

24  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROGRAMAS DE COMPUTO PARA LA RECOPIACION DE  
COEFICIENTES DE PARTICION CON MAYOR RELEVANCIA  
EN PROCESOS MAGMATICOS**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO GEOLOGO**

P R E S E N T A :

**IRMA SANCHEZ GUERRERO**

MEXICO, D. F.

1991

**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### I.1. IMPORTANCIA DE LOS COEFICIENTES DE PARTICION

El uso de coeficientes de partición en geoquímica fue impulsado de manera importante por McIntire (1961, 1963) en su revisión a los trabajos realizados y publicados por Neumann (1948), Holland (1949), Neumann et al. (1954) y Ryabchikou (1960), quienes aplicaron los estudios de co-precipitación a la cristalización magmática principalmente. Masuda (1960, 1965) hizo aportaciones importantes en lo que a tierras raras y cristalización fraccionada se refiere. Siguiendo la línea de la geoquímica de los elementos traza, una revisión importante se le atribuye a Banno y Matsui (1973).

En el trabajo de McIntire (op. cit.), ya se mencionan varias aplicaciones acerca del uso de coeficientes de partición dentro de la Geología. Las más representativas y con mayores oportunidades de desarrollo son:

- Termometría y barometría geológicas
- Criterios de equilibrio
- Isotermas e isobaras en terrenos metamórficos

- Distribución de elementos traza durante la cristalización del magma
- Origen de cuerpos graníticos
- Distribución de los elementos traza durante la separación de la fase fluida de un magma
- Composición del fluido formador de un yacimiento mineral
- Distribución de los elementos traza durante la precipitación de una secuencia evaporítica
- Determinación de paleosalinidad
- Guías para depósitos minerales.

## I.2. IMPORTANCIA DEL PROGRAMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS

El uso de coeficientes de partición, como ya se ha mencionado, ha tenido grandes avances en su aplicación a los elementos traza, principalmente como "indicadores" en el reconocimiento de tipos de roca para descifrar el origen y evolución de las rocas ígneas.

La computación como una ayuda en la agilización de todo tipo de trabajo también avanza rápidamente. La programación se vuelve una herramienta importante, no sólo en el manejo matemático y estadístico de datos, sino también, como en este caso, en su almacenamiento ordenado. Este almacenamiento ordenado facilita las tareas de agrupación, búsqueda y recoilación de los datos, sobre todo cuando se maneja gran

cantidad de ellos.

La Geoquímica, como toda ciencia que avanza, utiliza gran cantidad de datos analíticos, esto es, maneja gran diversidad en lo que a tipos de análisis se refiere, por lo que se puede esperar tener cantidades enormes de datos que deben ser manejados de forma interactiva.

Inicialmente se creó, dentro de las instalaciones del Instituto de Investigaciones Eléctricas, un programa de almacenamiento de datos geoquímicos para el Cinturón Volcánico Mexicano: Record Indexed Geochemical Data (RIGD). Este programa, a medida que el tipo de datos fue creciendo en variedad, fue modificándose y creciendo en lo que a capacidad de almacenamiento y tipo de datos se refiere.

Actualmente, la capacidad del programa permite trabajar con datos tales como: elementos mayores, elementos de las tierras raras, elementos traza (en análisis con espectrómetro de masas y difracción de rayos X) e isótopos,

La adición de nuevos temas y nuevas formas para manejar los datos es el objetivo de este programa a corto plazo. Entre los nuevos temas se encuentran: coeficientes de partición, datos generales de aparatos volcánicos y clasificación química de las muestras; para la utilización de los datos almacenados, se encuentra la incorporación de programas de manejo estadístico de datos, graficación de

diversos tipos y utilización de los diagramas más comúnmente utilizados por la geoquímica.

De aquí, se puede observar que los objetivos del programa no se quedan en el almacenamiento de datos, sino que tiene metas más ambiciosas: el establecimiento de diversos niveles de procesado de los datos de muestras dentro del mismo programa antes de su interpretación.

El tema de este trabajo es el de coeficientes de partición y las subrutinas generadas para la captura de este tipo de datos se encuentran en el apéndice A del mismo.

### **I.3. IMPORTANCIA DE LA RECOPIACION DE COEFICIENTES DE PARTICION.**

Actualmente los coeficientes de partición, principalmente de elementos traza, se han utilizado para el modelado químico de procesos petrogenéticos, llegando a utilizarse también en sistemas no terrestres, como es el caso de las meteoritas. Los últimos veinte años se han caracterizado por el incremento acelerado en lo que a calidad de los análisis de rocas y sus constituyentes minerales se refiere. Estos análisis han proporcionado valiosa información acerca de los coeficientes de partición entre fases coexistentes, particularmente entre fenocristales o megacristales y sus matrices volcánicas (Hanson, 1978). A partir de 1970 (Irving, 1978) se ha

incrementado el número de estudios experimentales realizados con el fin de determinar los coeficientes de partición entre cristales, matriz o "mezcla" y fases de vapor en algunos sistemas, a partir de composiciones análogas a materiales naturales complejos.

Comparando los estudios fenocristales/matriz con los métodos experimentales mencionados anteriormente, éstos últimos aportan mayor información, en cuanto a:

a) determinación de los coeficientes de partición como una función de variables controladas tales como temperatura, presión, fugacidad de oxígeno y composición química (Hanson, 1978).

b) deducción de principios fundamentales acerca del comportamiento de varios elementos traza como una función de la estructura atómica de los cristales y de la matriz (Hanson, 1978; Jensen, 1973).

El objetivo principal de ésta recopilación es el de resumir los datos de coeficientes de partición que se encuentran publicados, con el fin de que sirvan como una futura guía de referencia acerca del comportamiento de algunos elementos dentro de los diferentes tipos de roca.



Mediante un análisis estadístico de los datos, se obtienen valores medios de coeficientes de partición contenidos en los apéndices B y C, donde se presentan, además de las medias estadísticas, sus rangos y desviaciones estándar. Esto es con el fin de permitir una apreciación más clara acerca de la confiabilidad de los datos obtenidos.

Es necesario aclarar que debido a la dependencia de los coeficientes de partición de parámetros físicos y químicos, estas tablas deben ser utilizadas con reservas para el modelado petrogenético. Así mismo, la presente recopilación, aunque es bastante extensa, no es exhaustiva.

También, se presentan los valores medios en forma de gráficas incluidas en el apéndice D, para que exista una mayor comprensión del comportamiento de cada elemento en los diferentes minerales y en los diferentes tipos de roca.

#### I.4. OBJETIVOS.

El presente trabajo, como podrá verse más adelante tiene dos objetivos principales:

- La creación del programa que permita la captura y el manejo de los datos de coeficientes de partición

- La recopilación de los coeficientes de partición existentes en la bibliografía publicada.

Estos objetivos, una vez cumplidos, podrán servir como una base para estudios de mayor relevancia, que requieran de una investigación más exhaustiva y que tomen en cuenta todos los parámetros necesarios para realizar modelos de evolución de las rocas ígneas. En este trabajo se hará una agrupación de los datos recolectados para mostrar su manejo, además de la descripción de asociaciones mediante gráficas generadas a partir de procedimientos estadísticos (promedios y desviaciones estándar). Este trabajo, aunque es somero por no considerar todas las variables involucradas, nos permitirá apreciar los posibles comportamientos de los elementos químicos en los minerales más importantes contenidos en diferentes tipos de roca.

#### 1.5. FUENTES DOCUMENTALES.

La mayor parte de la bibliografía de este trabajo corresponde a estudios de laboratorio y campo de los que fueron extraídos los datos recopilados, siendo los menos aquellos que contienen información general acerca de los temas relacionados con el presente trabajo.

Los trabajos que contienen los datos de coeficientes de partición utilizados son: Benjamin (1980), Drake (1975), Duchense (1978), Ellison (1989), Francalanci (1987), Harrison (1981), Leeman (1977, 1981), Lemarchand (1981), Loubet (1975), Mahood (1983), Masuda (1970, 1971), Mysen (1978), Nash (1985), Nagasawa (1971, 1980), Nicholls (1980), Philpotts (1970), Shimizu (1975), Schnetzler (1970), Smith (1987), Sun (1974), Villemant (1981), Watson (1981, 1987).

## CAPITULO II.

### PROGRAMAS DE COMPUTO

#### **II.1. ANTECEDENTES.**

Actualmente, el uso de la computadora es casi una necesidad en todo tipo de trabajo y en cualquier área, científica o técnica, de que se hable. Esta necesidad se vuelve mayor si hablamos del manejo de una gran cantidad de datos o de datos con diferentes características.

Dentro del área de Ciencias de la Tierra, la Geoquímica se va abriendo paso con mayor fuerza, dado que el tipo de datos que pueden obtenerse y manejarse está creciendo día con día, tanto cuantitativa como cualitativamente. Esto se debe a la gran cantidad de análisis que es posible realizar con equipo más moderno. Este tipo de equipo proporciona mayor confiabilidad en los resultados y, por lo tanto, mayor credibilidad a las conclusiones.

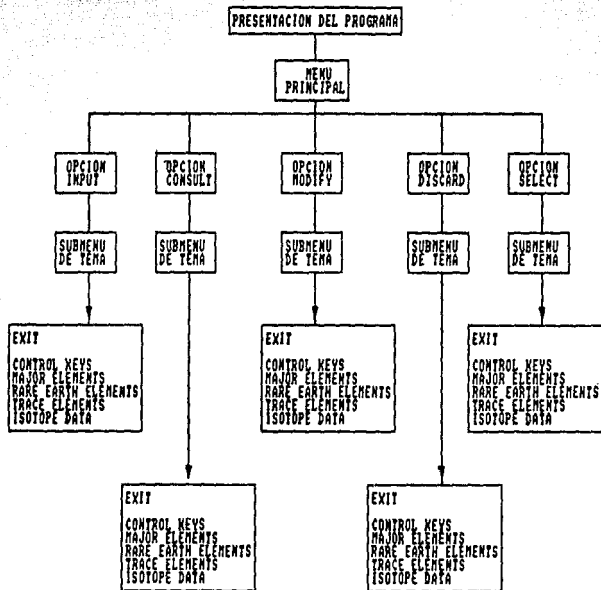
La computación como una herramienta para la obtención y manejo de datos y resultados en estudios geoquímicos se vuelve también una necesidad, principalmente en lo que se refiere al almacenamiento de datos. Esta necesidad hizo posible que en 1988, bajo la supervisión del Dr. S. P. Verma se iniciara

la creación de un programa básico de almacenamiento de datos de tipo geoquímico para el Cinturón Volcánico Mexicano denominado Record Indexed Geochemical Data (RIGD) dentro de las instalaciones del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). El primero en participar fue el Dr. Mahendra P. Verma quien utilizó el Sistema Multiusuarios VAX, propiedad del Instituto, con la ayuda del paquete FMS, generado también en el Instituto, para la creación de las formas o pantallas de captura de datos.

El programa fue generado en lenguaje FORTRAN-VAX, que es una versión mas completa que el FORTRAN 77. La razón por la cual se utilizó el lenguaje FORTRAN es porque este programa requiere del manejo de gran cantidad de variables y el lenguaje FORTRAN si lo permite . Si bien existen en el mercado gran cantidad de paquetes que permiten la elaboración de bases de datos, estos no presentan la capacidad que requiere un estudio geoquímico completo, como es el objetivo de este programa (NewRIGD). El programa se encuentra estructurado de la siguiente forma (Fig. II.1):

MENU PRINCIPAL: Este presenta las opciones: entrada de datos, consulta de datos, modificación de datos, borrado de datos y selección de datos (fig. II.2).

FIG. II.1 Esquema de funcionamiento programa: R I G D



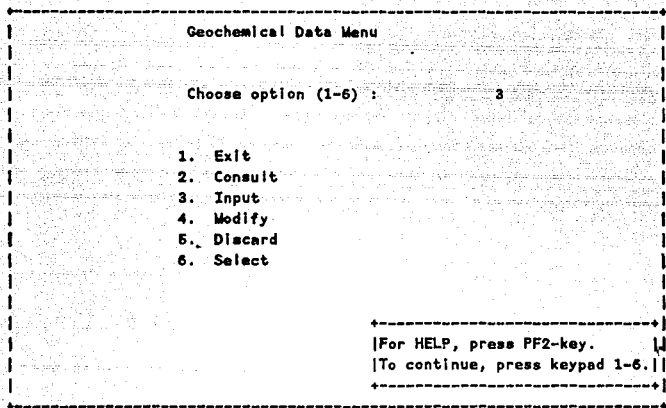


Fig. II.2. Menú principal del programa.

Entrada de datos (INPUT): Permite escoger entre varios temas: datos generales de la muestra, elementos mayores, elementos de las tierras raras y elementos traza, introduciendo los datos obtenidos en los análisis en las bases de datos correspondientes, mediante las formas de captura.

Cabe aclarar que para elementos traza se presentan dos opciones: análisis por difracción de rayos-X y por espectrómetro de masas.

Consulta de datos (CONSULT): Presenta las opciones para la consulta de los datos de la muestra por tema (elementos mayores, elementos de las tierras raras y elementos traza), además de la opción de las llaves de control que permiten la búsqueda de la muestra mediante: nombre de la muestra, estado político, número de carta o mapa, provincia geológica, subprovincia geológica, localidad, tipo de roca, año de publicación y autor.

Modificación (MODIFY): Presenta la capacidad de modificar la base de datos, por muestra, mediante las opciones de tema (llaves de control, elementos mayores, elementos de las tierras raras y elementos traza).

Borrado (DISCARD): Esta opción nos permite borrar de la base de datos una o más muestras que se hayan introducido anteriormente; esta función también opera mediante la selección por tema.



Selección (SELECT): Esta opción nos permite seleccionar las muestras que serán manejadas, agrupándolas en un archivo independiente al de la base de datos. La selección, además de ser por tema, nos permite, al igual que en la función de consulta, elegir algún dato de las llaves de control: nombre de la muestra, estado político, número de carta o mapa, provincia geológica, subprovincia geológica, localidad, tipo de roca, año de publicación y autor.

En 1989, el programa RIGD fue modificado por el pasante de Ing. Química Luciano Sandoval Y. y se renombró como NEWRIGD. Las modificaciones consistieron en agregar la opción ISOTOPOS a los temas ya existentes (elementos mayores, elementos de las tierras raras y elementos traza) en todas las opciones de manejo de datos (INPUT, CONSULT, MODIFY, DISCARD, SELECT). Así mismo, se desarrollaron por separado algunas subrutinas para el cálculo de tierras raras y su graficado en diagramas normalizados multi-elementos.

Dado que la importancia, utilidad y vigencia del programa se encuentra en función del tipo y cantidad de datos que puedan ser manejados con él, es necesario actualizarlo y completarlo mediante la introducción de nuevos temas. Tomando en cuenta todo esto, la necesidad de una nueva modificación crece y, en este caso, consiste en la adición del tema "Coeficientes de Partición".

## II.2. DEFINICION DE COEFICIENTES DE PARTICION

Cuando un mineral crece a partir de una solución acuosa o una mezcla, si el equilibrio se mantiene, los componentes traza (si existen cantidades suficientemente pequeñas) pueden repartirse en las dos fases de una manera característica. La ley fundamental que controla la distribución de un componente traza entre las fases coexistentes es conocida como ley de Berthelot, publicada en 1872, y es fundamentada teóricamente por Nernst en 1891. Actualmente se conoce como ley de distribución Berthelot-Nernst (Allegre, 1978).

Acorde a esta ley, cuando el sistema se encuentra en equilibrio, la proporción entre la concentración de los componentes traza en el sólido ( $C_s$ ) con respecto a su concentración en el líquido ( $C_l$ ) es una constante:

$$k = C_s/C_l$$

La constante  $k$  es llamada la constante de distribución o coeficiente de partición y es función de la temperatura y la presión, pero no de la concentración de los componentes traza. El valor de  $k$  es también independiente de la presencia de otros componentes traza en el sistema, en tanto ellos estén en cantidad suficientemente pequeña. Sin embargo, un cambio mayor en la composición del líquido o del sólido, sí puede afectar el valor de  $k$ .

Una forma más conveniente de la ley de distribución fue introducida por Henderson y Kracek en 1927. Esta se refiere a los microcomponentes o "trazadores" como Tr y los macrocomponentes o "transportadores" como Cr y se escribe de la siguiente manera:

$$D = \frac{(Tr/Cr)_s}{(Tr/Cr)_l}$$

donde:

- $(Tr/Cr)_s$  = concentración del trazador entre el transportador en la fase sólida.
- $(Tr/Cr)_l$  = concentración del trazador entre el transportador en la fase líquida.

El coeficiente de partición D se relaciona con k mediante:

$$D = k \frac{q \text{ del transportador por cc de sol. saturada}}{q \text{ del transportador por cc del sólido}}$$

Para valores de  $D$  mayores que la unidad, los cristales formados a partir del líquido están enriquecidos en componentes traza con respecto al líquido.

Para valores de  $D$  menores que la unidad, los cristales se encuentran empobrecidos en componentes traza con respecto al líquido.

Esta forma de las leyes de distribución es particularmente usada en los casos que involucran la sustitución de un ión traza para un arreglo iónico (McIntire, 1963; Hanson, 1978).

#### II.2.1. DEFINICION DE VARIABLES

Algunos autores (Allégre, 1978; Hanson, 1978; Cox et al., 1980) conceden importancia sólo a las variables temperatura, presión y composición de la muestra durante los estudios de coeficientes de partición. Otros toman en cuenta algunas otras variables: fugacidad de oxígeno (Mc Intyre, 1963; Schnetzler, 1970), composición de la fase sólida y composición de la fase líquida (Mc Intyre, 1963).

En general, se hace un planteamiento matemático para explicar las variaciones de los coeficientes de partición para cada una de las variables, de las que mencionaremos sólo aquellas que fueron incluidas dentro de las formas de captura

generadas para el programa objeto de este trabajo.

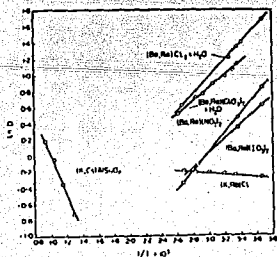
### a) Variación de los coeficientes de partición con la Temperatura

Para McIntire (1963) la variación en los coeficientes de partición debidos a cambios en la temperatura de algunos sistemas puede ser medida. El calor de la solución varía con el cambio de la temperatura, sin embargo, para un número determinado de sistemas, esta variación se encuentra limitada a ciertos rangos de temperatura, obtenidos a partir de la ecuación:

$$\ln D = C_1 T^{-1} + C_2$$

donde  $C_1$  y  $C_2$  son constantes.

En algunos casos el  $\ln D$  puede ser graficado como una línea recta contra la inversa de la temperatura absoluta (Graf. 1).



Graf. 1 Variación de los coeficientes de partición con la temperatura para varios sistemas.

(McIntire, 1963).

Existen algunos trabajos, producto de la recopilación de datos publicados, en los que pueden verse comportamientos tales como:

-algunos sistemas estudiados muestran en el intervalo 0-100° C existe una variación significativa en el valor de D, producto de un pequeño cambio en la temperatura.

-para el sistema  $(K,Cs)AlSi_3O_8-H_2O$  la linealidad se encuentra arriba del intervalo de 300° C (McIntire, 1963; Allegre, 1978).

#### b) Variación de los coeficientes de partición con la Presión

Si bien el efecto de la presión sobre los coeficientes de partición no está completamente claro, el análisis matemático hecho por McIntire (op. cit.) concluyó que para muchos sistemas, el coeficiente de partición no varía apreciablemente con cambios moderados de presión. Esto puede observarse en los trabajos de Watson y Trevor (1981), en los cuales los cambios de presión, en un rango de 8 a 20 bar, no muestran variaciones significativas de los coeficientes de partición.

c) Variación de los coeficientes de partición con la Composición de la mezcla

Dentro de este inciso deben tomarse en consideración dos puntos importantes:

i) Variación de los coeficientes de partición con la composición de la fase líquida.

Teóricamente, el potencial químico de un componente traza en una solución diluida no es afectado por la presencia de otros componentes traza en la solución. Sin embargo, McIntire (op. cit.) supone que pequeñas variaciones en la composición de la fase líquida pueden dar como resultado un cambio en el valor de los coeficientes de partición. La idea que da lugar a esta suposición es que si el elemento traza y el elemento transportador tienen propiedades similares y poseen la misma valencia, la adición de otros componentes a la solución puede afectar la actividad de los coeficientes de ambos elementos por igual. Por lo tanto, se puede afirmar que, dependiendo del grado de similaridad entre los iones traza y los iones transportadores, los coeficientes de partición pueden variar en forma considerable o permanecer constantes aún con variaciones considerables en la composición del líquido.

ii) Variación de los coeficientes de partición con la composición de la fase sólida.

Generalmente, no es posible considerar las variaciones en la composición de una fase sólida en equilibrio con un líquido sin considerar al mismo tiempo los cambios en la composición del líquido. Desde el punto de vista geológico, la consideración de las variaciones con la composición de los coeficientes de partición de la fase sólida es importante debido a que generalmente es la fase que es posible estudiar, dado que la fase líquida tiende a desaparecer. Con base en los estudios realizados por Polessitskii (1932), Khlopin y Polessitskii (1928), Henderson y Kracek (1927), Gorshtein y Silantéeva (1953), Schmeling (1953) y Eugsterés (1955), McIntire (1963) concluyó que el orden de magnitud de las concentraciones máximas de los microcomponentes de la fase sólida permite que dicha fase sólida sea tratada como una solución diluida, afirmando también que si hay un cambio en la composición de la fase sólida, necesariamente existe un notable cambio en la composición de la fase líquida. Sahama y Torgeson (1949) afirmaron que en algunos casos, los coeficientes de partición pueden ser independientes a la composición del sólido.



Hasta este momento, hemos tratado de explicar la definición y las relaciones matemáticas utilizadas para explicar el comportamiento de los coeficientes de partición en elementos traza. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta las consideraciones propuestas por otros autores.

El coeficiente de partición, llamado también coeficiente de distribución, de un elemento entre un sólido (mineral, acumulación de minerales, etc.) y un líquido es medido por la relación de su concentración en el sólido y el líquido, como ya se definió anteriormente. En esta definición, el equilibrio se encuentra implícito y las proporciones de concentración son dependientes de la temperatura, de la presión y de la composición de todas las fases. Por estas razones, Villemant (1981) encuentra difícil el uso de la D termodinámica en el estudio de procesos magmáticos naturales. Dicho autor expone que las relaciones entre parámetros físicos y químicos son pobremente conocidas y las condiciones de equilibrio no pueden asegurarse.

Por otro lado, se tiene que el efecto producido por el zoneamiento, defectos en la estructura del mineral (intercrecimientos), inclusiones en el mineral y líquidos atrapados, procesos de difusión en líquidos magmáticos, etc. se traducen en errores de los coeficientes de partición en equilibrio basados en análisis directos de las fases coexistentes (Villemant, 1981; Philpotts y Schnetzler, 1970).

Con base en estas observaciones se puede afirmar que las mediciones de coeficientes de partición en sistemas magmáticos naturales sólo describen una distribución de los elementos entre el sólido y el líquido. Villemant (1981) afirma que estos "coeficientes de distribución" sólo pueden ser usados en términos del balance de masa entre un sólido y el líquido a partir del cual fue generado, por lo que tienen el mismo significado para elementos traza que para elementos mayores.

Una vez hecha esta aclaración, mencionaremos que en el presente trabajo se les denominará "coeficientes de partición", por ser el término más utilizado dentro de la bibliografía. También, tomando en cuenta las observaciones anteriores, se incluirán algunos elementos que en ocasiones son considerados como elementos mayores, por ejemplo K y P.

### II.3. PROGRAMAS DE CREACION DE BASES DE DATOS

Para la integración del tema "Coeficientes de Partición" dentro del programa NEWRIGD I se crearon varias formas de captura de datos mediante el paquete FMS, utilizado originalmente en el programa RIGD. Así mismo, fue necesario elaborar varias subrutinas en lenguaje FORTRAN-VAX para ligar las formas de captura con el programa fuente. El número de formas para la captura de datos es de seis, las que permiten la captura de datos de cuarenta elementos agrupados como

sigue:

-KDALK: contiene los campos para introducir el nombre de la muestra, el tipo de roca o macma que se está analizando, el mineral motivo del análisis, los coeficientes de partición de los elementos alcalinos de la tabla periódica (Li, Na, K, Rb, Cs), el tipo de estudio, el método de análisis, la temperatura, la presión y la composición mineralógica general de la muestra (fig. II.3).

-KDALKEAR: los datos que requiere esta forma son, en general, los mismos que para la forma anterior, cambiando únicamente los elementos, que para este caso son los elementos del grupo de los alcalino-térreos: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra (fig. II.4).

-KDMETTRA: en esta forma los elementos incluidos son los del grupo de los metales de transición (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg), además de los datos generales ya mencionados (fig. II.5).

-KDNONMET: incluye los elementos del grupo de los no metales (Al, Si, P, S, Ga, Ge, As, Se, In, Sn, Sb, Te, Tl, Pb, Bi), y los datos generales (fig. II.6).

←----->

**alkalies**

KD Data on:

←----->

Magma type:	Mineral:
Li	Na
Rb	Cs
K	
Analysis type: FIELD	Method:
Temperature:	Pressure:
Mineralogical composition:	

←----->

Fig. II.3. Forma de captura de elementos alcalinos.

←----->

**alkalina earths**

KD Data on:

←----->

Magma type:	Mineral:
Be	Mg
Sr	Ba
	Ca
	Ra
Analysis Type: FIELD	Method:
Temperature:	Pressure:
Mineralogical composition:	

←----->

Fig. II.4. Forma de captura de elementos alcalino-térreos.

transition metals

KD Data on:

Magma Type:			Mineral:		
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Co	Ni	Cu	Zn	Y	Zr
Nb	Mo	Ru	Rh	Pd	Ag
Cd	Hf	Ta	W	Re	Os
	Ir	Pt	Au	Hg	
Analysis Type:		FIELD	Method:		
Temperature:			Pressure:		
Mineralogical composition:					

Fig. II.5. Forma de captura de metales de transición.

nonmetals

KD data on:

Magma type:			Mineral:		
Al	Si	P	S		Ga
Ge	As	Se	In		Sn
Sb	Te	Tl	Pb		Bi
Analysis Type:		FIELD	Method:		
Temperature:			Pressure:		
Mineralogical composition:					

Fig. II.6. Forma de captura de elementos no metálicos.

-KDREE: el grupo de las tierras raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) se encuentra incluido en esta forma además de los datos generales (fig. II.7).

-KDRAD: en esta forma, además de los datos generales, se encuentran los elementos radioactivos: U y Th (fig. II.8).

Estas formas se encuentran integradas al programa NEWRIGD I mediante subrutinas en lenguaje FORTRAN-VAX. La estructuración del programa NEWRIGD originó la necesidad de crear varias subrutinas para la utilización de las formas KD mediante los diferentes menus y submenus. En total se crearon treinta y cinco subrutinas que cubren en su totalidad las opciones que presentan el menú principal y los submenus subsecuentes.

Agrupando las subrutinas de acuerdo al grupo de elementos al que sirven, y tomando en cuenta el orden que establecen las opciones proporcionadas por los menus, se tienen:

-subrutinas de submenus: permiten manejar las opciones de consulta, entrada de datos, modificación, borrado de datos y selección para la opción coeficientes de partición. Comprenden:

kdmenucons: opción de consulta para coeficientes de partición

rare earths

KD DATA ON

Magma Type:

Mineral:

La

Ce

Pr

Nd

Sm

Eu

Gd

Tb

Dy

Ho

Er

Tm

Yb

Lu

Analysis Type:

FIELD

Method:

Temperature:

Pressure:

Mineralogical composition:

Fig. II.7. Forma de captura para el grupo de las tierras raras

radioactives

KD Data on:

Magma type:

Mineral:

U:

Th:

Analysis type:

FIELD

Method:

Temperature:

Pressure:

Mineralogical Composition:

Fig. II.8. Forma de captura para elementos radiactivos

kdmenuinp: opción de entrada de datos para coeficientes de partición

kdmenumod: opción de modificación para coeficientes de partición

kdmenudis: opción de borrado de datos para coeficientes de partición

kdmenuusel: opción de selección para coeficientes de partición

-subrutinas de elementos alcalinos: permiten la utilización de las formas de captura para elementos alcalinos en todas las opciones anteriormente mencionadas:

consultkdalk: contiene las órdenes y comandos para la consulta del archivo KDALK.DAT, mostrando en pantalla los datos de la muestra elegida.

inputkdalk: contiene la secuencia de órdenes y comandos que permite la entrada de datos de elementos alcalinos mediante la forma de captura correspondiente, accediendo al archivo KDALK.DAT que es la base de datos indexada para este grupo.



**modifykdalk:** es la subrutina que permite hacer modificaciones en el archivo KDALK.DAT para la muestra escogida.

**discardkdalk:** proporciona la secuencia de órdenes y comandos para escoger la muestra que va a ser borrada y la elimina del archivo KDALK.DAT.

**selectkdalk:** permite seleccionar la muestra y guardarla en los archivos SKDALK.DAT, dándole un formato de salida.

**-subrutinas de elementos alcalino-térreos:** permiten escoger alguna de las opciones principales para los elementos alcalino-térreos:

**consultkdalkear:** permite desplegar en pantalla los datos de la muestra escogida contenida en el archivo KDALKEAR.DAT

**inputkdalkear:** es la subrutina que permite acceder el archivo indexado KDALKEAR.DAT, que representa la base de datos correspondiente al grupo de los elementos alcalino-térreos, para agregar los datos de otras muestras.

**modifykdalkear:** contiene la secuencia que permite hacer modificaciones en los datos de las muestras en el archivo KDALKEAR.DAT

**discardalkear:** presenta las órdenes y comandos que permiten eliminar los datos de alguna muestra contenida en el archivo KDALKEAR.DAT.

**selectkdalkear:** esta subrutina nos permite seleccionar las muestras para agruparlas y darles un formato de salida en los archivos SKDALKEAR.DAT

**-subrutinas de metales de transición:** permiten manejar las opciones principales para los elementos del grupo de los metales de transición:

**consultkdmetra:** permite hacer la consulta de la muestra escogida, contenida en el archivo KDMETTRA.DAT, desplegándola en pantalla.

**inputkdmetra:** esta subrutina permite acceder el archivo indexado KDMETTRA.DAT para anexar datos de muestras en la base de datos correspondiente al grupo de los metales de transición.

**modifykdmetra:** la secuencia de esta subrutina permite hacer las modificaciones a las muestras correspondientes dentro del archivo KDMETTRA.DAT.

**discardkdmetra:** esta subrutina contiene las órdenes y comandos para eliminar la muestra escogida del archivo KDMETTRA.DAT.

**selectkdmetra:** permite seleccionar las muestras para su ordenación o agrupación, creando los archivos SKDMETTRA.DAT.

-subrutinas de los no metales: permiten escoger alguna de las opciones del menú principal para el manejo de cualquiera de los archivos de coeficientes de partición para el grupo de los elementos no metálicos.

consultkdnomet: está compuesta de las órdenes y comandos necesarios para hacer la consulta de los datos de no metales en la muestra escogida.

inputkdnomet: esta subrutina accesa el archivo KDNOMET.DAT para introducir nuevas muestras en la base de datos de los elementos no metálicos.

modifykdnomet: las órdenes y comandos de esta subrutina permiten hacer las modificaciones necesarias a los datos contenidos en el archivo KDNOMET.DAT que corresponde al grupo de los no metales

discardkdnomet: permite el borrado de datos para elementos no metálicos dentro del archivo KDNOMET.DAT que representa a la base de datos correspondiente.

**selectkdnomet:** la selección de muestras para su ordenamiento es realizada mediante las órdenes y comandos que contiene esta subrutina, los que a su vez permiten la salida de los datos en el archivo SKDNONMET.DAT con un formato específico.

-subrutinas de las tierras raras: mediante éstas subrutinas, las opciones del menú principal pueden ser aplicadas a la opción 'coeficientes de partición del grupo de las tierras raras' de los submenús correspondientes.

**consultkdree:** esta subrutina nos permite consultar el archivo KDREE.DAT que contiene los datos de coeficientes de partición para tierras raras.

**inputkdree:** mediante las órdenes y comandos contenidos en esta subrutina, los nuevos datos introducidos, son anexados en el archivo KDREE.DAT, que es la base de datos indexada perteneciente al grupo de las tierras raras.

**discardkdree:** permite eliminar los datos de las muestras contenidas en el archivo **KDREE.DAT** correspondiente a la base de datos de las tierras raras.

**selectkdree:** las muestras seleccionadas son agrupadas en los archivos **SKDREE.DAT** creados por esta subrutina, dándoles un formato de salida específico.

**-subrutinas de los elementos radiactivos:** estas subrutinas contienen las órdenes y comandos para manejar los datos de los elementos radiactivos, mediante las opciones principales.

**consultkdrad:** permite la consulta del archivo **KDRAD.DAT** que contiene los coeficientes de partición para elementos radiactivos mediante el despliegue en pantalla de la muestra escogida.

**inputkdrad:** esta subrutina accesa el archivo **KDRAD.DAT** para anexar los nuevos datos de coeficientes de partición para tierras raras en la base de datos correspondiente.

**modifykdrad:** las órdenes y comandos contenidos en esta subrutina, permiten hacer las modificaciones pertinentes a los datos de las muestras del archivo KDRAD.DAT

**discardkdrad:** esta secuencia de órdenes y comandos permite borrar los datos de muestras contenidas en el archivo KDRAD.DAT.

**selectkdrad:** hace posible el ordenamiento de las muestras mediante su selección e incorporación a los archivos SKDRAD.DAT, con un formato específico de salida.

La secuencia proporcionada por los menus y submenus de este nuevo NEWRIGD I se esquematiza en la fig. II.9. En esta figura es posible observar, de manera general, la estructura y el uso de este programa.

#### II.4. PROGRAMAS DE MANEJO DE DATOS PARA SU INTERPRETACION.





#### II.4.1. MENU PRINCIPAL

El menú original (RIGD) es el que se maneja en esta nueva opción (NEWRIGD I), dado que no se le hizo ninguna adición en lo que a nuevas opciones se refiere. La forma desplegada en la pantalla es la que se presenta en la fig. II.2. Este menú presenta las opciones principales manejadas por este programa, las cuales representan las acciones que pueden ser realizadas con los diferentes temas, mediante el cambio a otros submenús.

#### II.4.2. SUBMENUS DE FUNCION

##### a) Submenu Consult

La forma que contiene a este submenú se encuentra esquematizada en la fig. II.10. Como puede observarse, además de permitir elegir el tipo de dato que se va a consultar, proporciona la opción de búsqueda por alguna de las llaves de control, esto es, puede buscar, por ejemplo, datos de elementos traza agrupándolos por provincia geológica. Las subrutinas que corresponden a este submenú nos permiten desplegar en pantalla, primero, el campo que pide el dato de la muestra de acuerdo a la llave de control elegida, y posteriormente la forma que contiene los datos requeridos.

Welcome to consult data

Choose OPTION:        2            & KEY:        01

Options:	Control Keys:
1. Exit	01. Sample Name
2. Control Keys	02. Political State
3. Major Elements	03. Map Number
4. REE	04. Geological Province
5. Trace Elements	05. Subgeological Province
6. Isotope Data	06. Locality
7. Partition Coefficients	07. Rock Type
	08. Publication Year
	09. Author (main)
	10. Group of elements
	11. Mineral

Fig. II.10. Submenú de la opción Consult.

PARTITION COEFFICIENTS (K<sub>D</sub>)

option	1
EXIT	1
ALKALIES	2
ALKALINE EARTHS	3
TRANSITION METALS	4
NON METALS	5
RARE EARTHS	6
RADIOACTIVES	7

Fig. II.11. Submenú de Coeficientes de partición

Sin embargo, esta metodología no funciona así para la opción coeficientes de partición, en la cual la llave de control que se encuentra funcionando es la de nombre de la muestra (sample name), dado que al escoger la opción 'partition coefficients' (7), despliega en pantalla un segundo submenú, el cual da a escoger, entre siete opciones, el grupo de elementos en el cual se encuentra la o las muestras seleccionadas (fig. II.11).

Las opciones utilizadas para este trabajo fueron únicamente la de identificación de la muestra y llaves de control (2) y la de coeficientes de partición (7).

#### **b) Submenu Input**

Esta forma presenta en forma sencilla las opciones por tema y está representada por la fig. II.12. En este caso, la elección de alguna de las opciones nos presenta inmediatamente la forma de captura lista para empezar la captura de datos, teniendo el cursor posicionado en el campo correspondiente al nombre de la muestra. El llenado de la forma que contiene los datos de las llaves de control (fig. II.13) es necesario que se realice antes de empezar a llenar las de los datos particulares de la muestra, es decir, para que el funcionamiento del programa sea óptimo, se ha previsto que la captura de datos de la forma presentada por la opción "sample identification" (2) sea el paso de trabajo anterior al llenado

```

Welcome to INPUT DATA

Choose option:      2

1. Exit

2. Sample identification (Control keys)

3. Major elements

4. Rare earth elements (REE)

5. Trace elements

6. Isotopic data

7. Partition
   Coefficient      ←-----→
                   | For HELP, press PF2-key. |
                   | To continue, press RETURN. |
                   ←-----→

```

Fig. II.12. Forma de la opción Input.

```

1      Control keys      to manage data

1 SAMPLE NAME :

2 POL. STATE :          3 MAP NO :          4 GEOL PROV:

5 SUBGEOLOG. PROV:     6 LOCALITY :          7 LATITUDE :      .00 N

8 LONGITUDE :          .00 W  9 ROCK TYPE:      10 GEOL AGE :

11 RADIO AGE :          .00  12 PUB. YEAR:      13 AUTHOR :

14 GROUP ELEMENTS:          15 MINERAL :

```

Fig. II.13. Forma de captura de las llaves de control.

de la formas presentadas por las opciones "major elements (3)", "rare earth elements (4)", "trace elements (5)", "isotopic data (6)", "partition coefficients (7)". Esto tiene la finalidad de que, en el caso de una interrupción durante la captura de datos, sea posible hacer uso de las opciones "consult" y "modify" para revisar y modificar los datos ya capturados, mediante una búsqueda rápida a través de las llaves de control. Cabe hacer notar que existen campos de datos que pueden ser omitidos, pero el caso del nombre de la muestra no admite omisión, ya que si no es ocupado el campo, no pueden ser capturados el resto de los datos; es importante aclarar también que el programa no admite la repetición del nombre de la muestra, por lo que no puede haber dos muestras con el mismo nombre. El nombre de la muestra se define de la siguiente manera:

- un carácter de tipo alfabético que indica de que tipo de dato se trata, en este caso el carácter es K, que indica que los datos del estudio realizado a la muestra son del tipo coeficientes de partición.
- tres caracteres alfabéticos que indican el lugar de origen de la muestra.
- dos caracteres numéricos que indican el número de muestra en esa localidad.

- un guión (-)
- dos caracteres numéricos que son el número de análisis realizado a la misma muestra.
- un carácter alfabético que indica si el análisis es repetido, y el orden del mismo.

Para el presente trabajo, los datos insertados pertenecen a las opciones identificación de la muestra y llaves de control (2) y la de coeficientes de partición (7). La forma de captura correspondiente a las llaves de control que identifican a la muestra se presenta en la fig. II.13. De los datos contenidos en esta forma, los que pueden ser omitidos son: political state, map number, geological province, subgeological province, locality, latitude, longitude, rock type, geological age, radio age, elements group, mineral y los que requieren de ser llenados: sample name, publication year y author. La opción 'coeficientes de partición' nos proporciona un submenu donde se puede elegir el grupo de elementos que se está trabajando (fig. II.11). La elección del grupo nos lleva inmediatamente a la forma de captura correspondiente al grupo de elementos elegido, funcionando de la misma manera que la forma de captura de las llaves de control. Las formas de captura por grupo se encuentran representadas por las figuras II.3, II.4, II.5, II.6, II.7, II.8, perteneciendo a los grupos alcalino, alcalino-térreo, metales de transición, no metales, tierras

raras y elementos radiactivos, respectivamente. Los datos que pueden ser omitidos son: los valores de coeficientes de partición de los elementos, tipo de análisis, temperatura y presión; siendo necesario llenar: nombre de la muestra, tipo de roca o magma, mineral, método de análisis y composición general de la muestra.

### c) Submenu Modify

El submenu que presenta la opción MODIFY es también una forma sencilla (fig. II.14) en la que se encuentran únicamente los temas y la cual, mediante la elección del tema, nos pide introducir el nombre que identifica a la muestra, para posteriormente desplegarla en pantalla para realizar las correcciones pertinentes. Una vez terminada la modificación nos indica los pasos a seguir para modificar los datos de otras muestras o para regresar al menu y terminar con las modificaciones. Es necesario señalar que el nombre de la muestra no puede ser modificado, en tanto que todos los demás datos si lo permiten. En este caso también la elección de la opción 'coeficientes de partición' (7), nos remite al submenu de grupos de elementos, donde una vez hecha la elección la metodología es la misma que para los otros temas, con iguales restricciones.

Welcome to modify data

Choose OPTION: 2

1. Exit
2. Control Keys
3. Major Elements
4. REE
5. Trace Elements
6. Isotope Data
7. Partition  
Coefficients

Fig. II.14. Forma de la opción Modify

Welcome to discard data

Choose OPTION: 2

1. Exit
2. Control Keys
3. Major Elements
4. REE
5. Trace Elements
6. Isotope Data
7. Partition  
Coefficients

Fig. II.15. Forma de la opción Discard.



