

Observaciones Geológicas en Isla
San Félix, Región Atacama, Chile

L.I. Silva
M. Rojo
Comisión Chilena de
Energía Nuclear
Casilla 188-D
Santiago - Chile

F. Hervé
M. Vergara
Departamento de Geología
Universidad de Chile
Casilla 13518-Correo 21
Santiago - Chile

RESUMEN

La Isla San Félix e islotes adyacentes constituyen un conjunto de islas oceánicas de origen volcánico, que se ubican a unos 1.000 km al oeste del litoral chileno. La Isla San Félix presenta una forma de media luna, con su eje mayor en dirección este-oeste, y una superficie aproximada de 2,5km²

Se distinguen en ella las siguientes unidades volcánicas:

- Hialoclastitas palagoníticas de olivina que afloran en el extremo oeste de la isla.
- Basaltos alcalinos de olivina y diferenciados más silíceos (mugearitas) que constituyen la mayor parte de la isla, discordantes sobre las hialoclastitas.
- Basaltos alcalinos de olivina con estructura tipo pahoe-

hoe que forman delgadas coladas y abundantes bombas restringidas en el Morro Amarillo.

Los basaltos alcalinos de olivina estudiados presentan un porcentaje variable entre 41,7 y 44,8% de SiO_2 , altos contenidos de TiO_2 , nefelina normativa entre 8 y 13,5%.

La serie petrográfica de Isla San Félix difiere notoriamente de aquellas generadas en las cordilleras hemioceánicas.

ABSTRACT.

San Félix and Adyacent island form a chain of oceanic island of volcanic origin located some 1.000 km to the west of the chilean coast. San Félix itself is half-moon shaped, with it major axis oriented east-west and with an area of approximately 2.5 km^2 .

It is possible to distinguish the following volcanic units:

- Palagonitic olivine hialoclastites, which outcrops in the extreme western point of the island.
- Olivine alkaline basalts, including some more soliceous differentiates (mugearites) which constitute the larger part of the island, exposed discordantly over the hialoclastites.
- Olivine alkaline basalt showing pahoehoe structure, in this lavaflows form the flows and a larger number of bombs, are restricted to Morro Amarillo.

The alkaline basalts which have been studied show a variable content SiO_2 (41.7 - 44.8%), high levels of TiO_2 , and a normative nepheline content between 8 and 13,5%.

The San Felix Island petrographic suite differs significantly in its chemistry from that of the classic series of the mid-ocean ridges.

INTRODUCCION

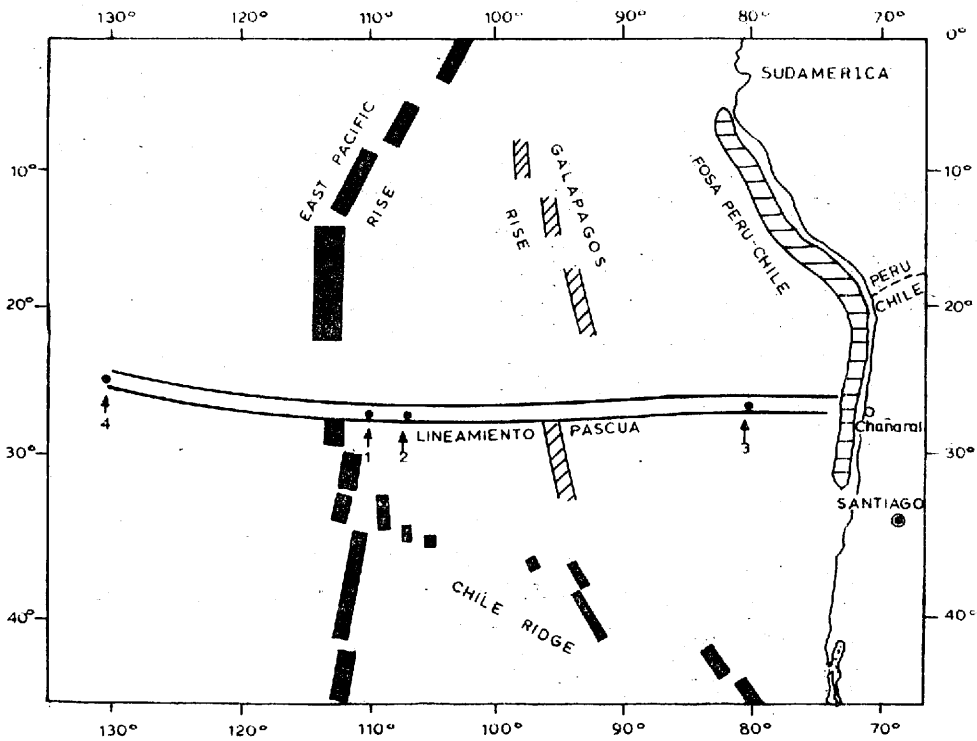
La Isla San Félix en conjunto con la Isla San Ambrosio, Islo te González y el peñón denominado Catedral de Peterborough constituyen islas oceánicas de origen volcánico ubicadas a unos 1.000 km de la costa de Chañaral. Las coordenadas geográficas de isla San Félix son 26°16'18" latitud sur y 80°06'21" longitud oeste.

