetáneo con alguna etapa del proceso volcánico, representado por una composición litológica definida.

Las direcciones de las muestras cuyas m.r.e. de polaridad intermedia fueron filtradas para la obtención de las direcciones medias de los Bajos y que no se encuentran vinculadas con la banda de direcciones definida por aquellas, fueron graficadas en la figura 36. En dicha figura se observa que la mayor parte de esas muestras pertenecen al tubo de brecha, cuyas direcciones se alinean a lo largo de otro círculo máximo. Este círculo es consistente con las direcciones normales (1560, 1562 y 1563) y reversas (1561) de la mencionada roca alterada,



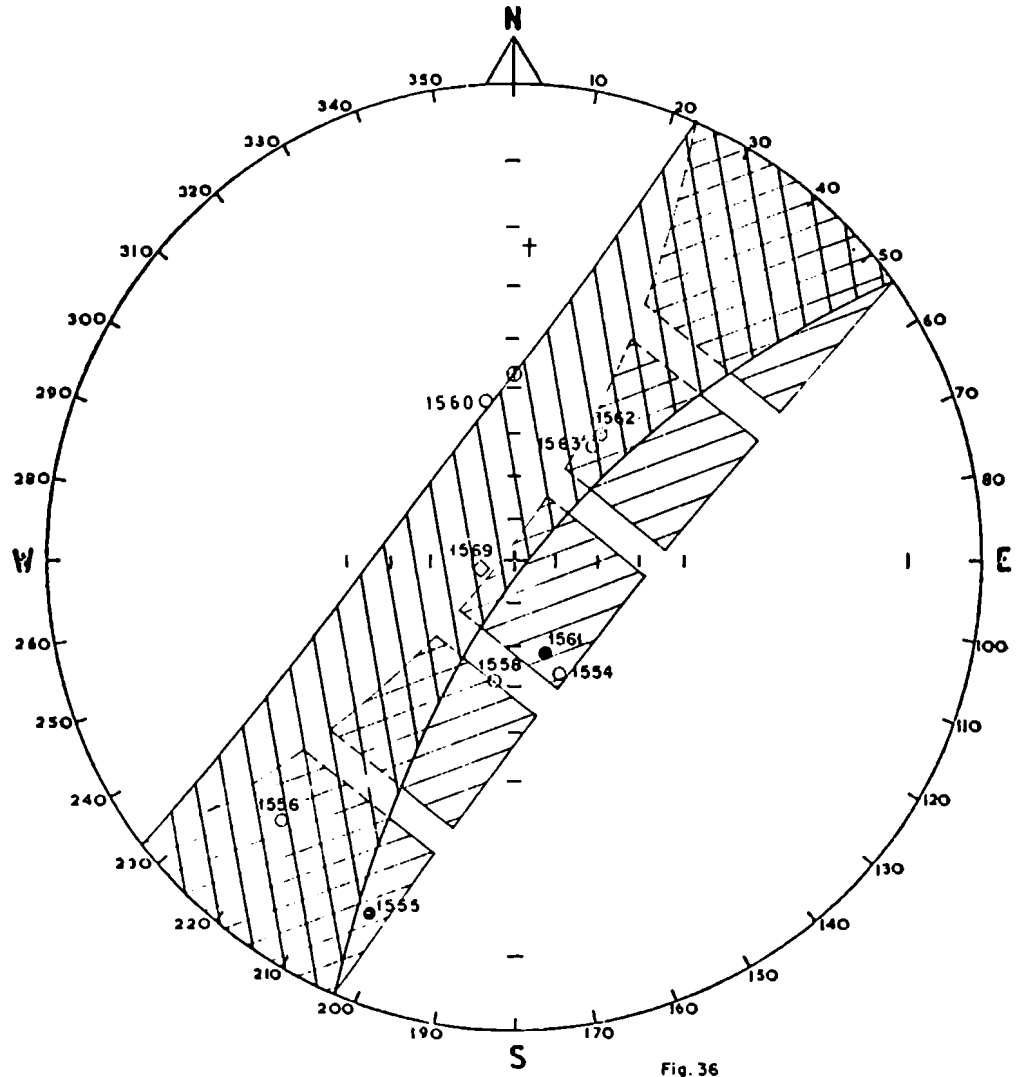


Fig. 36

Direcciones intermedias y del tubo de brecha  
○ Tubo de brecha  
◇ Riodocita } Las Pampilas

por lo que ellas también han sido utilizadas en su cálculo (Cuadro N°6b). Para la definición del mismo como así también de la desviación standard correspondiente, fue utilizado el mismo criterio que el explicado para las direcciones medias de m.r.e. de los Bajos mineralizados. La banda trazada es equivalente a dos desviaciones standard ( $15^\circ$ ).