#### d) Submenu Discard

Este submenu está representado por la misma forma sencilla de las opciones anteriores (fig. II.15), y su funcionamiento es similar. Una vez elegida la opción nos pregunta por el nombre de la muestra y nos remite a la forma con los datos de la muestra, proporcionando los pasos a seguir para borrar la muestra, para continuar sin borrar la muestra o para regresar al submenu y terminar con la opción de borrado. En el caso de la opción 'coeficientes de partición' (7), nos presenta el submenu de los grupos de elementos para escoger aquél que va a ser trabajado. Una vez hecha la elección, nos presenta la forma con los datos de la misma manera que para las demás opciones, siguiendo también el mismo proceso de borrado.

#### e) Submenu Select

La forma que representa a este submenu es de la misma forma compleja que para la opción CONSULT: presenta las opciones de los temas y además las opciones de las llaves de control para realizar la búsqueda mediante las mismas (fig. II.16). Una vez elegida la opción, pregunta, de acuerdo a la llave elegida, el dato de la muestra que la identifica. Una vez con el dato dentro de la memoria, realiza la búsqueda en el archivo CTRL.DAT, y una vez encontrado e identificado el



dato, busca la muestra en el archivo correspondiente, desplegando en pantalla la forma con los datos. Presenta también las instrucciones necesarias para seleccionar la muestra, para seguir buscando sin seleccionarla o para regresar al submenu y terminar la selección. Una vez seleccionada la muestra, la almacena en un archivo diferente al que está trabajando en ese momento. La identificación de éstos archivos se hace mediante la letra S al principio del nombre, el cual es igual al del archivo en el que se guarda la base de datos, por ejemplo, si el archivo de la base de datos de elementos mayores se denomina MAJOR.DAT, el archivo que guarda las muestras seleccionadas es SMAJOR.DAT. Para la opción 'coeficientes de partición', se tiene un caso especial. Una vez hecha esta elección, se despliega una pantalla que presenta en la mitad inferior los grupos de elementos. Una vez elegido el grupo, la secuencia de pasos a seguir para seleccionar las muestras es parecido, con la única diferencia que la selección sólo se hará por el nombre de la muestra. En cuanto a la asignación del archivo de salida, la denominación de éstos es igual que para las opciones anteriores. El formato de salida que se obtiene en el caso de los archivos pertenecientes a coeficientes de partición (KD), es el siguiente:

```
sample  rock type  mineral  (kd por elemento)  _____
```

en donde \_\_\_\_\_ nos permite anexar algún otro tipo de dato, como puede ser, por ejemplo, la fuente del dato.

Los listados de la subrutinas se encuentran contenidos en el apéndice A. Las subrutinas listadas sólo incluyen las que fueron creadas con el fin de realizar este trabajo y el programa principal.

## CAPITULO III

### RECOPIACION DE COEFICIENTES DE PARTICION

#### III.1. OBTENCION DE DATOS.

Como ya se mencionó en otro capítulo, este trabajo es una recopilación bibliográfica de trabajos publicados con datos de coeficientes de partición. Si bien es cierto que hasta la fecha existen gran cantidad de trabajos publicados acerca del tema, no todos ellos contienen datos de análisis realizados por el autor, por el contrario, son una gran mayoría los que trabajan sobre datos publicados por otros autores, o autores que trabajan sobre datos extraídos de análisis anteriormente publicados por ellos mismos, es decir, se trata de datos repetidos.

Si bien es cierto que las conclusiones pueden considerarse como hipótesis diferentes a partir de enfoques diferentes, esta recopilación no es de conclusiones, sino de datos obtenidos mediante diversos tipos de análisis, donde estos datos sean referencias originales y por lo tanto, no repetidos.

También es necesario considerar que dichos trabajos sólo contienen el análisis de uno o dos minerales para algunos elementos en un tipo de roca específico, y ésta recopilación

tiene como fin reunir el mayor número de datos, tanto para elementos y minerales, como para tipos de roca, como sea posible.

Son estas razones las que obligan a que la búsqueda sea más exhaustiva y a que los resultados obtenidos puedan ser considerados como resultados más confiables.

Otro de los inconvenientes que se presentaron durante la recopilación está en relación con las variables involucradas. Como ya se mencionó anteriormente, las variables consideradas en las formas de captura son: tipo de roca, mineral, temperatura, presión y composición mineralógica de la muestra. Los datos incluidos en la forma de captura referentes al tipo de análisis y método de análisis generalmente no son considerados dentro de los trabajos, aunque en el tipo de análisis es posible deducir si se trata de un estudio de campo o de laboratorio. En el caso del método de análisis se consideró importante incluirlo debido a la confiabilidad que reportan o no algunos métodos, aunque generalmente no se encuentra especificado el método o se han usado varios para el análisis de la muestra.

En cuanto a los datos de temperatura y presión, como ya se mencionó durante la definición de las variables involucradas, algunos autores no las consideran relevantes, por lo que no mencionan estos datos, en tanto que existen trabajos donde se reportan resultados a diferentes

temperaturas y presiones, sin que por ésto se presenten grandes discrepancias en lo que a resultados finales se refiere.

La recopilación y el manejo de los datos se hizo bajo ciertas consideraciones:

- Para todas las muestras capturadas se encuentran, dentro del archivo CTRL.DAT, los datos generales correspondientes al trabajo del cual fue extraída la información, es decir, además de los datos de coeficientes de partición, existe información respecto a: nombre de la muestra, país de origen de la muestra, provincia geológica (en los casos que existe el reporte), localidad donde fue colectada la muestra, tipo de roca, año de publicación del informe y autor.
- Otro dato importante se refiere a la fuente de obtención del dato y fecha del estudio. Estos datos, así como el origen de la muestra y algunos datos adicionales no fueron considerados durante el manejo de las tablas debido a la gran cantidad de bibliografía que se consultó, por lo que no se encuentran referenciados en las tablas de los apéndices B y C. Sin embargo, todos estos datos están contenidos en el archivo CTRL.DAT generado por el mismo programa, por lo que pueden ser consultados mediante el uso del programa.

- Si bien para el presente trabajo la agrupación de las muestras se hizo en base al elemento, mineral o tipo de roca estudiado, sin considerar rangos de temperatura y presión, los datos completos se encuentran en los archivos de datos generados durante la captura de los datos, con el fin de que sean utilizados posteriormente, considerando un análisis termodinámico más completo.
- Los valores de coeficientes de partición con rangos demasiado alejados del valor promedio, cuando se tuvieron más de cinco datos, no fueron utilizados para el tratamiento estadístico de los mismos, no por ser equivocados, sino porque, dado que no se están considerando las variaciones en los coeficientes de partición que pudieran existir por efecto de variaciones en temperatura, presión u otras variables, no es posible considerar la forma en que se ven afectados estos valores.

### III.2. MANEJO ESTADISTICO DE DATOS.

Los datos obtenidos en la recopilación fueron manejados estadísticamente mediante la obtención del rango de valores, esto es, valores de coeficientes de partición máximo y mínimo por elemento, media estadística o promedio y desviación estándar. Se utilizaron dos tipos de tablas en las que el agrupamiento de datos se hizo de la siguiente manera:



- Agrupamiento por elemento: es estas tablas la información corresponde a los coeficientes de partición agrupados por elemento en orden creciente de número atómico. El tipo de información presentada en éstas es la mencionada anteriormente: número de datos recopilados (n), rango (valores mínimo y máximo), media estadística (X) y desviación estándar (SD). Este tipo de datos fueron calculados con el fin de observar el comportamiento de cada uno de los elementos en los diferentes minerales formadores de rocas y al mismo tiempo en diferentes tipos de roca. Estas tablas pueden ser consultadas en el apéndice B de este trabajo.
- Agrupamiento por mineral: en éstas sólo se presentan los valores promedio por elemento agrupados en función del mineral en que se encuentran, y mostrando a su vez en qué tipos de roca están reportados. Este agrupamiento se hizo con el fin de observar la diferencia de valores de coeficientes de partición de un elemento en un mineral específico en los diferentes tipos de roca en que pueda encontrarse. Las tablas que contienen a estos datos se encuentran incluidas en el apéndice C de este trabajo.

Dentro de los datos contenidos en estas tablas no se especifica la fuente de recopilación por ser un número elevado de autores consultados, sin embargo, esta información se encuentra dentro de los archivos de datos generales CTRL.DAT.

### III.3. GRAFICACION DE DATOS.

La graficación de los datos obtenidos se hizo mediante el paquete graficador "DIGRAF" generado por la Unidad de cómputo del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Dentro de las modalidades que proporciona dicho paquete se escogió el tipo de gráficas por barras por ser las más representativas de los grupos que se están manejando. En estas también se consideraron dos grupos:

- por elemento
- por mineral

En ambos casos, los valores graficados son los valores promedio de coeficientes de partición presentados en las tablas de los apéndices B y C.

Estas gráficas pueden observarse en el apéndice D del presente trabajo, encontrándose una descripción somera de las mismas en el capítulo IV.

## CAPITULO IV

### DISCUSION

#### IV.1. EL PROGRAMA.

Este programa nos proporciona las herramientas necesarias para la recopilación y el ordenamiento de los datos geoquímicos facilitando así su organización y manejo durante la interpretación. Sin embargo, no podemos considerar que este programa se encuentre completo, dado que la elaboración de hipótesis, por ejemplo en procesos magmáticos, requiere de la mayor cantidad posible de información para considerarse confiable. Por esta razón el programa se encuentra en desarrollo, esto es, se planea incrementar el número de temas y datos involucrados, el manejo estadístico de los mismos y la utilización de diagramas de varios tipos, por ejemplo de clasificación.

#### IV.2. COEFICIENTES DE PARTICION POR ELEMENTO.

En este inciso del capítulo IV, se encuentran breves discusiones de las gráficas contenidas en el apéndice D. Estas gráficas fueron elaboradas a partir de las tablas de valores medios contenidos en el apéndice B y que se encuentran ordenadas por elementos. El paquete de graficación utilizado en la elaboración de las gráficas es el paquete "DIGRAF", generado en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Cabe recordar algo de lo ya mencionado y que ayudará en la comprensión de las observaciones hechas a las gráficas. Los coeficientes de partición mayores que la unidad indican un enriquecimiento del elemento en estudio dentro de la composición de los cristales formados a partir del líquido con respecto al mismo líquido. Así mismo, los valores de coeficientes de partición menores que la unidad indican un empobrecimiento del elemento en el cristal en relación con el mismo líquido a partir del cual fue formado dicho cristal. Para los casos de diferenciación y fusión parcial es posible determinar el alcance de la cristalización raccionada o de la fusión parcial, seleccionando un elemento traza, del cual se espera un coeficiente de partición bajo. Si la concentración del elemento es relativamente constante, el posible proceso es fusión parcial, en tanto que, si el elemento con un alto coeficiente de partición tiene una variación grande, es

proceso posible es una diferenciación (Hanson, 1978).

Li:(fig. D.1) los datos de coeficientes de partición para este elemento sólo se encuentran reportados en dacitas, en minerales como plagioclasa y hornblenda, además de minerales como la hiperstena con valores menores a la unidad.

Na:(fig. D.2) el sodio lo encontramos distribuido en muchos minerales como plagioclasa, hornblenda, clinopiroxeno y olivino en diferentes tipos de rocas: basalto alcalino, dacita, riolita, toleita de olivino y en muestras de meteoritas, mostrando el coeficiente más bajo en el olivino del basalto alcalino (0.005). Es notablemente bajo también en el olivino de la toleita de olivino y en el cuarzo de la riolita. Los valores más altos se encuentran en la plagioclasa de la dacita (1.625) y en la plagioclasa del basalto alcalino. Otro valor que se encuentra ligeramente arriba de la unidad es el del feldespato en el basalto alcalino. Todos los demás minerales poseen valores menores que la unidad.

K:(fig. D.3) para el potasio, se puede observar mayor variedad de análisis en lo que a tipos de roca se refiere. Así mismo, se encuentra que los rangos de valores son tan altos como 595 para olivino del MORB (mid oceanic ridge basalt) y tan bajos como 0.0014 para la hiperstena de las dacitas. Las rocas que presentan valores mayores que la unidad son: kimberlita, MORB (excepto en plagioclasas), basalto alcalino (en feldespatos y biotita) y dacitas (en micas).

Rb:(fig. D.4) para este elemento los rangos se encuentran especialmente ordenados por el tipo de roca, esto es, para la kimberlita el valor del coeficiente de partición para este elemento se encuentra en valores mayores a la unidad en todos sus minerales estudiados, esto es observable también para el basalto (con excepción de la plagioclasa). Para la hawaíta basáltica, ankaramita, mugearita, basalto andesítico, traquita-benmoreíta y andesita, los valores son menores a la unidad en todos los minerales. En el Basalto se pueden observar valores sumamente altos, del orden de 185, 195 y hasta 390, siendo éste el único tipo de roca que presenta valores tan altos. Los valores más bajos se presentan en la andesita.

Cs:(fig. D.5) en general se presentan valores bajos de coeficientes de partición, con rangos de hasta 0.001 para óxidos en riolitas. El valor más alto también lo presenta la biotita de la riolita. La dacita, el basalto alcalino y el basalto presentan valores menores que la unidad. Como es posible observar, los valores cercanos o mayores que la

unidad se presentan en la biotita de todas las rocas en las que se presenta.

Mg:(fig. D.6) los valores encontrados para magnesio son, con excepción de la plagioclasa en basalto alcalino y de la whitlockita en meteorita, mayores que la unidad y sus rangos van desde 5.4 en clinopiroxeno del basalto alcalino hasta 49.55 en la hyperstena de la dacita.

Ca:(fig. D.7) este elemento se encuentra reportado para basalto alcalino, dacita y toleita de olivino, encontrándose un valor mínimo de 0.03 para el olivino. En el basalto alcalino podemos encontrarlo en varios minerales: olivino, clinopiroxeno, plagioclasa, feldespato, hornblenda y biotita, teniendo valores mayores que la unidad en clinopiroxeno (3.40), plagioclasa (1.95) y hornblenda (3.43). Para la dacita se observa que el único valor inferior a la unidad es para la hiperstena (0.8).

Sr:(fig. D.8) éste se encuentra en una gran variedad de tipos de roca, observando que en el basalto se presenta en plagioclasa, hornblenda, clinopiroxeno, ortopiroxeno y olivino, con valores mayores que la unidad, siendo el límite superior igual a 800 para el olivino. El límite inferior se presenta en el clinopiroxeno de la pigeonita (0.0019). En general los feldespatos y las plagioclasas presentan valores mayores que la unidad, en todas las rocas donde se encuentran, en tanto que el clinopiroxeno y la biotita presentan valores menores que la unidad, al igual que la hornblenda.

Ba:(fig. D.9) este elemento también se encuentra en gran cantidad de rocas. Su tendencia general es la de presentar coeficientes de partición menores que la unidad en piroxenos (clino y orto), haciendo una excepción en la kimberlita y en el basalto, donde presenta valores tan altos en el ortopiroxeno como 73 y 48, respectivamente. En lo que se refiere a los demás minerales, este elemento no presenta un comportamiento constante, dado que se puede presentar tanto con valores altos como con valores bajos, en el mismo mineral, para diferentes tipos de roca.

Sc:(fig. D.10) para el escandio contamos con datos en riolita, basalto alcalino, rocas volcánicas alcalinas, toleita de olivino, hawaiiita basáltica, mugarita y traquita-benmoreita. En las rocas que tienen datos reportados para feldespatos y plagioclasas, se observa que los coeficientes de partición son menores que la unidad, en tanto que los piroxenos (clino y orto) los presentan superiores a la unidad. En la hawaiiita basáltica, mugarita y traquita-benmoreita se encuentra titanomagnetita con valores altos también, al igual que para la biotita en riolita, basalto alcalino y rocas volcánicas alcalinas. El olivino se

reporta con valores bajos en casi todas las rocas.

Ti:(fig. D.11) sólo se encuentra reportado en riolita y basalto alcalino, donde presenta valores menores que la unidad con excepción de la hornblenda y la biotita en basalto alcalino, donde llega a alcanzar valores de 13.1 en biotita; el valor más bajo lo presenta en el olivino del basalto alcalino (0.005).

V:(fig. D.12) reportado solamente para la dacita con valores bajos para plagioclasa (0.05) y apatita (0.01) y altos para anfíboles (10), clinopiroxeno (5) y óxidos de Fe-Ti (32).

Cr:(fig. D.13) se tiene en riolita, basalto alcalino, rocas volcánicas alcalinas y toleita de olivino. Los minerales que presentan coeficientes de partición mayores que la unidad son todos los reportados para riolita (biotita, magnetita e ilmenita, presentando valores tan altos como 109 en la magnetita), olivino, clinopiroxeno, hornblenda y biotita en basalto alcalino, clinopiroxeno, magnetita y biotita en rocas volcánicas alcalinas y olivino de la toleita de olivino. En menor cantidad se presentan los coeficientes de partición con valores menores que la unidad en feldespatos y plagioclasas en basalto alcalino y feldespatos y hauyna en rocas volcánicas alcalinas.

Mn:(fig. D.14) sólo reportado en riolita y toleita de olivino, con valores muy cercanos a la unidad en el olivino de la toleita de olivino (1.05). En la riolita se tienen valores sumamente altos, que van desde 32 para la magnetita, hasta 124 en la biotita, aunque también presenta valores bajos para la plagioclasa (0.26) y el cuarzo (0.039).

Fe:(fig. D.15) para el olivino de la toleita de olivino, este elemento también presenta un coeficiente de partición superior a uno y en el cuarzo de la riolita presenta un valor de 0.0059. En el basalto alcalino, feldespatos y plagioclasas tienen valores bajos, aunque no tanto como el cuarzo de la riolita, en tanto que el olivino, la hornblenda y la biotita presentan valores altos. El coeficiente de partición del clinopiroxeno se encuentra muy cercano a la unidad.

Co:(fig. D.16) para este elemento los coeficientes de partición del clinopiroxeno se encuentran muy cercanos a la unidad, en tanto que feldespatos y plagioclasas se encuentran con valores inferiores a ésta, siendo los valores más bajos los de las plagioclasas en hawaita basáltica con 0.05. Los valores del olivino nuevamente se encuentran muy por encima de la unidad, en rocas como basalto alcalino, toleita de olivino, hawaita basáltica, muquearita y traquita-benmoreita. La magnetita y titanomagnetita también presentan valores altos, localizándose el límite superior en la titanomagnetita de la

traquita-benmoreita (41.7). La biotita en basalto alcalino y rocas volcánicas alcalinas también presenta valores altos: 23 y 19, respectivamente.

Ni:(fig. D.17) este elemento presenta coeficientes de partición mayores que la unidad para clinopiroxenos (basalto alcalino, rocas volcánicas alcalinas y dacita), olivino (basalto alcalino y toleita de olivino) y biotita (basalto alcalino y rocas volcánicas alcalinas). Feldespatos (basalto alcalino) y plagioclasas (basalto alcalino y dacita) presentan valores bajos, aunque el límite se encuentra en la apatita de la dacita (0.01).

Zn:(fig. D.18) este elemento sólo se encuentra reportado en riolita y es de notar que presenta coeficientes de partición sumamente altos, siendo del orden de 108, 107.5 y 125 en biotita, magnetita e ilmenita, respectivamente. El límite inferior se localiza en 2.78 en plagioclasas.

Y:(fig. D.19) sólo reportado en riolita, con valores promedio de 0.13 en plagioclasas y 1.23 en biotita.

Zr:(fig. D.20) los coeficientes de partición que presentan los feldespatos y plagioclasas con valores menores que la unidad y se encuentran en un rango de 0.03 en riolita hasta 0.27 en basalto alcalino. También para el clinopiroxeno, el olivino y los anfíboles se presentan valores bajos, en tanto que en la biotita, la hornblenda y la titanomagnetita se observan valores mayores que la unidad con un máximo de 3.98 en la titanomagnetita de la benmoreita-traquita.

Nb:(fig. D.21) este elemento sólo se encuentra reportado para la biotita en riolita con un valor alto (6.37) y para anfíboles y óxidos de Fe-Ti, también con valores altos. Plagioclasa, clinopiroxenos y apatita en dacita presentan valores bajos (menores que la unidad).

Mo:(fig. D.22) sólo reportado en riolita, teniendo para el cuarzo un coeficiente de partición bajo (0.19) y para la biotita, la magnetita y la ilmenita valores altos, siendo el límite superior de 11.67 para la magnetita.

Hf:(fig. D.23) en el hafnio se tienen reportados análisis para una extensa variedad de rocas, sin embargo se identifican comportamientos que pueden ser clasificados como constantes en los diferentes minerales. Por ejemplo: en feldespatos y plagioclasas presenta valores menores que la unidad. De manera similar, los coeficientes de partición del olivino y de los piroxenos (clino y orto) son bajos. Los óxidos de Fe-Ti, los anfíboles, la titanomagnetita, la magnetita y la biotita presentan valores altos y bajos, sin un

patrón constante. Cabe señalar que el valor mayor alcanzado es de 106 en la ilmenita de riolita y el menor es de 0.01 en el cuarzo de la riolita.

Ta:(fig. D.24) este elemento también se encuentra reportado para varios tipos de roca. En este caso su comportamiento general con respecto a feldespatos y plagioclasas presenta valores menores que la unidad. De manera similar, los coeficientes de partición del olivino y piroxenos (orto y clino) son bajos. Los óxidos de Fe-Ti, anfíboles, titanomagnetita y biotita presentan valores tanto altos como bajos. Cabe señalar que el valor mayor alcanzado es de 106 en ilmenita para la riolita y el menor es de 0.01 en el cuarzo también para la riolita.

Al:(fig. D.25) para este elemento sólo se tienen reportes en basalto alcalino y meteoritas. Se puede observar que los coeficientes de partición para feldespatos y plagioclasas en el basalto alcalino son mayores que la unidad y son los únicos minerales que presentan estos valores altos. Para los demás minerales, los coeficientes de partición son menores que la unidad, llegando a ser tan bajos como 0.002 en el olivino del basalto alcalino. Los clinopiroxenos, tanto del basalto alcalino como de la meteorita son medianamente bajos (0.48 y 0.56, respectivamente).

Si:(fig. D.26) sólo se encuentra reportado para meteorita y basalto alcalino, al igual que el Al. En la whitlockita de la meteorita se tiene un coeficiente de partición alto de 8.30. El basalto alcalino presenta valores bajos para todos sus minerales, principalmente en biotita (0.52). En plagioclasas su valor es muy cercano a la unidad (1.02).

P:(fig. D.27) este elemento lo encontramos reportado en clinopiroxenos de la meteorita con coeficientes de partición promedio de 0.02.

Pb:(fig. D.28) el plomo se encuentra analizado en varias muestras de riolita y basalto, donde encontramos valores tan bajos como 0.01 en piroxenos de basalto, siendo éste el único mineral estudiado, para éste elemento, en basalto. Para la riolita tenemos el análisis en tres minerales: feldespatos, plagioclasas y biotita, los cuales presentan valores muy cercanos a la unidad (2.45, 0.97 y 0.7, respectivamente).

La:(fig. D.29) este elemento presenta análisis en varios tipos de roca, pero en general presenta comportamientos generalizados. Feldespatos y plagioclasas presentan valores bajos en todas las rocas en que se encuentran, lo mismo ocurre con los piroxenos (orto y clino), los anfíboles, la titanomagnetita y el olivino, que es el mineral que presenta



los valores más bajos (0.01 en hawaita basáltica). Por el contrario, la apatita presenta valores altos, llegando a alcanzar hasta 4.85 en hawaita de hiperstena. La magnetita y la ilmenita sólo se presentan en riolita y presentan valores altos.

Ce:(fig. D.30) el cerio también presenta valores bajos en lo que se refiere a feldespatos y plagioclasas, en tanto que los clinopiroxenos, la biotita y la magnetita presentan valores bajos en rocas volcánicas alcalinas y altos en la riolita. De los minerales accesorios, se puede observar que el granate en lherzolita y basalto presentan valores bajos (hasta 0.009 en lherzolita), en tanto que la apatita presenta un valor de 16.6.

Nd:(fig. D.31) los feldespatos y plagioclasas presentan coeficientes de partición bajos en las rocas en que están analizados. Los piroxenos (orto y clino), la magnetita y la biotita se presentan con valores bajos en rocas volcánicas alcalinas, en tanto que en riolitas presentan coeficientes de partición mayores que la unidad. La apatita en dacita presenta el valor más alto que es igual a 21, y el valor más bajo (0.002) lo tiene el cuarzo en la riolita.

Sm:(fig. D.32) feldespatos, plagioclasas, olivino, cuarzo y granate presentan coeficientes de partición menores que la unidad en todas las rocas en que se encuentran analizados, en tanto que la apatita posee valores altos. Los piroxenos (orto y clino) y la biotita varían de valores altos a bajos de acuerdo al tipo de roca en que se encuentran.

Eu:(fig. D.33) para este elemento sólo encontramos un mineral en el que el comportamiento del elemento puede considerarse como constante: el olivino. Para los demás minerales existen variaciones considerables, dependiendo del tipo de roca, por ejemplo: las plagioclasas en riolita presentan coeficientes de partición de 5.42, en tanto que en la hawaita basáltica es de 0.21. El cuarzo sigue presentándose con valores sumamente bajos (0.06 en riolita), en tanto que la apatita constituye el límite superior con 14.5 en la dacita.

Gd:(fig. D.34) este elemento sólo se encuentra analizado en el granate del basalto, donde presenta un coeficiente de partición bajo, y en cuatro minerales de la dacita, de los cuales la plagioclasa y la hiperstena poseen los coeficientes de partición menores que la unidad, en tanto que la hornblenda y la apatita presentan valores mayores que alcanzan 21.7 en la apatita.

Tb:(fig. D.35) este elemento regresa al comportamiento constante que se venía presentando en elementos anteriores en minerales tales como feldespatos y plagioclasas, en donde se encuentra con valores bajos. El olivino también vuelve a presentar coeficientes de partición tan bajos como 0.02 en hawaíta basáltica, teniendo un valor similar en el cuarzo de la riolita. Los piroxenos (orto y clino), la biotita la magnetita y la ilmenita presentan valores altos en la riolita, en tanto que en las otras rocas en que se presentan, poseen valores bajos. La titanomagnetita de la hawaíta basáltica y de la benmoreíta-traquita también presenta valores bajos.

Dy:(fig. D.36) para este elemento sólo se tienen valores bajos en feldespatos, plagioclasas y cuarzo de riolita y en plagioclasas e hiperstena de la dacita. En los demás minerales presenta coeficientes de partición altos, principalmente en clinopiroxenos, hornblenda e ilmenita. La apatita presenta análisis en varios tipos de roca, teniendo valores altos en un rango de 4.45 en andesita toleítica hasta 16.9 en dacita.

Yb:(fig. D.37) todos los coeficientes de partición para este elemento en rocas volcánicas alcalinas presentan valores bajos, así como los feldespatos, plagioclasas y cuarzo en riolitas y plagioclasas e hiperstena en dacita. La riolita presenta valores altos en piroxenos (orto y clino), biotita, magnetita e ilmenita; la dacita los presenta en augita, hornblenda y el valor mayor en apatita (9.4). El coeficiente de partición del granate en basalto también es mayor que la unidad.

Lu:(fig. D.38) los coeficientes de partición de la apatita en todos los tipos de roca en que se presenta muestran valores mayores que la unidad, en un rango de 2.38 en andesita toleítica hasta 6.43 en dacita. Así mismo, en todos los minerales de rocas volcánicas alcalinas estudiados para éste elemento se presentan valores bajos, al igual que en feldespatos y plagioclasas de los otros tipos de roca. Otros valores altos se observan en los piroxenos (orto y clino), biotita, magnetita e ilmenita de riolita y en augita y hornblenda de dacita.

U:(fig. D.39) todos los minerales en que se observó este elemento presentan coeficientes de partición menores que la unidad, siendo los valores más bajos los presentados por el piroxeno en basalto (0.0004) y por el cuarzo en riolita (0.025). Las excepciones las constituye la ilmenita de la riolita (3.2) y el clinopiroxeno de la meteorita (2.54) que presentan valores mayores, sin llegar a ser tan altos como en otros elementos.

Th:(fig. D.40) este elemento también presenta valores bajos con respecto a la mayoría de los tipos de roca. El límite inferior lo presenta el cuarzo en riolita (0.009) y los valores mayores que la unidad se encuentran en el clinopiroxeno y la whitlockita de la meteorita y en la ilmenita de la riolita.

#### IV.3. COEFICIENTES DE PARTICION EN MINERALES

En este inciso del capítulo IV, se encontrarán breves discusiones de las gráficas por mineral contenidas en el apéndice D. Estas gráficas fueron elaboradas a partir de las tablas de valores medios de coeficientes de partición contenidos en el apéndice C y que se encuentran ordenadas por mineral. El paquete de graficación utilizado en la elaboración de las gráficas es el paquete "DIGRAF", generado en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Anfibol:(fig. D.41.) para este mineral se encuentran reportados algunos elementos en cuatro rocas: hawaita basáltica, mugearita, traquita-benmoreíta y dacita. Es posible observar que la hawaita basáltica posee valores menores a la unidad, excepto para Sc y Co; la mugearita y la traquita-benmoreíta presentan valores tanto altos como bajos y la dacita sólo los presenta bajos para Cs, Sr, Ba y Th, siendo este último el valor más bajo (0.05).

Hornblenda:(fig. D.42.) este mineral se encuentra reportado en varias rocas, de las cuales sólo el basalto alcalino y la dacita presentan datos para varios elementos. Las otras rocas sólo muestran datos para los elementos de bajo radio iónico (menor al Ba). La dacita presenta datos para los mismos elementos que las otras rocas, además de algunos de tierras raras, donde se encuentran los valores más altos. El basalto alcalino presenta valores tan altos como 16 para el Co tan bajos como 0.11 para el Th.

Apatita:(fig. D.43.) este mineral reporta coeficientes de partición en varias rocas para las tierras raras, presentando valores altos; en la dacita muestra valores bajos para los demás elementos que presentan valores en esta roca, llegando hasta 0.01. El basalto y la andesita toleítica muestran valores altos para el Sr.

Whitlockita:(fig. D.44.) mineral reportado sólo en meteoritas para pocos elementos, siendo los valores límite de coeficientes de partición 0.01 para el Al como mínimo y 2.30 para el Si como máximo.

Cuarzo:(fig. D.45.) los valores reportados corresponden a la riolita, encontrándose en ella más de veinte elementos, en los que sus coeficientes de partición son menores que la unidad, siendo el valor mínimo 0.0059 para el Fe.

Hauyna:(fig. D.46.) mineral reportado sólo en rocas volcánicas alcalinas, pero en una cantidad suficiente de elementos, de los cuales el coeficiente de partición mínimo se presenta para el Cs (0.005) y el máximo es 1.4 en Sr, siendo éste el único valor mayor que la unidad.

Ilmenita:(fig. D.47.) los estudios revisados reportan valores sólo en riolita para más de quince elementos, en los cuales los coeficientes de partición observados son mayores que la unidad, siendo el máximo 125 en Zn y el mínimo 3 en Cr y Mo.

Magnetita:(fig. D.48.) para la magnetita se encontraron valores de coeficientes de partición en riolitas y rocas volcánicas alcalinas. Las riolitas presentan en su mayoría valores mayores que la unidad, con excepción del U y Th. Por el contrario, las rocas volcánicas alcalinas presentan valores menores a uno, con excepción del Sc, Cr y Co. El coeficiente de partición máximo se presenta para Cr en riolita (109) y el mínimo en rocas volcánicas alcalinas para Rb (0.029).

Oxidos de Fe-Ti:(fig. D.49.) los valores encontrados reportan, en riolitas, coeficientes de partición sólo para Cs con un valor sumamente bajo (0.001). Para la dacita se encuentran reportados coeficientes de partición para varios elementos, siendo los valores: mínimo de 0.01 en Th y máximo de 32 en V.

Titanomagnetita:(fig. D.50.) los valores reportados corresponden a hawaita basáltica, mugearita y basalto andesítico, presentándose los valores máximo (41.7) en basaltos andesíticos y mínimo para Rb (0.034). Los demás valores se encuentran distribuidos tanto por encima como por debajo de la unidad en las demás rocas.

Micas:(fig. D.51.) los coeficientes de partición reportados corresponden sólo a tres tipos de roca: fonolita, dacita y riodacita, y a tres elementos: K, Sr y Ba, presentándose para el K y para el Ba valores mayores que la unidad y para el Sr valores menores que uno.

Biotita:(fig. D.52.) se observan valores en riolitas, rocas volcánicas alcalinas y basaltos alcalinos para casi todos los elementos, siendo en su mayoría mayores que la unidad. El valor máximo se encuentra en la riolita para Mn (124.5) y el mínimo en basalto alcalino para Cca (0.05).

Piroxenos:(fig. D.53.) los coeficientes de partición reportados corresponden sólo a basaltos para cuatro elementos: Cs, Hf, Pb y U con valores menores que la unidad, siendo el valor mínimo de 0.0004 para el U.

Ortopiroxenos:(fig. D.54.) minerales reportados en varios tipos de roca aunque sólo para algunos pocos elementos, por ejemplo:; en lherzolita sólo se encuentran valores para Cc y Sm, en tanto que en la riolita se reportan valores para mayor cantidad de elementos. El valor máximo lo presenta el MORB para K (240) y el mínimo pertenece a la andesita de hiperstena para el Sr (0.0104).

Hiperstena:(fig. D.55.) este mineral se encuentra reportado en dacitas para varios elementos, los cuales, en su mayoría, presentan valores menores que la unidad, con excepción de Mg con un valor de 49.6.

Feldespatos:(fig. D.56.) presentan gran cantidad de valores, como se observa en la gráfica correspondiente, distribuidos en cinco rocas: basalto alcalino, rocas volcánicas alcalinas, traquita-benmoreita, riolita y riolita. La mayor parte de los datos presentan valores menores a la unidad, siendo el mínimo 0.01 para Ta en riolita. El máximo lo presenta la riolita para el Bba (11.5).

Leucita:(fig. D.57.) los valores encontrados pertenecen a rocas volcánicas alcalinas, donde los únicos valores mayores que la unidad los presentan el Rb y el Cs, en tanto que los demás elementos presentan valores menores, llegando hasta 0.027 para el Th como mínimo.

Olivino:(fig. D.58.) este es uno de los minerales que presentan mayor cantidad de datos reportados, ya que los presenta en diez tipos de roca. el valor máximo se presenta en el basalto para el Sr (800) y el mínimo, 0.005, en basalto alcalino para Na y Ti. Los valores de coeficientes de partición en las demás rocas y para los otros elementos oscilan en este rango sin observarse particularidades significativas.

Granate:(fig. D.59.) reportado en dacita, baalto y lherzolita, donde los únicos valores mayores que la unidad los presenta el basalto para Dy e Yb, éste con el valor máximo: 4.03. El coeficiente de partición mínimo se presenta en la lherzolita para el Cce (0.008).

Clinopiroxenos:(fig. D.60.) estos minerales se encuentran reportados en dieciocho tipos de rocas, por lo que pertenecen al grupo de los minerales mayormente analizados. Se encuentran distribuidos en la gráfica de manera poco uniforme, variando en un rango de 210 como máximo en el K del

MORB hasta un mínimo de 0.0034 en el mismo K, pero en pigeonita.

Plagioclasas:(fig. D.61.) estos minerales también se encuentran ampliamente analizados, reportándose en catorce diferentes tipos de roca. El comportamiento general de los coeficientes de partición es localizarse por debajo de la unidad, con muy pocas excepciones. Su rango varía desde 20 en el Rb de la Kimberlita como máximo hasta 0.0192 del K en la andesita toleítica.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los coeficientes de partición ayudan a la definición de los procesos que dieron lugar a una roca y se presentan como una opción importante en áreas tan variadas como: geoquímica, termodinámica, petrología, química, mineralogía y otras. Este trabajo pretende ser un antecedente en el primer pasc que es la recopilación de la información necesaria. Con el programa generado presentamos la oportunidad de agrupar dicha información, con la opción de obtener la información tan completa como se desee y en el momento en que se necesite, dado que el programa contiene las variables más importantes y significativas involucradas en los problemas de hipotetización de procesos magmáticos.

Los elementos considerados en esta recopilación son en orden de número atómico creciente: Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, Al, Si, P, Pb, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Yb, Lu, U y Th.

Los minerales manejados en la bibliografía son: Anfíbol (Anf), Hornblenda (Hb), Apatita (Ap), Whitlockita (Wh), Clinopiroxeno (Cpx), Feldespato (Fp), Leucita (Leu), Ilmenita (Il), Magnetita (Mt), Oxidos de Fe-Ti (Ox), Titanomagnetita (TiMt), Micas (Mic), Biotita (Bio), Olivino (Ol), Granate (Gt), Plagioclasa (Pg), Piroxeno (Px), Ortopiroxeno (Opx), Hiperstena (Hy), Cuarzo (Qz) y Hauyna (Hau).

Dentro de los tipos de roca analizados y reportados se encuentran: Kimberlita (Kim), Lherzolita (Lherz), Hawaita Basáltica (HawBas), Ankaramita (Ank), basaltos meso-oceánicos (MORB), Basaltos (Bas), Mugearita (Mug), Basalto Alcalino (Bas Alc), Basalto Andesítico (Bas And), Rocas Volcánicas Alcalinas (Vol Alc), Traquita-Benmoreita (Tra-Ben), Andesita (And), Fonolita (Fon), Dacita (Dac), Riodacita (Riodac), Riolita (Riol), Meteorita (Met) y Pigeonita (Pig).

El presentar este ejemplo sencillo de manejo de datos persigue mostrar el uso y utilidad del programa, aunque es necesario aclarar que para la utilización confiable de los datos se requiere obtener una información exhaustiva que permita la formulación de teorías en relación con los procesos magmáticos (en este caso específico).

La interpretación confiable de los datos debe ser a su vez muy cuidadosa, tomando en cuenta durante su agrupación, todas las variables involucradas en el problema. En este

trabajo la interpretación de las gráficas pretende ser solamente descriptiva respecto al comportamiento de los elementos en los tipos de roca reportados y en los diferentes minerales descritos.

Es necesario también, desde el punto de vista geológico, tomar en cuenta los ambientes de formación de cada roca, así como su relación con las condiciones de su entorno para poder proporcionar información más confiable en cuanto a los procesos de formación de rocas.

El tema de coeficientes de partición dentro de este programa requiere una revisión mas profunda y cuidadosa debido a que existen algunos puntos que no fueron considerados, como es por ejemplo, la relación e importancia del ambiente tectónico respecto a los coeficientes de partición. Otra posible variación del programa sería con respecto a la búsqueda de las muestras almacenadas mediante localización geográfica y tipo de roca con las llaves de control.

El programa general también merece ser revisado con el fin de hacerlo compatible con bases generadas por otros paquetes mas comerciales de bases de datos, esto debido al incremento en la circulación de dichos paquetes



## BIBLIOGRAFIA.

AHRENS, L.H., 1979. Origen y distribución de los elementos. Pergamon Press, Inglaterra, 909 p.

ALLEGRE, C.J., 1978. Quantitative models of trace element behavior in magmatic processes. Earth Planet. Sci. Lett., 38, 1-25.

BANNO, S. and MATSUI, Y., 1973. On the formulation of partition coefficients for trace element distribution between minerals and magma. Chem. Geol. 11, 1-15

BENJAMIN, T., W.R. HEUSER and D.S. BURNETT, 1980. Actinide crystal-liquid partitioning for clinopyroxene and  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Geochim. Cosmochim. Acta., 44, 1251-1264.

CEPEDA D., L., 1986. Apuntes de petrología ígnea. U.N.A.M., Fac. de Ingeniería, México, 363 p.

CISNEROS, J.L., L. VILLASENOR y A. RODRIGUEZ, 1988. Latex. Guía de usuario. Versión 2.0. inst.inv.elect., México, 55p.

COX, K.G., J.D. BELL and R.J. FANKHURST, 1980. The interpretation of igneous rocks. George Allen and UNWIN Press, London, 450 p.

DRAKE, M.J. and E.E. WELLS, 1975. Partition coefficients of trace elements between magma and liquid: an experimental study. Geochim. Cosmochim. Acta., 39, 689-712.

DUCHENSE, J.C. and D. DEMAIFFE, 1978. Trace elements and anorthosite genesis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 38, 249-272.

ELLISON, A.J.G. and P.C. HESS, 1989. Solution properties of rare elements in silicate melts: Inferences from immiscible liquids. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 53, 1965-1974.

FRANCALANCI, L., A. PECERILLO and G. POLI, 1987. Partition Coefficients for minerals in potassium-alkaline rocks: Data from Roman Province (central Italy). *Geochem. Jou.*, 21, 1-10.

GREEN, T.H. and N.J. PEARSON, 1985. Rare Earth Element partitioning between clinopyroxene and silicate liquid at moderate to high pressure. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 91, 24-36.

GRIFFIN, W.L. and V. RAMA MURTHY, 1969. Distribution of K, Rb, Sr and Ba in some minerals relevant to basalt genesis. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 33, 1389-1414.

HANSON, G.N., 1978. The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 38, 26-43.

HARGRAVES, R.B., 1980. *Physics of magmatic processes.* Princeton University Press, U.S.A., 570 p.

HARRISON, W., 1981. Partitioning of REE between minerals and coexisting melts during partial melting of a garnet lherzolite. *Am. Miner.*, 66, 242-259.

HART, S.R. and C.J. ALLEGRE, 1980. Trace element constraints on magma genesis. Physics of magmatic processes. Princeton University Press, 121-159.

IRVING, A.J., 1978. A review of experimental studies of crystal/liquid trace element partitioning. Geochim. Cosmochim. Acta, 42, 743-770.

JENSEN, B.B., 1973. Patterns of trace element partitioning. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 2227-2242.

KAY, R.W. and N.J. HUBBARD, 1978. Trace elements in ocean ridge basalts. Earth. Planet. Sci. Lett., 38, 95-116.

LEEMAN, W.P. and D.W. PHELPS, 1981. Partitioning of rare earths and other trace elements between sanidine and coexisting volcanic glass. Jou. Geophys. Res., 86, 10193-10199.