La isla San Félix tiene forma de media luna con un eje mayor en dirección este-oeste, abarcando una superficie de 2,5 km². Está constituida por una superficie de relieve suave con una pendiente de 2° a 5° al nornoroeste. Sobresalen de este relieve Morro Negro (18 msnm) en la parte sur y Cerro San Félix o Morro Amarillo (193 msnm) ubicado en el borde oeste de la isla.

La isla San Félix es habitada temporalmente por pescadores de langostas. Carece de recursos de agua y vegetación, sólo en el flanco sur de Morro San Félix se desarrollan esporádicos arbustos pequeños. Esta presenta una abundante concentración de aves que anidan en el isla.

La isla San Félix se ubica en el extremo oriental de una cadena de islas volcánicas y montes submarinos que existen en la placa de Nazca, y que comprende también a las islas Sala y Gómez e isla de Pascua. En la fig. 1 se presenta un esquema del sector correspondiente del Océano Pacífico tomada de Bonatti et al (1977).

Dentro de los escasos antecedentes geológicos que se cuenta de isla San Félix se puede mencionar a los de Willis y Washington (1924) y Washington (1929), en la cual incluyen una descripción petrográfica y análisis químico de las unidades volcánicas expuestas. Firth (1943) in Bonatti et al (1977) señala que la actividad volcánica en la isla con emisión de gases, después del terremoto de 1922, que afectó las costas de Chile a la misma latitud.



UBICACION DEL LINEAMIENTO PASCUA. Las flechas indican la ubicación de las islas de este lineamiento 1.- Isla de Pascua 2.- Sala y Gómez 3.- San Ambrosio y San Félix. 4.- Isla de Pitcairn. (HERRON, 1972; Simplificado de BONATTI et al 1977.)

Figura N°1

Las observaciones geológicas de terreno fueron realizadas en Enero de 1977 (Silva y Rojo, 1977); el trabajo de laboratorio se realizó en 1978 y parte de 1979. Los análisis quí

nicos fueron efectuados por la Sra. Cecilia Nieto del Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

GEOLOGIA

La isla San Félix está formada por material de origen volcánico en la que se distinguen tres unidades geológicas. Estas son de la más antigua a la más moderna las siguientes: (fig.2).

I. Unidad de Hialoclastitas

Esta se distribuye al oeste de la isla constituyendo el Cerro San Félix o Morro Amarillo y parte del islote González. Corresponde principalmente a tobas de estratificación fina, pardo amarillentas de grano medio a grueso, determinadas como hialoclastitas. Presenta intercalaciones de aglomerados finos a gruesos con abundante matriz hialoclastítica pardo amarillenta con clastos de basaltos negros y fonolitas, subangulosos y algunos redondeados. En los niveles de granulometría fina se observaron pliegues de arrastre. Los estratos de las hialoclastitas se disponen en forma monoclinial con una inclinación de 30° - 40° al sur y rumbo N 75° E. Por las características petrográficas estructurales y sedimentarias se infiere que esta unidad fue depositada en condiciones submarinas.

La base no se encuentra expuesta y el espesor observado se estima en 80 m. En discordancia angular y adosados se observa los basaltos alcalinos y flujos escoriáceos más modernos en la parte sur de Cerro San Félix (fig.2).