Las direcciones de m.r.e. de las muestras 1554 y 1558 del tubo de brecha se encuentran alejadas de ambas bandas de direcciones. Es posible, por las características litológicas del tubo de brecha, que algunos bloques conserven una componente de magnetización propia de las rocas originales fracturadas y que las direcciones de m.r.e. obtenidas en estas muestras, estén vinculadas con aquellas.

Esta banda representa, como en el caso anterior, un fenómeno de remagnetización, y está definida por dos componentes. Las direcciones intermedias que han permitido su trazado pertenecen a muestras del tubo de brecha, por lo cual es razonable que una de las componentes represente la m.r.p. de dicha roca, mientras que la otra, la m.r.h. que la ha afectado.

La comparación de la figura 34b con la figura 36 permite observar que la banda de direcciones trazada en ésta, incluye a las rocas con direcciones de polaridad normal (monzonitas, riolitas) y reversas (monzonitas, riolitas) sugiriendo que alguna de estas direcciones pueden ser componentes de la misma.

La presencia de dos bandas de direcciones que se intersecan (figuras 34a y 36) indica que

fueron detectadas tres componentes de magnetización estables en las rocas de los Bajos. La intersección de las bandas define una dirección de magnetización común, la que está presente en todas las rocas mineralizadas con cobre diseminado, por lo cual debe corresponder a una m.r.h. Esta dirección se encuentra definida en un área que resulta de la intersección de ambas bandas de direcciones (figura 37) la que es aproximadamente coincidente con la dirección dipolar axial y geocéntrica. Ello sugiere que el proceso hidrotermal se habría producido durante un lapso suficientemente prolongado para que la dirección paleomagnética que lo identifica coincida con la geocéntrica y axial. Para que ello ocurriera sería necesario que el tiempo involucrado en el mencionado fenómeno haya sido mayor o igual a 10.000 años.

v. - La comparación de la información paleomagnética proveniente de las áreas mineralizadas con respecto a la proveniente de las rocas sin alterar consigna que el área definida por la intersección de las bandas de direcciones (figura 37) en la cual debe encontrarse la dirección representativa del fenómeno hidrotermal (m.r.h.), interseca los círculos de confianza de las direcciones primarias de las monzonitas (R y N), riolitas (R) y las riolitas (R) figura 37. De esta comparación surge que dichas rocas son las que podrían estar vinculadas genéticamente con la mineralización. Analicemos entonces cada una de estas posibilidades.

Las monzonitas pueden estar vinculadas con el hidrotermalismo que originó los yacimientos de cobre diseminado de Farallón Negro, debido a que la dirección de su m.r.e. se superpone con la definida