LEEMAN, W.P. and K.F. SCHEIDEGGER, 1977. Olivine/liquid distribution coefficients and a test for crystal-liquid equilibrium. Earth. Planet. Sci. Lett., 35, 247-257.

LEMARCHAND, F., B. VILLEMANT and G. CALAS, 1987. Trace element distribution coefficients in alkaline series. Geochim. Cosmochim. Acta, 51, 1071-1081.

LOUBET, M., N. SHIMIZU and C.J. ALLEGRE, 1975. Rare earths elements in Alpine Peridotites. Contrib. Mineral. Petrol. 1-12.

MAHOOD, G. and W. HILDRETH, 1983. Large partition coefficients for trace elements in high-silica rhyolites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 11-30.

MASON, B., 1952. *Principles of Geochemistry*. John Wiley & Sons, U.S.A., 329 p.

MASUDA, A. and I. KUSHIRO, 1970. Experimental determination of partition coefficients of ten rare Earths elements and Ba between clinopyroxene and liquid in the Synthetic Silicate System at 20 kilobar pressure. *Contrib. Mineral. Petrol.* 25, 225-240.

MASUDA, A. and N. NAKAMURA, 1971. REE in metagabbros from the mid-Atlantic ridge and their possible implications for the genesis of Alkali olivine basalts as well as the Lizard peridotite. *Contrib. Mineral. Petrol.* 225-240.

MCINTIRE, W.L., 1963. Trace element partition coefficients - a review of theory and applications to geology. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 27, 1209-1264.

MONTIEL R., C., 1983. Fortran Vax. Básico. Inst. Inv. Elect., México, 70 p.

MYSEN, B.O., 1978. Experimental determination of rare earth element partitioning between hydrous silicate melt, amphibole and garnet peridotite minerals at upper mantle pressures and temperatures. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42, 1253-1263.

NASH, W.P. and H.R. CRECRAFT, 1985. Partition coefficients for trace elements in silicic magmas. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 2309-2322.

NAGASAWA, H. and R.V. MORRIS, 1980. Experimental mineral/liquid partition coefficients of the REE, Sc and Sr for perovskite, spinel and melillite. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 46, 431-437.

NAGASAWA, H. and CH. C. SCHNETZLER, 1971. Partitioning of rare earth, alkali and alkaline earth elements between phenocrysts and acidic igneous magma. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 35, 953-968.

NICHOLLS, I.A. and K.L. HARRIS, 1980. Experimental rare earth element partition coefficients for garnet, clinopyroxene and amphibole coexisting with andesitic and basaltic liquids. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44, 287-308.

NIELSEN, R.L., 1985. A method for the elimination of the compositional dependence of trace element distribution coefficients. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 1775-1779.

PHILPOTTS, J.A. and C.C. SCHNETZLER, 1970. Phenocryst-matrix partition coefficients for K, Rb, Sr and Ba, with applications to anorthosite and basalt genesis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34, 307-322.

RYERSON, F.J. and P.C. HESS, 1978. Implications of liquid-liquid distribution coefficients to mineral-liquid partitioning. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42, 921-932.

SHIMIZU, N. and I. KUSHIRO, 1975. The partitioning of rare earth elements between garnet and liquid at high pressures: preliminary experiments. *Geophys. Res. Lett.*, 2, no. 10, 413-416.

SCHNETZLER, C.C. and J.A. PHILPOTTS, 1970. Partition coefficients of rare-earth elements between igneous matrix material and rock-forming mineral phenocrysts-II. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34, 331-340.

SMITH, D.R. and W.P. LEEMAN, 1987. Petrogenesis of Mount St. Helens dacitic magmas. *Jou. Geophys. Res.*, 92, 10313-10334.

SUN, CH., R.J. WILLIAMS and SH. SUN, 1974. Distribution coefficients of Eu and Sr for plagioclase-liquid and clinopyroxene-liquid equilibria in oceanic ridge basalt: an experimental study. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38, 1415-1433.

VERMA, S.P., 1989. Analytical techniques for the rare-earth elements in geological samples. Symposium on *Geochem., Chem. and Phys. of minerals*.

VERMA, S.P., CABRERA-VAZQUEZ, M., CARMONA-POZOS, A., SAMANIEGO-M., D., NAVARRO-L, I., SALAZAR-V., A., SANCHEZ-GUERRERO, I., 1991. RIGD (Record Indexed Geocientific Data): reporte de progreso. Inédito.

VILLEMANT, B., H. JAFFREZIC, J-L. JORON and M. TREVIL, 1981. Distribution coefficients of major and trace elements; fractional cristallization in the alkali baalt series of Chaîne des Puys (Massif Central, France). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45, 1997-2016.

WATSON, E.B. and T.H. GREEN, 1981. Apatite/liquid partition coefficients for the rare earth elements and strontium. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 56, 405-421.

WATSON, E.B., D.B. OTHMAN, J-M. LUCK and A.W. HOFMANN, 1987. Partitioning of U, Pb, Cs, Yb, Hf, Re and Os between chromian diopsidic pyroxene and haplobasaltic liquid. *Chem. Geol.*, 62, 191-208.

WILLIAMS, H., F.J. TURNER and CH.M. GILBERT, 1968.  
Petrografía. Introducción al estudio de las rocas en  
secciones delgadas. C.E.C.S.A., México, 430 p.

Apuntes de Fortran Vax, 1988. Unidad de Cómputo,  
Inst. Inv. Elect., México. 67 pp.

Digraf. Manual de usuario. Versión 2.0, 1987.  
Unidad de Cómputo, Inst. Inv. Elect., 40 pp.

Vax Fortran. User's Guide, 1984. Digital Equipment  
Corporation, U.S.A., 150 pp.

## APENDICE A

### LISTADOS DE PROGRAMAS

Contiene:

-  
Programa principal (NewRIGD I)

-  
Subrutinas del menu principal

-  
Subrutinas del tema Coeficientes de Partición



## PROGRAM RECORD\_INDEXED\_GEOCHEM\_MEXICO

This program is used to handle geochemical data and written with use of FHS package at IIE, Cuernavaca, MEXICO

PROGRAMMERS: MAHEMORA P VERMA

LUCIANO SANDOVAL YOVAL

IRMA SANCHEZ GUERRERO  
(Partition Coefficients)

VERSION : 2.0

YEAR : 1990

```

IMPLICIT NONE
INCLUDE 'FHS\EXAMPLES:SHMSTATUS.FOR'
INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
COMMON WORKSPACE, TCA

```

The file, CTRL.DAT contains data to indentify samples.

```

OPEN (UNIT=10, FILE = 'CTRL.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 143, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
      KEY = (1:10:CHARACTER, 11:16:CHARACTER,
            17:22:CHARACTER, 23:28:CHARACTER, 29:34:CHARACTER,
            35:40:CHARACTER, 41:46:CHARACTER, 49:56:CHARACTER,
            57:62:CHARACTER, 63:68:CHARACTER, 69:74:CHARACTER,
            75:78:CHARACTER, 79:86:CHARACTER, 89:108:CHARACTER,
            109:123:CHARACTER))

```

```

OPEN (UNIT=20, NAME = 'MAJOR.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      FORM = 'UNFORMATTED', RECORDSIZE = 100, SHARED,
      ORGANIZATION = 'INDEXED', ACCESS = 'KEYED',
      KEY = (1:10:CHARACTER, 11:12:CHARACTER))

```

The file, REE.DAT contains Rare Earth Element (REE) data on whole rock analysis.

```

OPEN (UNIT=30, FILE = 'REE.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 132, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
      KEY = (1:10:CHARACTER, 11:16:CHARACTER))

```

```

OPEN (UNIT=40, FILE = 'TRCRF.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 70, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
      KEY = (1:10:CHARACTER))

```

```

OPEN (UNIT=41, FILE = 'TRCMS.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 68, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
      KEY = (1:10:CHARACTER))

```

```

OPEN (UNIT=500, FILE = 'COEF TRACE.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 132, ACCESS = 'KEYED',
      KEY = (1:12:CHARACTER))

```

The file, ISO.DAT contains isotope data on whole rock analysis.

```

OPEN (UNIT=50, FILE = 'ISO.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 53, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
      KEY = (1:10:CHARACTER))

```

```

OPEN (UNIT=600, FILE = 'COEF MAJOR.DAT', TYPE = 'NEW',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 132, ACCESS = 'KEYED',
      KEY = (1:12:CHARACTER))

```

The file, KDALK.DAT contains Partition Coefficients (KD) data of Alkalies Elements on whole rock analysis.

```

OPEN (UNIT=60, FILE = 'KDALK.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 202, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
      KEY = (1:10:CHARACTER))

```

The file, KDALKEAR.DAT contains Partition Coefficients (KD) data of Alkaline Earths Elements on whole rock analysis.

```

OPEN (UNIT=70, FILE = 'KDALKEAR.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 209, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
      KEY = (1:10:CHARACTER))

```

The file, KDMETRA.DAT contains Partition Coefficients (KD) data of Transition Metals Elements on whole rock analysis.

```

OPEN (UNIT=80, FILE = 'KDMETRA.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 363, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
      KEY = (1:10:CHARACTER))

```

The file, KDNONMET.DAT contains Partition Coefficients (KD) data of Non Metals Elements on whole rock analysis.

```

OPEN (UNIT=90, FILE = 'KDNONMET.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
      ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
      RECORDSIZE = 272, ACCESS = 'KEYED', SHARED,

```

```

3      KEY = (1:10:CHARACTER))
C      The file, KDREE.DAT contains Partition Coefficients (KD)
C      data of Rare Earths Elements on whole rock analysis.
OPEN (UNIT=100, FILE = 'KDREE.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
1     ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
2     RECORDSIZE = 265, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
3     KEY = (1:10:CHARACTER))
C      The file, KDRAD.DAT contains Partition Coefficients (KD)
C      data of Reductive Elements on whole rock analysis.
OPEN (UNIT=110, FILE = 'KDRAD.DAT', TYPE = 'UNKNOWN',
1     ORGANIZATION = 'INDEXED', FORM = 'UNFORMATTED',
2     RECORDSIZE = 181, ACCESS = 'KEYED', SHARED,
3     KEY = (1:10:CHARACTER))
C      Initialize FMS
C      Attach default terminal
C      Open form library, attach to channel 1
C      Set keypad mode to application
C      Set signal mode to bell (default)
CALL FDSVATERM ('ZDESCR(TCA), 12, 2)
CALL GET AND CHECK FMSSTATUS
CALL FDSVKAWSP ('ZDESCR(WORKSPACE), 2000)
CALL GET AND CHECK FMSSTATUS
CALL FDSVLOPEN ('ICDOPCK', 1)
CALL GET AND CHECK FMSSTATUS
CALL FDSVSPADA(1)
CALL FDSVSSIGG (0)
C      Set all future calls to return status to the two status recording
C      variables FMSSTATUS and RMSSTATUS without having to call the
C      the FDSVSTAT routine.
CALL FDSVSSRV (FMSSTATUS, RMSSTATUS)
C      Put up TITLE_GEO form, wait for response
CALL FDSVCDISP ('TITLE_GEO')
CALL CHECK FMSSTATUS
CALL FDSVWAIT
C      Process all menu requests
CALL MENU()
C      Clean up and leave:
C      Close form library
C      Reset keypad to numeric
C      Detach terminal
CALL FDSVLCLOS
CALL FDSVSPADA(0)
CALL FDSVATERM ('ZDESCR(TCA))
STOP
EMO
C
-----
SUBROUTINE MENU
IMPLICIT NONE
INCLUDE 'FMSSEXAMPLES:FDVDEF.FOR'
INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
COMMON WORKSPACE, TCA
CHARACTER OPTION*1
INTEGER TRANSFER_CONTROL, TERMINATOR
OPTION = ' '
DO WHILE (OPTION .NE. '1')
CALL FDSVCDISP ('MENU_GEO')
CALL CHECK FMSSTATUS (?)
CALL FDSVGET (OPTION, TERMINATOR, 'OPTION')
CALL CHECK FMSSTATUS (?)
READ (OPTION, '(11)') TRANSFER_CONTROL
GO TO (100, 20, 30, 40, 50, 60) TRANSFER_CONTROL
20 CONTINUE
CALL CONSULT
GO TO 100
30 CALL INPUT
GO TO 100
40 CALL MODIFY
GO TO 100
50 CALL DISCARD
GO TO 100
60 CALL SELECT
GO TO 100
100 EMO DO
RETURN
END
C
-----
SUBROUTINE CONSULT
IMPLICIT NONE
INCLUDE 'FMSSEXAMPLES:SMPSTATUS_FOR'
INCLUDE 'FMSSEXAMPLES:FDVDEF.FOR'
INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
COMMON WORKSPACE, TCA
CHARACTER CONSULT_OPTION*1, CONSULT_KEY*1, CONSULT_DATA*2,
1     TRC *1, RD OP*1
INTEGER CONSULT_SELECTOR, TERMINATOR, IOSTAT, STATUS,

```

```

1      TRC C, KD OPCONS
CONSULT_SELECTOR = 0
DO WHILE (CONSULT_SELECTOR .NE. 1)
  CALL FDVSDISP ('CONSULT')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  CALL FDVGETL (CONSULT DATA, 'CONSULT_OPTION')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  READ (CONSULT DATA, '(1), A1') CONSULT_SELECTOR, CONSULT_KEY
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )

  GO TO ( 100, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80),
CONSULT_SELECTOR
10  CALL CONSULT_CTRL (CONSULT_KEY)
20  GO TO 100
  CALL CONSULT_MJR (CONSULT_KEY)
30  GO TO 100
  CALL CONSULT_REE (CONSULT_KEY)
40  GO TO 100
  CALL FDVSDISP ('TRC M')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  CALL FDVGET ('TRC R', 'TRC M')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  READ (TRC M, '(1)') TRC C
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  IF ( TRC C .EQ. 1) THEN
    CALL CONSULT_TRCKRF (CONSULT_KEY)
  ELSE
    CALL CONSULT_TRCMS (CONSULT_KEY)
  ENDIF
  GO TO 100

50  CALL CONSULT_ISOTOPE (CONSULT_KEY)
60  GO TO 100
  CALL FDVSDISP ('KD OP')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  CALL FDVGET ('KD OP', 'KD OP')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  READ (KD OP, '(1)') KD OPCONS
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  IF (KD OPCONS .EQ. 1) THEN
    CALL CONSULT_KDALK (CONSULT_KEY)
  ELSEIF (KD OPCONS .EQ. 2) THEN
    CALL CONSULT_KDALKEAR (CONSULT_KEY)
  ELSEIF (KD OPCONS .EQ. 3) THEN
    CALL CONSULT_KDMETRA (CONSULT_KEY)
  ELSEIF (KD OPCONS .EQ. 4) THEN
    CALL CONSULT_KDMOHEI (CONSULT_KEY)
  ELSEIF (KD OPCONS .EQ. 5) THEN
    CALL CONSULT_KDREE (CONSULT_KEY)
  ELSEIF (KD OPCONS .EQ. 6) THEN
    CALL CONSULT_KDRAD (CONSULT_KEY)
  ENDIF
  GO TO 100
100  END DO
      RETURN
      END

```

```

C
-----
SUBROUTINE INPUT

IMPLICIT NONE
INCLUDE 'FMSEXAMPLES:SMPSTATUS.FOR'
INCLUDE 'FMSEXAMPLES:FVDDEF.FOR'
INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
COMMON WORKSPACE, TCA
CHARACTER SAMPLE NAME*10, STAT*6, MAP*6, PROV*6, SUBPROV*6,
1 LOC*6, LAT*8, LONG*8, ROCK*6, AGE*6, RAGE*6, YEAR*4,
2 AUTHR*10, GP0*20, MIN*15
CHARACTER CONTROL KEY*143
CHARACTER INPUT CODE*1, TRC M*1
INTEGER INPUT_SELECTOR, TERMINATOR, IOSTAT, STATUS, TRC C
INPUT_CODE = ' '
DO WHILE (INPUT_CODE .NE. '1')
  CALL FDVSDISP ('INPUT')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  CALL FDVGET ('INPUT CODE', 'INPUT_CODE')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  READ (INPUT_CODE, '(1)') INPUT_SELECTOR
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )

  GO TO ( 100, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80),
INPUT_SELECTOR
10  CALL INPUT_CONTROL ( )
20  GO TO 100
  CALL INPUT_MAJOR ( )
30  GO TO 100
  CALL INPUT_REE ( )
40  GO TO 100
  CALL FDVSDISP ('TRC M')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  CALL FDVGET ('TRC R', 'TRC M')
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  READ (TRC M, '(1)') TRC C
  CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
  IF ( TRC C .EQ. 1) THEN
    CALL INPUT_TRCKRF
  ELSE
    CALL INPUT_TRCMS
  ENDIF
  GO TO 100

```

```

50     CALL INPUT_ISOTOPE
      GO TO 100
60     CALL KDMENUINP ( )
      GO TO 100
100    END DO
      RETURN
      EMO
C-----
C     SUBROUTINE MODIFY
      IMPLICIT NONE
      INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SM$STATUS.FOR'
      INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
      INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
      COMMON WORKSPACE, TCA
      CHARACTER SAMPLE_NAME*10, STAT*6, MAP*6, PROV*6, SUBPROV*6,
1         LOC*6, LAT*6, LONG*8, ROCK*6, AGE*6, RAGE*6, YEAR*6,
2         AUTHR*10, GRP*20, M4*15
      CHARACTER CONTROL_KEY*143
      CHARACTER MODIFY_CODE*1, TRC_M*1
      INTEGER MODIFY_SELECTOR, TERMINATOR, IOSTAT, STATUS, TRC_C
      MODIFY_CODE = ' '
      DO WHILE (MODIFY_CODE .NE. '')
        CALL FDV$DISP ('MODIFY')
        CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
        CALL FDV$GET (MODIFY_CODE, 'MODIFY_OPTION')
        CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
        READ (MODIFY_CODE, '(I1)') MODIFY_SELECTOR
        CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )

        GO TO ( 200, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180),
1         MODIFY_SELECTOR
110       CALL MODIFY_CTRL ( )
          GO TO 200
120       CALL MODIFY_MJR ( )
          GO TO 200
130       CALL MODIFY_REE ( )
          GO TO 200
140       CALL FDV$DISP ('TRC M')
          CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
          CALL FDV$GET ('TRC M', 'TRC M')
          CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
          READ (TRC_M, '(I1)') TRC_C
          CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
          IF (TRC_C .EQ. 1) THEN
            CALL MODIFY_TRCHR?
          ELSE
            CALL MODIFY_TRCHS
          ENDIF
          GO TO 200
150       CALL MODIFY_ISOTOPE ( )
          GO TO 200
160       CALL KDMENUMOD ( )
          GO TO 200
200    END DO
      RETURN
      EMO
C-----

```

```

SUBROUTINE DISCARD
      IMPLICIT NONE
      INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SM$STATUS.FOR'
      INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
      INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
      COMMON WORKSPACE, TCA
      CHARACTER SAMPLE_NAME*10, STAT*6, MAP*6, PROV*6, SUBPROV*6,
1         LOC*6, LAT*6, LONG*8, ROCK*6, AGE*6, RAGE*6, YEAR*6,
2         AUTHR*10, GRP*20, M4*15
      CHARACTER CONTROL_KEY*143
      CHARACTER DISCARD_CODE*1, TRC_M*1
      INTEGER DISCARD_SELECTOR, TERMINATOR, IOSTAT, STATUS, TRC_C
      DISCARD_CODE = ' '
      DO WHILE (DISCARD_CODE .NE. '')
        CALL FDV$DISP ('DISCARD')
        CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
        CALL FDV$GET (DISCARD_CODE, 'DISCARD_OPTION')
        CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
        READ (DISCARD_CODE, '(I1)') DISCARD_SELECTOR
        CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )

        GO TO ( 200, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190),
1         DISCARD_SELECTOR
110       CALL DISCARD_CTRL ( )
          GO TO 200
120       CALL DISCARD_MJR ( )
          GO TO 200
130       CALL DISCARD_REE ( )
          GO TO 200
140       CALL FDV$DISP ('TRC M')
          CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
          CALL FDV$GET ('TRC M', 'TRC M')
          CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
          READ (TRC_M, '(I1)') TRC_C
          CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ( )
          IF (TRC_C .EQ. 1) THEN
            CALL DISCARD_TRCHR?
          ELSE
            CALL DISCARD_TRCHS
          ENDIF
          GO TO 200
200    END DO
      RETURN
      EMO
C-----

```

```

      ENDIF
      GO TO 200
150  CALL DISCARD_ISOTOPE()
      GO TO 200
160  CALL KDMENUINP ( )
      GO TO 200
200  END DO
      RETURN
      END

```

C

-----

SUBROUTINE SELECT

```

      IMPLICIT NONE
      INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SMPSTATUS.FOR'
      INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
      INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
      COMMON WORKSPACE, TCA
      CHARACTER SELECT_OPTION*1, SELECT_KEY*2, SELECT_DATA*3,
1     TRC_M*1, KD_OP*1
      INTEGER SELECT_SELECTOR, CONSLT_KEY, TERMINATOR, IOSTAT, STATUS,
1     TRC_C, KD_OPSEL
      SELECT_SELECTOR = 0
      DO WHILE (SELECT_SELECTOR .NE. 1)
          CALL FDVSDISP ('SELECT')
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          CALL FDVGETAL (SELECT_DATA, 'SELECT_OPTION')
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          READ (SELECT_DATA, '(11, 11)') SELECT_SELECTOR, CONSLT_KEY
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
1     GO TO ( 200, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190),
          SELECT_SELECTOR
          CALL SELECT_CTRL (CONSLT_KEY)
          GO TO 200
120  CALL SELECT_MJR (CONSLT_KEY)
          GO TO 200
130  CALL SELECT_REE (CONSLT_KEY)
          GO TO 200
140  CALL FDVSDISP ('TRC M')
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          CALL FDVGET ('TRC M', 'TRC M')
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          READ ('TRC M', '(11)') TRC_C
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          IF ( TRC_C .EQ. 1) THEN
              CALL SELECT_TRCRRF (CONSLT_KEY)
          ELSE
              CALL SELECT_TRCMS (CONSLT_KEY)
          ENDIF
          GO TO 200
150  CALL SELECT_ISOTOPE (CONSLT_KEY)
          GO TO 200
160  CALL FDVSDISP ('KD OP')
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          CALL FDVGET ('KD OP', 'KD OP')
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          READ ('KD OP', '(11)') KD_OPSEL
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          IF (KD_OPSEL .EQ. 1) THEN
              CALL SELECT_KDALK (CONSLT_KEY)
          ELSEIF (KD_OPSEL .EQ. 2) THEN
              CALL SELECT_KDALKREAR (CONSLT_KEY)
          ELSEIF (KD_OPSEL .EQ. 3) THEN
              CALL SELECT_KDMETRA (CONSLT_KEY)
          ELSEIF (KD_OPSEL .EQ. 4) THEN
              CALL SELECT_KDMWNET (CONSLT_KEY)
          ELSEIF (KD_OPSEL .EQ. 5) THEN
              CALL SELECT_KDREE (CONSLT_KEY)
          ELSEIF (KD_OPSEL .EQ. 6) THEN
              CALL SELECT_KDRAD (CONSLT_KEY)
          ENDIF
          GO TO 200
190  GO TO 200
200  END DO
      RETURN
      END

```

C

-----

SUBROUTINE KDMENUINP ( )

```

      IMPLICIT NONE
      INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SMPSTATUS.FOR'
      INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
      INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
      COMMON WORKSPACE, TCA
      CHARACTER INPUT_CODE*1, KDOPTION*1
      INTEGER INPUT_SELECTOR, TERMINATOR, IOSTAT, STATUS
      INPUT_CODE = ' '
      DO WHILE (INPUT_CODE .NE. '1')
          CALL FDVSDISP ('KDMENU')
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          CALL FDVGET (INPUT_CODE, 'KDOPTION')
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          READ (INPUT_CODE, '(11)') INPUT_SELECTOR
          CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
          GO TO ( 200, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170), INPUT_SELECTOR
110  CALL INPUT_KDALK ( )
          GO TO 200
120  CALL INPUT_KDALKREAR ( )

```

```

130      GO TO 200
        CALL INPUT_KDMETRA ( )
        GO TO 200
140      CALL INPUT_KDNOMMET ( )
        GO TO 200
150      CALL INPUT_KDREE ( )
        GO TO 200
160      CALL INPUT_KDRAD ( )
        GO TO 200
170      GO TO 200
200      END DO
        RETURN
        END

```

```

C -----
SUBROUTINE KDMENMOD ( )
  IMPLICIT NONE
  INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SMPSTATUS.FOR'
  INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
  INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
  COMMON WORKSPACE, TCA
  CHARACTER KDOPTION*1, MODIFY_CODE*1
  INTEGER MODIFY_SELECTOR, TERMINATOR, IOSTAT, STATUS
  MODIFY_CODE = ' '
  DO WHILE (MODIFY_CODE .NE. '1')
    CALL FDV$DISP ('KDMENU')
    CALL GET AND CHECK_FMSSTATUS ( )
    CALL FDV$GETAL (MODIFY_CODE, 'KDOPTION')
    CALL GET AND CHECK_FMSSTATUS ( )
    READ (MODIFY_CODE, '(1)') MODIFY_SELECTOR
    CALL GET AND CHECK_FMSSTATUS ( )
    GO TO ( 200, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170), MODIFY_SELECTOR
    CALL MODIFY_KDALK ( )
    GO TO 200
    CALL MODIFY_KDALKEAR ( )
    GO TO 200
    CALL MODIFY_KDMETRA ( )
    GO TO 200
    CALL MODIFY_KDNOMMET ( )
    GO TO 200
    CALL MODIFY_KDREE ( )
    GO TO 200
    CALL MODIFY_KDRAD ( )
    GO TO 200
    GO TO 200
  END DO
  RETURN
  END

```

```

C -----
SUBROUTINE KDMENU01S ( )
  IMPLICIT NONE
  INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SMPSTATUS.FOR'
  INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
  INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
  COMMON WORKSPACE, TCA
  CHARACTER KDOPTION*1, DISCARD_CODE*1
  INTEGER DISCARD_SELECTOR, TERMINATOR, IOSTAT, STATUS
  DISCARD_CODE = ' '
  DO WHILE (DISCARD_CODE .NE. '1')
    CALL FDV$DISP ('KDMENU')
    CALL GET AND CHECK_FMSSTATUS ( )
    CALL FDV$GETAL (DISCARD_CODE, 'KDOPTION')
    CALL GET AND CHECK_FMSSTATUS ( )
    READ (DISCARD_CODE, '(1)') DISCARD_SELECTOR
    CALL GET AND CHECK_FMSSTATUS ( )
    GO TO ( 200, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170), DISCARD_SELECTOR
    CALL DISCARD_KDALK ( )
    GO TO 200
    CALL DISCARD_KDALKEAR ( )
    GO TO 200
    CALL DISCARD_KDMETRA ( )
    GO TO 200
    CALL DISCARD_KDNOMMET ( )
    GO TO 200
    CALL DISCARD_KDREE ( )
    GO TO 200
    CALL DISCARD_KDRAD ( )
    GO TO 200
    GO TO 200
  END DO
  RETURN
  END

```

```

C -----
SUBROUTINE CONSULT_KDALK (CONSULT_KEY)
  IMPLICIT NONE
  INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SMPSTATUS.FOR'
  INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
  INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
  COMMON WORKSPACE, TCA
  CHARACTER SAMPLE_NAME*10, STAT*6, MAP*6, PROV*6, SUBPROV*6,
1     LOC*6, LAT*8, LONG*8, ROCK*6, AGE*6, RAGE*6, YEAR*4,
2     AUTHR*10, GP*20, MIN*15
  CHARACTER T_SAMPLE_NAME*10, T_STAT*6, T_MAP*6, T_PROV*6,
1     T_SUBPROV*6, T_LOC*6, T_LAT*8, T_LONG*8, T_ROCK*6, T_AGE*6,

```

```

2 T RAGE*6, T YEAR*4, T AUTHR*10, T GPO*20, T MIN*15
CHARACTER NGTY*15, LI*7, RB*7, NAT7, CS*7, K*7
1 ANTY*10, MEAN*25, TEMP*6, PRES*6, CMIN*80
CHARACTER ALK*202
INTEGER TERMINATOR, IOSTAT, STATUS
CHARACTER CONSULT_KEY*1
TERMINATOR = 0
STATUS = 0
100 DO WHILE (TERMINATOR .NE. FVSK_KP_PER)
IF (CONSULT_KEY .EQ. 'A') THEN
CALL VAL 1 (SAMPLE_NAME)
READ (10, KEY = SAMPLE_NAME, KEYID=0, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'B') THEN
CALL VAL 2 (STAT)
READ (10, KEY = STAT, KEYID=1, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T STAT = STAT
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'C') THEN
CALL VAL 3 (MAP)
READ (10, KEY = MAP, KEYID=2, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T MAP = MAP
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'D') THEN
CALL VAL 4 (PROV)
READ (10, KEY = PROV, KEYID=3, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T PROV = PROV
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'E') THEN
CALL VAL 5 (SUBPROV)
READ (10, KEY = SUBPROV, KEYID=4, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T SUBPROV = SUBPROV
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'F') THEN
CALL VAL 6 (LOC)
READ (10, KEY = LOC, KEYID=5, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T LOC = LOC
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'G') THEN
CALL VAL 7 (ROCK)
READ (10, KEY = ROCK, KEYID=6, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T ROCK = ROCK
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'H') THEN
CALL VAL 8 (YEAR)
READ (10, KEY = YEAR, KEYID=11, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T YEAR = YEAR
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'I') THEN
CALL VAL 9 (AUTHR)
READ (10, KEY = AUTHR, KEYID=12, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T AUTHR = AUTHR
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'J') THEN
CALL VAL 10 (GPO)
READ (10, KEY = GPO, KEYID=13, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T GPO = GPO
ELSEIF (CONSULT_KEY .EQ. 'K') THEN
CALL VAL 11 (MIN)
READ (10, KEY = MIN, KEYID=14, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2 AGE, RXGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
T MIN = MIN
ENDIF
IF (STATUS .EQ. 0) THEN
READ (60, KEY = SAMPLE_NAME, KEYID=0, IOSTAT = STATUS)
1 SAMPLE_NAME, NGTY, MIN, LI, NA, K, RB, CS,
2 ANTY, REAN, TEMP, PRES, CMIN
IF (CONSULT_KEY .EQ. 'A' .AND. STATUS .NE. 0) GO TO 3000
IF (STATUS .EQ. 0) THEN
CALL FVSKKSP (WDESCR (WORKSPACE))
CALL GET_AND_CHECK_FMSSTATUS ( )
CALL FVSKLOAD ('KDKLK')
CALL GET_AND_CHECK_FMSSTATUS ( )
ALK (1:10) = SAMPLE_NAME
ALK (11:25) = NGTY
ALK (26:40) = MIN
ALK (41:47) = LI
ALK (48:54) = NA
ALK (55:61) = K
ALK (62:68) = RB
ALK (69:75) = CS
ALK (76:85) = ANTY
ALK (86:110) = MEAN
ALK (111:116) = TEMP
ALK (117:122) = PRES
ALK (123:202) = CMIN
CALL FVSKPUTAL (ALK)
CALL GET_AND_CHECK_FMSSTATUS ( )

```

```

CALL FDVSDISP
CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
CALL FDVSDISP ('CONTINUE')
CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
CALL FDVSWAIT (TERMINATOR)
IF (TERMINATOR.EQ. FDVSK_KP_PER .OR.
1   CONSULT_KEY.EQ. 'X') GO TO 3500
   TERMINATOR = 0
   DO WHILE (TERMINATOR.NE. FDVSK_KP_PER .AND. CONSULT_KEY.NE. 'A')
300  READ (10 END=2000 IOSTAT = STATUS) SAMPLE NAME,
1   STAT, MAP, PROV, SUBPROV, LOC, LAT, LONG, ROCK,
2   AGE, RAGE, YEAR, AUTHR, GPO, MIN
   IF (STATUS.EQ. 0) THEN
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'B') THEN
   IF ( STAT.NE. T_STAT) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'C') THEN
   IF ( MAP.NE. T_MAP) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'D') THEN
   IF ( PROV.NE. T_PROV) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'E') THEN
   IF ( SUBPROV.NE. T_SUBPROV) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'F') THEN
   IF ( LOC.NE. T_LOC) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'G') THEN
   IF ( ROCK.NE. T_ROCK) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'H') THEN
   IF ( YEAR.NE. T_YEAR) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'I') THEN
   IF ( AUTHR.NE. T_AUTHR) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'J') THEN
   IF ( GPO.NE. T_GPO) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
   IF (CONSULT_KEY.EQ. 'K') THEN
   IF ( MIN.NE. T_MIN) GO TO 300
   GO TO 400
   ENDIF
400  READ (60, KEY= SAMPLE NAME, KEYID=0, IOSTAT = STATUS)
1   SAMPLE NAME, MGTY, MTN, LI, NA, K, RB, CS,
2   AMTY, MEAN, TEMP, PRES, CMIN
   IF (STATUS.NE. 0) GO TO 2500
   IF (STATUS.EQ. 0) THEN
   CALL FDVLOAD ('KDALK')
   CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
   ALK (1:70) = SAMPLE_NAME
   ALK (11:25) = MGTY
   ALK (26:40) = MTN
   ALK (41:47) = LI
   ALK (48:54) = NA
   ALK (55:61) = K
   ALK (62:68) = RB
   ALK (69:75) = CS
   ALK (76:85) = AMTY
   ALK (86:110) = MEAN
   ALK (111:116) = TEMP
   ALK (117:122) = PRES
   ALK (123:202) = CMIN
   CALL FDVSPUTAL (ALK)
   CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
   CALL FDVSDISP
   CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
   CALL FDVSDISP ('CONTINUE')
   CALL GET AND CHECK FMSSTATUS ( )
   CALL FDVSWAIT (TERMINATOR)
   ELSE
2000  CALL FDVSSIGOP
   CALL FDVSPUTL ('NO MORE DATA SET!!! Press
1   keypad PERIOD')
   CALL FDVSWAIT (TERMINATOR)
   IF (TERMINATOR.NE. FDVSK_KP_PER) GO TO 2000
   END IF
   END IF
2500  END DD
   END IF
   ELSE
3000  IF (CONSULT_KEY.EQ. 'A') THEN
   CALL FDVSSIGOP
   CALL FDVSPUTL ('NO DATA SET STORED!!! Press RETURN
1   or keypad PERIOD')
   CALL FDVSWAIT (TERMINATOR)
   STATUS = 0
   ELSE
   CALL FDVSSIGOP
   CALL FDVSPUTL ('NO DATA SET STORED!!! Press

```



```

1  KEYPAD PERIOD()
   CALL FV$WAIT (TERMINATOR)
   IF (TERMINATOR .NE. FV$K_KP_PER) GO TO 3000
   END IF
   END IF
3500 END DO
   RETURN
   END
C
-----
SUBROUTINE INPUT_KDALK ()
IMPLICIT NONE
INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SM$STATUS.FOR'
INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
COMMON WORKSPACE, TCA
CHARACTER SAMPLE_NAME*10, MGTY*15, MIN*15, LI*7, RB*7,
1     NA*7, CS*7, K*7, ANTY*10, MEAN*25, TEMP*6,
2     PRES*6, CMIN*60
CHARACTER ALK*202
INTEGER IOSTAT, STATUS, TERMINATOR
TERMINATOR = 0
DO WHILE (TERMINATOR .NE. FV$K_KP_PER)
   CALL FV$D1SP ('KDALK')
   CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
   CALL FV$GETAL ('ALK', 'SAMPLE_NAME')
   CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
   READ (ALK, '(A10, Z(A15), S(A7), A10, A25, Z(A6), A80)')
1     SAMPLE_NAME, MGTY, MIN, LI, NA, K, RB, CS,
2     ANTY, REAN, TEMP, PRES, CMIN
100  WRITE (60, IOSTAT = $STATUS) SAMPLE_NAME, MGTY, MIN, LI, NA,
1     RB, CS, ANTY, MEAN, TEMP, PRES, CMIN
   IF ($STATUS .NE. 0) THEN
      CALL FV$SIGOP
      CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
      CALL FV$D1SP ('ERROR INPUT')
      CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
      CALL FV$WAIT (TERMINATOR)
      IF (TERMINATOR .EQ. FV$K_KP_0) THEN
         CALL FV$D1SP ('SAMPLE_NAME')
         CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
         CALL FV$GET ('SAMPLE_NAME', 'SAMPLE_NAME')
         CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
         GO TO 100
      ELSE
         DO TO 200
         ENDIF
      ELSE
         CALL FV$D1SP ('COMPLETE IN')
         CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
         CALL FV$WAIT (TERMINATOR)
         CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
      ENDIF
200  END DO
   RETURN
   END
C
-----
SUBROUTINE MODIFY_KDALK ()
IMPLICIT NONE
INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:SM$STATUS.FOR'
INCLUDE 'FMS$EXAMPLES:FDVDEF.FOR'
INTEGER WORKSPACE(3), TCA(3)
COMMON WORKSPACE, TCA
CHARACTER SAMPLE_NAME*10, MGTY*15, MIN*15, LI*7, RB*7, NA*7,
1     CS*7, K*7, ANTY*10, MEAN*25, TEMP*6, PRES*6, CMIN*60
CHARACTER ALK*202
INTEGER TERMINATOR, IOSTAT, STATUS
TERMINATOR = 0
DO WHILE (TERMINATOR .NE. FV$K_KP_PER)
   CALL FV$D1SP ('M SAMPLE_NAME')
   CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
   CALL FV$GET ('SAMPLE_NAME', 'M SAMPLE_NAME')
   CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
   READ (60, KEY=5) SAMPLE_NAME, KEID=0, IOSTAT = STATUS)
1     SAMPLE_NAME, MGTY, MIN, LI, RB, NA, CS, K,
2     ANTY, REAN, TEMP, PRES, CMIN
   IF ($STATUS .EQ. 0) THEN
      CALL FV$SWKSP ('$DESCR (WORKSPACE)')
      CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
      CALL FV$LOAD ('KDALK')
      CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
      ALK (1:10) = SAMPLE_NAME
      ALK (11:25) = MGTY
      ALK (26:40) = MIN
      ALK (41:47) = LI
      ALK (48:54) = NA
      ALK (55:61) = K
      ALK (62:68) = RB
      ALK (69:75) = CS
      ALK (76:85) = ANTY
      ALK (86:110) = MEAN
      ALK (111:116) = TEMP
      ALK (117:122) = PRES
      ALK (123:202) = CMIN
      CALL FV$SPUTAL (ALK)
      CALL GET AND CHECK FMS$STATUS ()
      CALL FV$D1SPW

```

## APENDICE B

### TABLAS POR ELEMENTO

Contiene:

Tablas de resultados estadísticos  
agrupadas por elementos en orden  
de número atómico creciente.