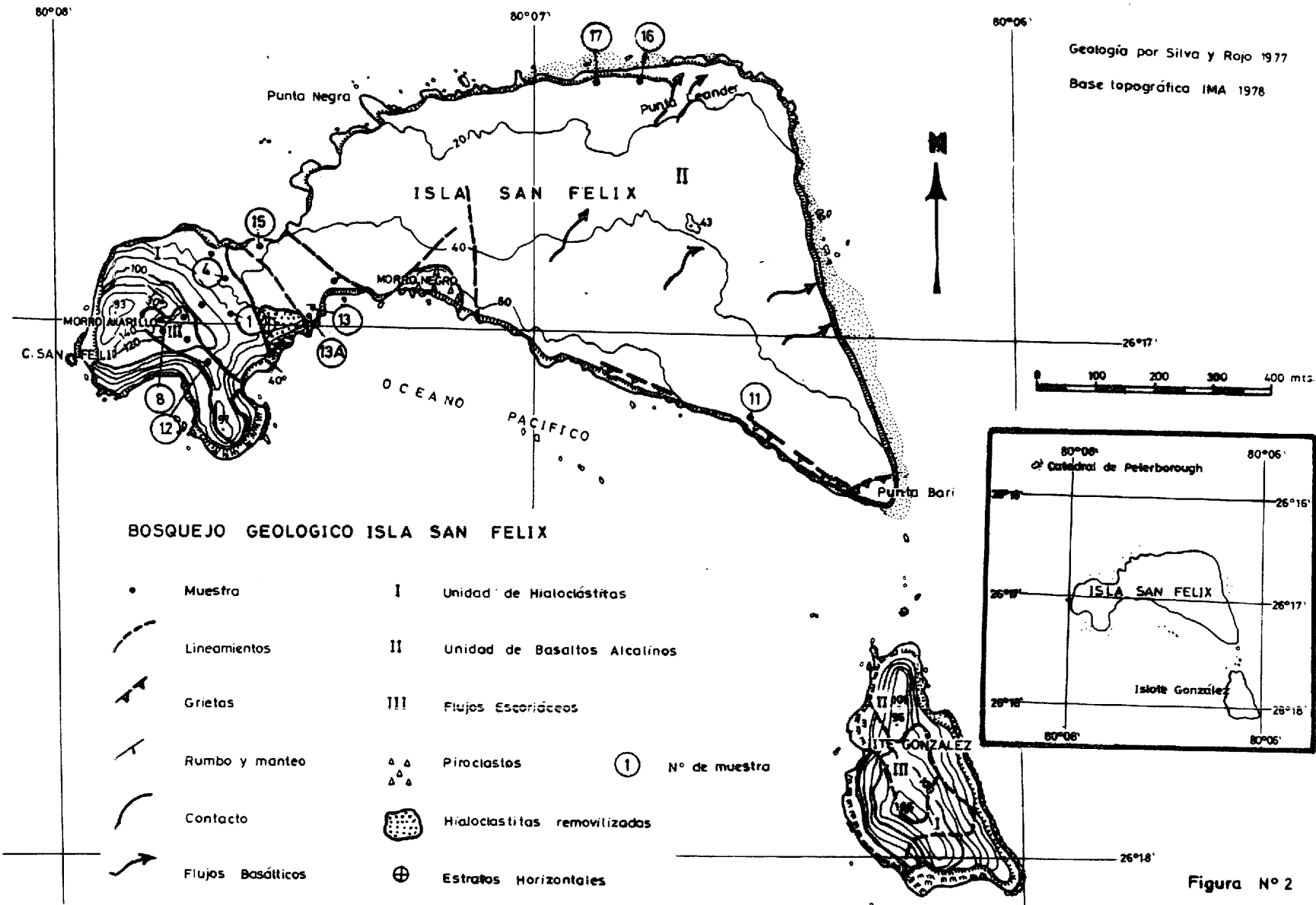


Figura N° 2

II Unidad de Basaltos alcalinos.

Los basaltos alcalinos constituyen la mayor parte de la isla. Están constituidos por coladas de basaltos amigdaloidales y vesiculares de color negro. Se observan coladas de colores rojizos e intercalaciones de niveles brechosos de color verde. Predominan en esta unidad los niveles de brechas aglomerádicas finas con fragmentos de vidrio basálticos.