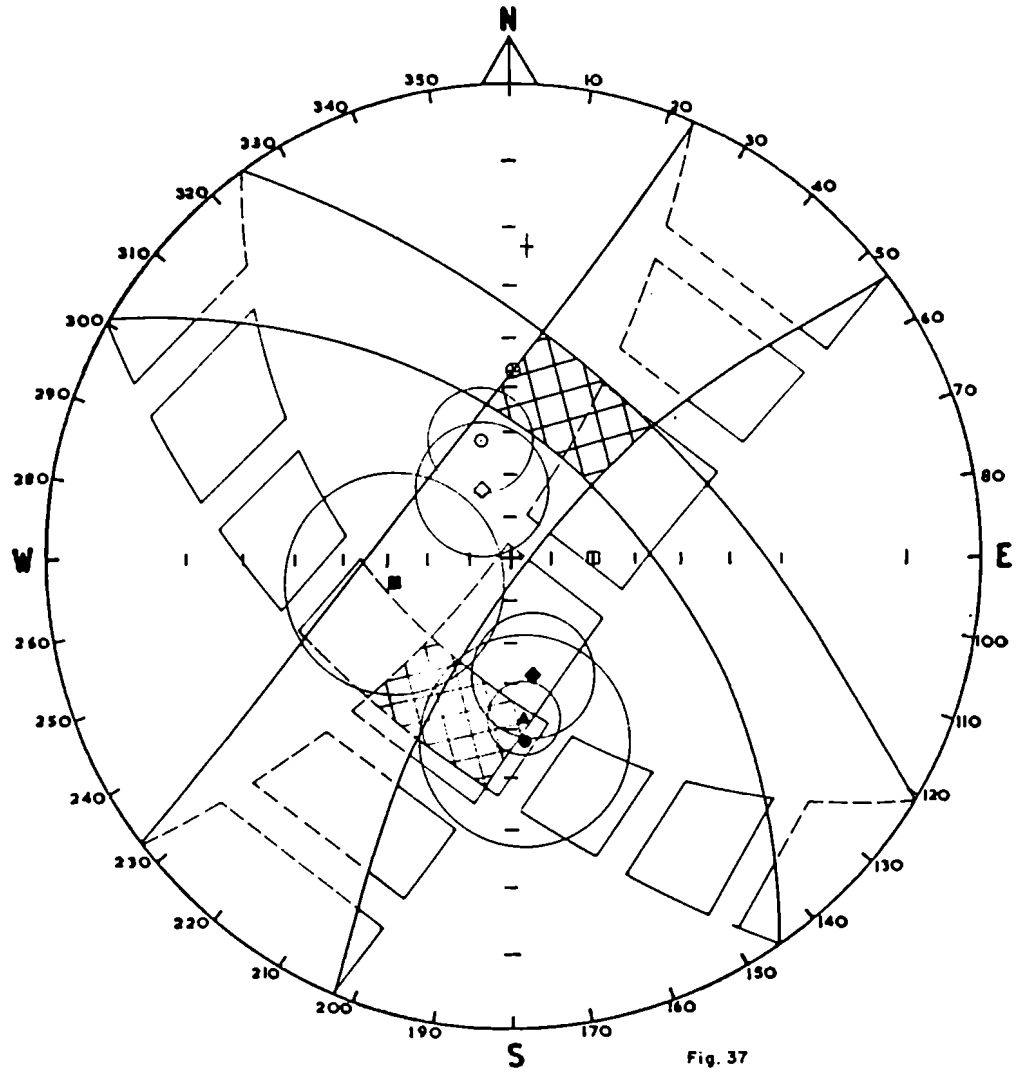



Fig. 37


 Áreas de intersección de las  
 bandas de direcciones.

para la m.r.h. y porque además, ello es coherente con las relaciones de campo observadas y con estudios geológicos realizados por otros autores. En ese sentido Jerome (1966) señala a las monzonitas como las rocas intrusivas más comunmente asociadas a los yacimientos de cobre diseminados. Sin embargo, si existe tal vinculación, este evento mineralizante no pudo haber sido el único, debido a que existen en el área rocas que se han originado con posterioridad a las monzonitas y que también se encuentran afectadas.

La información obtenida a partir de las andesitas cuarcíferas no permite vincularlas genéticamente con la mineralización. Las muestras que tienen m.r.e. de inclinación positiva, tienen un parámetro de precisión bajo ( $k=8,9$ ), por lo que, de acuerdo al criterio esgrimido en el Cuadro N° 5, su peso es igual a cero y ello las desestima.

A su vez, la dirección de las andesitas cuarcíferas (In) se encuentra alejada del área de intersección y si bien su círculo de confianza ( $\alpha = 62,6$ ) la interseca, la baja confiabilidad de esta información, como ya se ha expuesto con anterioridad (iii) y su bajo peso, sugiere la improbabilidad de una vinculación genética de las mismas con la mineralización.

La posible vinculación genética de las riodacitas con el fenómeno hidrotermal estudiado, se basa sobre la coherencia de la dirección de su m.r.e. con la definida para la m.r.h. y en las observaciones geológicas realizadas en el campo. A su vez Llambías (1970) en su estudio de la geología de YMAD escribe que: "la alteración hidrotermal se produjo con posterioridad a la intrusión de las riodacitas, a partir de cuyo magma se originaría". Todo ello sugiere que las riodacitas se encuentran vinculadas con la mineralización.

No es probable que las riolitas se encuentren vinculadas con el hidrotermalismo estudiado. Las observaciones de campo no permiten vincularlas con los yacimientos de cobre diseminado. Por otra parte, estas rocas no se encuentran alteradas hidrotermalmente, lo que sugiere que su origen fue posterior al fenómeno estudiado. A su vez, el círculo de confianza de la dirección media de m.r.e. de polaridad normal no interseca el área dentro del cual se encuentra definida la di

rección de la m.r.h. por lo que no cumple con la condición necesaria que hemos estipulado para definir una vinculación genética. Si bien el círculo de confianza de la dirección media de m.r.e. de polaridad reversa interseca dicha área, debe recordarse que este círculo fue definido sobre la base de sólo dos muestras (iii), y ello significa que no es exactamente representativo de la calidad de la información. Por otra parte dicha intersección no es una condición suficiente para sugerir una vinculación genética, ella debe ser coherente con la información geológica. Sobre la base de estas consideraciones es que se sugiere que no existe una vinculación genética de la mineralización con las riolitas

De todo ello se desprende que las monzonitas y las riolitas son las rocas que pudieron estar vinculadas genéticamente con la mineralización. Es posible interpretar, entonces: a) que ambas rocas (las monzonitas y las riolitas) lo están; b) que solamente el magma riolítico ha sido responsable de la alteración hidrotermal (y la dirección coincidente de las monzonitas es el producto de factores ajenos a su coetaneidad con la mineralización).