### Abreviaturas utilizadas

- Kim: kimberlita
- Lherz: lherzolita
- HawHy: hawaita de hiperstena
- HawBas: hawaita basáltica
- Ank: ankaramita
- MORB: meso-oceanic ridge basalt
- Bas: basalto
- Muq: muquearita
- Basnt: basanita
- BasAlc: basalto alcalino
- BasAnd: basalto andesítico
- VolcAlc: rocas volcánicas alcalinas
- TraBen: traquitabenmoreita
- AndTol: Andesita Toleítica
- Andes: andesita
- AndHy: andesita de hiperstena
- Fon: fonolita
- Dac: dacita
- Riodac: riodacita
- Riol: riolita
- Met: meteorita
- Camp: camptonita
- Pig: pigeonita
- TolOl: toleita de olivino

## Abreviaturas utilizadas de tipo estadístico

- n: número de muestras
- min: valor mínimo del rango
- max: valor máximo del rango
- X: valor promedio
- SD: desviación estándar

Tabla B.1. Ll

Tipo de roca	Mineral	n	min	max	X	SD
Dacita	Hy	2	0.16	0.21	0.186	0.03
	Pg	2	0.27	0.06	0.466	0.2
	Hb	2	0.18	0.22	0.20	0.02

Tabla B.2. Na

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.006	—
	Cpx	1	—	—	0.170	—
	Pg	1	—	—	1.170	—
	Fp	1	—	—	0.990	—
	Hb	1	—	—	0.540	—
	Bio	1	—	—	0.20	—
Dacita	Pg	2	1.59	1.66	1.025	0.04
	Hb	2	0.386	0.410	0.398	0.01
Riolita	Qs	4	0.0234	0.0372	0.0286	0.006
Tolcita de ol	Ol	6	0.012	0.024	0.019	0.004
Meteorita	Wh	1	—	—	0.32	—
	Cpx	2	0.38	0.45	0.415	0.04

Tabla B.3. K

Tipo roca	Mineral	n	min	max	X	SD
Kimberlita	Pg	1	—	—	4.6	—
	Cpx	1	—	—	20	—
	Opx	1	—	—	23	—
	Ol	1	—	—	57	—
Ankaramita Oc	Hb	1	—	—	1.4	—
	Pg	1	—	—	0.231	—
	Cpx	4	0.0286	0.273	0.1062	0.1
	Ol	2	0.0058	0.0081	0.0068	0.001
Morb	Hb	1	—	—	1.2	—
	Cpx	1	—	—	210	—
	Opx	1	—	—	240	—
	Ol	1	—	—	595	—
	Pg	1	—	—	0.158	—
Basalto alc	Pg	2	0.17	0.361	0.265	0.1
	Fp	1	—	—	1.91	—
	Hb	1	—	—	0.29	—
	Bio	1	—	—	1.87	—
Basalto and	Pg	1	—	—	0.151	—
	Cpx	2	0.0084	0.0271	0.0177	0.01
Andesita tol	Pg	2	0.0185	0.0196	0.0192	0.0006
Andesita	Pg	2	0.0837	0.137	0.1104	0.03
	Hb	1	—	—	0.333	—
	Cpx	1	—	—	0.0185	—
	Opx	1	—	—	0.019	—
Fonolita	Cpx	1	—	—	0.0135	—
	Mic	1	—	—	2.85	—
Dacita	Hy	2	0.0005	0.0023	0.0014	0.001
	Pg	4	0.078	0.263	0.1755	0.1
	Hb	2	0.065	0.061	0.073	0.01
	Mic	1	—	—	5.63	—
	Gt	1	—	—	0.0198	—
Riodacita	Fp	1	—	—	1.49	—
	Cpx	1	—	—	0.0366	—
	Mic	1	—	—	1.01	—
Camptonita	Hb	1	—	—	1.15	—
Pigeonita	Cpx	1	—	—	0.0034	—

Table B.4. Rb

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Kimberlita	Pg	1	—	—	30	—
	Cpx	1	—	—	18	—
	Opx	1	—	—	19	—
	Ol	1	—	—	38	—
Hawaíta bas	Cpx	1	—	—	0.03	—
	Anf	1	—	—	0.09	—
	Ol	1	—	—	0.03	—
	TiMt	1	—	—	0.33	—
	Pg	1	—	—	0.39	—
Ankaramita Oc	Hb	1	—	—	0.427	—
	Pg	1	—	—	0.058	—
	Cpx	4	0.0148	0.284	0.092	0.17
	Ol	2	0.0084	0.0113	0.0098	0.002
Basalto	Hb	1	—	—	3.7	—
	Cpx	1	—	—	185	—
	Opx	1	—	—	195	—
	Ol	1	—	—	390	—
	Pg	1	—	—	0.0294	—
Mugearita	Cpx	1	—	—	0.04	—
	Anf	1	—	—	0.11	—
	Ol	1	—	—	0.05	—
	TiMt	1	—	—	0.034	—
	Pg	1	—	—	0.03	—
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.04	—
	Cpx	1	—	—	0.04	—
	Pg	2	0.13	0.138	0.134	0.005
	Fp	1	—	—	0.3	—
	Hb	1	—	—	1.9	—
	Bio	1	—	—	1.9	—
Basalto and	Pg	1	—	—	0.188	—
	Cpx	2	0.0139	0.0393	0.0268	0.01
Volc Alc K	Cpx	3	0.013	0.018	0.015	0.002
	Leu	3	1.6	3	2.4	0.50
	Mt	1	—	—	0.029	—
	Bio	1	—	—	1.3	—
	Fp	1	—	—	0.8	—
	Hau	1	—	—	0.18	—
Traqui-Benmor	Cpx	1	—	—	0.04	—
	Ol	1	—	—	0.08	—
	Anf	1	—	—	0.14	—
	TiMt	1	—	—	0.14	—
	Pg	1	—	—	0.07	—
	Fp	1	—	—	0.16	—
Andesita Tol	Pg	2	0.026	0.0463	0.0387	0.01
		Pg	2	0.0609	0.0708	0.0607
Andesita	Hb	1	—	—	0.0448	—
	Cpx	1	—	—	0.0129	—
	Opx	1	—	—	0.0148	—

Table B.5. Cs

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Volc alc K	Leu	2	1.8	7.8	3.7	0.4
	Bio	1	—	—	1.0	—
	Fp	1	—	—	0.11	—
	Hau	1	—	—	0.005	—
Dacita	Pg	1	—	—	0.05	—
	Anf	1	—	—	0.08	—
	Cpx	1	—	—	0.1	—
	Ap	1	—	—	0.01	—
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.05	—
	Cpx	1	—	—	0.04	—
	Pg	1	—	—	0.13	—
	Fp	1	—	—	0.14	—
	Hb	1	—	—	0.5	—
	Bio	1	—	—	1.09	—
Basalto	Pz	4	0.0006	0.0042	0.0028	0.001
Riolita	Fp	4	0.11	0.37	0.20	0.1
	Pg	6	0.02	0.18	0.11	0.05
	Qz	4	0.014	0.044	0.029	0.01
	Opx	2	0.44	0.77	0.61	0.2
	Bio	3	1.2	4.4	3.0	1.6
	Ox	1	—	—	0.001	—

Table B.6. Mg

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Basalto alc	Ol	1	—	—	9.6	—
	Cpx	1	—	—	5.4	—
	Pg	1	—	—	0.04	—
	Hb	1	—	—	10.5	—
	Bio	1	—	—	35	—
Dacita	Hy	2	48.5	50.6	49.55	1.48
	Hb	1	—	—	24.2	—
Tolita de ol	Ol	6	4.38	7.42	5.93	1.13
Meteorita	Wh	1	—	—	0.56	—

Table B.7. Ca

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.04	—
	Cpx	1	—	—	3.40	—
	Pg	1	—	—	1.95	—
	Fp	1	—	—	0.28	—
	Hb	1	—	—	3.43	—
	Bio	1	—	—	4.05	—
Dacita	Pg	2	3.85	4.25	4.05	0.7
	Hy	2	0.55	1.04	0.795	0.3
	Hb	2	5.80	6.30	6.05	0.3
Tolita de ol	Ol	6	0.020	0.039	0.031	0.008

Tabla B.8. 5r

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Camptonita	Hb	2	0.848	0.041	0.8946	0.06
	Pg	26	1.875	2.213	1.957	0.1
	Cpx	13	0.167	0.278	0.2168	0.03
Basanita	Ap	2	1.1	1.3	1.2	0.1414
Kimberlita	Pg	1	—	—	0.6	—
	Cpx	1	—	—	2	—
	Opx	1	—	—	44	—
	Ol	1	—	—	80	—
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.07	—
	Cpx	1	—	—	0.16	—
	Pg	2	3.70	2.78	2.725	0.03
	Fp	1	—	—	10.0	—
	Hb	1	—	—	0.3	—
	Blo	1	—	—	0.7	—
Basalto	Pg	1	—	—	1.36	—
	Hb	1	—	—	3.3	—
	Cpx	1	—	—	8.7	—
	Opx	1	—	—	190	—
	Ol	1	—	—	800	—
Basalto and	Pg	1	—	—	1.66	—
	Cpx	2	0.0782	0.0934	0.0858	0.01
Fonolita	Cpx	1	—	—	0.184	—
	Mic	1	—	—	0.6612	—
Riolita	Fp	4	4.5	7.3	5.4	1.3
	Pg	6	6.8	33	16.63	10.8
	Blo	2	0.29	0.82	0.406	0.1
Riodacita	Fp	1	—	—	3.87	—
	Cpx	1	—	—	0.516	—
	Mic	1	—	—	0.672	—
Pigeonita	Cpx	1	—	—	0.0019	—
Ankaramita oc	Pg	1	—	—	1.77	—
	Cpx	2	0.105	0.43	0.166	0.1
	Ol	2	0.0094	0.0188	0.014	0.006
Vole alc K	Cpx	3	0.33	0.26	0.243	0.01
	Leu	2	0.078	0.13	0.079	0.05
	Mt	1	—	—	0.19	—
	Blo	1	—	—	0.38	—
	Fp	1	—	—	5.3	—
	Hes	1	—	—	1.4	—
Dacita	Pg	4	1.45	4.40	2.87	1.2
	Hf	2	0.0088	0.046	0.0273	0.028
	Hb	2	0.0224	0.094	0.0583	0.08
	Mic	1	—	—	0.12	—
	Qt	1	—	—	0.0164	—
	Anf	1	—	—	0.3	—
	Ap	1	—	—	0.01	—
	Cpx	1	—	—	0.3	—
	Andesita de Hy	Fg	1	—	—	1.66
Opx	1	—	—	0.0101	—	
Andesita toleí	Pg	2	1.27	1.31	1.29	0.02
	Ap	2	1.3	1.4	1.35	0.07
Andesita	Pg	3	1.31	1.63	1.57	0.3
	Opx	1	—	—	0.0241	—
	Hb	1	—	—	0.168	—
	Cpx	1	—	—	0.648	—

Tabla B.9. Ba

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Basalto and	Pg	1	—	—	0.132	—
	Cpx	2	0.0153	0.0275	0.0204	0.01
Kimberlita	Pg	1	—	—	7	—
	Cpx	1	—	—	33	—
	Opx	1	—	—	73	—
	Ol	1	—	—	80	—
Fonolita	Cpx	1	—	—	0.0128	—
	Mic	1	—	—	1.09	—
Riolita	Fp	4	4.9	24	11.46	8.5
	Pg	6	0.66	3.3	1.818	0.9
	Qt	4	0.004	0.06	0.032	0.03
	Blo	2	8.8	29	17.3	16
	Camptonita	Hb	2	0.417	0.721	0.574
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.03	—
	Cpx	1	—	—	0.04	—
	Pg	2	0.66	0.589	0.6745	0.02
	Fp	1	—	—	3.6	—
	Hb	1	—	—	6.4	—
Blo	1	—	—	10	—	
Basalto	Pg	1	—	—	0.161	—
	Hb	1	—	—	2.3	—
	Cpx	1	—	—	22	—
	Opx	1	—	—	48	—
	Ol	1	—	—	40	—
Riodacita	Fp	1	—	—	6.12	—
	Cpx	1	—	—	0.131	—
	Mic	1	—	—	15.3	—
Pigeonita	Cpx	1	—	—	0.0064	—
Ankaramita oc	Pg	1	—	—	0.383	—
	Cpx	2	0.0199	0.358	0.1050	0.1
	Ol	2	0.0086	0.0112	0.0099	0.001
Vole alc K	Cpx	1	—	—	0.39	—
	Leuc	3	0.046	1.3	0.7463	0.8
	Mt	1	—	—	0.08	—
	Blo	1	—	—	4.4	—
	Fp	1	—	—	3.8	—
	Hau	1	—	—	0.33	—
Dacita	Pg	4	0.304	0.363	0.3336	0.03
	Hf	2	0.0023	0.0029	0.0027	0.0003
	Hb	2	0.044	0.034	0.049	0.007
	Mic	1	—	—	6.39	—
	Qt	1	—	—	0.0172	—
	Anf	1	—	—	0.1	—
	Ap	1	—	—	0.01	—
Cpx	1	—	—	0.3	—	
Andesita de Hy	Fg	1	—	—	0.133	—
	Opx	1	—	—	0.0141	—
Andesita toleí	Pg	1	—	—	0.0837	—
Andesita	Pg	2	0.137	0.187	0.187	0.04
	Opx	1	—	—	0.0121	—
	Hb	1	—	—	0.0966	—
	Cpx	1	—	—	0.0414	—

Tabla B.10. Sc

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Fp	4	0.01	0.04	0.02	0.01
	Pg	6	0.02	0.06	0.05	0.01
	Qs	4	0.10	0.15	0.11	0.002
	Opx	3	--	--	15	--
	Cpx	3	23	65	44	21
	Bio	3	4.9	20	13.63	7.6
	Mt	3	1.6	15.6	10.63	7.9
Il	1	--	--	5.9	--	
Basalto alc	Ol	1	--	--	0.23	--
	Cpx	1	--	--	3	--
	Pg	1	--	--	0.04	--
	Fp	1	--	--	0.1	--
	Hb	1	--	--	6	--
	Bio	1	--	--	6.3	--
Volc alc K	Cpx	3	2.6	14	7.333	8.9
	Leu	3	0.041	0.4	0.161	0.2
	Mt	1	--	--	1.5	--
	Bio	1	--	--	10	--
	Fp	1	--	--	0.077	--
	Hau	1	--	--	0.028	--
Tolcita de ol	Ol	6	0.14	0.23	0.1633	0.03
Hawaita bas	Cpx	1	--	--	2.8	--
	Anf	1	--	--	2.9	--
	Ol	1	--	--	0.18	--
	TiMt	1	--	--	1.59	--
	Pg	1	--	--	0.02	--
Mugearita	Cpx	1	--	--	4.05	--
	Anf	1	--	--	4.01	--
	Ol	1	--	--	0.24	--
	TiMt	1	--	--	5.36	--
Benmor-Tyaqal	Pg	1	--	--	0.04	--
	Cpx	1	--	--	27.6	--
	Anf	1	--	--	15.3	--
	Ol	1	--	--	0.92	--
	TiMt	1	--	--	22.7	--
	Fp	1	--	--	0.06	--
	Pg	1	--	--	0.08	--
	Fp	1	--	--	0.08	--

Tabla B.11. Ti

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Qs	4	0.015	0.058	0.0362	0.01
Basalto alc	Ol	1	--	--	0.005	--
	Cpx	1	--	--	0.07	--
	Pg	1	--	--	0.05	--
	Fp	1	--	--	0.05	--
	Hb	1	--	--	4.98	--
	Bio	1	--	--	13.1	--

Tabla B.12. V

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Dacita	Anf	1	--	--	10	--
	Pg	1	--	--	0.05	--
	Cpx	1	--	--	5	--
	Qs	1	--	--	32	--
	Ap	1	--	--	0.01	--

Tabla B.13. Cr

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Bio	2	6.3	31	19.65	16.0
	Mt	2	54	164	109	77.7
	Il	1	--	--	3	--
Basalto alc	Ol	1	--	--	2.8	--
	Cpx	1	--	--	6.3	--
	Pg	1	--	--	0.06	--
	Fp	1	--	--	0.6	--
	Hb	1	--	--	2.9	--
Volc alc K	Bio	1	--	--	5.4	--
	Cpx	3	1.9	6.4	4.33	3.5
	Mt	1	--	--	11	--
	Bio	1	--	--	4.2	--
	Fp	1	--	--	0.6	--
Tolcita de ol	Hau	1	--	--	0.059	--
	Ol	6	1.06	3.06	2.27	0.6

Tabla B.14. Mn

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Pg	6	0.07	0.76	0.26	0.2
	Qs	4	0.015	0.066	0.039	0.02
	Opx	2	41	60	45.5	6.3
	Cpx	3	28	86	43.6	14.2
	Bio	3	13.6	205	124.5	99.2
	Mt	3	28	37	32	4.5826
	Il	1	--	--	115	--
Tolcita de ol	Ol	6	0.120	1.53	1.0519	0.2

Tabla B.15. Fe

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Qs	1	--	--	0.0059	--
Basalto alc	Ol	1	--	--	1.89	--
	Cpx	1	--	--	0.99	--
	Pg	1	--	--	0.04	--
	Fp	1	--	--	0.08	--
	Hb	1	--	--	3.55	--
	Bio	1	--	--	7.28	--
Tolcita de ol	Ol	6	1.223	1.80	1.4	0.2



Table B.16. Co

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Basalto alc	Ol	1	—	—	6.1	—
	Cpx	1	—	—	1.02	—
	Pg	1	—	—	0.07	—
	Fp	1	—	—	0.8	—
	Hb	1	—	—	16	—
	Blo	1	—	—	23	—
Volc alc K	Cpx	3	0.44	4.1	1.91	1.9
	Leu	3	0.04	0.23	0.11	0.1
	Mt	1	—	—	17	—
	Blo	1	—	—	19	—
	Fp	1	—	—	0.48	—
Toleita de ol	Ol	6	2.75	4.19	3.50	0.5
	Hawaita bas	Cpx	1	—	0.95	—
	Anf	1	—	—	1.3	—
	Ol	1	—	—	4.61	—
	TiMt	1	—	—	4.61	—
	Pg	1	—	—	0.06	—
Mugearita	Cpx	1	—	—	1.56	—
	Anf	1	—	—	2.1	—
	Ol	1	—	—	6.43	—
	TiMt	1	—	—	8.52	—
	Pg	1	—	—	0.08	—
Benmor-Traquil	Cpx	1	—	—	6.3	—
	Anf	1	—	—	16.7	—
	Ol	1	—	—	14.6	—
	TiMt	1	—	—	41.7	—
	Pg	1	—	—	0.08	—
	Fp	1	—	—	0.29	—

Table B.17. Ni

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Basalto alc	Ol	1	—	—	34	—
	Cpx	1	—	—	2.5	—
	Pg	1	—	—	0.04	—
	Fp	1	—	—	0.5	—
	Blo	1	—	—	1.3	—
Volc alc K	Cpx	3	4.1	7.4	5.5	1.6
	Blo	1	—	—	19	—
Toleita de ol	Ol	6	8.25	24.867	16.808	4.6
Dacita	Anf	1	—	—	8.3	—
	Pg	1	—	—	0.04	—
	Cpx	1	—	—	4	—
	Ox	1	—	—	20	—
	Ap	1	—	—	0.01	—

Table B.18. Zn

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Pg	6	1	6.1	2.78	1.9
	Blo	3	42	230	108	108
	Mt	2	108	110	107.5	3.6
	Π	1	—	—	126	—

Table B.19. Y

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Pg	6	0.04	0.21	0.13	0.06
	Blo	3	1.0	1.4	1.23	0.2

Table B.20. Zr

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Fp	4	0.01	0.08	0.03	0.01
	Pg	6	0.04	0.36	0.13	0.1
	Blo	3	0.79	1.6	1.19	0.5
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.06	—
	Cpx	1	—	—	0.27	—
	Pg	1	—	—	0.13	—
	Fp	1	—	—	0.27	—
	Hb	1	—	—	1.20	—
	Blo	1	—	—	2.60	—
Hawaita bas.	Cpx	1	—	—	0.3	—
	Anf	1	—	—	0.37	—
	Ol	1	—	—	0.07	—
	TiMt	1	—	—	3.6	—
	Pg	1	—	—	0.09	—
Dacita	Anf	1	—	—	4.0	—
	Pg	1	—	—	0.1	—
	Cpx	1	—	—	0.6	—
	Ox	1	—	—	0.8	—
	Ap	1	—	—	0.1	—
Mugearita	Cpx	1	—	—	0.44	—
	Anf	1	—	—	0.41	—
	Ol	1	—	—	0.07	—
	TiMt	1	—	—	0.94	—
	Pg	1	—	—	0.04	—
Benmor-Traquil	Cpx	1	—	—	1.02	—
	Anf	1	—	—	0.72	—
	Ol	1	—	—	0.07	—
	TiMt	1	—	—	3.98	—
	Pg	1	—	—	0.16	—
	Fp	1	—	—	0.17	—

Tabla B.21. Nb

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Bio	3	4	9.5	6.3	2.8
Dacita	Anf	1	—	—	4	—
	Pg	1	—	—	0.06	—
	Cpx	1	—	—	0.8	—
	Ox	1	—	—	2.5	—
	Ap	1	—	—	0.1	—

Tabla B.22. Mo

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Qs	2	0.15	0.22	0.18	0.04
	Bio	2	1.7	5.7	3.7	2.5
	Mt	3	6	16	11.6	5.1
	Il	1	—	—	3	—

Tabla B.23. Hf

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Fp	4	0.02	0.05	0.0325	0.015
	Pg	6	0.06	0.29	0.1483	0.1023
	Qs	4	0.018	0.057	0.0303	0.018
	Opx	2	0.18	0.22	0.2	0.0283
	Cpx	3	0.13	0.7	0.49	0.4327
	Bio	3	0.44	0.84	0.7033	0.2281
	Mt	2	0.95	2.9	1.925	1.3769
	Il	1	—	—	3.1	—
Basalto	Px	8	0.327	0.375	0.353	0.0166
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.04	—
	Cpx	1	—	—	0.48	—
	Pg	1	—	—	0.05	—
	Fp	1	—	—	0.13	—
	Hb	1	—	—	0.92	—
	Bio	1	—	—	1.8	—
Volc alc K	Cpx	3	0.98	2.3	1.5933	0.6649
	Leu	3	0.022	0.086	0.0443	0.0193
	Mt	1	—	—	0.45	—
	Bio	1	—	—	0.37	—
	Fp	1	—	—	0.025	—
	Hau	1	—	—	0.043	—
Hawaita bas	Cpx	1	—	—	0.5	—
	Anf	1	—	—	0.5	—
	Ol	1	—	—	0.03	—
	TiMt	1	—	—	0.37	—
	Pg	1	—	—	0.04	—
Dacita	Anf	1	—	—	4	—
	Pg	1	—	—	0.1	—
	Cpx	1	—	—	0.8	—
	Ox	1	—	—	0.8	—
	Ap	1	—	—	0.1	—
Mugearita	Cpx	1	—	—	0.64	—
	Anf	1	—	—	0.6	—
	Ol	1	—	—	0.02	—
	TiMt	1	—	—	0.91	—
	Pg	1	—	—	0.02	—
	Benmor-Traqui	Cpx	1	—	—	0.95
Anf		1	—	—	0.84	—
Ol		1	—	—	0.09	—
TiMt		1	—	—	2.51	—
Pg		1	—	—	0.03	—
Fp		1	—	—	0.08	—

Tabla B.24. Ta

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Fp	4	0.001	0.02	0.0103	0.0078
	Fg	6	0.02	0.08	0.038	0.0122
	Qz	4	0.007	0.008	0.0078	0.0008
	Cpx	2	0.13	0.20	0.168	0.0495
	Cpx	3	0.09	0.87	0.2633	0.2663
	Bio	3	1.7	1.9	1.6987	0.3812
	Mt	2	2.3	4.5	3.1987	1.1719
	Π	1	—	—	—	—
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.03	—
	Cpx	1	—	—	0.06	—
	Fg	1	—	—	0.04	—
	Fp	1	—	—	0.08	—
	Hb	1	—	—	0.62	—
	Bio	1	—	—	0.18	—
Volc alc K	Cpx	3	0.1	0.13	0.118	0.0212
	Leu	2	0.12	0.87	0.348	0.3182
	Mt	1	—	—	0.7	—
	Bio	1	—	—	0.63	—
	Fp	1	—	—	0.027	—
	Hau	1	—	—	0.006	—
Hawaita bas	Cpx	1	—	—	0.08	—
	Anf	1	—	—	0.19	—
	Ol	1	—	—	0.02	—
	TiMt	1	—	—	0.86	—
	Fg	1	—	—	0.03	—
Dacita	Anf	1	—	—	4	—
	Fg	1	—	—	0.06	—
	Cpx	1	—	—	0.8	—
	Ox	1	—	—	2.6	—
	Ap	1	—	—	0.1	—
Mugearita	Cpx	1	—	—	0.23	—
	Anf	1	—	—	0.39	—
	Ol	1	—	—	0.02	—
	TiMt	1	—	—	2.17	—
	Fg	1	—	—	0.03	—
Benmor-Traquil	Cpx	1	—	—	0.47	—
	Anf	1	—	—	1.02	—
	Ol	1	—	—	0.14	—
	TiMt	1	—	—	2.88	—
	Fg	1	—	—	0.03	—
	Fp	1	—	—	0.08	—

Tabla B.24. A1

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Meteorita	Wh	1	—	—	0.01	—
	Cpx	2	0.48	0.64	0.56	0.1
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.007	—
	Cpx	1	—	—	0.48	—
	Fg	1	—	—	1.83	—
	Fp	1	—	—	1.26	—
	Hb	1	—	—	0.78	—
	Bio	1	—	—	0.92	—

Tabla B.28. S1

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Meteorita	Wh	1	—	—	8.3	—
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.78	—
	Cpx	1	—	—	0.91	—
	Fg	1	—	—	1.02	—
	Fp	1	—	—	0.96	—
	Hb	1	—	—	0.66	—
	Bio	1	—	—	0.82	—

Tabla B.27. P

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Meteorita	Cpx	2	0.013	0.016	0.024	0.001

Tabla B.28. Pb

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Riolita	Fp	4	0.99	4.1	2.44	1.4
	Fg	6	0.42	2.2	0.97	0.8
	Bio	3	0.1	1.6	0.8	0.7
Basalto	Px	3	0.0089	0.0128	0.0101	0.002

**Tabla B.29. La**

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Volc alc K	Cpx	3	0.15	0.36	0.26	0.1
	Leu	3	0.02	0.066	0.036	0.02
	Blo	1	—	—	0.37	—
	Fp	1	—	—	0.64	—
	Hau	1	—	—	0.089	—
Andesita tel	Ap	4	2.5	3.4	2.7	0.4
Andesita	Ap	2	4.4	6.4	5.4	1.4
Riolita	Fp	4	0.07	0.1	0.08	0.01
	Pg	6	0.30	0.45	0.38	0.06
	Qs	4	0.012	0.018	0.015	0.002
	Opz	2	0.72	0.84	0.78	0.08
	Cpx	3	0.76	1.7	1.11	0.5
	Blo	3	0.76	16.1	5.71	8
	Mt	3	0.6	1.9	1.2	0.6
	Il	1	—	—	7.1	—
Hawaita bas	Cpx	1	—	—	0.13	—
	Anf	1	—	—	0.12	—
	Ol	1	—	—	0.01	—
	TiMt	1	—	—	0.19	—
	Pg	1	—	—	0.12	—
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.03	—
	Cpx	1	—	—	0.12	—
	Pg	1	—	—	0.2	—
	Fp	1	—	—	0.24	—
	Hb	1	—	—	0.6	—
	Blo	1	—	—	0.7	—
Basalto-Traquil	Cpx	1	—	—	0.66	—
	Anf	1	—	—	0.85	—
	Ol	1	—	—	0.4	—
	TiMt	1	—	—	0.87	—
	Pg	1	—	—	0.23	—
	Fp	1	—	—	0.24	—
Basanita	Ap	7	3.5	4.9	3.3	0.9
Hawaita de hy	Ap	2	4.8	4.9	4.85	0.07

**Tabla B.30. Ca**

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Volc alc K	Cpx	3	0.19	0.54	0.52	0.3
	Leu	3	0.024	0.078	0.043	0.03
	Mt	1	—	—	0.66	—
	Blo	1	—	—	0.55	—
	Fp	1	—	—	0.039	—
	Hau	1	—	—	0.062	—
Riolita	Fp	4	0.02	0.06	0.04	0.01
	Pg	6	0.21	0.34	0.26	0.05
	Qs	4	0.006	0.016	0.013	0.006
	Opz	2	0.87	0.99	0.93	0.08
	Cpx	3	1.2	2.9	1.6	0.9
	Blo	3	0.86	11	4.35	8
	Mt	3	1.02	2.7	1.64	0.9
	Il	1	—	—	7.8	—
Dacita	Pg	4	0.109	0.347	0.261	0.1
	Hy	8	0.062	0.262	0.136	0.07
	Hb	4	0.429	1.77	1.249	0.6
	Ap	1	—	—	15.8	—
	Aug	1	—	—	0.362	—
Lherzolita	Cpx	4	0.206	0.51	0.317	0.1
	Opz	3	0.081	0.072	0.089	0.01
	Ol	4	0.025	0.049	0.038	0.01
	Qtz	2	0.0087	0.0086	0.0087	0.0007
Basalto	Qtz	1	—	—	0.21	—

**Tabla B.31. Nd**

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Volc alc K	Cpx	3	0.34	1.6	0.94	0.6
	Leu	2	0.03	0.045	0.037	0.01
	Mt	1	—	—	0.8	—
	Blo	1	—	—	0.8	—
	Fp	1	—	—	0.034	—
	Hau	1	—	—	0.048	—
Riolita	Fp	4	0.03	0.04	0.035	0.006
	Pg	6	0.07	0.29	0.20	0.05
	Qs	4	0.009	0.024	0.016	0.006
	Opz	2	1.2	1.3	1.26	0.07
	Cpx	3	2.3	5.2	3.3	1.6
	Blo	3	0.9	5.7	2.68	2
	Mt	3	1.5	3.6	2.267	1.07
	Il	1	—	—	7.6	—
Dacita	Pg	8	0.061	0.29	0.18	0.09
	Hy	8	0.113	0.348	0.197	0.1
	Hb	4	1.02	4.49	3.45	1.6
	Ap	1	—	—	21	—
	Aug	1	—	—	0.94	—
Basalto	Qtz	1	—	—	0.87	—

Table B.32. Sm

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Volc alk K	Cpx	3	0.55	1.2	0.87	0.4
	Leu	3	0.017	0.061	0.032	0.02
	Blo	1	—	—	0.95	—
	San	1	—	—	0.016	—
	Hau	1	—	—	0.032	—
Toleita de ol	Ol	6	0.003	0.015	0.009	0.003
Andesita tol	Ap	2	5.5	7.8	6.1	1.1
Andesita	Ap	2	9.8	19.1	14.4	6.5
Riolita	San	4	0.02	0.04	0.025	0.01
	Pg	6	0.11	0.23	0.16	0.04
	Qz	4	0.008	0.017	0.014	0.004
	Opz	2	1.5	1.7	1.6	0.1
	Cpx	3	3.8	8.3	6.2	2.8
	Blo	3	1.0	4.3	2.1	1.8
	Mt	3	1.9	4.5	2.8	1.4
Il	1	—	—	6.9	—	
Dacita	Pg	5	0.05	0.163	0.1112	0.0433
	Hy	5	0.133	0.384	0.248	0.1
	Hb	4	1.61	8.2	6.2	3.1
	Ap	1	—	—	20.7	—
	Aug	1	—	—	1.52	—
Basalto	Gt	1	—	—	0.217	—
Lherzolita	Cpx	4	0.25	0.513	0.385	0.1
	Opz	4	0.042	0.099	0.060	0.02
	Ol	4	0.03	0.07	0.045	0.01
	Gt	2	0.293	0.321	0.307	0.01
Basanita	Ap	7	4.5	12.4	6.6	3.1
Hawaita de ilv	Ap	2	9.8	10.5	10.15	0.4

Table B.33. Eu

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Volc alc K	Cpx	3	0.54	2	1.2	0.7
	Leu	3	0.032	0.082	0.057	0.02
	Mt	1	—	—	0.74	—
	Blo	1	—	—	0.91	—
	Fp	1	—	—	1	—
	Hau	1	—	—	0.53	—
Andesita tol	Mel	5	0.54	1.3	0.93	0.3
Riolita	Fp	4	3.3	6.5	4.45	1.4
	Pg	6	3.8	7.9	5.41	1.4
	Qz	4	0.031	0.08	0.055	0.02
	Opz	2	0.81	0.84	0.825	0.02
	Cpx	3	3.2	5.8	4.1	1.4
	Blo	3	0.59	4.7	2.02	2
Morb	Mt	4	0.44	2.5	1.38	1
	Pg	24	0.113	0.94	0.323	0.1
Hawaita bas	Cpx	12	0.115	0.529	0.371	0.1
	Cpx	1	—	—	0.59	—
Hawaita bas	Anf	1	—	—	0.7	—
	Ol	1	—	—	0.02	—
	TiMt	1	—	—	0.22	—
	Pg	1	—	—	0.21	—
	Ol	1	—	—	0.03	—
Basalto alc	Cpx	1	—	—	0.63	—
	Pg	1	—	—	0.5	—
	Fp	1	—	—	1.23	—
	Hb	1	—	—	0.76	—
	Blo	1	—	—	1.08	—
	Benmor-traquil	Cpx	1	—	—	2.39
Anf		1	—	—	2.72	—
Ol		1	—	—	0.21	—
TiMt		1	—	—	2.52	—
Pg		1	—	—	1.34	—
Fp		1	—	—	0.92	—
Dacita		Pg	5	0.082	2.81	1.73
	Hy	5	0.093	0.270	0.161	0.07
	Hb	4	1.39	5.9	4.205	1.9
	Ap	1	—	—	14.5	—
	Aug	1	—	—	1.11	—
Basalto	Gt	1	—	—	0.32	—

Tabla B.34. Gd

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			mln	max		
Dacita	Pg	1	—	—	0.129	—
	Hy	2	0.17	0.278	0.223	0.07
	Hb	1	—	—	2	—
	Ap	1	—	—	21.7	—
Basalto	Gt	1	—	—	0.498	—

Tabla B.35. Tb

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			mln	max		
Volc alc K	Cpx	3	0.41	2.1	1.2	0.8
	Leu	3	0.063	0.12	0.082	0.03
	Mt	1	—	—	0.64	—
	Blo	1	—	—	0.93	—
	Fp	1	—	—	0.026	—
	Hau	1	—	—	0.04	—
	Riolita	Fp	4	0.01	0.06	0.025
	Pg	6	0.07	0.13	0.125	0.03
	Qs	4	0.007	0.026	0.017	0.007
	Opx	2	1.8	1.9	1.85	0.07
	Cpx	3	4.6	12.9	7.5	4
	Blo	3	0.87	3.9	1.9	1.6
	Mt	3	2	4.6	3.2	1.4
	Il	1	—	—	6.5	—
Hawaia bas	Cpx	1	—	—	0.73	—
	Anf	1	—	—	0.87	—
	Ol	1	—	—	0.02	—
	TiMt	1	—	—	0.26	—
	Pg	1	—	—	0.04	—
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.03	—
	Cpx	1	—	—	0.73	—
	Pg	1	—	—	0.11	—
	Fp	1	—	—	0.1	—
	Hb	1	—	—	0.9	—
	Blo	1	—	—	1.06	—
Benmor-traqui	Cpx	1	—	—	3	—
	Anf	1	—	—	3.67	—
	Ol	1	—	—	0.52	—
	TiMt	1	—	—	1.72	—
	Pg	1	—	—	0.06	—
	Fp	1	—	—	0.09	—

Tabla B.36. Dy

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			mln	max		
Andesita tol	Ap	4	3.7	5.4	4.46	0.7
Andesita	Ap	2	8.1	16.2	11.65	5.02
Riolita	Fp	4	0.04	0.09	0.055	0.02
	Pg	6	0.07	0.18	0.11	0.03
	Qs	4	0.010	0.017	0.014	0.003
	Opx	2	—	—	1.8	—
	Cpx	3	4.5	12.3	7.3	4.3
	Blo	3	0.78	3.4	1.72	1.4
	Mt	3	1.6	4.4	2.63	1.5
	Il	1	—	—	4.9	—
Dacita	Pg	4	0.069	0.76	0.341	0.3
	Hy	5	0.26	0.65	0.417	0.1
	Hb	4	2.31	13.5	10.3	5.3
	Ap	1	—	—	16.9	—
	Aug	1	—	—	2.63	—
Basalto	Gt	1	—	—	1.06	—
Basanita	Ap	7	3.9	6.3	4.6	2.4
Hawaia de hy	Ap	1	—	—	7.8	—
Hawaia de nef	Ap	1	—	—	8.9	—

Tabla B.37. Yb

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			mln	max		
Volc alc K	Cpx	3	0.16	1.6	0.82	0.7
	Leu	2	0.018	0.16	0.089	0.1
	Mt	1	—	—	0.41	—
	Blo	1	—	—	0.64	—
	Fp	1	—	—	0.018	—
	Hau	1	—	—	0.039	—
Riolita	Fp	4	0.03	0.04	0.032	0.006
	Pg	6	0.06	0.13	0.090	0.02
	Qs	4	0.012	0.025	0.016	0.005
	Opx	2	2	2.4	2.2	0.2
	Cpx	3	3.5	11.6	6.36	4.5
	Blo	3	0.6	3	1.47	1.3
	Mt	3	1	2.2	1.4	0.6
	Il	1	—	—	4.1	—
Dacita	Pg	5	0.022	0.302	0.097	0.1
	Hy	5	0.73	0.99	0.832	0.1
	Hb	4	1.69	9	6.76	3.3
	Ap	1	—	—	9.4	—
	Aug	1	—	—	2.01	—
Basalto	Gt	1	—	—	4.03	—

Table B.38. U

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Hawaita bas	Cpx	1	—	—	0.07	—
	Anf	1	—	—	0.08	—
	Ol	1	—	—	0.03	—
	TlMt	1	—	—	0.26	—
	Pg	1	—	—	0.05	—
Basalto	Px	2	0.0002	0.0005	0.0004	0.0002
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.04	—
	Cpx	1	—	—	0.05	—
	Pg	1	—	—	0.06	—
	Fp	1	—	—	0.1	—
	Hb	1	—	—	0.15	—
	Bio	1	—	—	0.13	—
Mugearita	Cpx	1	—	—	0.08	—
	Anf	1	—	—	0.06	—
	Ol	1	—	—	0.04	—
	TlMt	1	—	—	0.3	—
	Pg	1	—	—	0.03	—
Benmor-traqui	Cpx	1	—	—	0.09	—
	Anf	1	—	—	0.45	—
	Ol	1	—	—	0.14	—
	TlMt	1	—	—	0.29	—
	Pg	1	—	—	0.04	—
	Fp	1	—	—	0.07	—
Riolita	Fp	4	0.04	0.07	0.0475	0.015
	Pg	6	0.05	0.13	0.0933	0.0344
	Qs	4	0.014	0.04	0.025	0.0116
	Opx	2	0.12	0.17	0.145	0.0363
	Bio	3	0.46	1.2	0.7733	0.3828
	Mt	3	0.21	0.83	0.5167	0.31
	Il	1	—	—	3.2	—
Meteorita	Wh	4	0.55	0.67	0.6275	0.0442
	Cpx	4	1.9	3.2	2.54	0.6504

Table B.38. Lu

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Volc alc K	Cpx	3	0.16	1.6	0.85	0.5
	Mt	1	—	—	0.37	—
	Bio	1	—	—	0.64	—
	Fp	1	—	—	0.018	—
Andesita tol	Ap	4	1.9	2.9	2.37	0.4
Andesita	Ap	2	4	8.1	6.05	2.6
Riolita	Fp	4	0.02	0.04	0.032	0.009
	Pg	6	0.06	0.13	0.091	0.03
	Qs	4	0.002	0.024	0.014	0.009
	Opx	2	2.1	2.4	2.25	0.2
	Cpx	3	3.3	10.7	5.93	4.1
	Bio	3	0.6	3.4	1.6	1.6
	Mt	3	0.91	1.5	1.2	0.2
Il	1	—	—	3.6	—	
Dacita	Pg	4	0.022	0.78	0.101	0.1
	Hy	6	0.78	1.14	0.89	0.1
	Hb	3	1.75	6.3	4.05	2.5
	Ap	1	—	—	6.43	—
	Aug	1	—	—	2.63	—
Basanita	Ap	7	1.7	3.7	2.2	0.8
Hawaita dc hy	Ap	1	—	—	3.7	—
Hawaita dc nef	Ap	1	—	—	3.8	—

Table B.49. Th

Tipo roca	Mineral	n	Rango		X	SD
			min	max		
Hawaita bas	Cpx	1	—	—	0.06	—
	Anf	1	—	—	0.05	—
	Ol	1	—	—	0.02	—
	TiMt	1	—	—	0.19	—
	Pg	1	—	—	0.05	—
Basalto alc	Ol	1	—	—	0.03	—
	Cpx	1	—	—	0.04	—
	Pg	1	—	—	0.05	—
	Fp	1	—	—	0.09	—
	Hb	1	—	—	0.11	—
	Bio	1	—	—	0.12	—
Volc alc K	Cpx	3	0.011	0.096	0.0597	0.0438
	Lew	3	0.017	0.041	0.0266	0.0127
	Mt	1	—	—	0.22	—
	Bio	1	—	—	0.13	—
	Fp	1	—	—	0.015	—
	Hau	1	—	—	0.059	—
Mugearita	Cpx	1	—	—	0.08	—
	Anf	1	—	—	0.06	—
	Ol	1	—	—	0.04	—
	TiMt	1	—	—	0.3	—
	Pg	1	—	—	0.03	—
Benzon-traquil	Cpx	1	—	—	0.14	—
	Anf	1	—	—	0.07	—
	Ol	1	—	—	0.12	—
	TiMt	1	—	—	0.27	—
	Pg	1	—	—	0.05	—
	Fp	1	—	—	0.06	—
Dacita	Anf	1	—	—	0.05	—
	Pg	1	—	—	0.05	—
	Cpx	1	—	—	0.1	—
	Ox	1	—	—	0.01	—
	Ap	1	—	—	0.01	—
Meteorita	Wh	4	1.13	1.34	1.25	0.092
	Cpx	5	1.9	5.6	3.4	1.3509
Riolita	Fp	4	0.02	0.03	0.0255	0.0082
	Pg	6	0.03	0.08	0.0483	0.0173
	Qs	4	0.008	0.01	0.0085	0.0017
	Opx	2	0.11	0.15	0.13	0.0283
	Cpx	3	0.09	0.23	0.15	0.0721
	Bio	3	0.27	2	0.6967	0.6976
	Mt	3	0.09	0.32	0.1933	0.1168
	Il	1	—	—	7.5	—



## APENDICE C

### TABLAS POR MINERAL

Contiene:

**Tablas de valores promedio**

**agrupadas por mineral**

### Abreviaturas utilizadas

- Kim: kimberlita
- Lherz: lherzolita
- HawHy: hawaita de hiperstena
- HawBas: hawaita basáltica
- Ank: ankaramita
- MORB: meso-oceanic ridge basalt
- Bas: basalto
- Mug: mugearita
- Basnt: hasanita
- BasAlc: basalto alcalino
- BasAnd: basalto andesítico
- VolcAlc: rocas volcánicas alcalinas
- TraBen: traquitabenmoreita
- AndTol: Andesita Toleítica
- Andes: andesita
- AndHy: andesita de hiperstena
- Fon: fonolita
- Dac: dacita
- Riodac: riodacita
- Riol: riolita
- Met: meteorita
- Camp: camptonita
- Pig: pigeonita
- TolOl: toleita de olivino