Los niveles inferiores observados de esta unidad corresponden a coladas de colores verdes en parte rojizos, con espesores variables de 1 a 5 metros y planos de estratificación bien definidos. La parte inferior de cada colada es esencialmente brechosa. Localmente, al noreste de la isla (Punta Leandee), se observaron cavidades o cavernas, y el desarrollo de estructuras tipo pahoehoe.

Las coladas superiores que constituyen la superficie actual de la isla son de color más oscuro y presentan estructuras de flujo, lo que permite inferir un sentido de escurrimiento hacia el norte y noreste, situando el centro de emisión posiblemente al sur de la isla. En el acantilado sur de la isla los niveles inferiores de esta unidad se acuñan hacia el este y noreste.

El mayor espesor de esta unidad se observa en el acantilado sur de la isla, pero su base no se encuentra expuesta. Los niveles superiores se encuentran adosados discordantemente con las hialoclastitas en Morro Amarillo. Su espesor se estima aproximadamente en 70m.

III Flujos Escoriaceos

La unidad volcánica más joven reconocida en la isla se

encuentra restringida en el flanco sureste del Morro Amarillo, y esta constituida por coladas amigdaloidales de aspecto escoriaceo de color gris oscuro y rojizos. Estos flujos, que corresponden a la última manifestación volcánica en la isla, surgieron por pequeños conductos volcánicos, como los que se observaron en la parte sur del acantilado y en islote González, los que escurrieron sobre las hialoclastitas. Abundantes bombas volcánicas en formas elípticas, helicoidales y elongadas, se observan en flanco sur de Morro Amarillo.

Además de estas tres unidades principales reconocidas en isla San Félix se puede mencionar un depósito de hialoclastitas restringido al borde suroeste de la isla. Este presenta una estratificación fina y horizontal formado por material removilizado de Morro Amarillo. Su espesor es de unos 2 m y se encuentra en parte cubierto por material piroclástico proveniente de Morro Negro.

En la parte oeste de la isla se observan dos lineamientos con una leve expresión topográfica en dirección N 45°W y N-S, no se observó en la parte norte o sur del acantilado desplazamiento en las coladas por este lineamiento.

La erosión marina es activa en borde sur de la isla, como lo evidencian las grietas que se desarrollan en el borde del acantilado. En el borde norte de Morro Amarillo se desarrolla una pequeña terraza de abrasión marina.

En el islote González el cual no pudo ser visitado por las dificultades de acceso, afloran, al parecer las mismas unidades que han sido reconocidas en isla San Félix.

PETROGRAFIA

En las muestras aquí analizadas cuya ubicación aparece en fig.2 se observaron flujos lávicos y rocas clásticas volcánicas de similar composición. Los tipos petrográficos de lavas descritos corresponden a basaltos alcalinos de olivino, traquibasaltos, traquitas y fonolitas. Este último tipo que representaría la facies más diferenciada, fue encontrado sólo como eyecto piroclástico. Químicamente no existe, sin embargo, una completa gradación entre la serie, faltando los términos intermedios.

La mayoría de las rocas son de grano fino o muy fino en gran parte vítrico y el contenido de plagioclasa modal en los términos más básicos es muy restringido.

La clasificación petrográfica propuesta es similar a la usada por I. Baker (1960) en el estudio de rocas volcánicas de la isla de Santa Helena y de P.E. Baker et al (1974) en el estudio de la Isla de Pascua. Los límites para cada tipo petrográfico se hicieron basados en la mineralogía, contenido de SiO_2 y en el valor del Índice de Diferenciación de Thornton y Tuttle (1960).

La tabla 1 presenta los porcentajes estimativos de la composición modal de los diferentes tipos de lavas aquí descritos.

	Basaltos							Traquita		Fonolita F-1		
	F-15	F-13 A	F-17	F-16	F-15	F-12	F-11	* SS-1	Basalto F-8			Traquita F-4
Olivina	20	10	15	15	20	30	25	12	20	-	FENOCRI- STALES	
Clinopiroxeno						10		1		-		
Olivino	5	3			10	5		15	10	5		
Clinopiroxeno	10	-	15	25	-	15	25	28	35	10	MASA FUNDAMENTAL	
Microlitos Plagio- clasa y feldespa- tos alcalinos	-		10	20		15	-	22		70		80
Vidrio	-	87	50	30	60	20	45	2	30			
Titanomagnetita	10	-	10	5	5	5	5	15	5	8		5
Ceolita	35				5			5		5		
Nefelina												3
Idding-Bowlingita										2		2

TABLA N° 1. Porcentajes estimados de los constituyentes modales de los diferentes tipos petrográficos de lavas.