Sin embargo hemos analizado que el tiempo involucrado en el fenómeno ha debido ser relativamente largo, ya que la dirección de m.r.h. es aproximadamente coincidente con la dipolar axial.

A su vez, la información geológica indica que el hidrotermalismo suele tener una duración prolongada, ello es también coherente con las edades radiométricas asignadas a la mineralización (II.2), por lo que se sugiere a la primera interpretación como la más probable.

En este caso es posible que la mineralización se produjera en distintos pulsos (uno vinculado con las monzonitas y otro con las riolitas).

o durante un período prolongado, abarcando el tiempo involucrado en la formación de las rocas ígneas desde las monzonitas hasta las riodacitas .

Ambas posibilidades son consistentes con las edades radimétricas disponibles (II.2). Se puede sugerir que la edad de  $7,9 \pm 0,1$  m.a. obtenida en el Bajo del Durazno y la de  $7,1 \pm 0,1$  m.a. del Bajo San Lucas, signifiquen que el proceso de mineralización se produjo en pulsos diferentes o puede postularse una duración de más de 600.000 años para el mismo.

vi - El estudio paleomagnético realizado con muestras del Bajo San Lucas, el que como se ha dicho, se encuentra enclavado en el bloque elevado de la Sierra de la Ovejería, ha intentado proporcionar información para una interpretación más objetiva de la relación cronológica entre la alteración hidrotermal en el área de YMAD y la elevación de aquélla. Ante la posibilidad planteada de que el fenómeno hidrotermal se produjera con posterioridad al fallamiento y elevación de las Sierras Pampeanas circundantes, se realizaron dos valoraciones diferentes de los datos paleomagnéticos, tal como fue explicado en III.3.5. El análisis de dicha información sugiere como más probable que el fenómeno hidrotermal en el Bajo San Lucas se haya producido con anterioridad al ascenso de la Sierra de la Ovejería. Ello se basa sobre la coherencia de la dirección media de su m.r.e. a la que se ha aplicado la corrección por estructura, con el resto de las direcciones medias de m.r.e. de las otras áreas mineralizadas, las que se alinean en conjunto según la banda de direcciones trazada en la figura 34a. Si por el contrario supusieramos

que el origen de la mineralización en el Bajo San Lucas fue posterior al ascenso de la Sierra de la Ovejería, no se explicaría satisfactoriamente por qué al aplicarse a su dirección media de m.r.e. una corrección por estructura representativa del movimiento del bloque donde se encuentra emplazado, dicha dirección se alíne en coherencia con el resto de las direcciones medias de m.r.e. de las otras áreas mineralizadas. Sin embargo, debido a que la dirección media de m.r.e. sin corrección por estructura (fig.21) se alínea según la banda de direcciones de la figura 36, no es posible desestimar por completo esta última posibilidad.

vii - La presencia de un fallamiento intenso dentro del bloque hundido donde se encuentra Farallón Negro había planteado la inquietud por definir las posibles relaciones existentes entre la mineralización de cobre diseminado y esas estructuras de fallamiento presentes en el área de YMAD (II.2) Ello indujo a realizar comparaciones de la información paleomagnética obtenida de las áreas mineralizadas, en relación a su ubicación relativa respecto de las mencionadas estructuras de fallamiento. Estas comparaciones no son estadísticamente suficientes para arribar a una conclusión en cuanto a la existencia o no de una correspondencia directa entre la mineralización y el sistema de fracturas presente en YMAD. Sin embargo cabe señalar que entre todas las áreas mineralizadas estudiadas, es posible reconocer cierta similitud en el comportamiento paleomagnético de las ubicadas en los bajos del Agua Tapada y del Durazno. Ello se evidencia en que ambas han presentado baja



intensidad de magnetización (Cuadro N°3) la que es marcadamente diferente a la de las otras áreas estudiadas y, a su vez presentan grupos de muestras con polaridades normales y reversas (cuadro N°4 y fig. 34a), porque si bien en el resto de las áreas alteradas han sido registradas muestras con bajas intensidades de magnetización como así también de polaridad reversa, ese comportamiento se ha presentado en forma aislada.