Tabla C.1. Valores medios de coeficientes de partición elemento/rocas

	Anfibol				Hornblenda						
	HawBas	Mug	TraBen	Dac	Ank	MORB	Bas	BasAlc	Andes	Dac	Camp
Li	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.20	---
Na	---	---	---	---	---	---	0.540	---	---	0.398	---
K	---	---	---	---	1.4	1.2	---	0.29	---	0.073	1.15
Rb	0.09	0.11	0.14	---	0.427	---	3.7	1.9	0.0448	---	---
Cs	---	---	---	0.05	---	---	---	0.5	---	---	---
Mg	---	---	---	---	---	---	---	10.5	---	24.2	---
Ca	---	---	---	---	---	---	---	3.43	---	6.05	---
Sr	---	---	---	0.3	---	---	3.2	0.3	0.188	0.0582	0.595
Ba	---	---	---	0.1	---	---	2.2	6.4	0.996	0.049	0.574
Sc	2.9	4.01	15.3	---	---	---	---	8	---	---	---
Ti	---	---	---	---	---	---	---	4.98	---	---	---
V	---	---	---	10	---	---	---	---	---	---	---
Cr	---	---	---	---	---	---	---	2.9	---	---	---
Mn	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Fe	---	---	---	---	---	---	---	3.58	---	---	---
Co	1.3	2.1	15.7	---	---	---	---	16	---	---	---
Ni	---	---	---	5.3	---	---	---	---	---	---	---
Zn	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Y	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Zr	0.37	0.41	0.72	4.0	---	---	---	1.20	---	---	---
Nb	---	---	---	4	---	---	---	---	---	---	---
Mo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hf	0.8	0.8	0.84	4	---	---	---	0.92	---	---	---
Ta	0.19	0.39	1.02	4	---	---	---	0.82	---	---	---
Al	---	---	---	---	---	---	---	0.75	---	---	---
Si	---	---	---	---	---	---	---	0.66	---	---	---
P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Pb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
La	0.12	---	0.85	---	---	---	---	0.6	---	---	---
Ce	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.25	---
Nd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.45	---
Sm	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6.23	---
Eu	0.7	---	2.72	---	---	---	---	0.76	---	4.21	---
Gd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---
Tb	0.87	---	3.67	---	---	---	---	0.9	---	---	---
Dy	---	---	---	---	---	---	---	---	---	10.33	---
Yb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6.76	---
Lu	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.55	---
U	0.08	0.06	0.45	---	---	---	---	0.15	---	---	---
Th	0.05	0.06	0.07	0.05	---	---	---	0.11	---	---	---

Tabla C.2. Valores medios de coeficientes de partición elemento/roca

	Apatita						Whitlockita
	HawHy	HawNcl	Basnt	AndTol	And	Dac	Met
Li	—	—	—	—	—	—	—
Na	—	—	—	—	—	—	0.32
K	—	—	—	—	—	—	—
Rb	—	—	—	—	—	—	—
Cs	—	—	—	—	—	0.01	—
Mg	—	—	—	—	—	—	0.56
Ca	—	—	—	—	—	—	—
Sr	—	—	1.2	1.35	—	0.01	—
Ba	—	—	—	—	—	0.01	—
Sc	—	—	—	—	—	—	—
Ti	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	0.01	—
Cr	—	—	—	—	—	—	—
Mn	—	—	—	—	—	—	—
Fe	—	—	—	—	—	—	—
Co	—	—	—	—	—	—	—
Ni	—	—	—	—	—	0.01	—
Zn	—	—	—	—	—	—	—
Y	—	—	—	—	—	—	—
Zr	—	—	—	—	—	0.1	—
Nb	—	—	—	—	—	0.1	—
Mo	—	—	—	—	—	—	—
Hf	—	—	—	—	—	0.1	—
Ta	—	—	—	—	—	0.1	—
Al	—	—	—	—	—	—	0.01
Si	—	—	—	—	—	—	2.3
P	—	—	—	—	—	—	—
Pb	—	—	—	—	—	—	—
La	4.85	—	3.4	2.7	5.4	—	—
Ce	—	—	—	—	—	16.6	—
Nd	—	—	—	—	—	21	—
Sm	10.2	—	6.7	6.1	14.5	20.7	—
Eu	—	—	—	—	—	14.5	—
Gd	—	—	—	—	—	21.7	—
Tb	—	—	—	—	—	—	—
Dy	7.8	8.9	4.7	4.5	11.7	18.9	—
Yb	—	—	—	—	—	9.4	—
Lu	3.7	3.8	2.3	2.4	6.1	6.43	—
U	—	—	—	—	—	—	0.63
Th	—	—	—	—	—	0.01	1.25

Tabla C.3. Valores medios de coeficientes de partici3n elemento/roca

	Chloroproxeno																	
	Kim	Lkys	HawBas	Ant	MORB	Bas	Mug	BasAlc	BasAnd	VolAlc	TraBas	Andes	Fes	Dac	Riodac	Riol	Msi	Fig
Li	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Na	---	---	---	---	---	---	---	---	0.0177	---	---	---	---	---	---	---	0.42	---
K	20	---	---	0.198	210	---	---	---	---	---	---	---	0.0135	---	0.0366	---	---	0.0034
Rb	14	---	0.03	0.0921	---	145	0.04	0.04	0.0366	0.016	0.04	0.0129	---	---	---	---	---	---
Cs	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---	---	0.1	---	---	---	---
Mg	---	---	---	---	---	---	---	5.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ca	---	---	---	---	---	---	---	3.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Str	3	---	---	0.186	0.217	5.7	---	0.16	0.0858	0.74	---	0.648	0.184	0.3	0.616	---	0.0019	
Ba	33	---	---	0.108	---	22	---	0.04	0.0304	0.36	---	0.0414	0.0128	0.3	0.131	---	0.0004	
Sc	---	---	2.8	---	---	---	4.05	3	---	7.23	27.6	---	---	---	---	44	---	---
Ti	---	---	---	---	---	---	---	0.07	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cr	---	---	---	---	---	---	---	8.2	---	4.3	---	---	---	---	---	---	---	---
Mn	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	43.7	---	---
Fe	---	---	---	---	---	---	---	0.99	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Co	---	0.98	---	---	---	---	1.55	1.02	---	1.91	5.2	---	---	---	---	---	---	---
Ni	---	---	---	---	---	---	---	2.6	---	5.3	---	---	---	---	---	---	---	---
Zn	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Y	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Zr	---	0.3	---	---	---	---	0.44	0.27	---	---	1.02	---	---	0.6	---	---	---	---
Nb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.8	---	---	---	---
Mo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hf	---	0.5	---	---	---	---	0.64	0.49	---	1.59	0.95	---	---	0.6	---	0.49	---	---
Ta	---	0.88	---	---	---	---	0.23	0.04	---	0.118	0.47	---	---	0.8	---	0.26	---	---
Al	---	---	---	---	---	---	---	0.68	---	---	---	---	---	---	---	---	0.86	---
Si	---	---	---	---	---	---	---	0.91	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.024	---
Pb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
La	---	0.317	0.13	---	---	---	---	0.12	---	0.26	0.68	---	---	---	---	1.11	---	---
Ce	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	---	1.83	---	---
Nd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.35	---	---	---	---	---	---	---	---
Sm	---	0.366	---	---	---	---	---	---	---	0.66	---	---	---	---	---	---	---	---
Eu	---	---	0.89	---	0.372	---	---	0.62	---	1.25	2.29	---	---	---	---	4.1	---	---
Gd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tb	---	---	0.73	---	---	---	---	0.73	---	1.20	3	---	---	---	---	7.6	---	---
Dy	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7.3	---
Yb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.82	---	---	---	---	---	---	6.4	---
Lu	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8.9	---
U	---	---	0.07	---	---	---	0.08	0.05	---	---	0.09	---	---	---	---	---	2.6	---
Th	---	---	0.06	---	---	---	0.08	0.04	---	---	0.14	---	---	0.1	---	0.18	3.4	---

Tabla C.4. Valores medios de coeficientes de partición elemento/roca

	Feldespatos				Leucitas	
	BasAlc	VolAlc	TraBen	Rlodac	Rfot	VolAlc
Li	—	—	—	—	—	—
Na	0.990	—	—	—	—	—
K	1.91	—	—	1.49	—	—
Rb	0.3	0.8	0.16	—	—	2.4
Cs	0.14	0.11	—	—	0.20	2.2
Mg	—	—	—	—	—	—
Ca	0.28	—	—	—	—	—
Sr	10.0	5.3	—	3.87	5.4	0.08
Ba	3.8	3.5	—	6.12	11.5	0.748
Sc	0.1	0.077	0.06	—	0.02	0.161
Ti	0.05	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—
Cr	0.6	0.6	—	—	—	—
Mn	—	—	—	—	—	—
Fe	0.08	—	—	—	—	—
Co	0.5	0.48	0.29	—	—	0.11
Ni	0.5	—	—	—	—	—
Zn	—	—	—	—	—	—
Y	—	—	—	—	—	—
Zr	0.27	—	0.17	—	0.03	—
Nb	—	—	—	—	—	—
Mo	—	0.13	—	0.025	—	—
Hf	0.13	0.025	0.08	—	0.03	0.044
Ta	0.08	0.027	0.05	—	0.01	0.35
Al	1.25	—	—	—	—	—
Si	0.96	—	—	—	—	—
P	—	—	—	—	—	—
Pb	—	—	—	—	2.45	—
La	0.24	0.64	0.24	—	0.08	0.036
Ce	—	0.039	—	—	0.04	0.043
Nd	—	0.034	—	—	0.04	0.037
Sm	—	0.015	—	—	0.03	0.032
Eu	1.23	1	0.92	—	4.5	0.058
Gd	—	—	—	—	—	—
Tb	0.1	0.026	0.09	—	0.025	0.083
Dy	—	—	—	—	0.06	—
Yb	—	0.018	—	—	0.03	0.069
Lu	—	0.018	—	—	0.03	—
U	0.1	—	0.07	—	0.05	—
Th	0.09	0.015	0.06	—	0.02	0.027

Tabla C.5. Valores medios de coeficientes de partición elemento/roca

	Ilmenita		Oxidos Fe-Ti		Titanomagnetita			
	Riol	VolAlc	Riol	Dac	Riol	HawBas	Mug	BasAnd
Li	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	—	—	—	—	—	—	—	—
K	—	—	—	—	—	—	—	—
Rb	—	0.020	—	—	—	0.32	0.034	0.14
Cs	—	—	—	—	0.001	—	—	—
Mg	—	—	—	—	—	—	—	—
Ca	—	—	—	—	—	—	—	—
Sr	—	0.19	—	—	—	—	—	—
Ba	—	0.05	—	—	—	—	—	—
Sc	5.9	1.5	10.6	—	—	1.59	5.36	22.7
Ti	—	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	32	—	—	—	—
Cr	3	11	109	—	—	—	—	—
Mn	115	—	32	—	—	—	—	—
Fe	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	—	17	—	—	—	4.61	8.52	41.7
Ni	—	—	—	20	—	—	—	—
Zn	125	—	107.5	—	—	—	—	—
Y	—	—	—	—	—	—	—	—
Zr	—	—	—	0.8	—	3.6	0.94	3.98
Nb	—	—	—	2.5	—	—	—	—
Mo	3	—	11.7	—	—	—	—	—
Hf	3.1	0.45	1.92	0.8	—	0.37	0.91	2.51
Ta	106	0.7	3.2	2.5	—	0.56	2.17	2.55
Al	—	—	—	—	—	—	—	—
Si	—	—	—	—	—	—	—	—
P	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb	—	—	—	—	—	—	—	—
La	7.1	—	1.2	—	—	0.19	—	0.67
Ce	7.8	0.66	1.64	—	—	—	—	—
Nd	7.6	0.8	2.3	—	—	—	—	—
Sm	6.9	—	2.8	—	—	—	—	—
Eu	—	0.74	1.39	—	—	0.22	—	2.52
Gd	—	—	—	—	—	—	—	—
Tb	6.5	0.64	3.3	—	—	0.26	—	1.72
Dy	4.9	—	2.6	—	—	—	—	—
Yb	4.1	0.41	1.5	—	—	—	—	—
Lu	3.6	0.37	1.20	—	—	—	—	—
U	3.2	—	0.52	—	—	0.26	0.3	0.39
Th	7.5	0.22	0.19	0.01	—	0.19	0.3	0.27

Tabla C.6. Valores medios de coeficientes de partición elemento/roca

	Micas			Biotita		
	Fon	Dac	Riodac	BasAlc	VolAlc	Riol
Li	—	—	—	—	—	—
Na	—	—	—	0.200	—	—
K	2.65	5.63	1.01	1.87	—	—
Rb	—	—	—	1.9	1.3	—
Cs	—	—	—	1.09	1.0	3.0
Mg	—	—	—	35	—	—
Ca	—	—	—	0.05	—	—
Sr	0.0512	0.12	0.672	0.7	0.38	0.41
Ba	1.09	6.36	15.3	10	4.4	17.3
Sc	—	—	—	6.3	10	13.6
Ti	—	—	—	13.1	—	—
V	—	—	—	—	—	—
Cr	—	—	—	5.4	4.2	19.7
Mn	—	—	—	—	—	124.5
Fe	—	—	—	7.28	—	—
Co	—	—	—	23	19	—
Ni	—	—	—	1.3	19	—
Zn	—	—	—	—	—	108
Y	—	—	—	—	—	1.2
Zr	—	—	—	2.50	—	1.20
Nb	—	—	—	—	—	6.4
Mo	—	—	—	—	—	3.7
Hf	—	—	—	1.8	0.37	0.70
Ta	—	—	—	0.56	0.63	1.6
Al	—	—	—	0.92	—	—
Si	—	—	—	0.52	—	—
P	—	—	—	—	—	—
Pb	—	—	—	—	—	0.8
La	—	—	—	0.7	0.37	5.71
Ce	—	—	—	—	0.55	4.36
Nd	—	—	—	—	0.8	2.6
Sm	—	—	—	—	0.95	2.1
Eu	—	—	—	1.08	0.91	2.02
Gd	—	—	—	—	—	—
Tb	—	—	—	1.06	0.93	1.96
Dy	—	—	—	—	—	1.72
Yb	—	—	—	—	0.64	1.5
Lu	—	—	—	—	0.64	1.6
U	—	—	—	0.13	—	0.77
Th	—	—	—	0.12	0.13	1.00

Tabla C.7. Valores medios de coeficientes de partición elemento/roca

	Olivino										Granate		
	Kim	Lhrs	HawBas	Amk	MORB	Bas	Mug	BasAlc	TraBen	ToOl	Lhrs	Bas	Dac
Li	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Na	---	---	---	---	---	---	---	0.005	---	0.19	---	---	---
K	57	---	---	0.0068	595	---	---	---	---	---	---	---	---
Rb	38	---	0.02	0.0098	---	390	0.05	0.04	0.08	---	---	---	---
Cs	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	---
Mg	---	---	---	---	---	---	---	9.5	---	5.94	---	---	---
Ca	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	0.031	---	---	---
Sr	80	---	---	0.014	---	800	---	0.02	---	---	---	---	0.0154
Ba	60	---	---	0.0099	---	40	---	0.03	---	---	---	---	0.0172
Sc	---	---	0.15	---	---	---	0.24	0.22	0.92	0.16	---	---	---
Ti	---	---	---	---	---	---	---	0.005	---	---	---	---	---
V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cr	---	---	---	---	---	---	---	2.8	---	---	---	---	---
Mn	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.28	---	---	---
Fe	---	---	---	---	---	---	---	1.89	---	1.05	---	---	---
Co	---	---	4.51	---	---	---	6.43	5.1	14.6	1.45	---	---	---
Ni	---	---	---	---	---	---	---	34	---	3.50	---	---	---
Zn	---	---	---	---	---	---	---	---	---	15.508	---	---	---
Y	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Zr	---	---	0.07	---	---	---	0.07	0.06	0.07	---	---	---	---
Nb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Mo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hf	---	---	0.03	---	---	---	0.02	0.04	0.09	---	---	---	---
Ta	---	---	0.02	---	---	---	0.02	0.03	0.14	---	---	---	---
Al	---	---	---	---	---	---	---	0.002	---	---	---	---	---
Si	---	---	---	---	---	---	---	0.78	---	---	---	---	---
P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Pb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
La	---	---	0.01	---	---	---	---	0.03	0.4	---	---	---	---
Ce	---	0.038	---	---	---	---	---	---	---	---	0.0087	0.21	---
Nd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.087	---
Sm	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	0.009	0.307	0.217	---
Eu	---	---	0.02	---	---	---	---	0.03	0.21	---	---	0.32	---
Gd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.498	---
Tb	---	---	0.02	---	---	---	---	0.03	0.52	---	---	---	---
Dy	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.06	---
Yb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.03	---
Lu	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
U	---	---	0.03	---	---	---	0.04	0.04	0.14	---	---	---	---
Th	---	---	0.02	---	---	---	0.04	0.03	0.12	---	---	---	---



Tabla C.8. Valores medios de coeficientes de partici'on elemento/roca para plagioclasa

	Plagioclasa													
	Kim	HawBas	Ank	MORB	Bas	Mug	BasAlc	BasAnd	TraBen	AndTol	Andes	AndHy	Dac	Riol
Li	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.465	—
Na	—	—	—	—	—	—	1.170	—	—	—	—	—	1.63	—
K	4.5	—	0.231	0.156	—	—	0.2655	0.151	—	0.0192	0.1104	—	0.176	—
Rb	20	0.39	0.058	—	0.0294	0.03	0.134	0.188	0.07	0.036	0.061	—	—	—
Cs	—	—	—	—	—	—	0.13	—	—	—	—	—	0.05	0.11
Mg	—	—	—	—	—	—	0.04	—	—	—	—	—	—	—
Ca	—	—	—	—	—	—	1.95	—	—	—	—	—	4.05	—
Sr	0.6	—	1.77	1.957	1.36	—	2.73	1.66	—	1.29	1.57	1.66	2.87	15.63
Ba	1	—	0.263	—	0.151	—	0.575	0.132	—	0.0537	0.167	0.132	0.334	1.52
Sc	—	0.02	—	—	—	0.04	0.04	—	0.06	—	—	—	—	0.05
Ti	—	—	—	—	—	—	0.05	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	—
Cr	—	—	—	—	—	—	0.08	—	—	—	—	—	—	—
Mn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.26
Fe	—	—	—	—	—	—	0.04	—	—	—	—	—	—	—
Co	—	0.05	—	—	—	0.08	0.07	—	0.06	—	—	—	—	—
Ni	—	—	—	—	—	—	0.04	—	—	—	—	—	0.04	—
Zn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.78
Y	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.13
Zr	—	0.09	—	—	—	0.04	0.13	—	0.16	—	—	—	0.1	0.14
Nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06	—
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hf	—	0.04	—	—	—	0.02	0.05	—	0.03	—	—	—	0.1	0.15
Ta	—	0.03	—	—	—	0.03	0.04	—	0.03	—	—	—	0.06	0.04
Al	—	—	—	—	—	—	1.63	—	—	—	—	—	—	—
Si	—	—	—	—	—	—	1.02	—	—	—	—	—	—	—
P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.97
La	—	0.12	—	—	—	—	0.2	—	0.23	—	—	—	—	0.38
Ce	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.251	0.27
Nd	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.16	0.20
Sm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.111	0.17
Eu	—	0.21	—	0.323	—	—	0.5	—	1.34	—	—	—	1.738	5.4
Gd	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.129	—
Tb	—	0.04	—	—	—	—	0.11	—	0.06	—	—	—	—	0.125
Dy	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.34	0.11
Yb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.098	0.09
Lu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.101	0.09
U	—	0.05	—	—	—	0.03	0.06	—	0.04	—	—	—	—	0.09
Th	—	0.05	—	—	—	0.03	0.05	—	0.05	—	—	—	0.05	0.05

Tabla C.9. Valores medios de coeficientes de partición elemento/roca

	Piroxeno				Ortopiroxeno				Hiperstena	
	Bas	Klm	Lhera	MORB	Bas	Andes	AndHy	Riol	Dac	
Li	---	---	---	---	---	---	---	---	0.19	---
Na	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
K	---	23	---	240	---	0.019	---	---	0.0014	---
Rb	---	19	---	---	195	0.0148	---	---	---	---
Ca	0.0028	---	---	---	---	---	---	0.61	---	---
Mg	---	---	---	---	---	---	---	---	49.8	---
Ca	---	---	---	---	---	---	---	---	0.80	---
Sr	---	44	---	---	190	0.0241	0.0104	---	---	---
Ba	---	73	---	---	48	0.0121	0.0141	---	0.0027	---
Sc	---	---	---	---	---	---	---	16	---	---
Ti	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cr	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Mn	---	---	---	---	---	---	---	45.5	---	---
Fe	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Co	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ni	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Zn	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Y	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Zr	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nb	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Mo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hf	0.353	---	---	---	---	---	---	0.2	---	---
Ta	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---
Al	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Si	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Pb	0.0101	---	---	---	---	---	---	---	---	---
La	---	---	---	---	---	---	---	0.75	---	---
Ce	---	---	0.060	---	---	---	---	0.03	0.135	---
Nd	---	---	---	---	---	---	---	1.3	0.198	---
Sm	---	---	0.067	---	---	---	---	1.6	0.246	---
Eu	---	---	---	---	---	---	---	0.83	0.182	---
Gd	---	---	---	---	---	---	---	---	0.223	---
Tb	---	---	---	---	---	---	---	1.9	---	---
Dy	---	---	---	---	---	---	---	1.6	0.42	---
Yb	---	---	---	---	---	---	---	2.2	0.83	---
Lu	---	---	---	---	---	---	---	2.3	0.90	---
U	0.0004	---	---	---	---	---	---	0.15	---	---
Th	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---

Tabla C.10. Valores medios de coeficientes de partición elemento/roca

	Cuarsos	
	Riol	Hauyns
Li	---	---
Na	0.0286	---
K	---	---
Rb	---	0.15
Ca	0.029	0.005
Mg	---	---
Ca	---	---
Sr	---	1.4
Ba	0.032	0.33
Sc	0.012	0.028
Ti	0.038	---
V	---	---
Cr	---	0.059
Mn	0.039	---
Fe	0.0089	---
Co	---	---
Ni	---	---
Zn	---	---
Y	---	---
Zr	---	---
Nb	---	---
Mo	0.19	---
Hf	0.030	0.043
Ta	0.008	0.066
Al	---	---
Si	---	---
P	---	---
Pb	---	---
La	0.015	0.059
Ce	0.014	0.082
Nd	0.016	0.048
Sm	0.014	0.032
Eu	0.086	0.53
Gd	---	---
Tb	0.017	0.04
Dy	0.015	---
Yb	0.017	0.039
Lu	0.014	---
U	0.03	---
Th	0.009	0.059

## APENDICE D

### GRAFICAS

Contiene:

-  
Gráficas por elemento: KD vs. Mineral/Roca

-  
Gráficas por mineral: KD vs. Elemento/Roca

## Abreviaturas utilizadas

- Kim: kimberlita
- Lherz: lherzolita
- HawHy: hawaita de hiperstena
- HawBas: hawaita basáltica
- Ank: ankaramita
- MORB: meso-oceanic ridge basalt
- Bas: basalto
- Mug: mugearita
- Basnt: basanita
- BasAlc: basalto alcalino
- BasAnd: basalto andesítico
- VolcAlc: rocas volcánicas alcalinas
- TraBen: traquitabenmoreita
- AndTol: Andesita Toleítica
- Andes: andesita
- AndHy: andesita de hiperstena
- Fon: fonolita
- Dac: dacita
- Riodac: riodacita
- Riol: riolita
- Met: meteorita
- Camp: camptonita
- Pige: pigeonita
- TolOl: toleita de olivino