* Muestra proporcionada por el Sr. J. Karzulovic.

Los basaltos alcalinos de olivino son de color negro a gris oscuro con fenocristales de olivino, redondeados a idimorfos, muy frescos y sin borde de reacción. Los clinopiroxenos aparecen principalmente en la masa fundamental y corresponde en su mayoría a augita no pleocroica o en algunos casos (F-12) a augita titanífera de débil color pardo rojizo. Las plagioclasas aparecen restringidas a la masa fundamental y su composición es en general labradorita-bytownita. Los minerales opacos parecen corresponder a titanomagnetita y aparecen distribuidos irregularmente a través de todas las muestras.

La muestra F-8 se clasificó como traquibasalto por el valor de su Índice de Diferenciación de 41,22. Mineralógicamente es muy similar a los basaltos alcalinos de olivina ya des -

critos, excepto que presenta un mayor contenido modal de gránulos de clinopiroxenos en relación a la olivina.

La muestra F-4 corresponde a una traquita afírica de textura intersertal-intergranular con abundantes microlitos de plagioclasa intermedia a sódica y de feldespatos alcalinos (sanidina-anortoclasa). Intersticialmente se distribuyen granos de olivina alterados a iddingsita y granos de clinopiroxeno de color ligeramente verde claro (aegirina-augita). Intersticialmente ocupando microvesículas se ha reconocido ceolitas.

La muestra F-1 ha sido clasificada como fonolita; presenta textura traquítica constituída por un agregado muy denso de microlitos de feldespatos alcalinos, principalmente anortoclasa, con agujas de aegirina-augita de color verde y granos de iddingsita-bowlingita y de titano-magnetita. Esporádicamente se observan pequeños cristales de formas cuadradas sin clivajes y de muy baja birrefringencia y que parecen corresponder a nefelina.

Las rocas clásticas volcánicas corresponden principalmente a hialoclastitas basálticas. Están formadas por hialoclastos de 2-4 mm de diámetro (F-5) con borde fuertemente alterados a palagonita. Internamente se observa un vidrio basáltico pardo oscuro con microfenocristales de olivino y escasos microlitos de plagioclasa y agujas de clinopiroxeno. La matriz está constituída por granitos de hialoclastos palagonitizados, granitos de olivino, granos de calcita y granos de clinopiroxeno. El cemento corresponde a ceolita isótropa tipo analcima (F-5) o a un material casi isótropo, fibroso, posiblemente arcilla derivada de la alteración de vidrio volcánico (F-6). En una de estas muestras se identificó philipsita, mediante rayos X.

PETROQUIMICA

La Tabla II presenta los análisis químicos de roca total de elementos mayores. Se puede observar en todas las rocas el alto contenido de álcalis, especialmente Na_2O . También es significativo el alto contenido de TiO_2 , que en la muestra SS-1 alcanza un valor 4,05% muy similar a los basaltos toleíticos de Isla de Pascua (Baker P., 1974).

Las rocas basálticas presentan un elevadísimo porcentaje de MgO que en la muestra F-15 alcanza a 9,85% superior a los mayores valores encontrados en basaltos de Isla de Pascua y de Santa Helena (Baker, P. et al 1974; Baker, I., 1969).

Los elevados porcentajes de TiO_2 y MgO se relacionan con el alto contenido de augita titanífera y de olivino magnesiano.

La Figura 3 muestra el diagrama de clasificación petrográfica de Irvine y Baragar (1971) para las rocas volcánicas. Las muestras aquí estudiadas y clasificadas usando principalmente el Índice de Diferenciación coinciden con rocas similares de estos autores. La figura 4 permite visualizar que las rocas aquí estudiadas caen en el campo de las rocas alcalinas de Miyashiro (1978) y que presentan un contenido de álcalis ligeramente superior a la de la Isla de Gough, estudiada por Le Maitre (1962) e igual al de la isla Santa Helena. Las rocas de isla de Pascua en cambio son sub-alcalinas y toleíticas.