Ello llama la atención y resulta coherente con una de las alineaciones definidas por García (1969) quien reconoce dos alineamientos para los yacimientos de cobre diseminado de la zona. Dicha alineación cuyo rumbo es N 70°W es la que incluye a los Bajos del Agua Tapada y del Durazno. El otro alineamiento definido por García (op.cit.), cuyo rumbo es N 23W, está definido entre otras, por el resto de las áreas mineralizadas estudiadas (Bajo de San Lucas, Las pampitas, Alumbarrera) intersectándose en el Bajo del Agua Tapada. Las evidencias paleomagnéticas no son claras en la definición de este segundo alineamiento, si bien desde el punto de vista estructural es reconocible, pues coincide con la estructura de fallamiento más conspicua de Farallón Negro.

Esta discusión si bien no permite arribar a una conclusión en relación a la existencia de un control estructural en los yacimientos estudiados, representa una información que deberá tenerse en cuenta en el estudio de los yacimientos de cobre diseminado vecinos.

### III. 5 CONCLUSIONES

Resumiendo, las conclusiones a las que hemos arribado pueden agruparse de la siguiente manera:

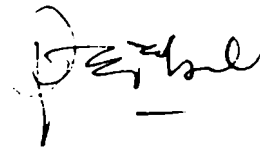
1. El análisis y la comparación de las direcciones y polaridades del m.r.e. de las áreas mineralizadas y el de las rocas adyacentes fue el criterio que resultó más adecuado para obtener información respecto al origen de la mineralización de cobre diseminado en Farallón Negro.
2. La presencia de polaridades normales y reversas en las direcciones de m.r.e. de las áreas mineralizadas, es independiente de la existencia de una determinada fase de alteración.
3. Las direcciones del m.r.e. de las rocas sin alterar investigadas, se han agrupado en diferentes posiciones, permitiendo indentificar paleomagnéticamente, distintos momentos del proceso volcánico. La presencia de polaridades opuestas en esas rocas se debe a que el c.m.t. cambió de polaridad durante sus emplazamientos, indicando que los mismos abarcaron períodos superiores a los 1000 años.
4. En las áreas mineralizadas se han registrado tres (3) componentes de m.r.e. La dirección de magnetización común a todas ellas, corresponde a una m.r.h. la que es aproximadamente coincidente con la dirección dipolar axial y geocéntrica.

5.- El origen de los yacimientos de cobre diseminado de Farallón Negro, se encuentra vinculado sobre la base de este estudio, con las monzonitas y las riolacitas. El mismo pudo haberse producido en pulsos diferentes o durante un único proceso de mineralización prolongado.

A handwritten signature in black ink, consisting of several stylized, connected letters. Below the signature is a horizontal line.A handwritten signature in black ink, featuring a large, circular initial followed by several letters. Below the signature is a horizontal line.

#### IV. AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales que ha otorgado los medios para realizar el presente trabajo. A las autoridades de Yacimientos Mineros Agua de Dionisio que prestaron su apoyo durante nuestra estadía en la zona. Al Ing. D.A. Valencio, director del trabajo y al Dr. J.F.Vilas por los consejos paleomagnéticos, a la Lic. Sinito con quien he discutido algunos temas, al Dr. H.H.García por su colaboración en la información geológica del área, al Lic. J.Mendía que me acompañó en la campaña, a la Dra. E.Arccidiacono y al Lic. J. Morelli por su ayuda en la determinación de los cortes petrográficos, a los Sres.Forti, Sosa y Marturelli que han colaborado en las tareas de laboratorio.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Mendía', with a horizontal line underneath it.

V - BIBLIOGRAFIA

- Bassi, H.C.C. y Rochefort G., (1980): Estudio geológico del Yacimiento cuproaurífero de La Alumbra. Servicio Minero Nacional - Anales XVIII, 1-78.
- Cabrera, A. 1944 Los gliptodontoideos del Araucaniano de Catamarca Rev. Mus. La Plata, La Plata 3 (5-76)
- Caelles, J.C.; Clark., A.H.; Ferrar,E.; Mc. Bride,S.and Quirt, S., 1971: Potassium-Argon Ages of porphyry copper deposits and associated rocks in the Farallon Negro-Capillitas District. Catamarca. Argentina. Economic Geology, 66 (6): 961-964.
- Camino, R. 1979: Sierras Pampeanas Noroccidentales de Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. II Simposio de Geología Regional Argentina, Acad. Nac. de Ciencias, Córdoba. 225-291
- Crawford, A.R., 1970: Continental drift and Un-Continental Thinking. Economic Geology, 65; 11-16.
- Creer, K.M. 1958: The remanent magnetization of Unstable Keuper Marls. Phil trans. of. Royal Soc. of London. Serie A V.250 ~ 130-143.
- Creer, K.M. 1962: A Statistical Enquiry into the Partial Remagnetization of Folded Old Red Sandstone Rocks. Journal of Geoph Res. Vol 67, 5, 1899-1906.
- Creer, K.M. 1970: A Paleomagnetic Survey of South American Rock Formations. Phil. Trans.of Roy Soc. of London V.267, N° 1183, 457-558.
- Creer, K.M. e Ispir y. 1970 An interpretation of the behaviour of the geomagnetic field during polarity transitions Phys. Eart.Planet. Inst. 2,283-293.