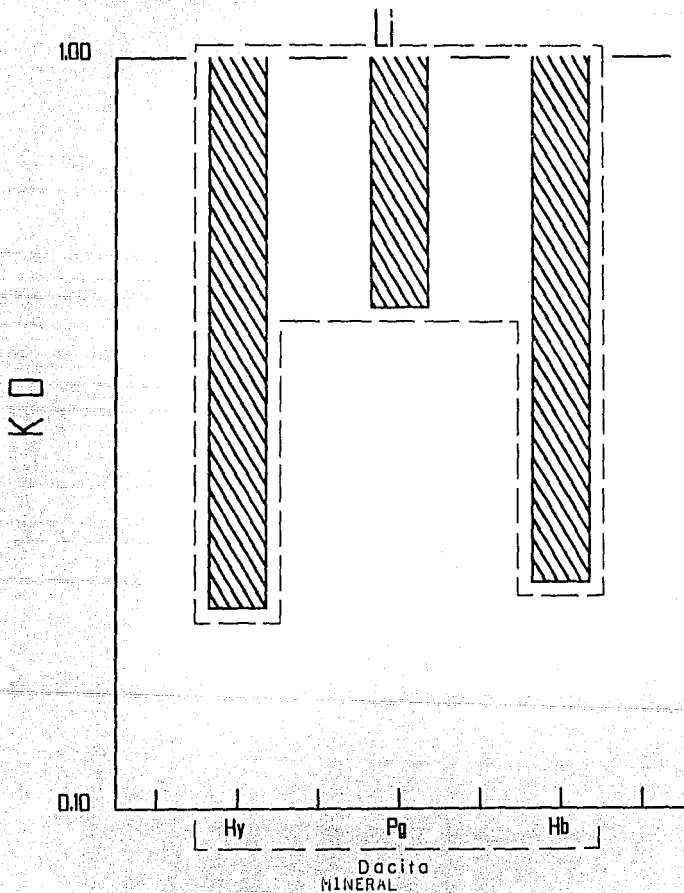


Fig. D.1. KD vs mineral/roca para Li

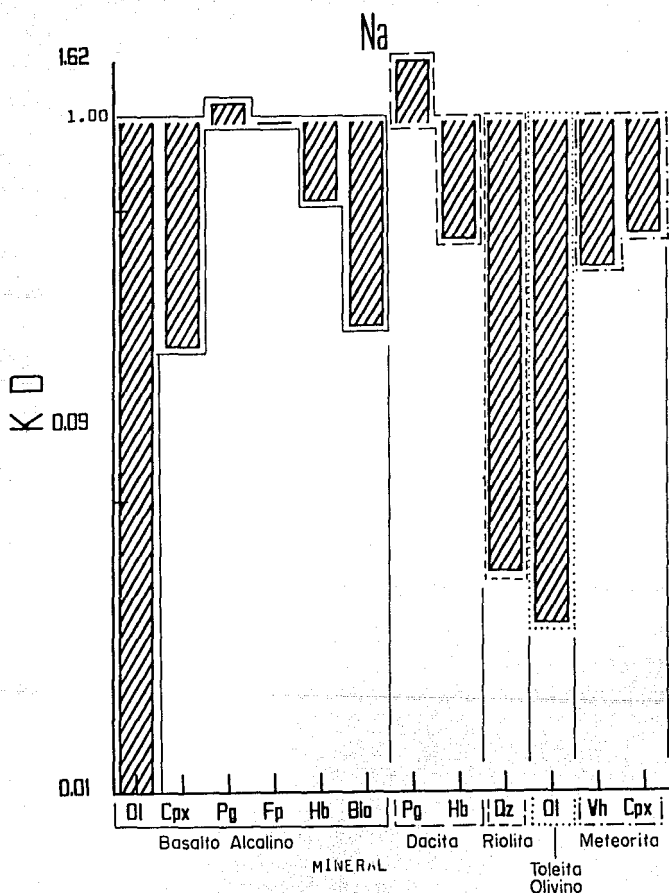


Fig. D.2. KD vs mineral/roca para Na

K

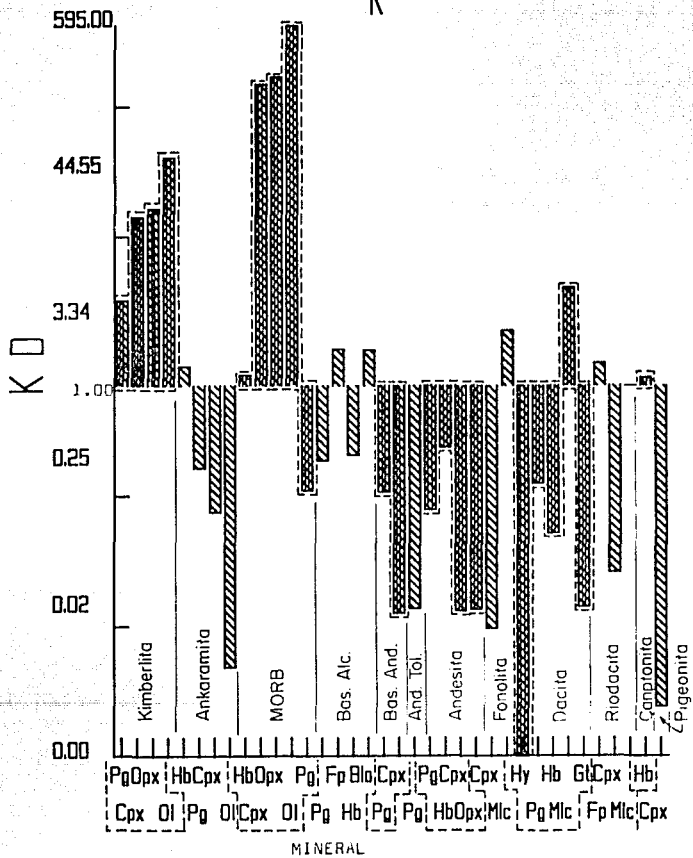


Fig. D.3. KD vs mineral/roca para K

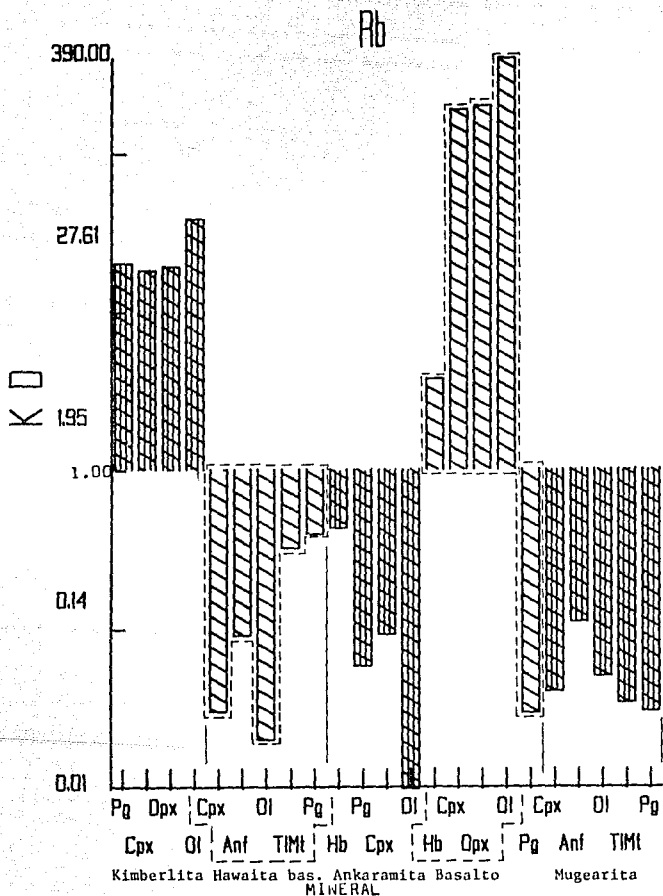


Fig. D.4. KD vs mineral/roca para Rb



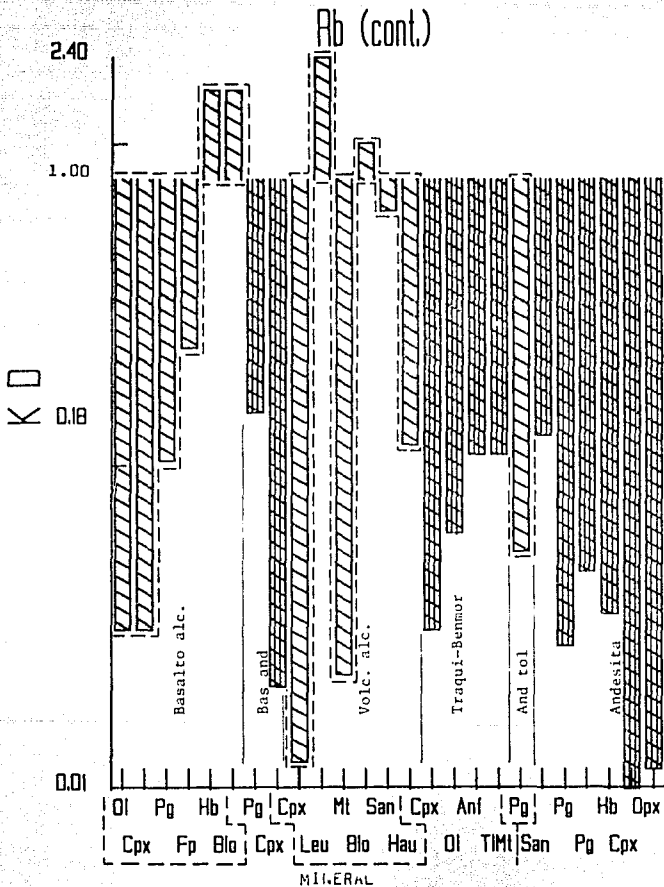


Fig. D.4a. KD vs mineral/roca para Rb

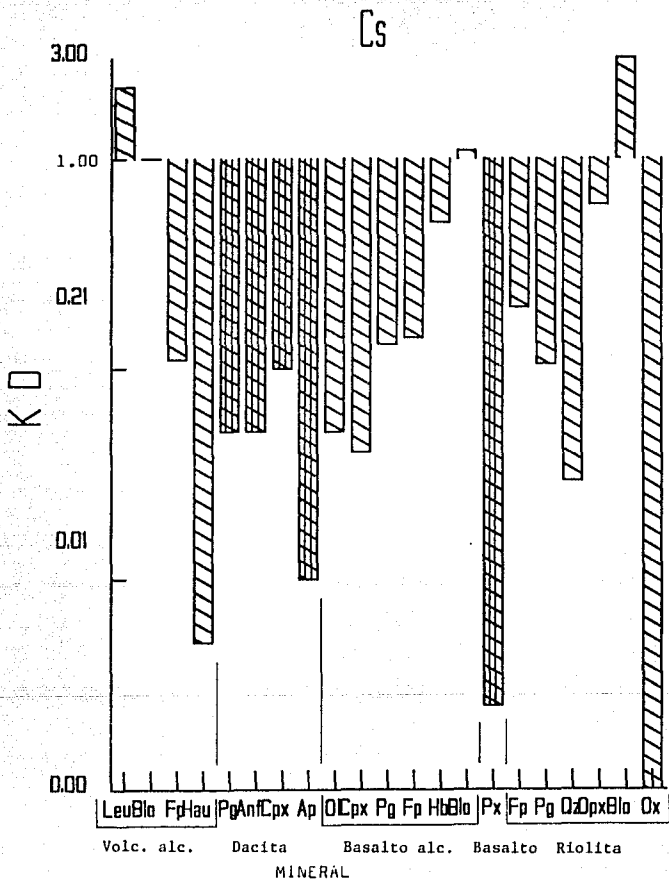


Fig. D.5. KD vs mineral/roca para Cs

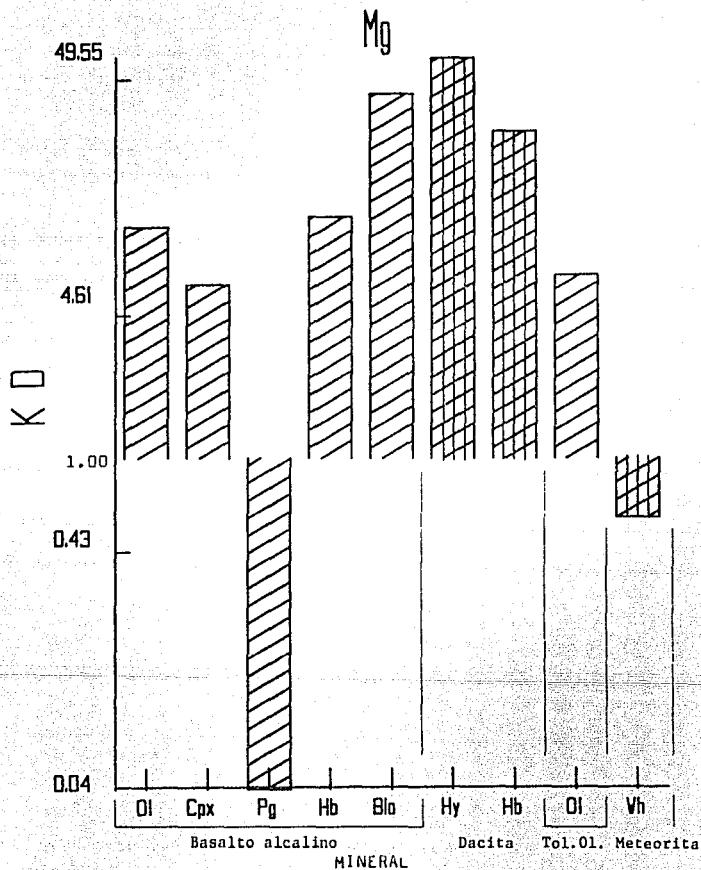


Fig. D.6. KD vs mineral/roca para Mg

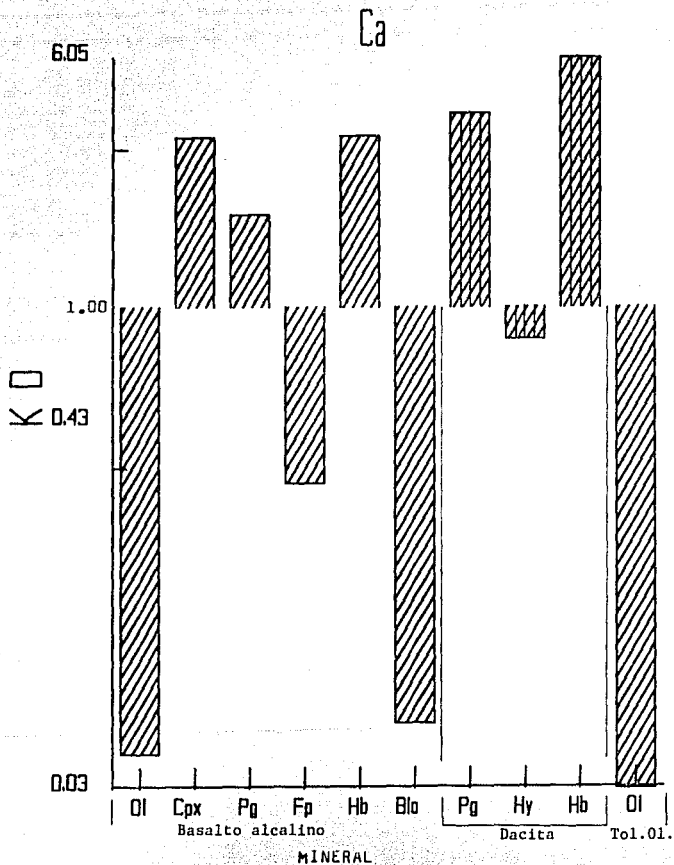


Fig. D.7. KD vs mineral/roca para Ca



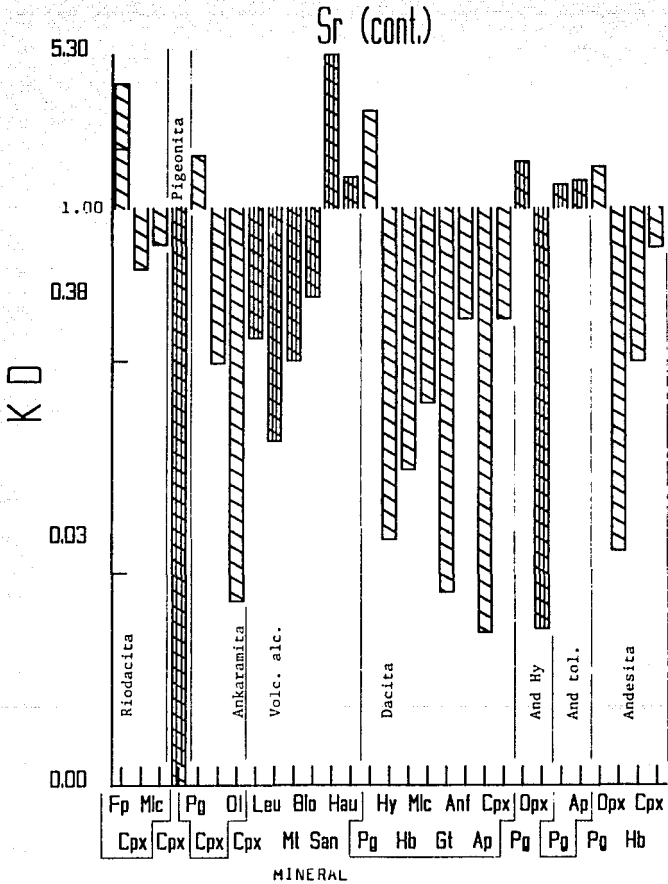


Fig. D.8a. KD vs mineral/roca para Sr

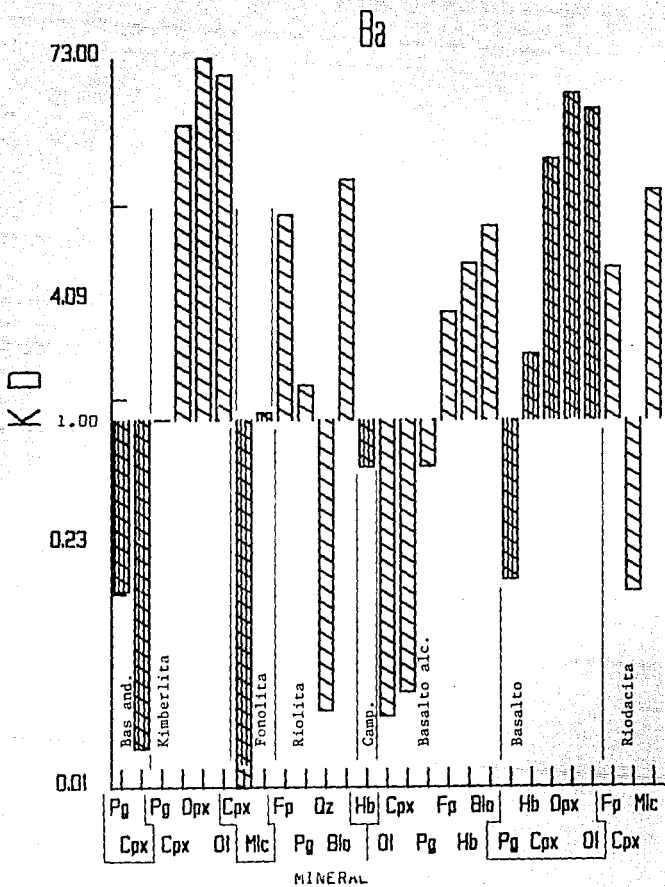


Fig. D.9. KD vs mineral/roca para Ba

# Ba (cont.)

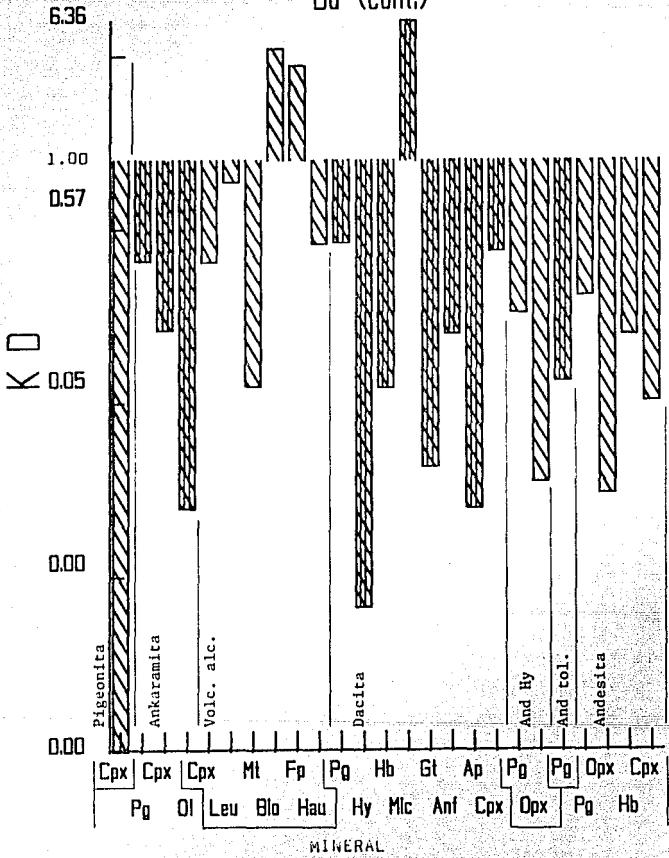


Fig. D.9a. KD vs mineral/roca para Ba



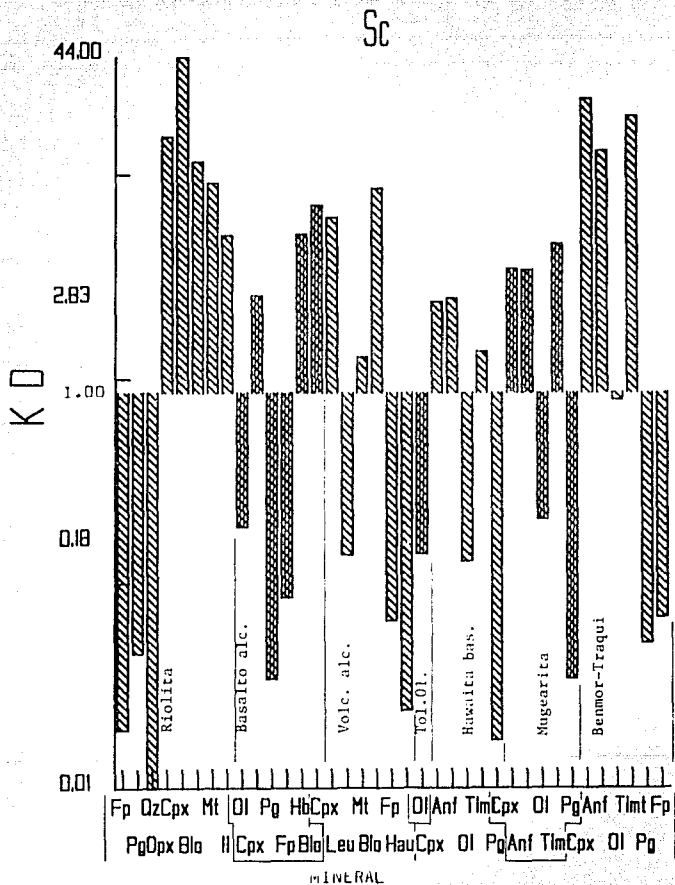


Fig. D.11. KD vs mineral/roca para Sc

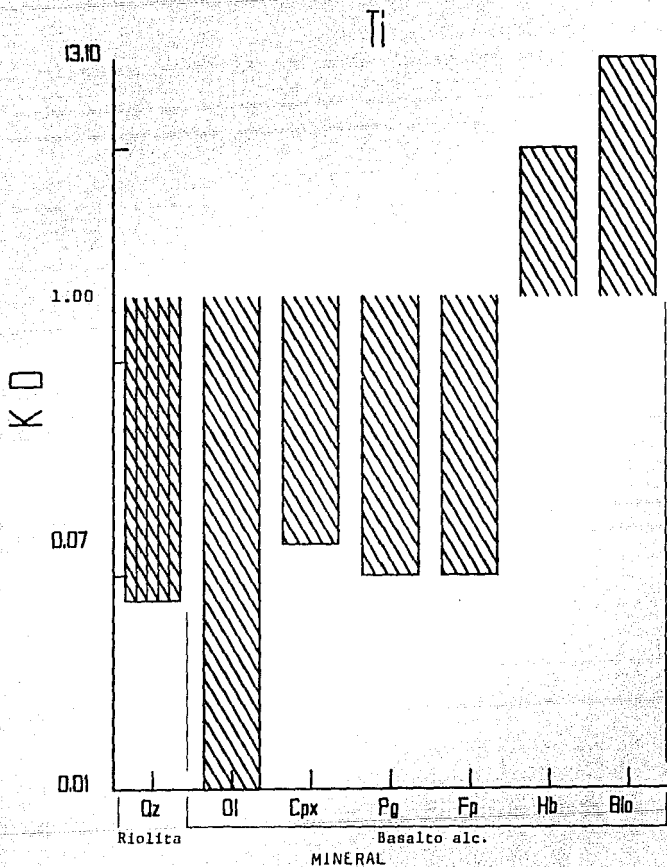


Fig. D.11. KD vs mineral/roca para Ti

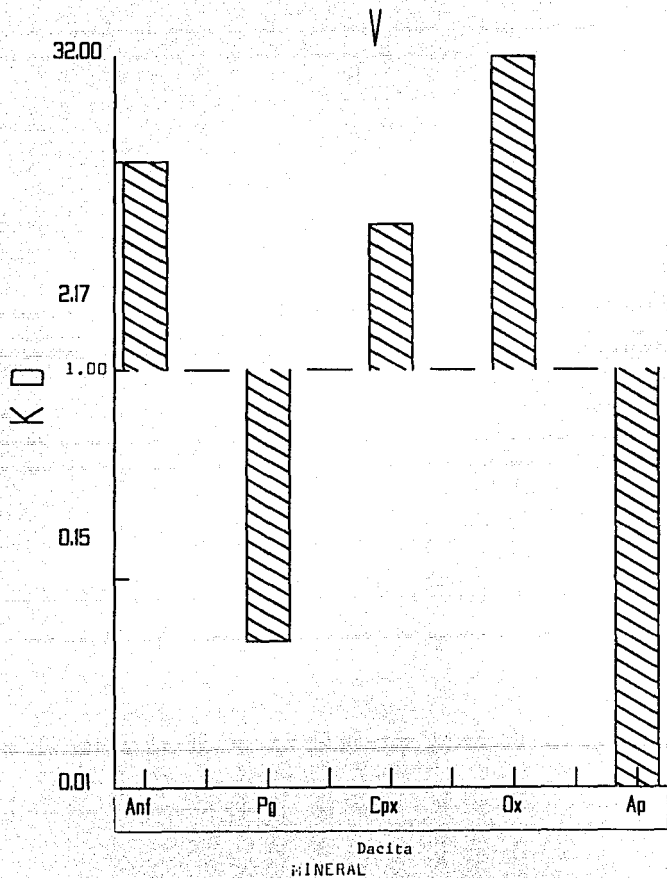


Fig. D.12. KD vs mineral/roce para V

Cr

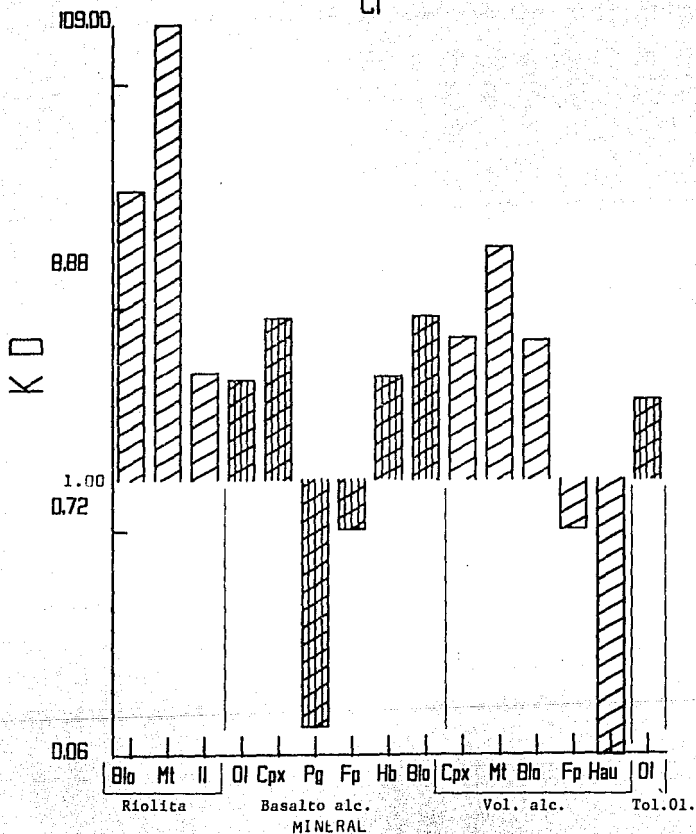


Fig. D.13. KD vs mineral/roca para Cr

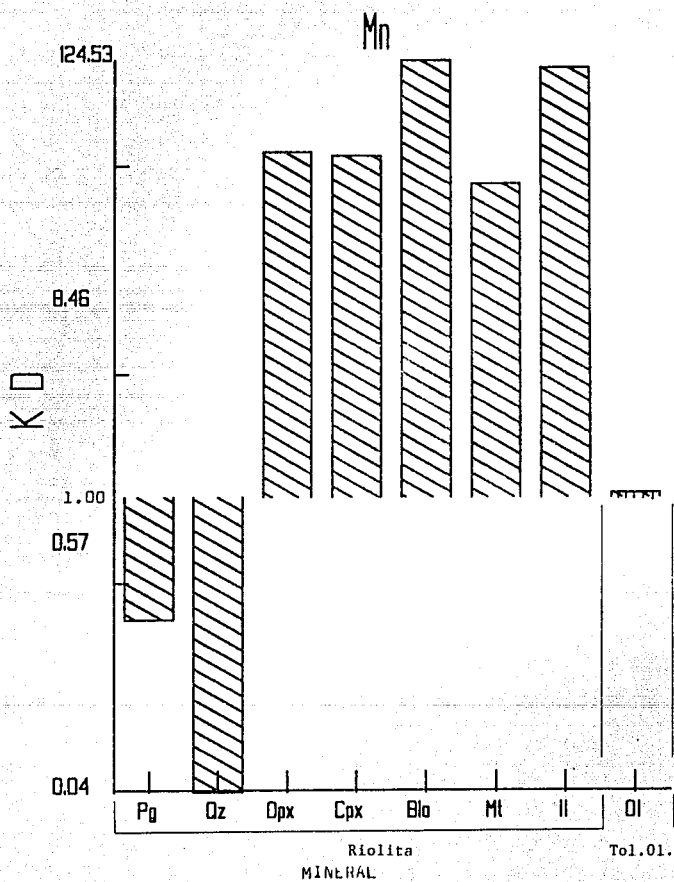


Fig. D.14. KD vs mineral/roca para Mn

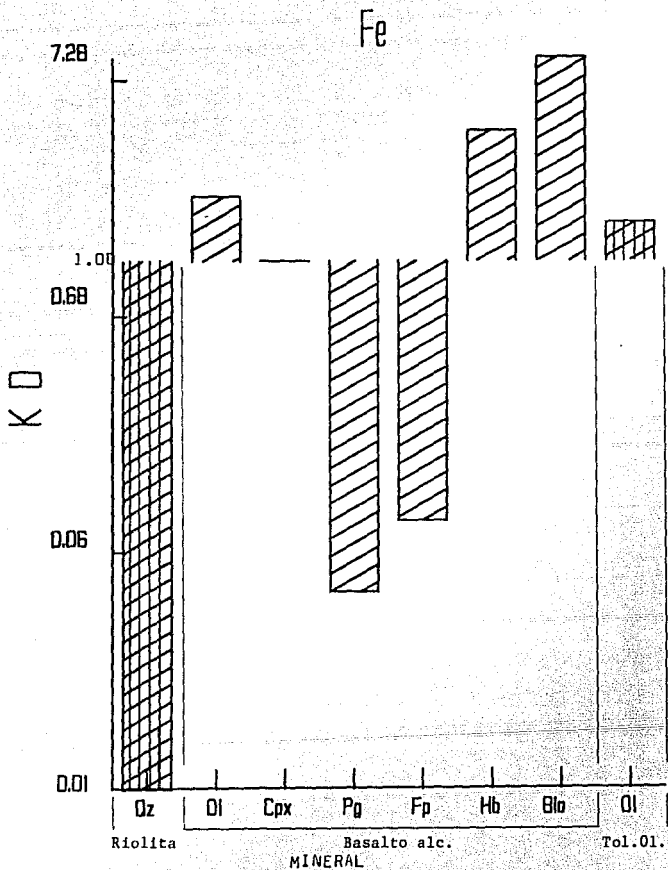


Fig. D.15. KD vs mineral/roca para Fe

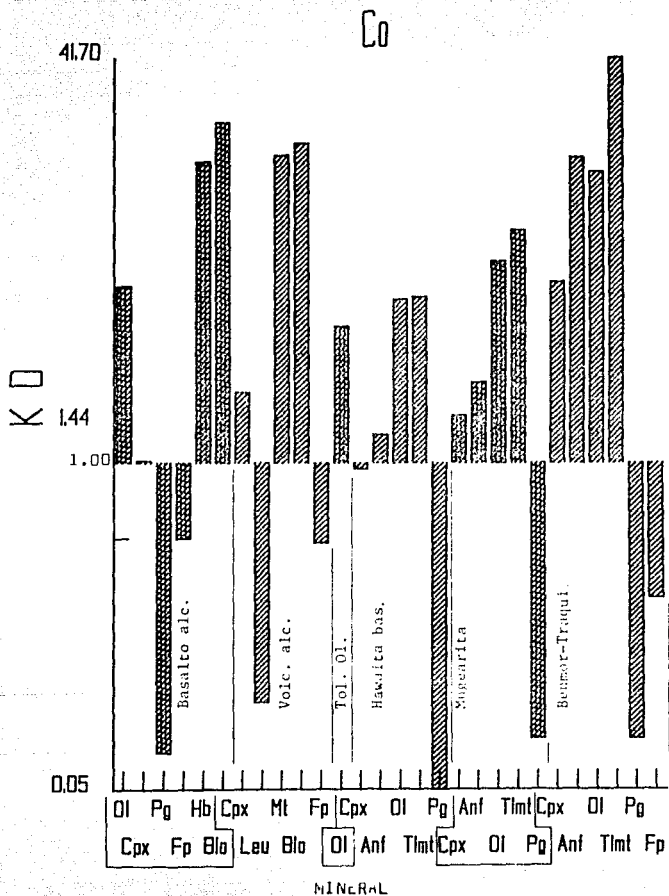


Fig. D.16. KD vs mineral/roca para Co

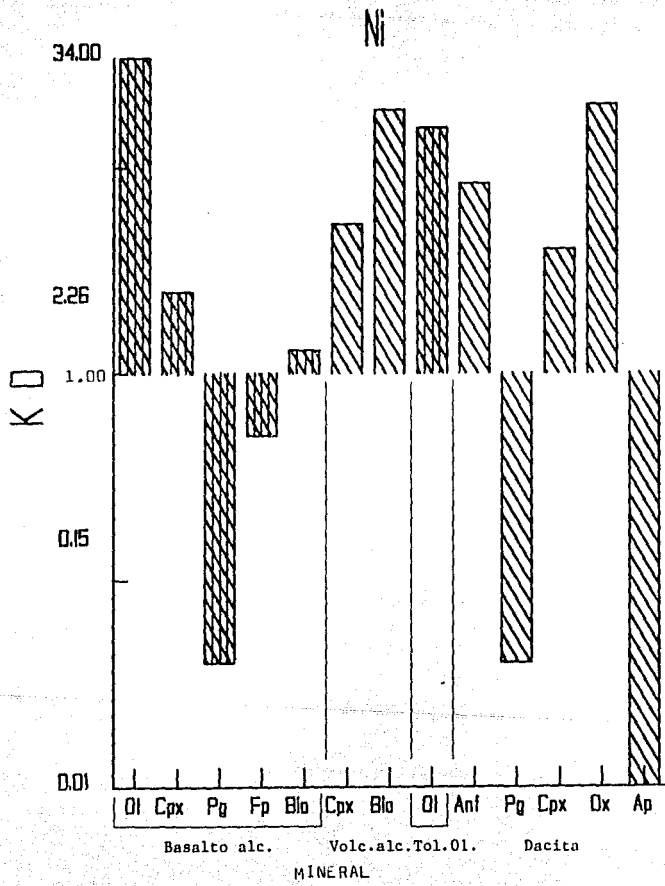


Fig. D.17. KD vs mineral/roca para Ni



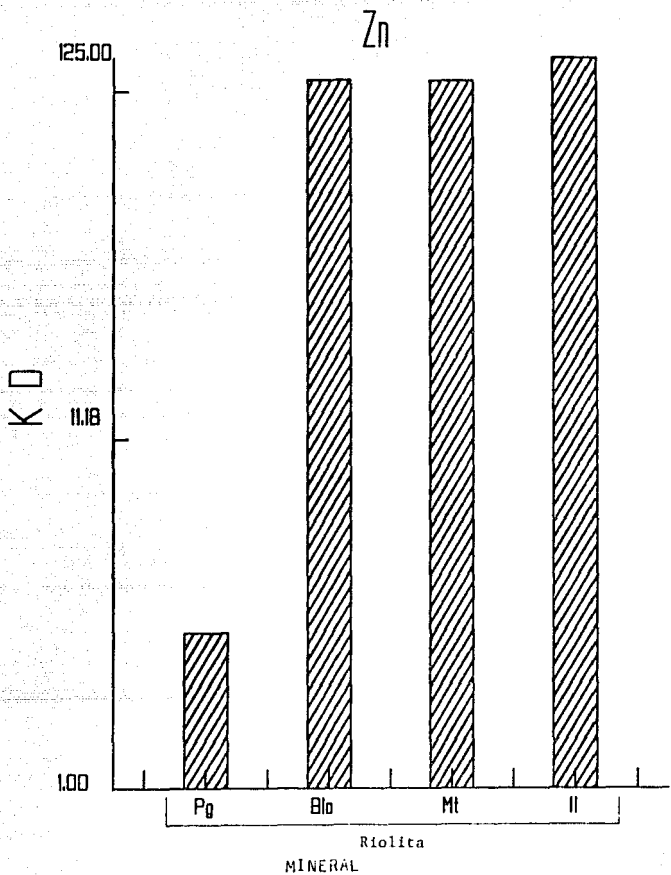


Fig. D.18. KD vs mineral/roca para Zn

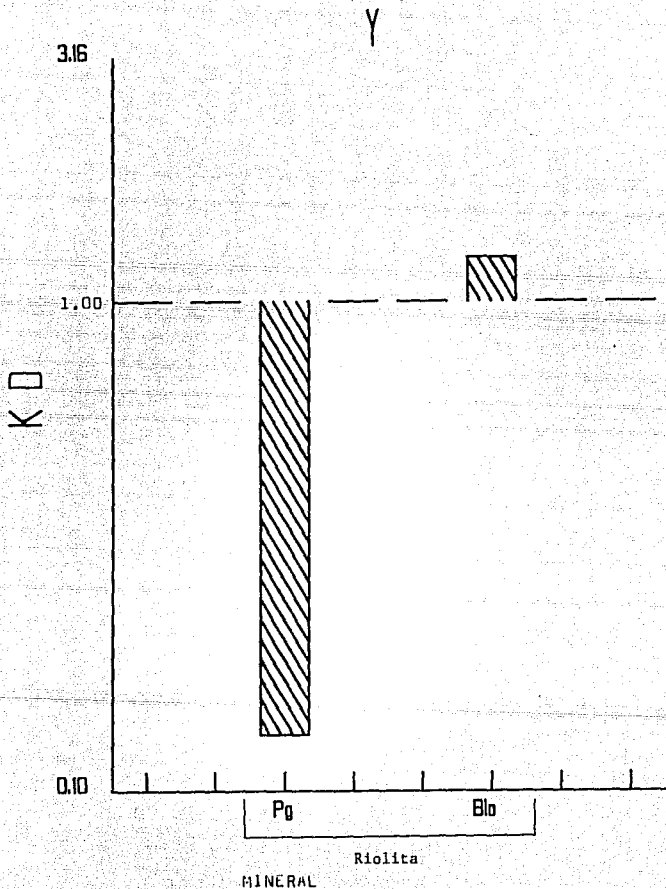


Fig. D.19. KD vs mineral/roca para Y

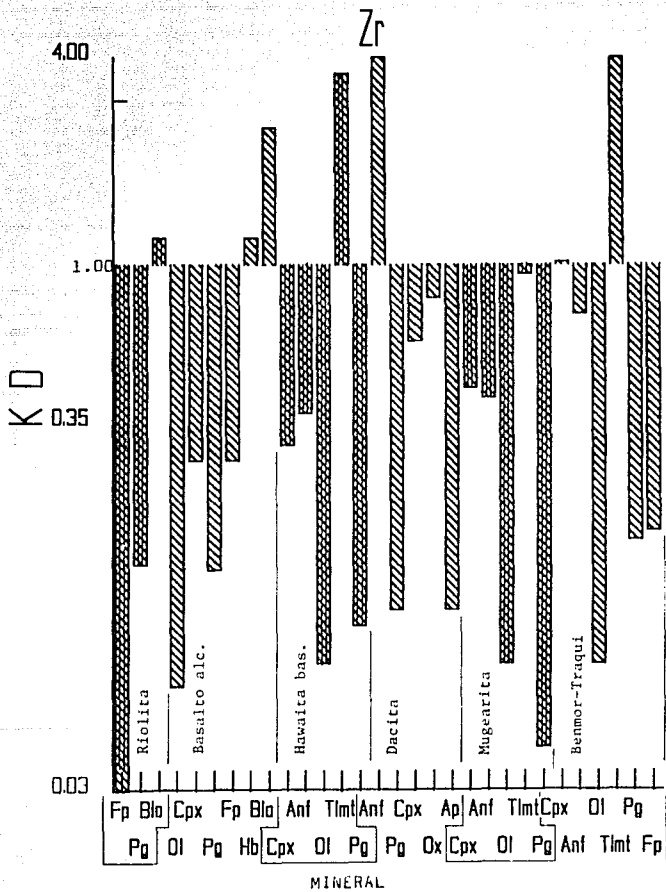


Fig. D.20. KD vs mineral/roca para Zr

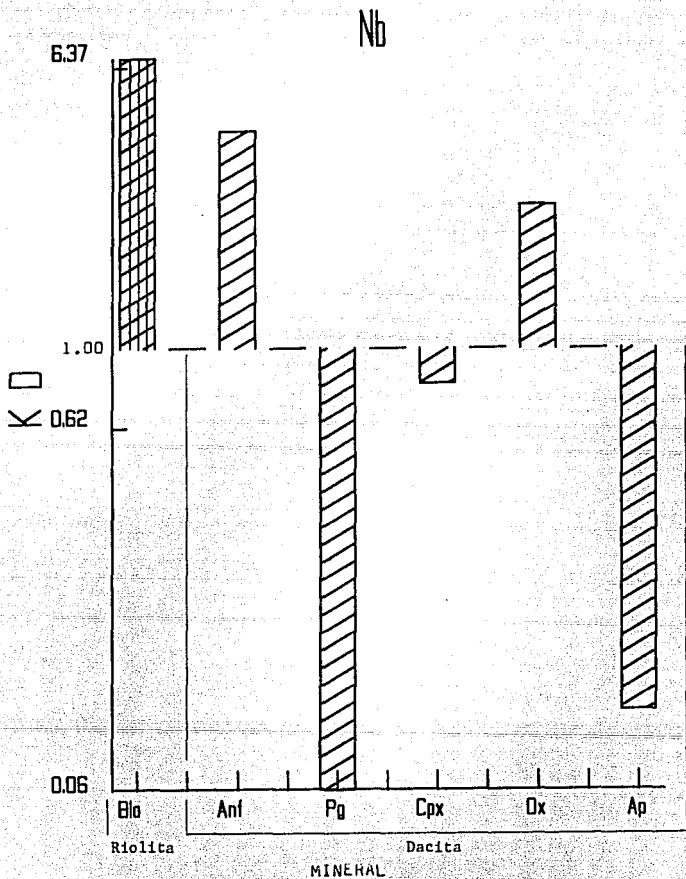


Fig. D.21. KD vs mineral/roca para Nb

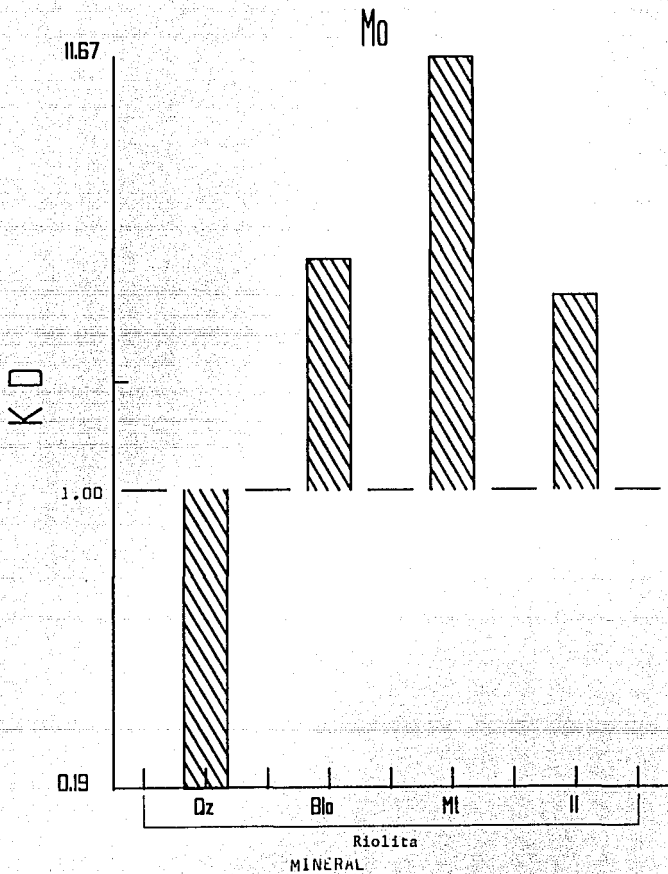


Fig. D.22. KD vs mineral/roca para Mo

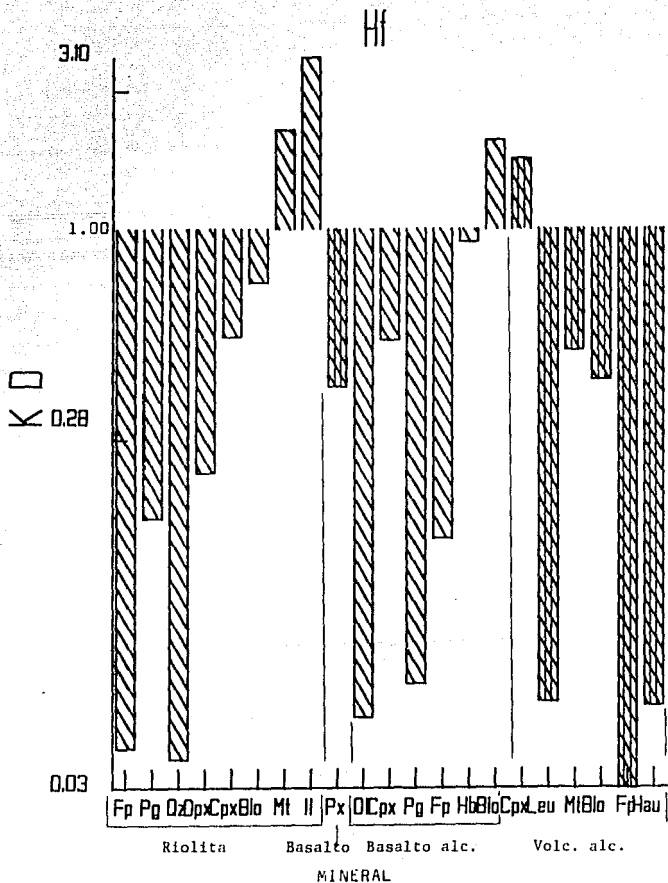


Fig. D.23. KD vs mineral/roca para Hf

# Hf (cont.)

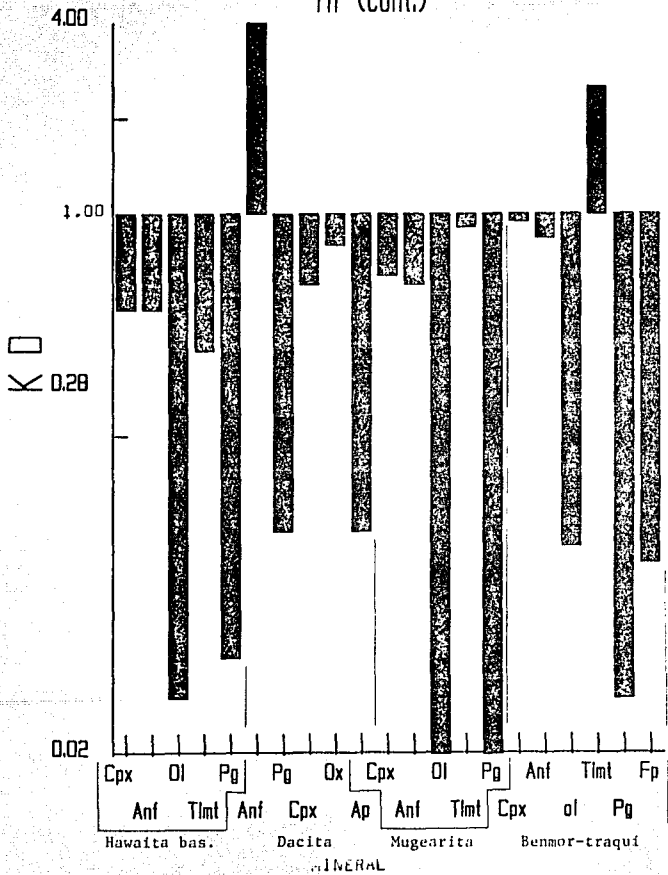


Fig. D.23b. KD vs mineral/rocks para Hf.