La figura 5 muestra el fuerte carácter subsaturado y alcalino de las rocas de San Félix coincidente con las características de las rocas alcalinas "tipo Kennedy" de Miyashiro (1978). El alto contenido de nefelina normativa se mantiene a través de toda la serie y es muy similar a la de las rocas volcánicas de la isla Santa Helena.

a)	Basalto	Basalto	Basalto	Traqui Basalto	Traquita	Fonolita
	SS-1	F-13 A	F-15	F-8	F-4	F-1
SiO ₂	44.77	41.68	43.20	45.40	56.38	60.89
Al ₂ O ₃	11.50	11.73	11.57	12.57	17.60	17.31
Fe ₂ O ₃	3.45	8.04	5.96	2.30	3.75	2.70
FeO	7.70	4.44	5.99	9.33	1.84	1.37
CaO	10.62	9.78	10.92	9.30	2.65	0.91
MgO	8.46	9.75	9.83	7.87	1.57	0.41
Na ₂ O	3.67	3.34	3.69	4.09	7.21	8.20
K ₂ O	1.42	2.01	0.83	3.07	5.82	6.15
TiO ₂	4.05	3.47	3.71	4.12	1.15	0.58
MnO	0.16	0.17	0.16	0.18	0.19	0.19
P ₂ O ₅	0.71	1.24	0.80	1.02	0.59	0.11
ppC	2.92	4.22	3.81	0.58	1.09	0.64
Total	99.50	99.87	100.47	99.83	99.84	99.46

b)	Normas CIPW.					
or	8.39	11.88	4.90	18.14	34.44	36.15
ab	17.56	12.84	18.03	9.45	33.09	36.68
an	10.71	11.08	12.55	6.87	-	-
ne	7.31	8.35	7.15	13.63	13.55	9.94
di	29.71	22.87	28.37	26.31	7.30	2.76
ae	-	-	-	-	2.55	12.47
ol	8.56	9.81	8.14	11.32	0.60	-
he	-	5.11	0.06	-	1.08	0.64
mt	5.0	4.25	8.55	3.33	2.60	-
ifl	7.59	6.59	7.05	7.82	2.18	1.22
ap	1.83	3.19	2.06	2.62	1.37	0.34
I.D.	33.26	33.07	30.08	41.22	81.08	85.39

TABLA N° 2 a) Análisis químico de elementos mayores de rocas volcánicas de Isla San Félix. Analista C. Nieto, Depto. de Geología U. de Chile.
La composición modal de las muestras analizadas se da en Tabla 1.

b) Normas CIPW e Índice de Diferenciación (I.D.) de Thornton y Tuttle (1960).