- Charrier, R. y Malumian, N., 1975: Orogénesis y epirogénesis en la región austral de América del Sur durante el Mesozoico y el Cenozoico. Rev. Asoc. Geol. Arg. XXX (2): 193-207
- Dagley P. Lawley E., 1974: Paleomagnetic evidence for the transitional behaviour of the geomagnetic field. Geophys. J. R. astr. Soc. 36, 577-598.
- Fisher, R. 1953: Dispersion on a Sphere. Royal Soc. London. Proc, Ser A. Vol. 217, 295-305
- García, H.J., 1969: Consideraciones sobre algunas alineaciones de desarrollos hidrotermales tipo pórfido cuprífero en el NW Argentino. Rev. de la Dirección Nac. de Geología y Minería. N°18 y 19.
- 1970 a: Geología del yacimiento tipo porfírido cuprífero "Bajo Las Pampitas", Departamento de Belén, Provincia de Catamarca, República Argentina. Rev. Asoc. Geol., Arg. XXIV, (3): 319-328.
- 1970 b: Control estructural de las vetas de Alto de la Blenda, Departamento de Belén, Provincia de Catamarca, Universidad Nacional de Tucumán, Opera Lilloana: 3-87
- 1971: Geología del pórfido cuprífero Bajo San Lucas, Dep: Andalgalá, Prov. de Catamarca, República Argentina, Rev. Asoc. Geol. Arg. XXVI, (3): 327-342.
- Godeas, M. y Svetliza, S.S. de, 1980: Alteración hidrotermal y mineralización en el Bajo de la Alumbreira. Pcia. de Catamarca. Rev. Asoc. Geol. Arg. XXXV, (3): 318-331.
- Gonzalez, D.E., 1975: Geología y alteración en el cobre porfídico "Bajo La Alumbreira" Rep. Arg. II Congreso Ibero-Americano de Geología Económica. II: 247-270.
- GALVAN A.F. y RUIZ HUIDOBRO O.J. 1965 Geología del Valle de Santa María - Actas de las Segundas Jornadas Geológicas Argentinas. T. III (217-230)

- Gonzalez Bonorino, F., 1949: Diferenciación magmática y alteración hidrotermal en Agua Tapada. Rev. Asoc.Geol.Arg., IV (2): 181-217.
- 1950a: El magma y la formación de rocas ígneas. Ciencia e Investigación - Tomo 6: 1-12.
  - 1950b: Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. Rev. Asoc. Geol.Arg., Bs.As., 5 (3): 81-110.
  - 1950c: Geología y petrografía de las Hojas 12d (Capillitas) y 13d (Andalgalá), Catamarca. Dir.Gen.Ind.Minera, Bs.As., Bol.70.
- Gross, W.H. and Strangway, D.W., 1961: Remanent magnetism and the origin of hard hematites in Precambrian banded iron formations. Economic Geology, 56 (8): 1345-1362.
- Hanus, V. and Krs, M., 1963: Paleomagnetic dating of hydrothermal deposits in Czechoslovakia. Geophys. Journal Royal Astr.Soc., 8 (1): 82-101
- Hollister, V.F., 1975: An appraisal of the nature and source of porphyry copper Minerals. Sc. Engr. 7 (13): 225-233.
- Irving, E., 1964: Paleomagnetism. Editor: John Wiley & Sons, Inc. New York/London/Sydney.
- Jeronme, S.E., 1966 Some features pertinent in exploration of porphyry copper deposits. Western Miner & Oil Review, Vancouver, 36 (2): 28-37.