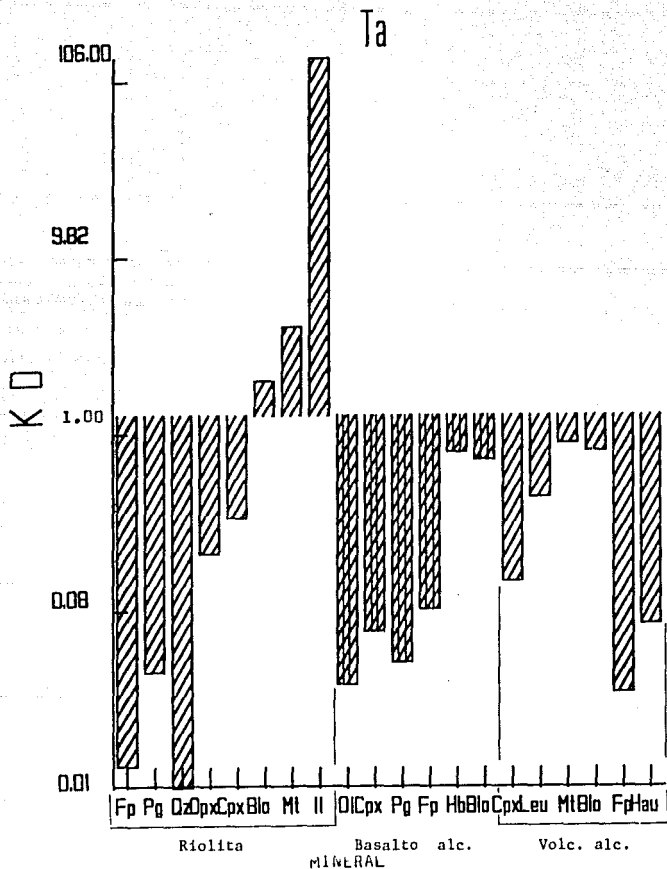


Fig. D.24. KD vs mineral/roca para Ta



# Ta (cont.)

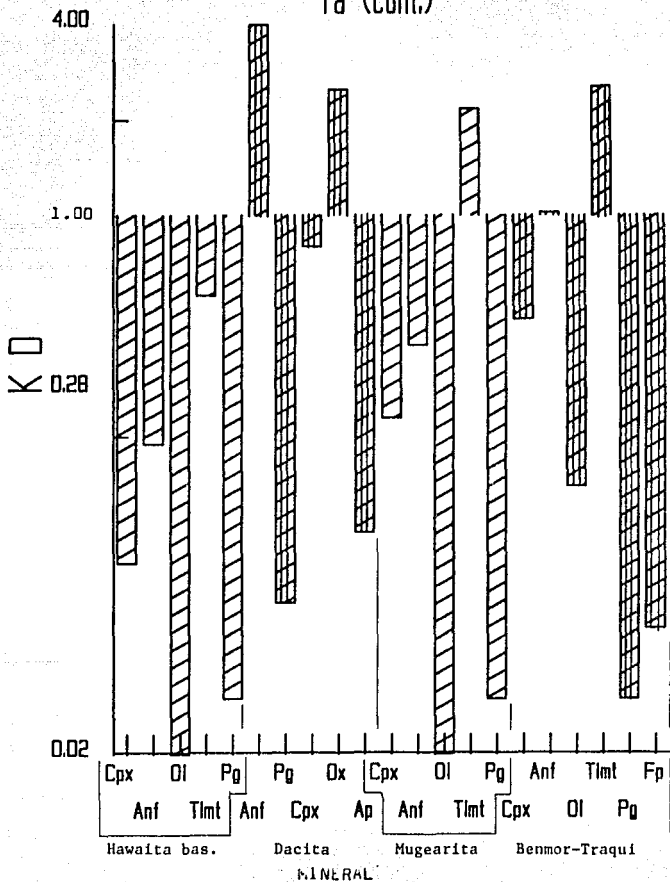


Fig. D.24a. KD vs mineral/roce para Ta

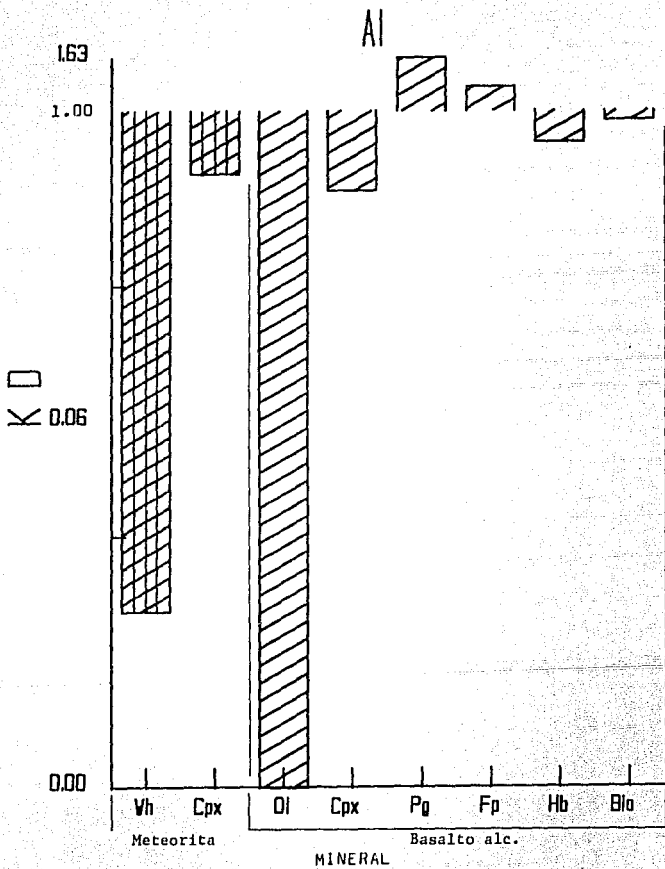


Fig. D.25. KD vs mineral/roca para Al

Si

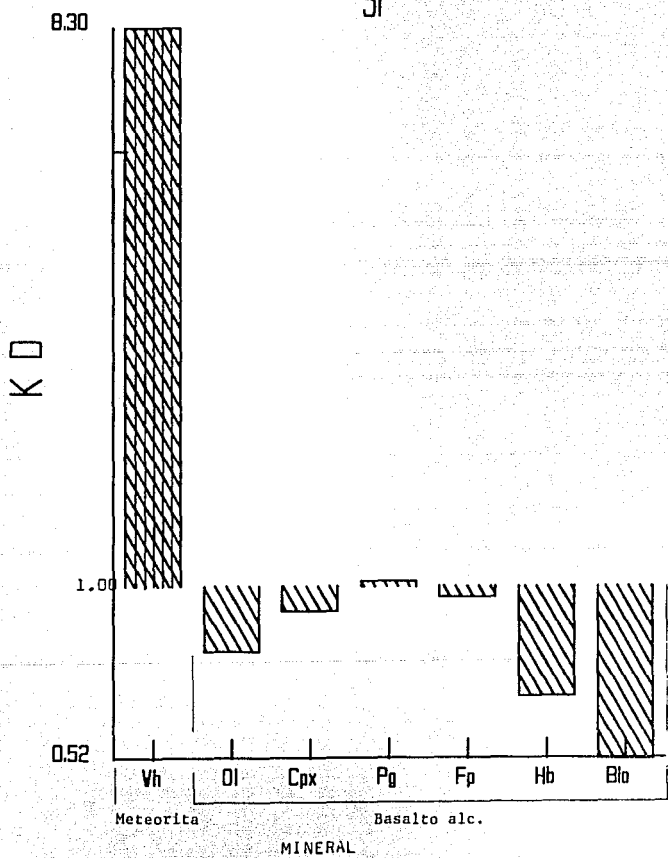


Fig. D.26. KD vs mineral/roca para Si

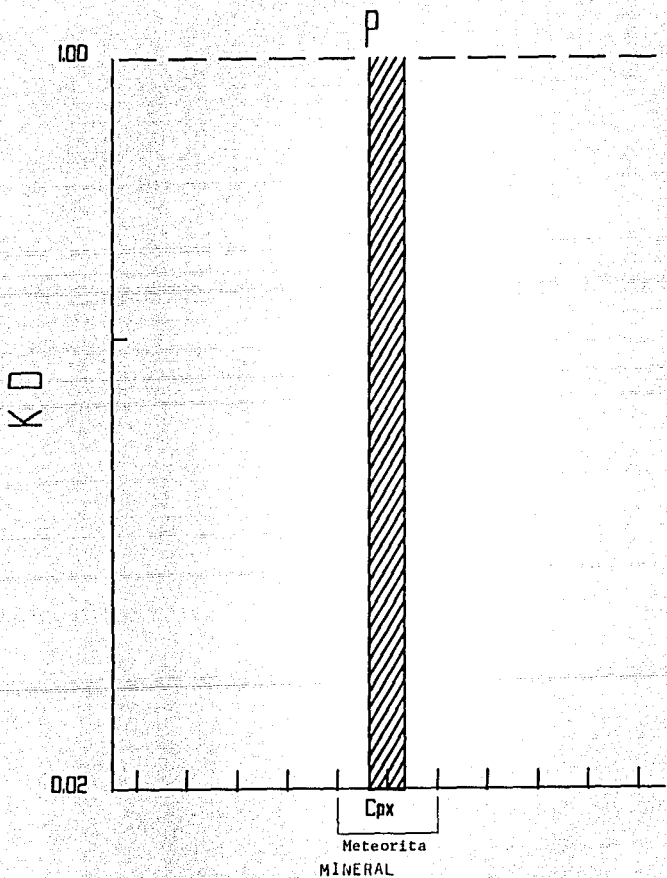


Fig. D.27. KD vs mineral/roca para P

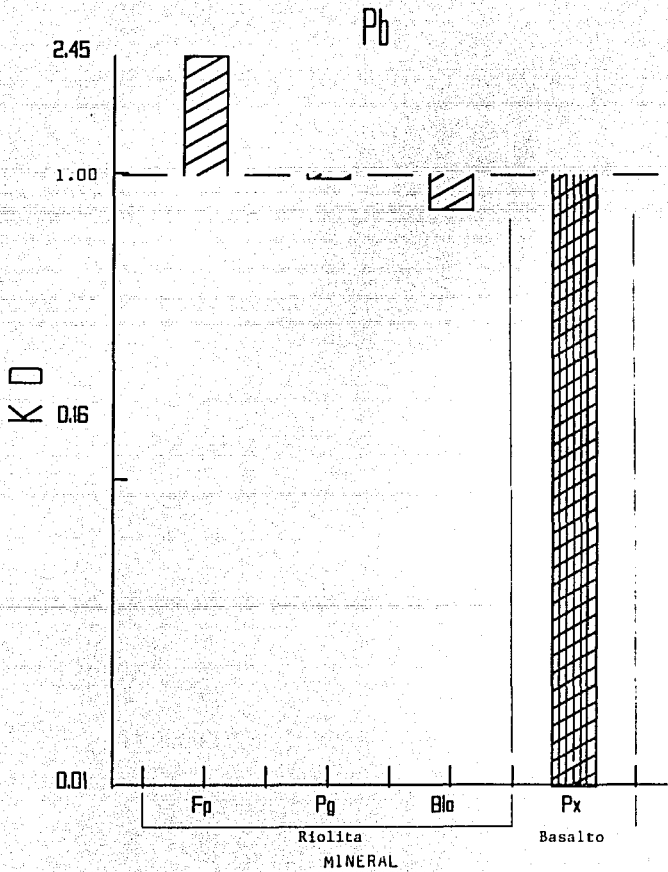


Fig. D.28. KD vs mineral/roca para Pb

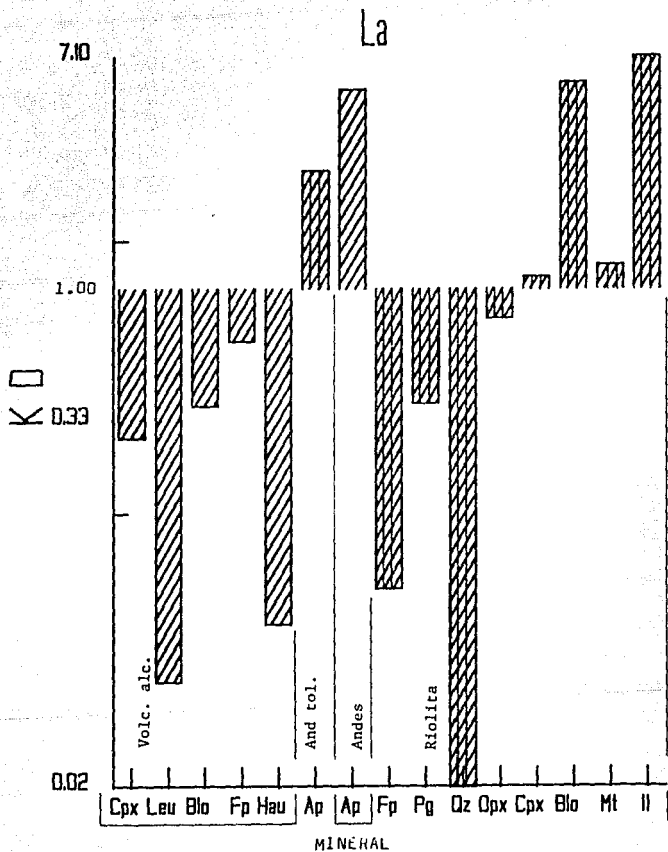


Fig. 4.29. KD vs mineral/roca para La

# La (cont.)

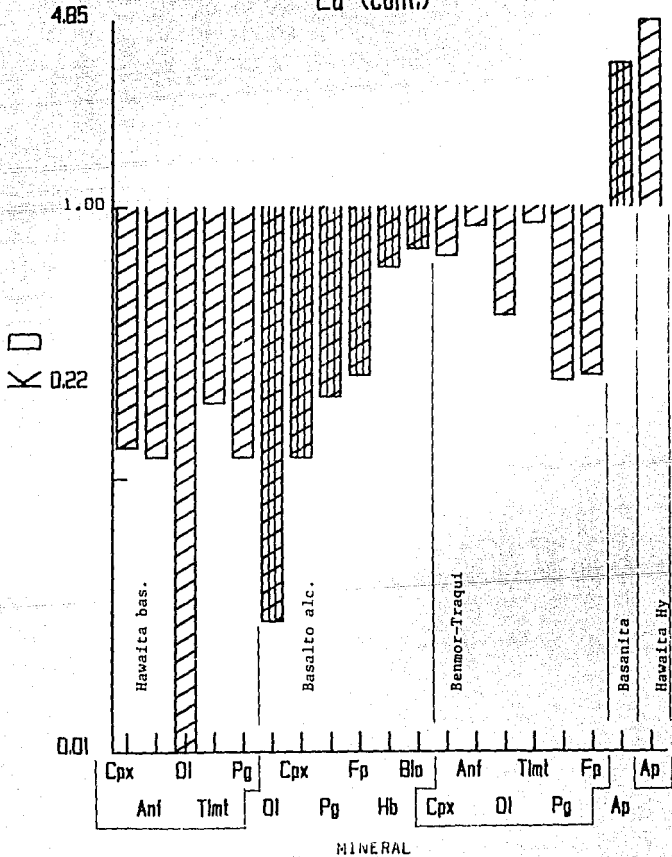


Fig. D.29a. KD vs mineral/roca para La

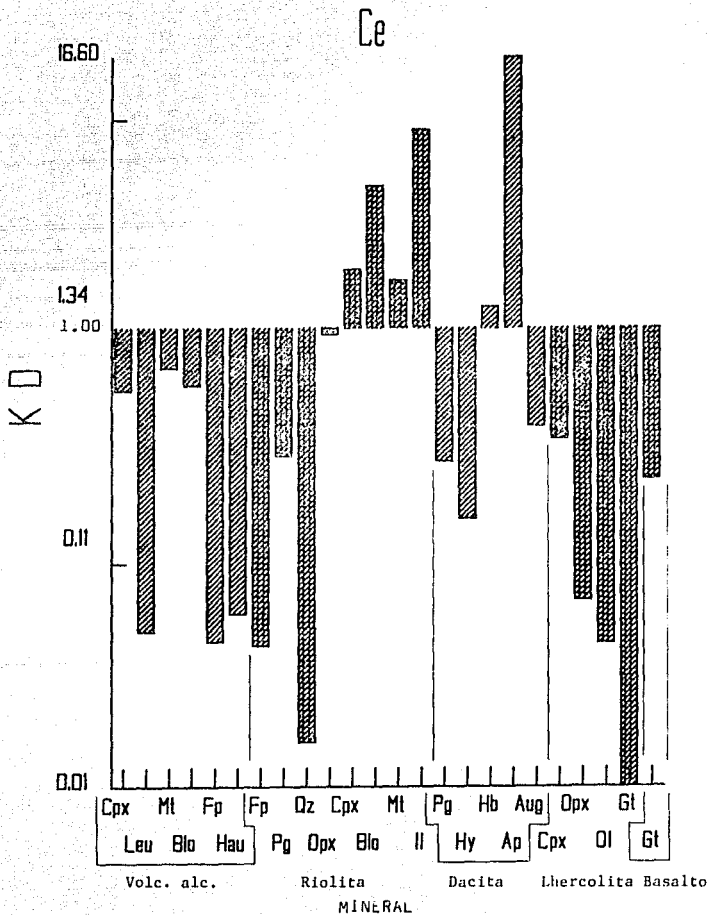


Fig. 4.30. KD vs mineral/roca para Ce



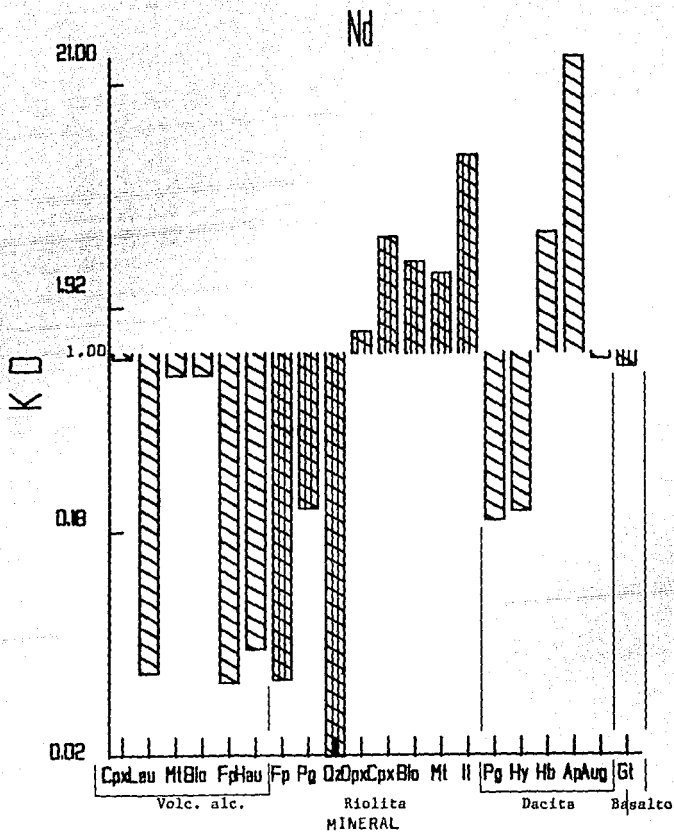


Fig. D.31. KD vs mineral/roca para Nd

Sm

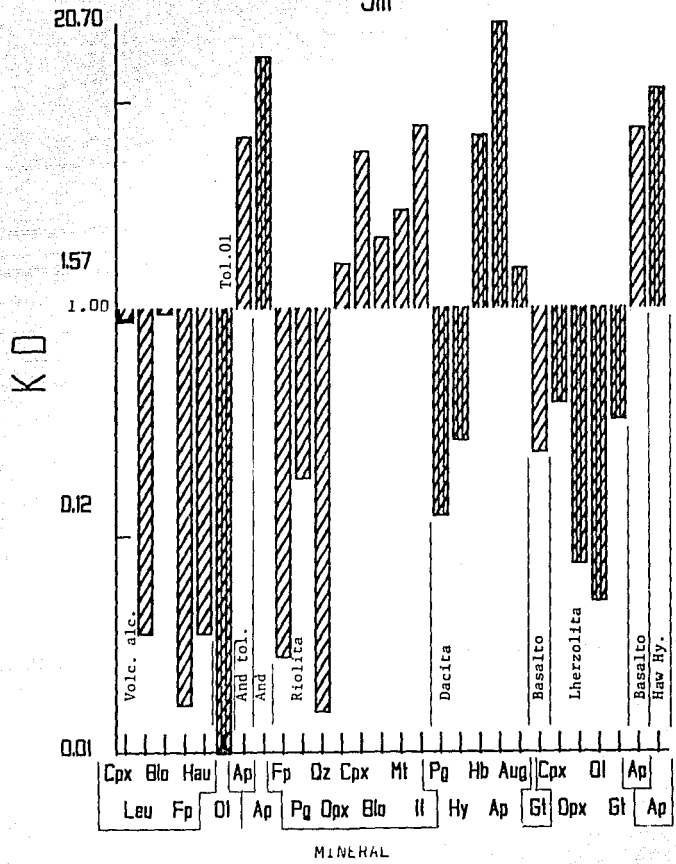


Fig. D.32. KD vs mineral/roca para Sm

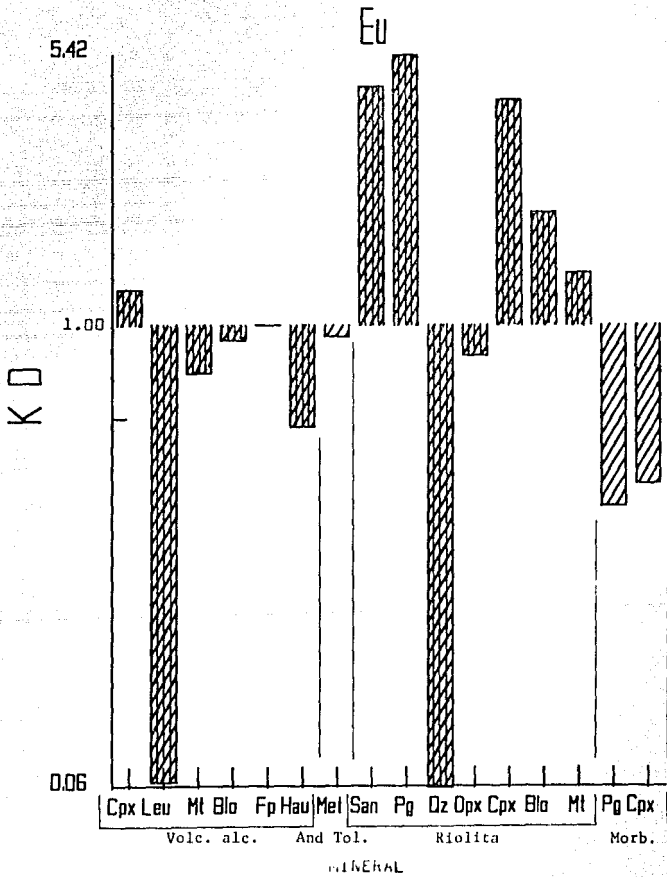


Fig. D.33. KD vs mineral/roca para Eu

# Eu (cont.)

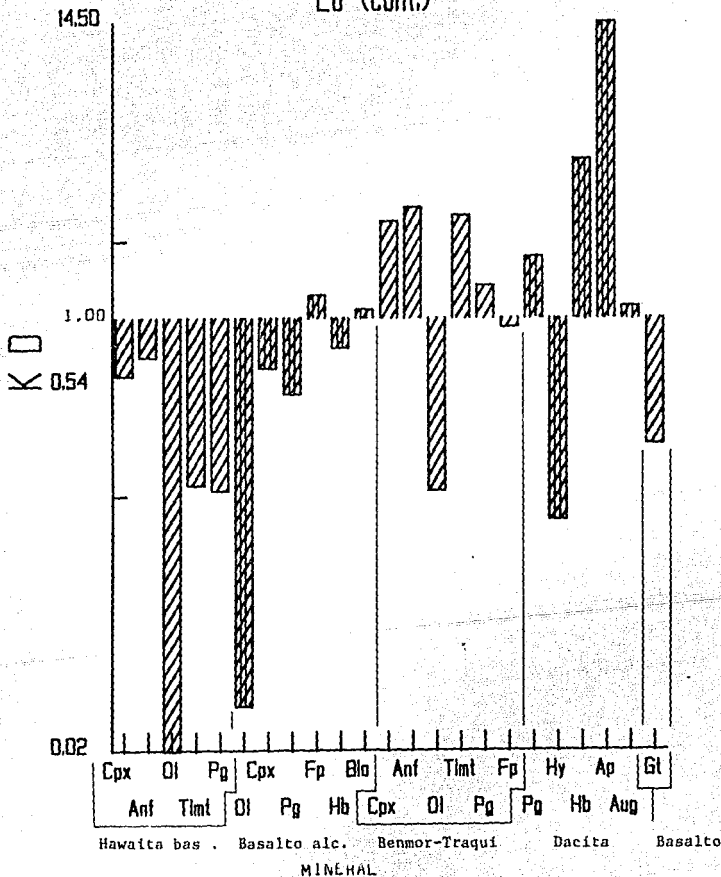


Fig. D.33a. KD vs mineral/roca para Eu

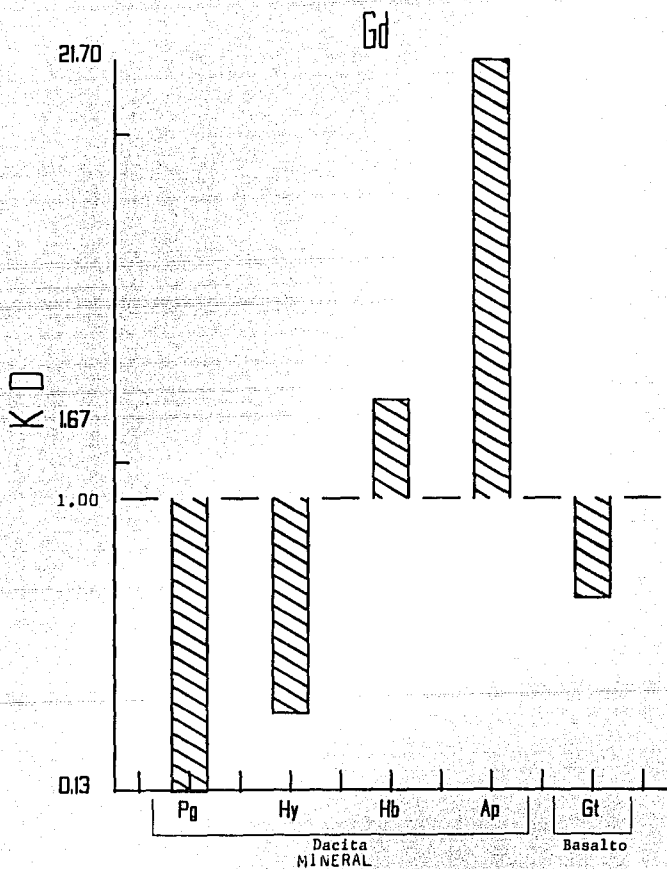


Fig. D.34. KD vs mineral/roca para Gd

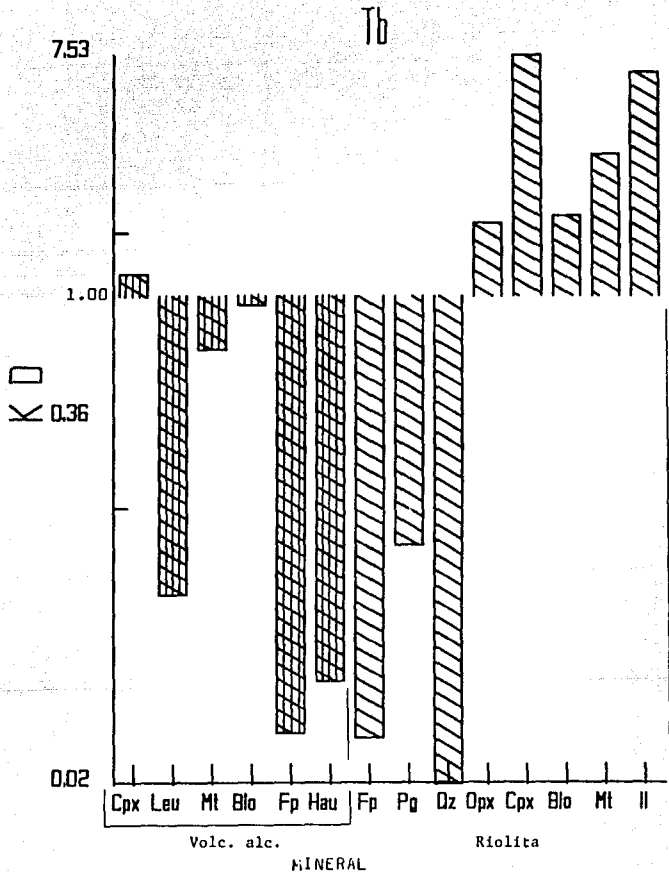


Fig. D.35. KD vs mineral/roca para Tb

# Tb (cont.)

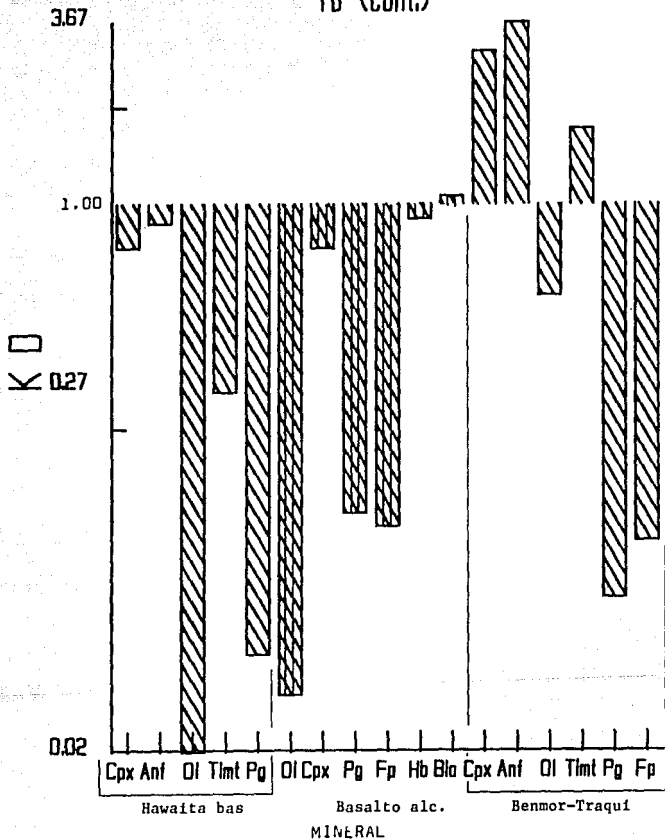


Fig. D.35a. KD vs mineral/roca para Tb

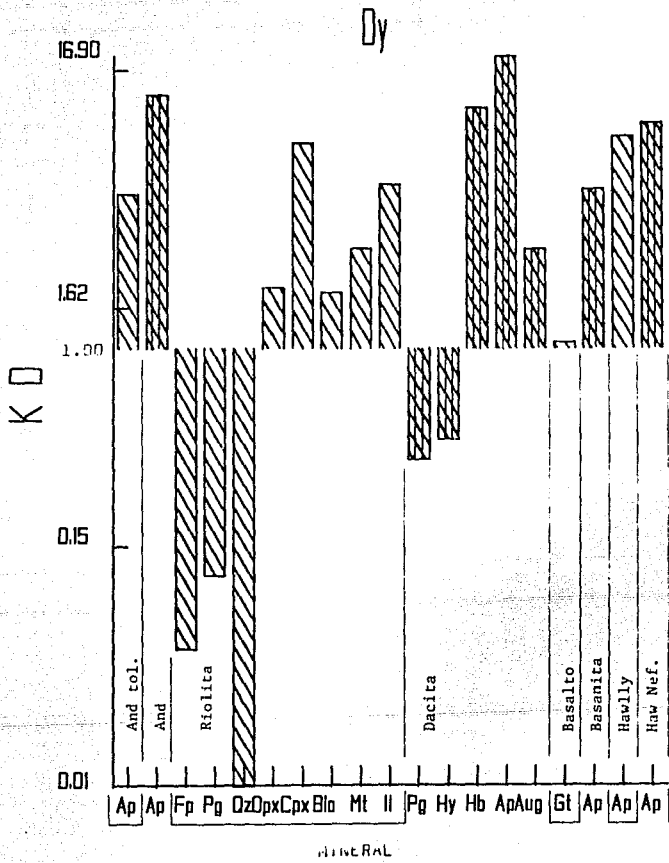


Fig. U.36. KD vs mineral/roca para Dy



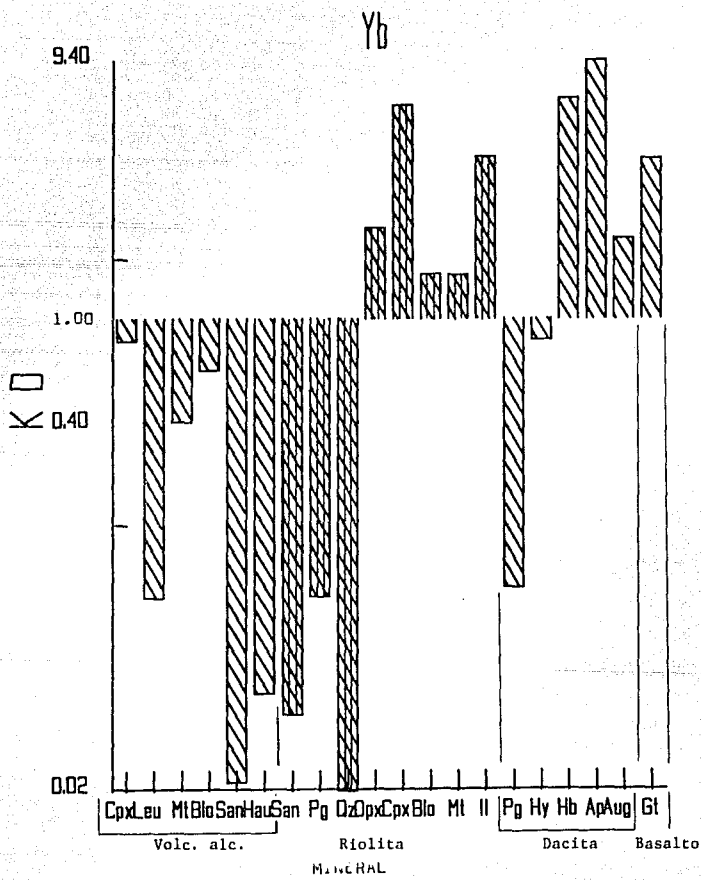


Fig. D.37. KD vs mineral/roce para Yb

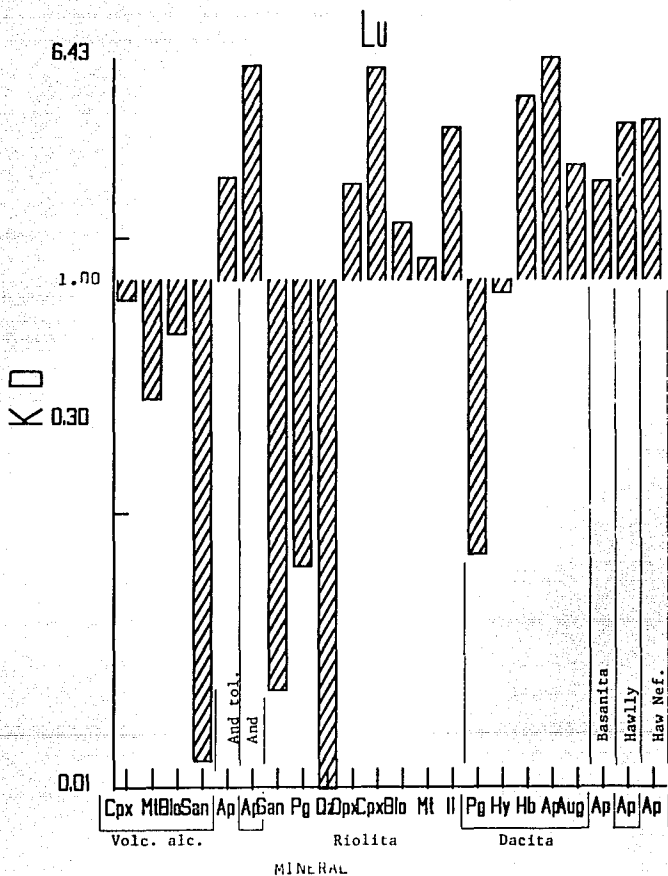


Fig. D.39. KD vs mineral/roca para Lu

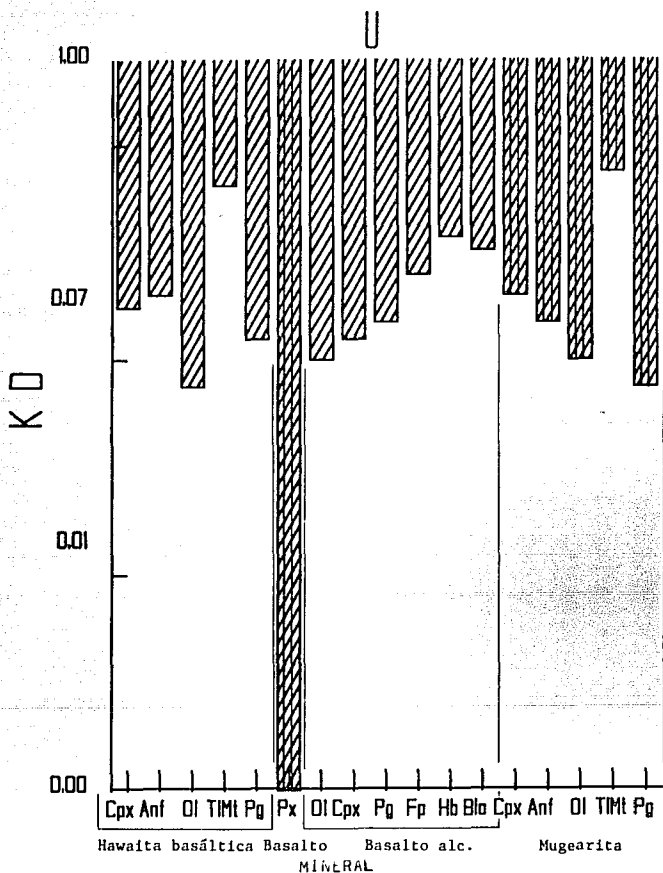


Fig. D.39. KD vs mineral/roca para U

U (cont.)