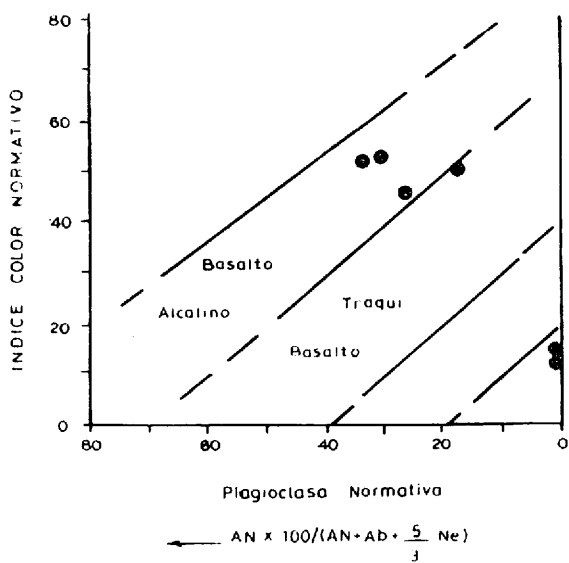


Figura N° 3

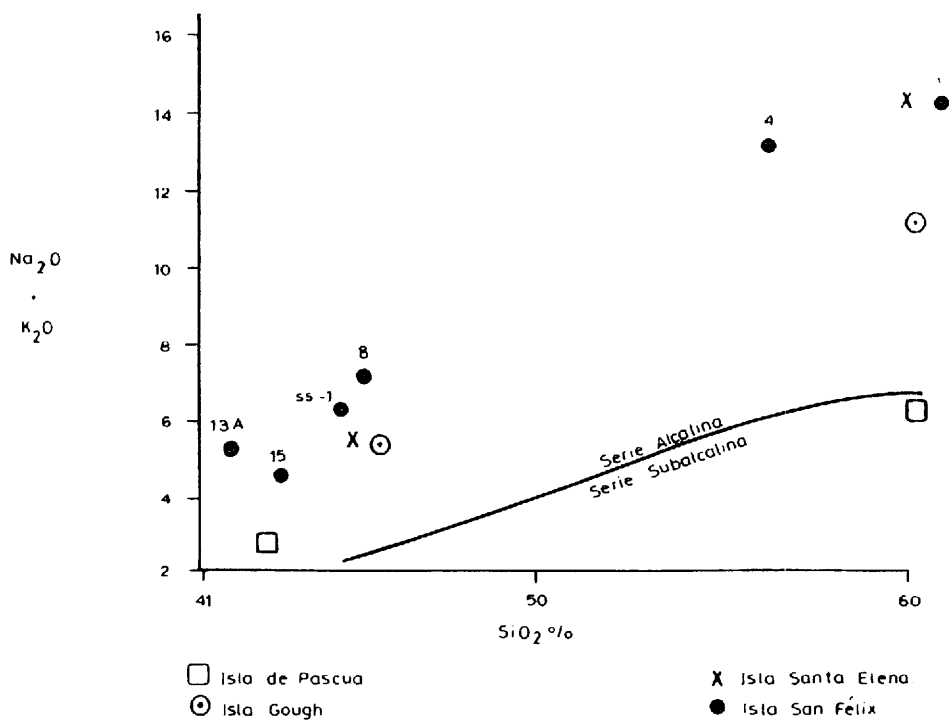


DIAGRAMA ALCALIS-SILICE

Figura N° 4.

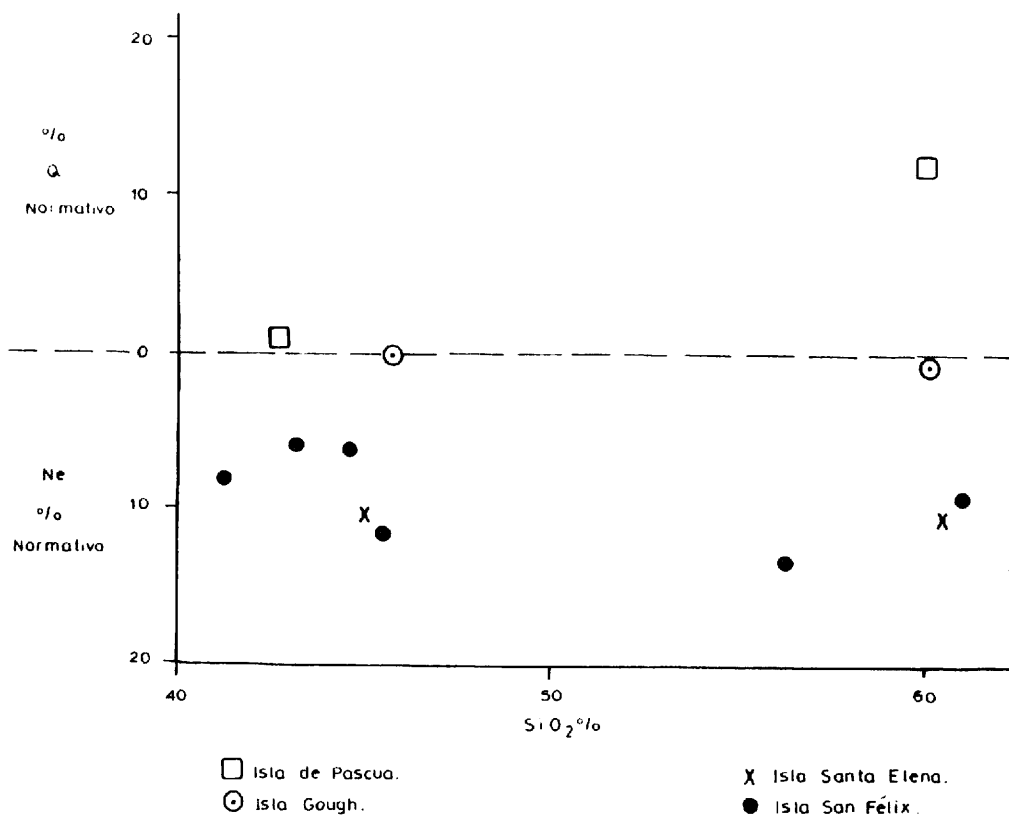


Figura N°5

CONSIDERACIONES GENERALES

La isla San Félix constituye un remanente eradado de un aparato volcánico y posiblemente el borde de una caldera volcánica, ubicado en el extremo Este del lineamiento Pascua de la Placa de Nazca. Las rocas expuestas en ella permiten inferir una depositación subacuática de las hialoclastitas inferiores y una posterior emersión y erosión de ellas, que fueron parcialmente cubiertas por los basaltos alcalinos primeros y flujos escoriaceos y bombas que constituyen la última manifestación efusiva del área.