- Jones, D.L., 1968: Palaeomagnetism of the Premier Mine Kimberlite  
Journal of Geophysical Research, 73 (22).
- Llambías, J.E. 1970: Geología de los yacimientos mineros de Agua  
de Dionisio. Rev.Asoc.Arg.de Min.Petr. y Sedim., 1 (1-2):  
2-32.
- 1972: Estructura del Grupo Volcánico de Farallón Negro,  
Catamarca, República Argentina. Rev.Asoc.Geol.Arg., 27  
(2) 161-169.
- Nabel, P.E. y Valencio, D.A., 1980: La magnetoestratigrafía del  
Ensenadense de la Ciudad de Buenos Aires: su significado  
geológico. Rev.Asoc.Geol.Arg. (en prensa).
- Nedachi, M.; Abe, J.; Ueno, H, 1970: Natural Remanent Magnetiza-  
tions of ores and igneous rocks of the Akagane ore depo-  
sits.  
Iwate Prefecture - Japane.Assoc.Mineral.Petrol.and Economic  
Geologists. Jour., 64,2,35-52.
- Peirano, A., 1944-45: Agua de Dionisio, un centro volcánico moderno  
en el distrito de Hualfín, Departamento de Belén, Provin-  
cia de Catamarca. Cuadernos de Mineralogía y Geología,  
III (12): 272-281 y (13): 28-60.
- Porath, H., 1968: The magnetic anisotropy of the Yampi Sound Hema-  
tite ore bodies. Pure and applied geophysics, 69: 168-178.



- licenciatura F.C.E. y N.. Universidad de Buenos Aires (inédito).
- Quartino, B., 1960: Sobre la interpretación geológica del distrito volcánico de Farallón Negro (Provincia de Catamarca). *Anales de las Jorn.Geol.Argen.*, II 267-278.
- Rona, P.A., 1973: Plate tectonics and Mineral Resources. *Scientific American*, 229 (1): 86-95.
- Schwartz, E.J., 1966: Mineralization of Precambrian Sulphide deposits. *Geophysics*, XXXI (4).
- Sillitoe, R.H., 1972: A Plate Tectonic Model for the Origin of Porphyry Copper Deposits. *Economic Geology*, 67: 184-197.
- Sister, R.G., 1963: Informe geológico minero de Farallón Negro y zona adyacente. Univ. Nac. de Tucumán, Op. Lill., 8  
---- 1965: Informe geológico. Anexo I del Proyecto Minero Industrial Farallón Negro. YMAD, (inédito).
- Stoll, W.C., 1950: Informe preliminar sobre las vetas auríferas de Agua de Dionisio. Dir.Ind.Min. (inédito).
- Tabachi, M.H. y RE, N. 1957: Informe final sobre la exploración del yacimiento Farallón Negro Dir.Gen.Fab. Mil. (inédito).
- Tezon, R. y de la Iglesia, H., 1952: Geología de los depósitos de oro, plata y manganeso de la región de Agua de Dionisio. Dir. Nac. Geol. y Min. (inédito).
- Tarling, D.H., 1973: Metallic Ore Deposits and Continental Drift. *Nature*, 243 193-196.

- Turner, J.C., 1969: Un perfil transversal de la puna austral, latitud 26°00'S, República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg. XXIV. (4): 361-366
- Ueno, H., 1967: Studies on the magnetic properties of the Kamaishi iron and copper ore deposits, North-Eastern Japan, Science Reports of the Tohoku University Series III, X (1): 183-227.
- 1975 a: Paleomagnetism and Origin of the Sen-Nin Hematite Deposits in Northeastern Japan. Economic Geology, 70 (3): 547-553.
- 1975 b: Duration of the Kuroko mineralization episode. Nature, 253 (5491): 428-429.
- Hiro S. and Kazuo, Y., 1969: Paleomagnetic studies on the genesis of magnetite in the Hanawa of the Tohoku University, Series III, X (3).
- Nedachi, M. and Stonuchi, S., 1975: Related rocks of pyrometamorphic deposits. Science Report of the Tohoku University, Series III, XIII (1)
- Valencio, D.A., 1965: Resultados preliminares del estudio paleomagnético del basalto de la Barda Negra (Provincia de Neuquén) Rev. Asoc. Geol. Arg., XX (1) 5-28.
- 1971: Física do Magnetismo terrestre. Curso dictado en el Instituto de Física de la Universidad de San Pablo Brasil.
- 1978: Paleomagnetismo y Geología isotópica-primer Curso Latinoamericano de Post-Grado. Fac. Cs. Ex. y Naturales, Univers. de Buenos Aires.
- Vilas, J.F.; y Mendia, J., 1977: Paleomagnetism of a sequence of red beds of the Middle and Upper Sections of the Paganzo Group (Argentina) and the correlation of Upper Paleozoic lower Mesozoic rocks. Geophys J. R. Astr. Soc., 51 (1) 59-74.
- y Delneri, A.C. 1967: La brújula solar. Abacos para su aplicación. Rev. Asoc. Geol. Arg., XXII (2): 163-173

- Valencio, D.A.; Vilas, J.F. y Mendia J.E., 1980: Paleomagnetism and K-Ar ages of Lower Ordovician and Upper Silurian-Lower Devonian rocks from-west Argentina-Geophys. J.R. astr. Soc.62, 27-39.
- Van Zijl, J.S'V.; Graham, K.W.T. y Hales A.L., 1962-1963: The Paleomagnetism of the Stormberg Lavas of South Africa, Geophysical Journal, Vol.7; 23-29.
- Vaughan, D.J.; Schwartz, E.J. and Owens, R., 1971: Pyrrhotites from the Strathcona Mine, Sudbury, Canadá; a thermomagnetic and mineralogical study. Economic Geology, 66: 1131-1144.
- Vicente, J.C., 1975: Essai d'organisation paleogeographique et structurale du Paleozoique des Andes Meridionales. Geol.Runds., Stuttgart 64 (2): 343-394.
- Vilas, J.F.A., 1980: El magnetómetro U.V.A. 8 H<sub>z</sub> y su aplicación en los estudios paleomagneticos - tesis doctoral U.B.A.

## ANEXO I

### Monzonitas

Muestras 2178-2191-2193

#### Descripción macroscópica:

Roca gris de aspecto masivo y textura microgranosa.

#### Descripción microscópica:

La observación por reflexión permite reconocer piroxenos, plagioclasas y biotitas, algo cloritizadas. La textura es granosa hipidiomorfa.

La observación calcográfico indicó la presencia de magnetita en cristales irregulares, con cierto contenido en Titanio, la mayor parte presenta una incipiente desmezcla a ilmenita en tablillas orientadas y algo de rutilo.

Muestra 1570

#### Descripción macroscópica:

Roca clara, entre blanca y amarillenta de textura microgranosa.

#### Descripción microscópica:

No se reconoce la roca original por su total alteración. Se observó clorita, venillas de cuarzo, iddingsita, limolita, cristales relícticos de hematita.

### Andresitas cuarcíferas

Muestra 2218

#### Descripción macroscópica:

Roca gris, con tonalidades verdosas, con fenocristales de feldespato en una pasta afanítica.

#### Descripción microscópica:

Los fenocristales de plagioclasa presentan una apreciable alteración a calcita. Se observan laminillas de biotita y cuarzo en pequeños individuos.

La Textura es porfírica en una pasta muy fina.

RiodacitasMuestra 2495Descripción macroscópica:

Roca gris clara de textura porfírica; se reconocen cristales de cuarzo y feldespato.

Descripción microscópica:

Se observan fenocristales de plagioclasa zonal, anfíbol, biotita con alteración a clorita y cuarzo.

La textura es porfírica en una pasta afánica.

Riolitasmuestra 2387Descripción macroscópica:

Son rocas claras de color violado y textura porfírica, que evidencian fluidalidad.

Descripción microscópica:

La observación por reflexión permitió reconocer fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y biotita.

La textura es porfírica en una pasta afanítica.

Porfiro granodiorítico alteradomuestra 1104-1108-1111Descripción macroscópica:

Roca gris clara, casi blanca de textura microgranosa.

Descripción microscópica:

La observación por reflexión permitió distinguir una intensa alteración silíceá, no pudiéndose reconocer la roca original. Se observó sericita, clorita, pirita, limolita, rutilo, zircon y un mineral opaco (óxido de hierro) distribuido en pequeños granos (2u)

muestra 1102Descripción microscópica:

Presenta una apariencia mas fresca que las anteriores con fenocristales relícticos y mayor cantidad de minerales opacos (óxidos de hierro) y clorita. Su alteración es arcillosa del tipo sericítico.

NOTA:

Los términos Calchaquense y Araucanense que hemos utilizado, deben ser entendidos en sentido amplio, de acuerdo a la nomenclatura utilizada para las sedimentitas terciarias de la zona, por los distintos autores que la han estudiado.

Sin embargo, se hace preciso acotar, que dichos estratos han sido descritos como unidades litoestratigráficas formales dentro del Grupo Santa María por Galvan y Ruiz Huidobro (1965), equivaliendo según estos autores, la Formación San José al Calchaquense en sentido estricto y la Formación Andalhuala al Araucanense (ss).

Particularmente en Corral Quemado, al W de nuestra zona de estudio, se encuentra dentro del Araucanense restos de mamíferos (glipodontoideos) estudiados por Riggs y Petterson (1939) y por Cabrera (1944) que son en todo similares a los encontrados en la Formación Andalhuala descrita por Galvan y Ruiz Huidobro (op. cit.), los que sugieren una edad Pliocena para la misma.

## Tesis de Posgrado

### Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 56

Ancho: 57

Descripción: Figura nº2. Y MAD. Geología de la propiedad.  
Yacimientos mineros de Agua de Dionisio.

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.