Las rocas de San Félix corresponden a basaltos alcalinos de olivina, traquibasaltos, traquitas y fonolitas caracteriza-

dos por elevados contenidos de álcali, MgO, TiO_2 y un alto contenido de nefelina normativa. Esto identifica a la serie petrográfica dentro del "Kennedy trend" de Miyashiro (1978) típico de asociaciones volcánicas y muy diferentes a las rocas de Isla de Pascua, pese a que ambas islas, así como también, Sala y Gómez tienen similar edad Plio-Pleistoceno (Bonatti et al, 1977; Clark y Dymond, 1977) y están en el lineamiento Pascua.

Las razones iniciales Sr^{87}/Sr^{86} , mayores en San Félix (0.7040 - 0.7043) que en Isla de Pascua (0.7030 - 0.7035) (Hedge, 1978) confirman diferencias genéticas entre las rocas volcánicas de ambas islas. Llama la atención que razones iniciales de San Félix son muy similares a las que presentan las rocas plutónicas cenozoicas de la Cordillera de Los Andes del área de Santiago (Halpern, 1979).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Armada de Chile por el intermedio del Comandante Claudio Aguayo por la autorización de la presente publicación.

La señorita Marisol Bembow identificó la philipsita mediante Rayos X.

Los Grant E083-783 y E410-791 del Servicio de Desarrollo Científico de la Universidad de Chile financiaron parcialmente el trabajo de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Baker, P.; Buckley, F. y Attolland, J., 1974, Petrology and geochemistry of Easter Island. Contrib. Min. Petr., 44, 85-100.
- Baker, I., 1960. Petrology of the volcanics rocks of Saint Helena Island, South Atlantic. Geol. Soc. Amer. Bull, 80, 1283-1310.
- Bonatti, E.; Harrison, C.; Fisher, D.; Honnores, J.; Schilling, J.; Stipp, J, y Zentilli, M., 1977. Easter Volcanic Chain (South-east Pacific): A Mantle Hot Line. Journal of Geophysical Research. Vol. 82, N° 17, 2457-2478.
- Clark, I. y Dymond, I., 1977. Geochronology and Petrochemistry of Eastern and Sala y Gómez island: Implications for the origin of the Sala y Gómez ridge. Jour. Volc. & Geoth Res. 2, 29-48.
- Firth, R., 1943. Pacific islands, vol. 2, 739 pp. Oxford University Press, New York.
- Halpern, M., 1979. Strontium isotope composition of rocks from the Disputada Copper Mine, Chile, Econ. Geol. 174, 129.
- Hedge, C., 1978. Strontium isotopes in basalts from the Pacific Ocean Basin. Earth & Plan. Sci. Let., 38, 88-94.
- Irvine, T. y Baragar, W., 1971. A Guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. Jour.

Earth Sci., 8, 525-548.

- Le Maitre, R., 1962. Petrology of volcanic rocks, Gough Island, South Atlantic. Geol. Soc. Am. Bull., 73, 1309-1340.
- Miyashiro, A., 1978. Nature of Alkalic Volcanic Rock Series. Contr. Min. Pet., 66, 91-104.
- Silva, L.I. y Rojo, M., 1977. Observaciones geológicas en Isla San Félix. Informe inédito. C.C.H.E.N., Santiago.
- Thonrton, C. y Tuttle, O., 1960. Chemistry of igneous rocks. 1. Differentiation index. Amer. Jour. Sci., 258, 664-684.
- Washington, H.S., 1929. Petrology of San Félix, Earthquake Conditions in Chile, Carnegie Inst. Wash. Publ., 282, 125-133.
- Willis, B. y Washington, H.S. 1924: San Félix and San Ambrosio Their Geology and Petrology. Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 35, 365-384.