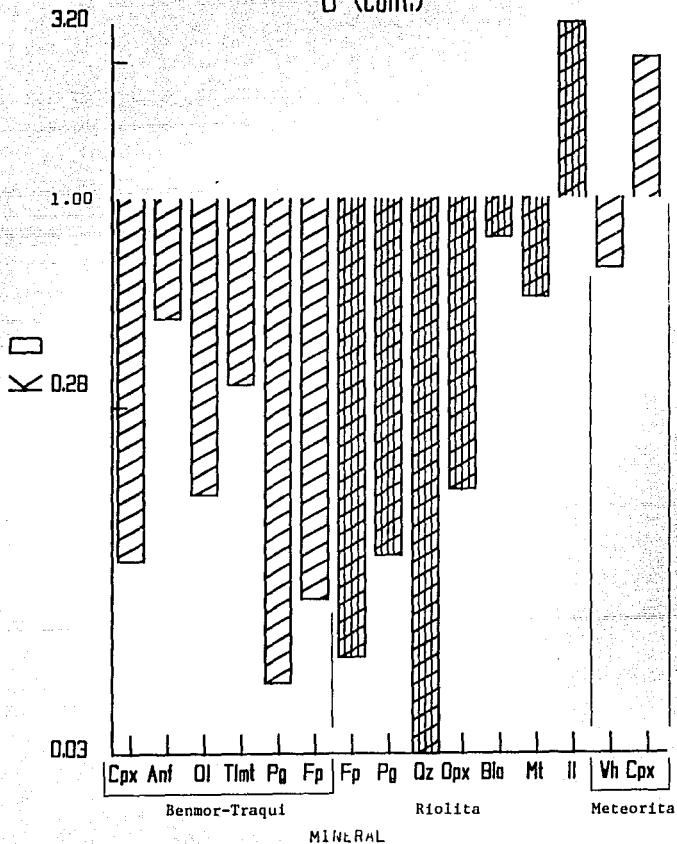


Fig. D.39a. KD vs mineral/roca para U

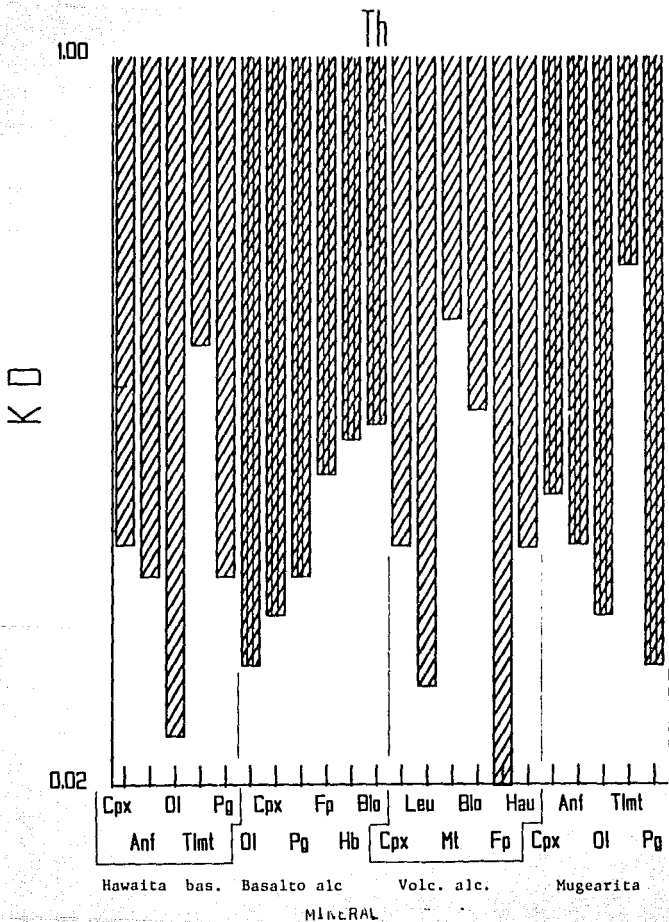


Fig. D.40. KD vs mineral/roca para Th

# Th (cont.)

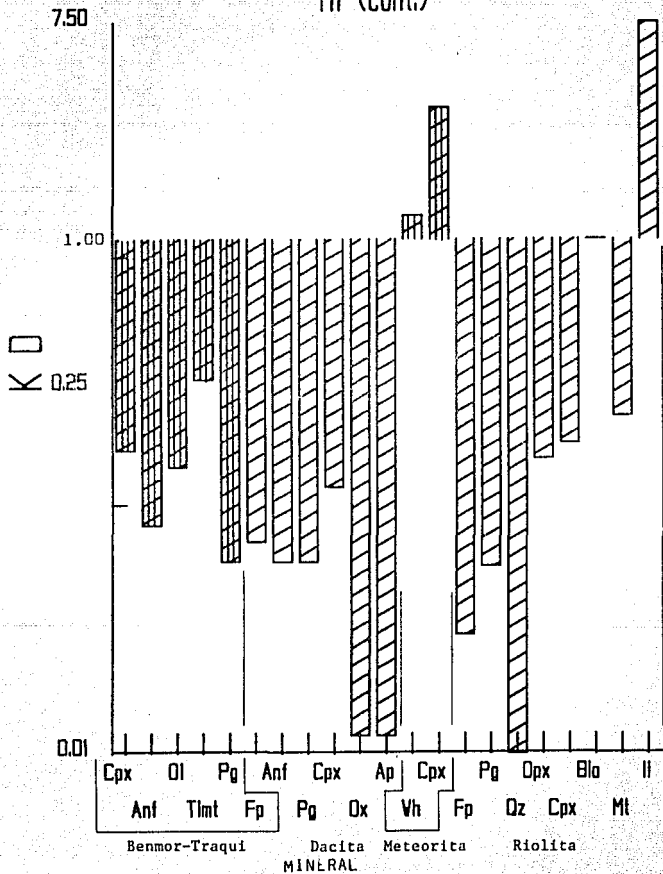


Fig. D.40a. KD vs mineral/roca para Th

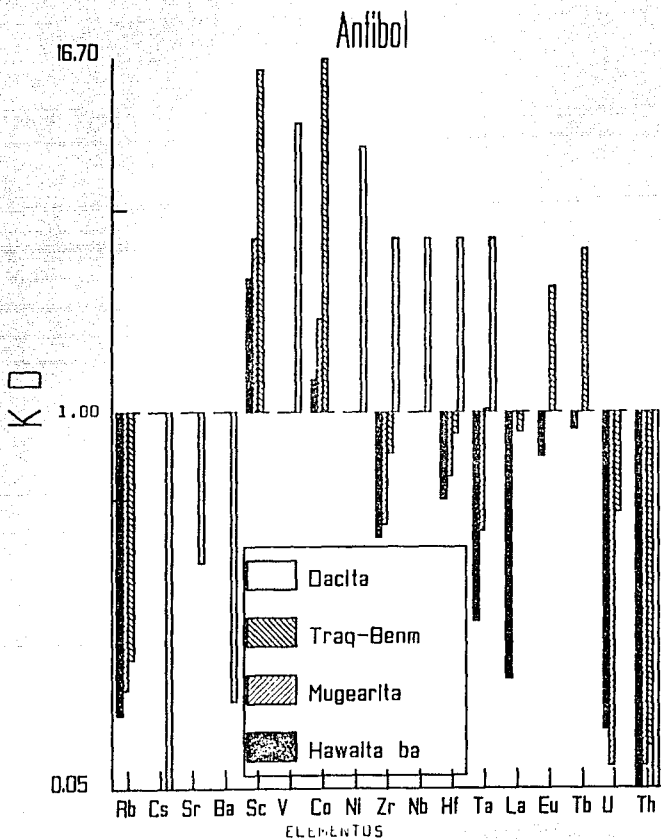


Fig. D.41. KD vs elementos por tipo de roca para anfíboles

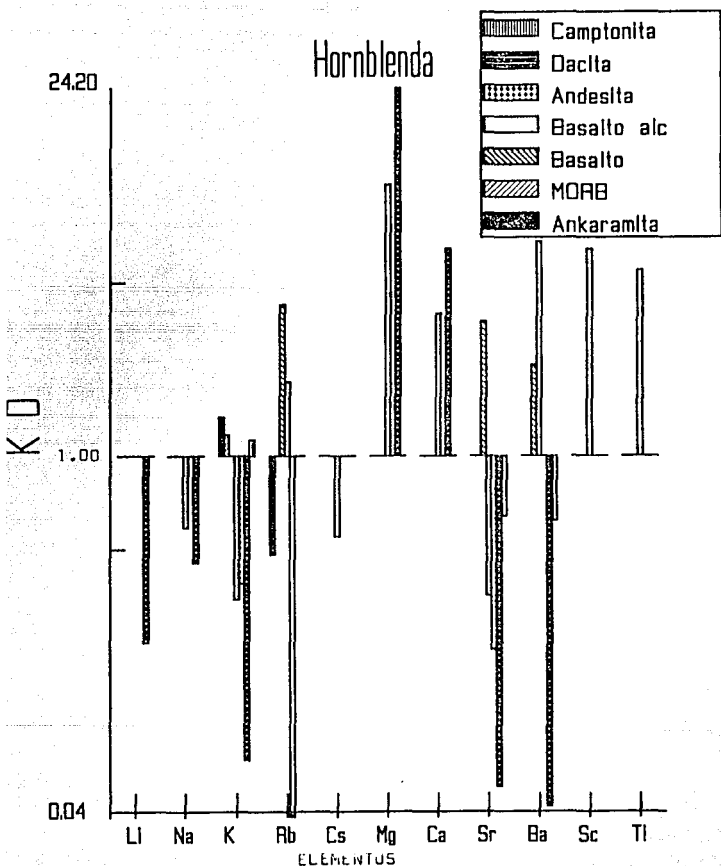


Fig. D.42. KD vs elementos por tipo de roca para hornblenda



# Hornblenda

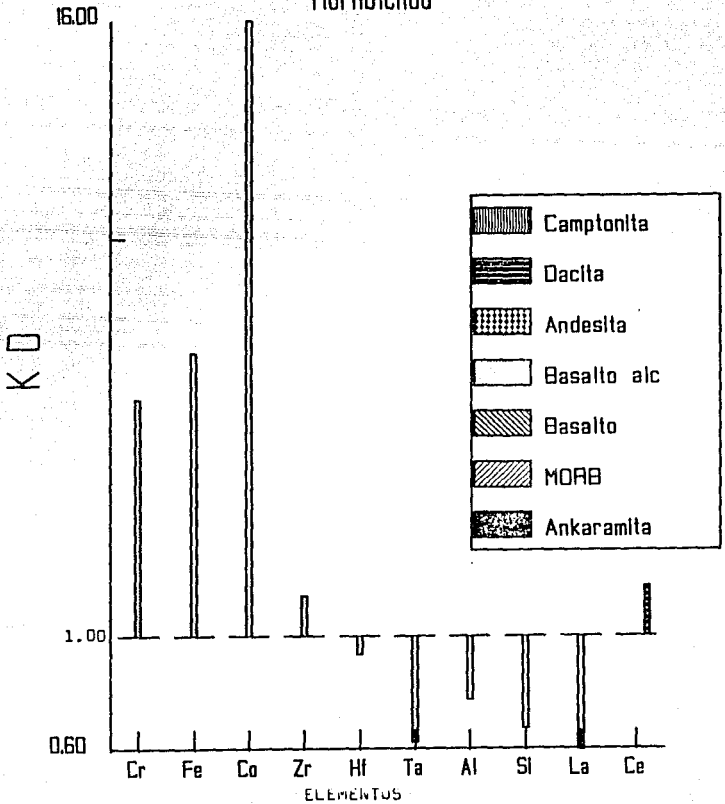


Fig. D.42a. KD vs elementos por tipo de roca para hornblenda

# Hornblenda

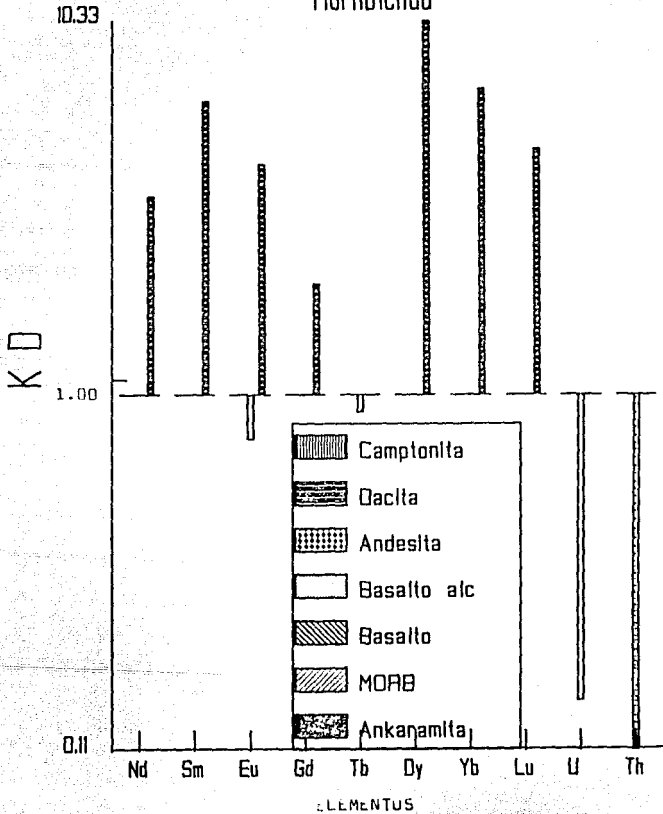


Fig. 9.42b. KD vs elementos por tipo de roca para hornblenda

# Apatita

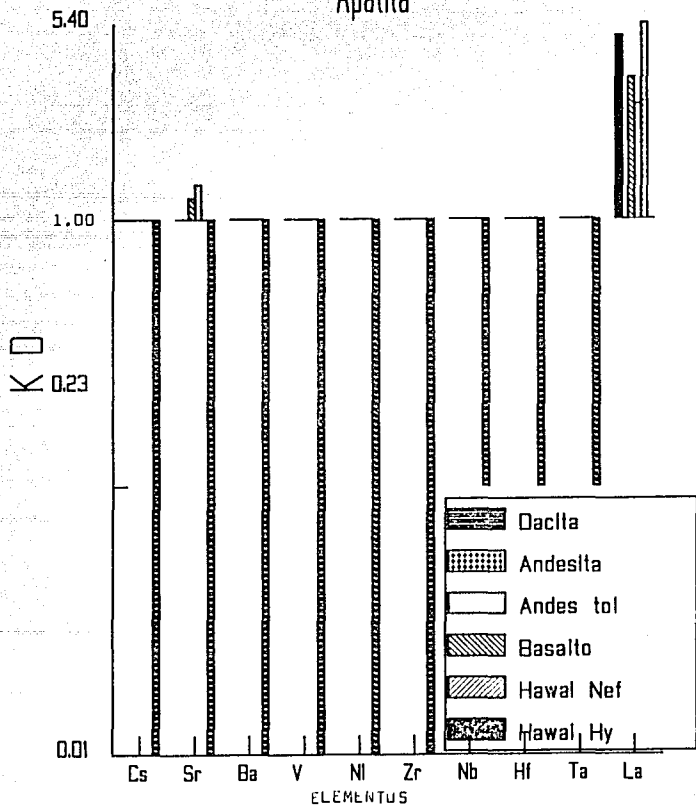


Fig. D.43. KD vs elementos por tipo de roca para apatita

# Apatita

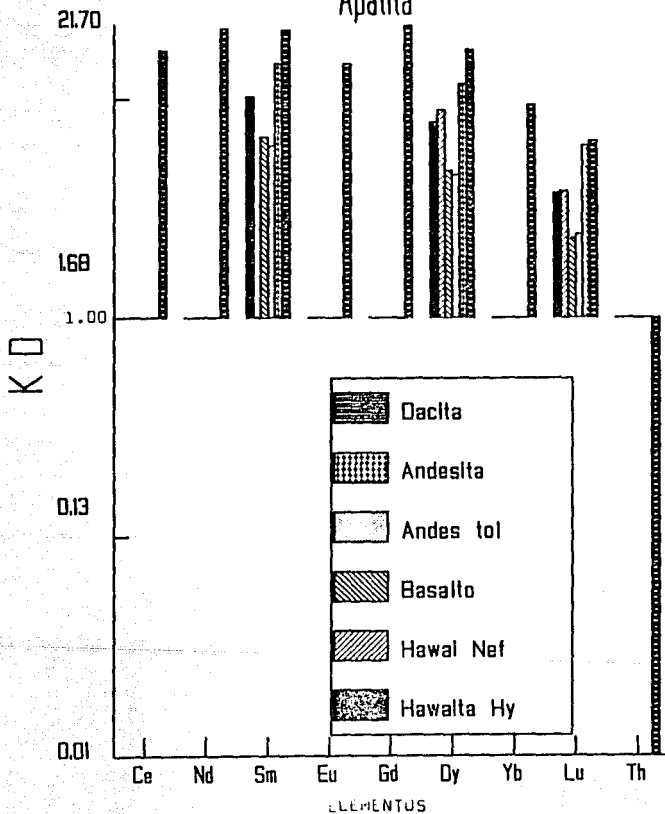


Fig. D.43a. KD vs elementos por tipo de roca para apatita

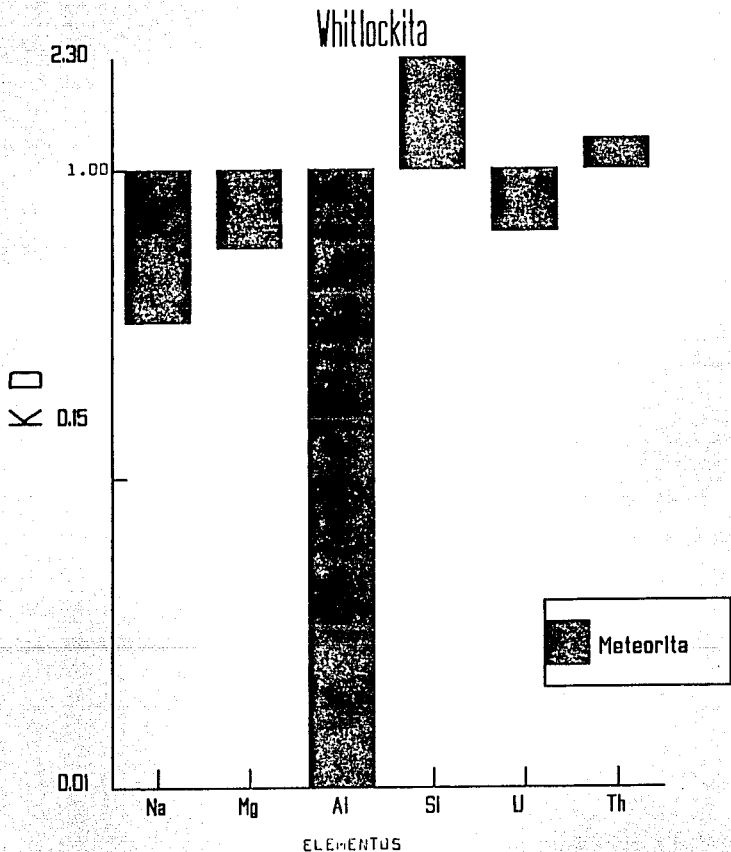


Fig. D.44. KD vs elementos por tipo de roca para whitlockita

# Clinopiroxeno

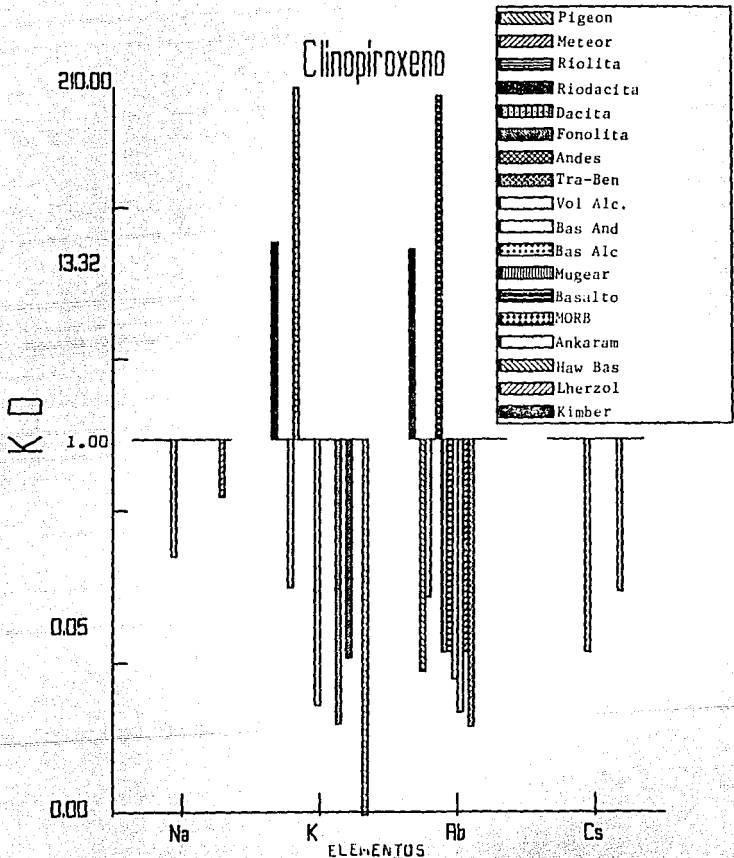


Fig. D.45. KD vs elementos por tipo de roca para clinopiroxenos

# Clinopiroxeno (cont.)

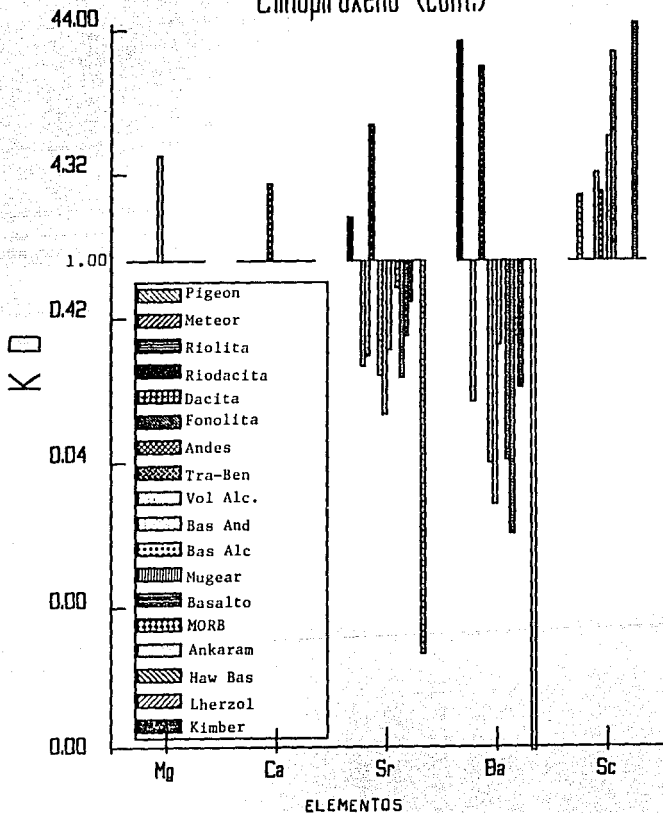


Fig. D.45a. KD vs elementos por tipo de roca para clinopiroxenos

# Clinopiroxeno (cont. 2)

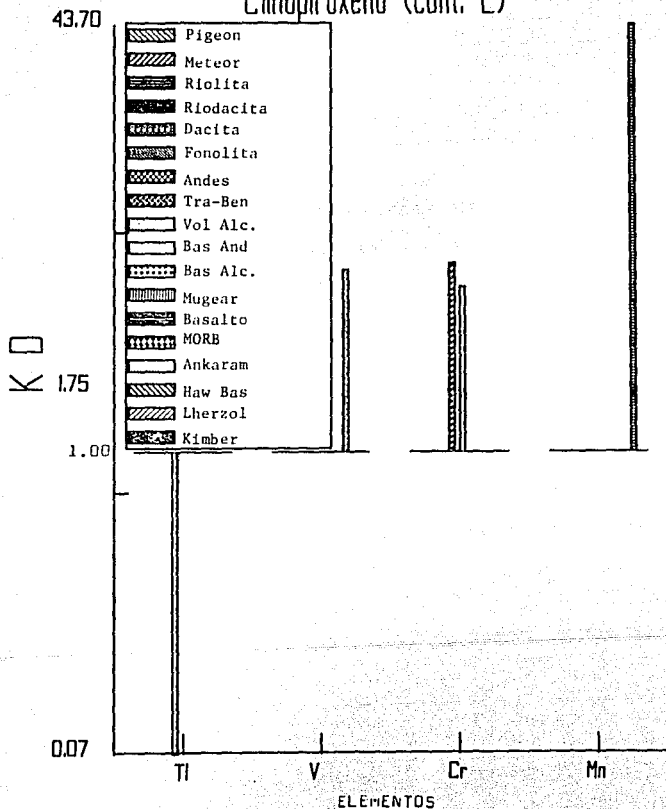


Fig. D.45b. KD vs elementos por tipo de roca para clinopiroxenos



### Clinopiroxenos (cont. 3)

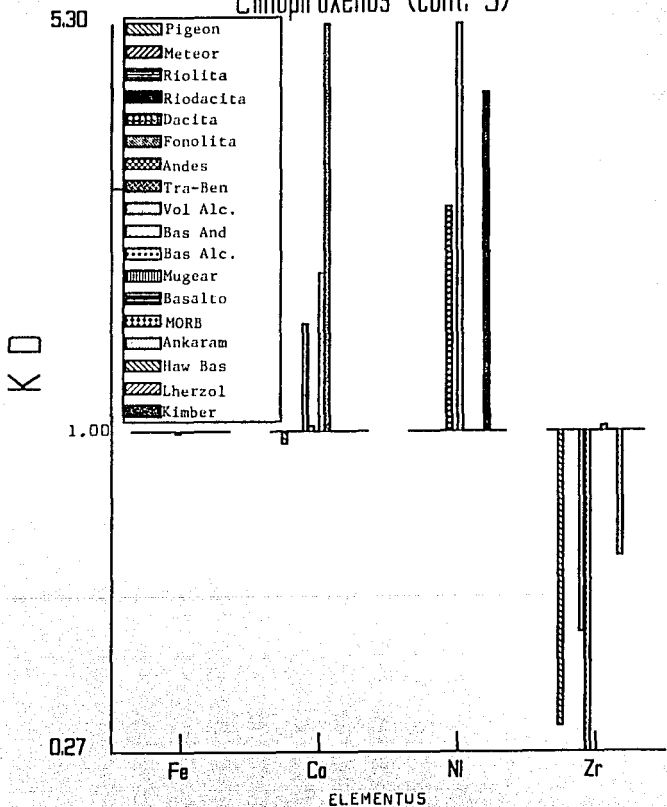


Fig. D.45c. KD vs elementos por tipo de roca para clinopiroxenos

# Clinopiroxeno (cont. 4)

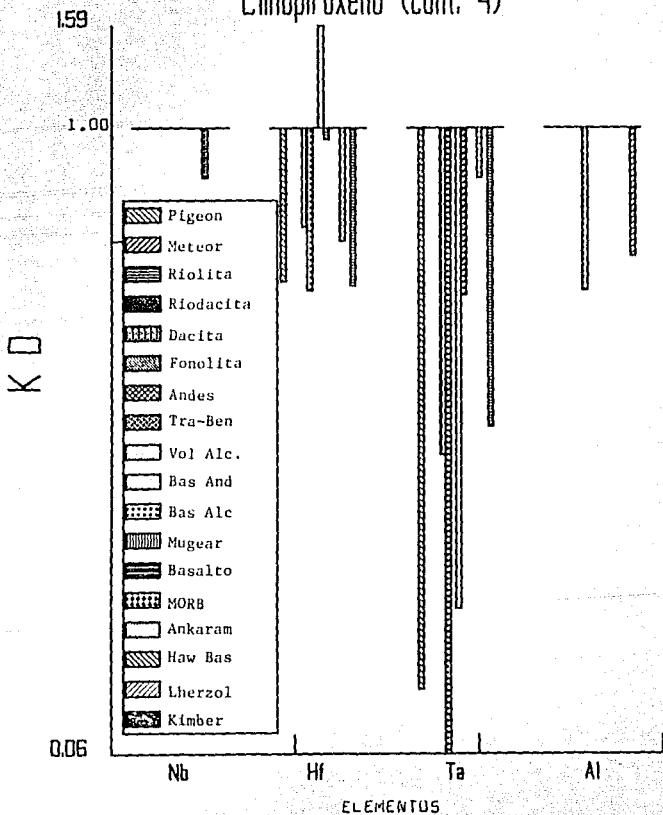


Fig. D.45d. KD vs elementos por tipo de roca para clinopiroxenos

# Clinopiroxeno (cont. 5)

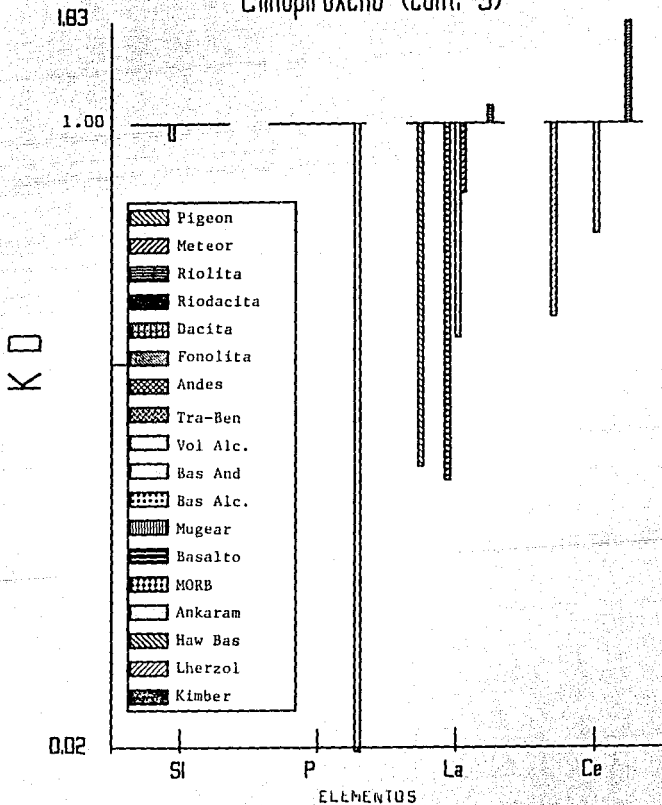


Fig. D.45e. KD vs elementos por tipo de roca para clinopiroxenos

# Clinopiroxeno (cont. 6)

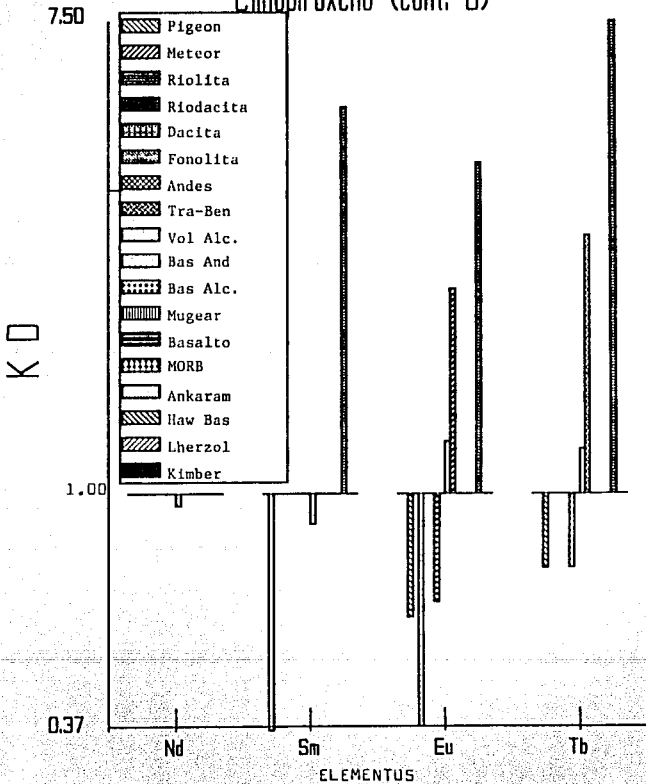


Fig. D.45f. KD vs elementos por tipo de roca para clinopiroxenos

# Clinopiroxeno (cont. 7)

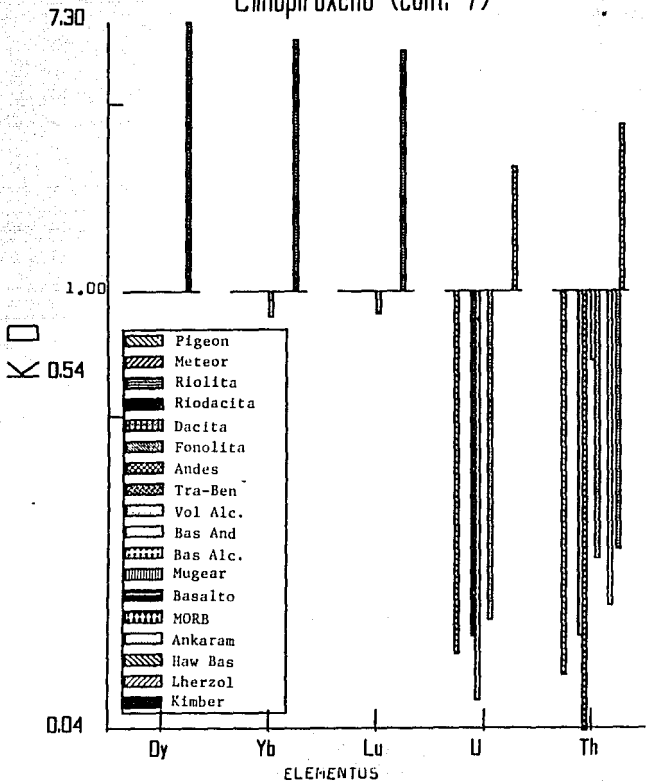


Fig. D.45g. KD vs elementos por tipo de roca para clinopiroxenos

# Feldespato

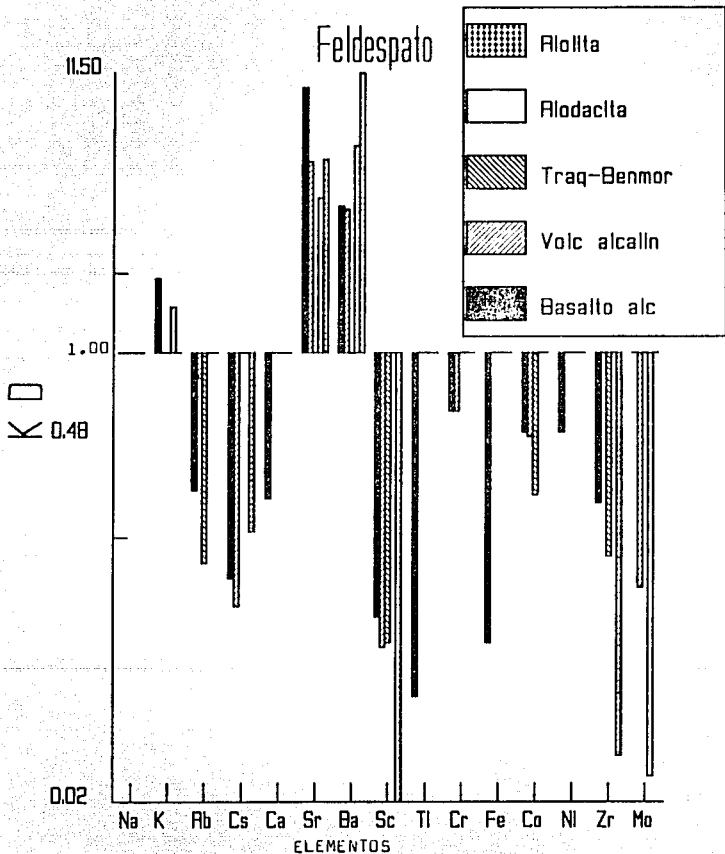


Fig. D.46. KD vs elementos por tipo de roca para feldspatos

# Feldespatos (cont.)

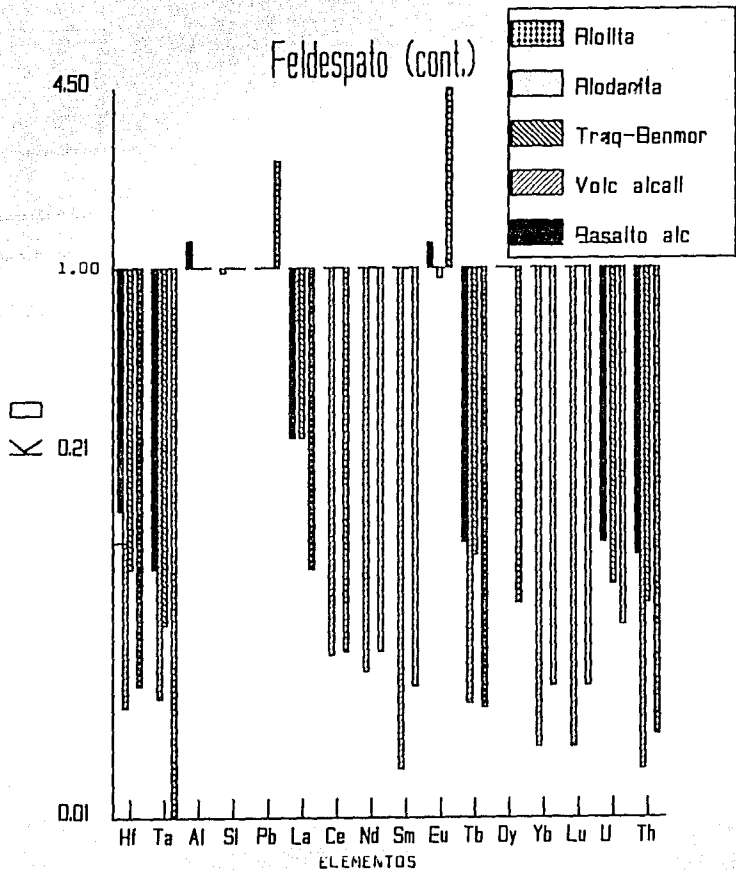


Fig. D.46a. KD vs elementos por tipo de roca para feldespatos

# Leucita

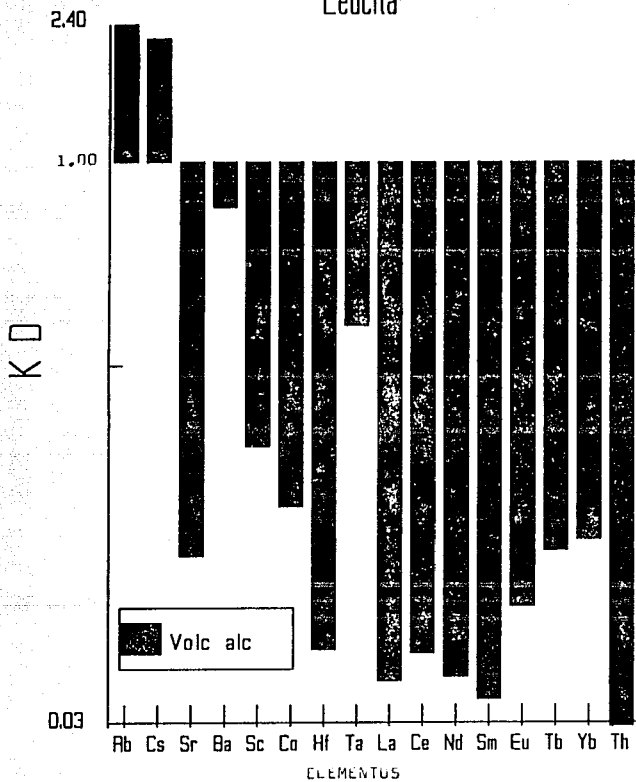


Fig. D.47. KD vs elementos por tipo de roca para leucita



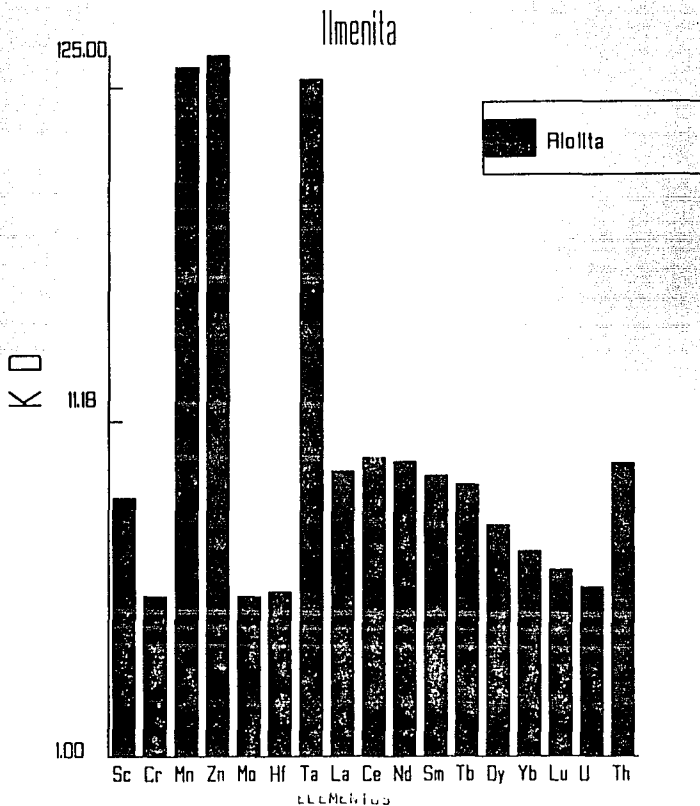


Fig. D.48. KD vs elementos por tipo de roca para ilmenita

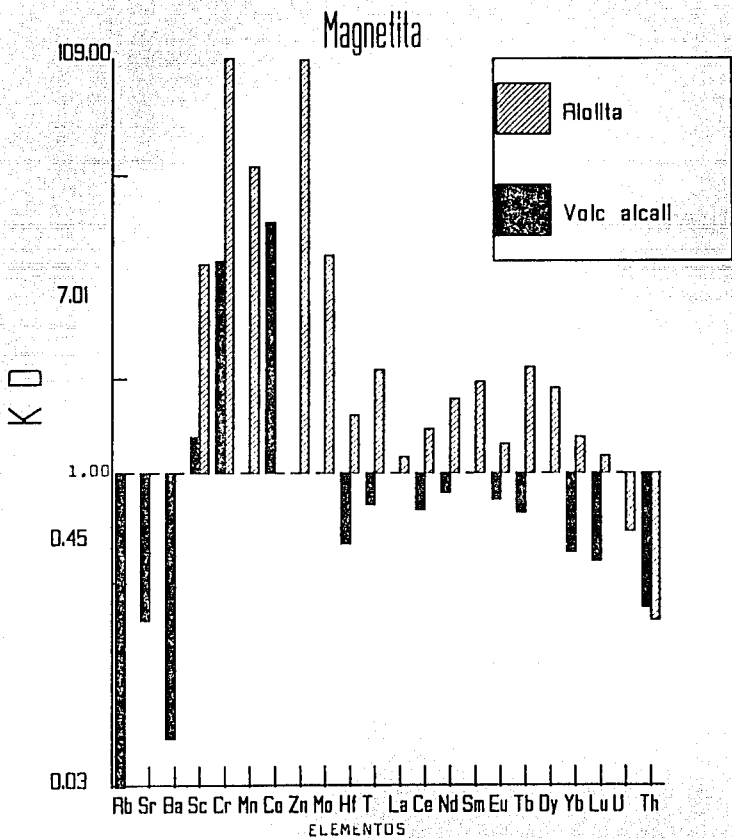


Fig. D.49. KD vs elementos por tipo de roca para magnetita

# Oxidos de Fe-Ti

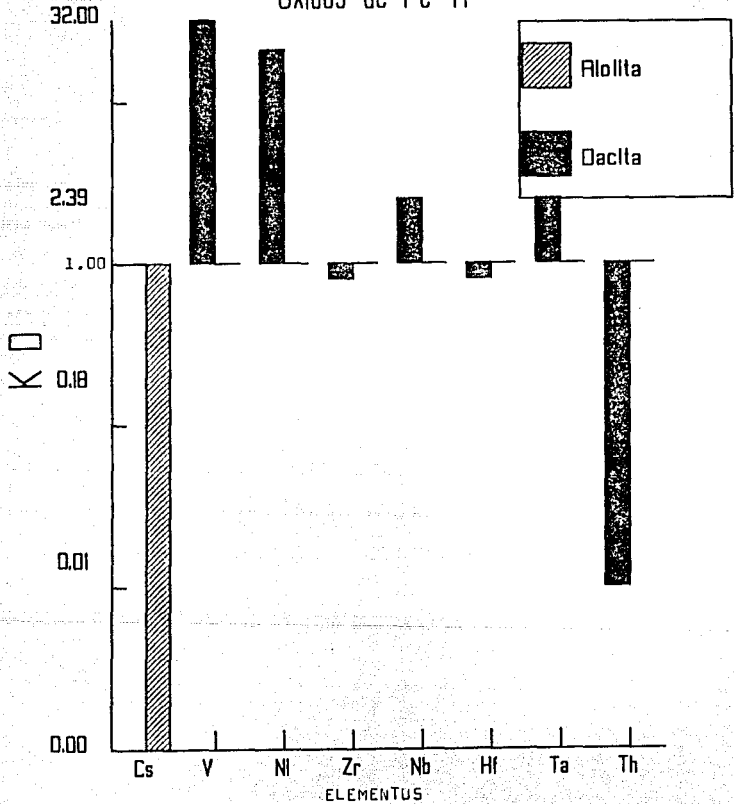


Fig. D.50. KD vs elementos por tipo de roca para óxidos de Fe-Ti

# Titanomagnetita

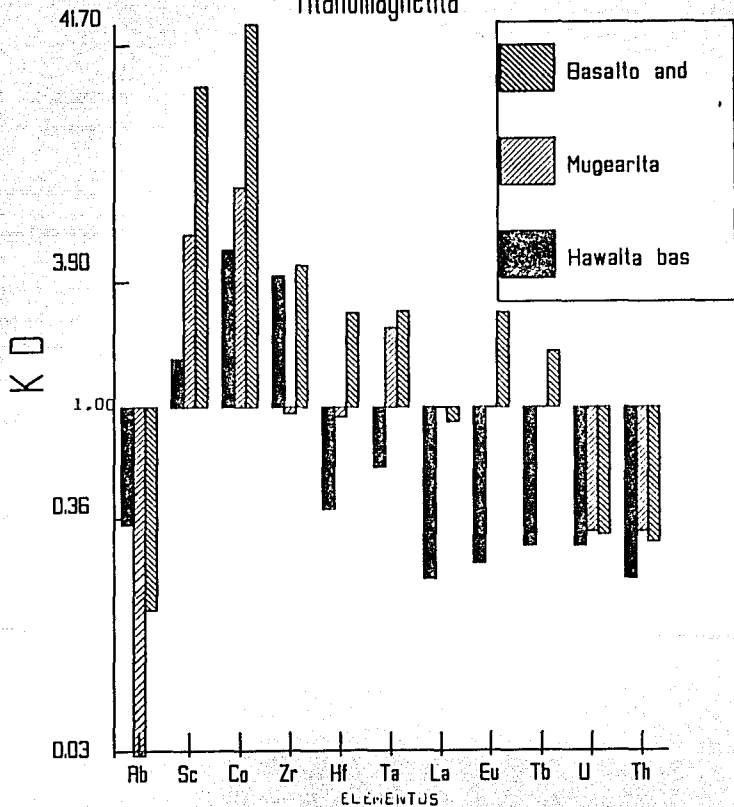


Fig. D.51. KD vs elementos por tipo de roca para titanomagnetita

# Biotita

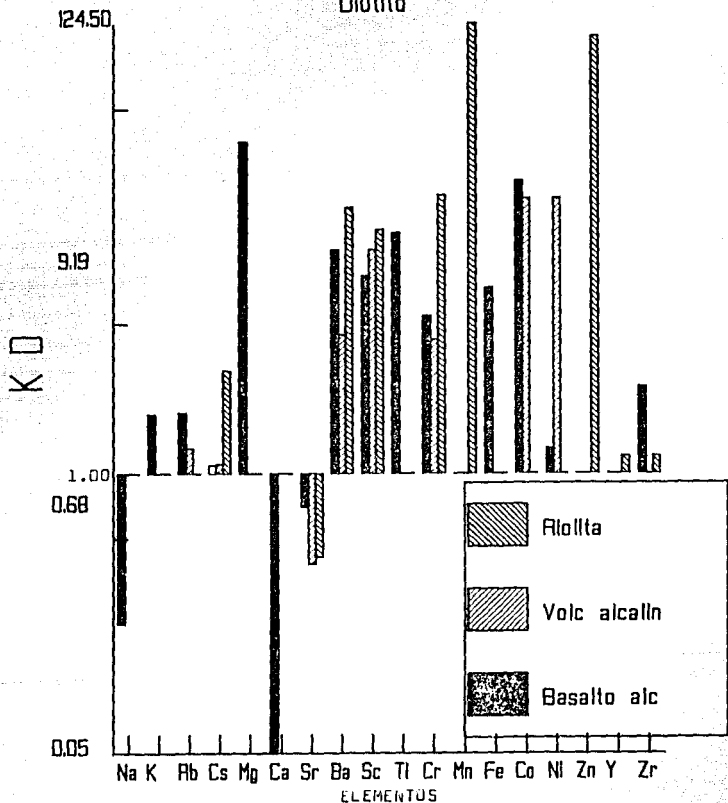


Fig. D.53. KD vs elementos por tipo de roca para biotita

# Biotita (cont.)

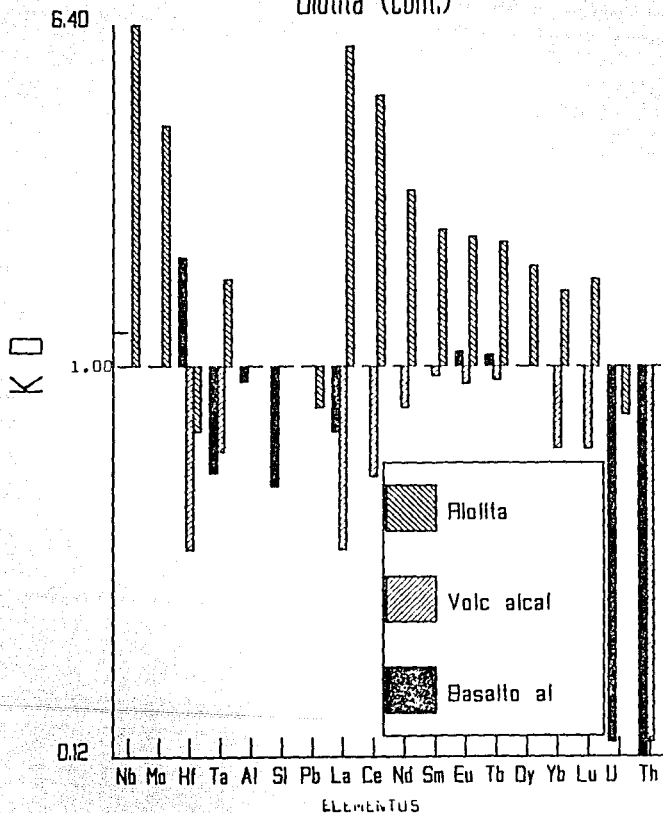


Fig. D.53a. kD vs elementos por tipo de roca para biotita

# Olivino

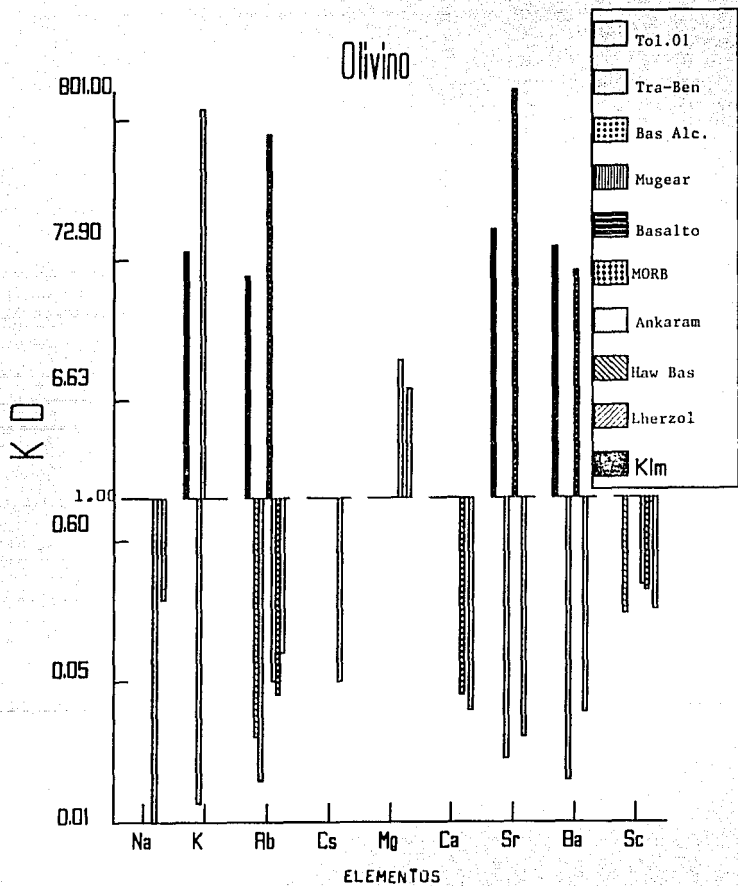


Fig. D.54. KD vs elementos por tipo de roca para olivino

# Olivino (cont.)

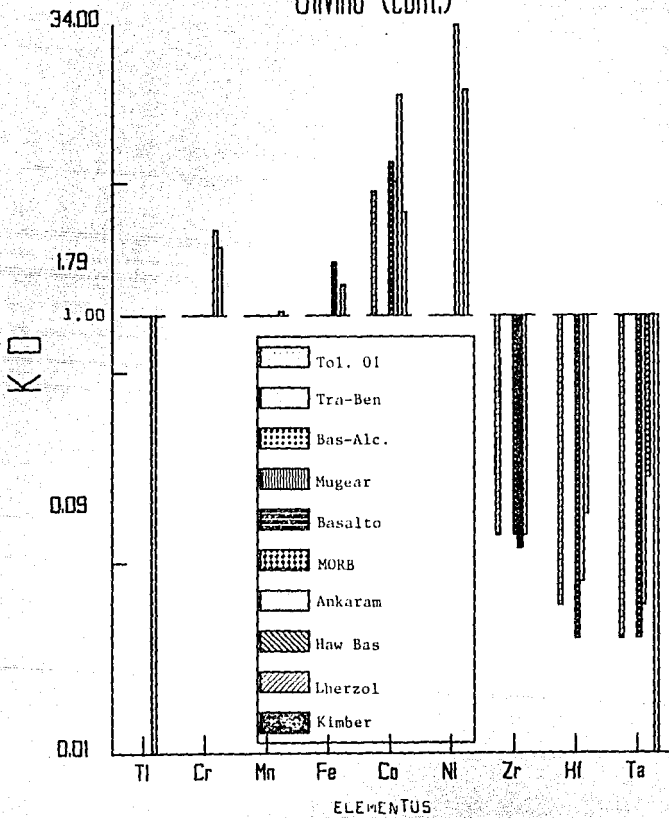


Fig. D.54a. KD vs elementos por tipo de roca para olivino



# Olivino (cont. 1)

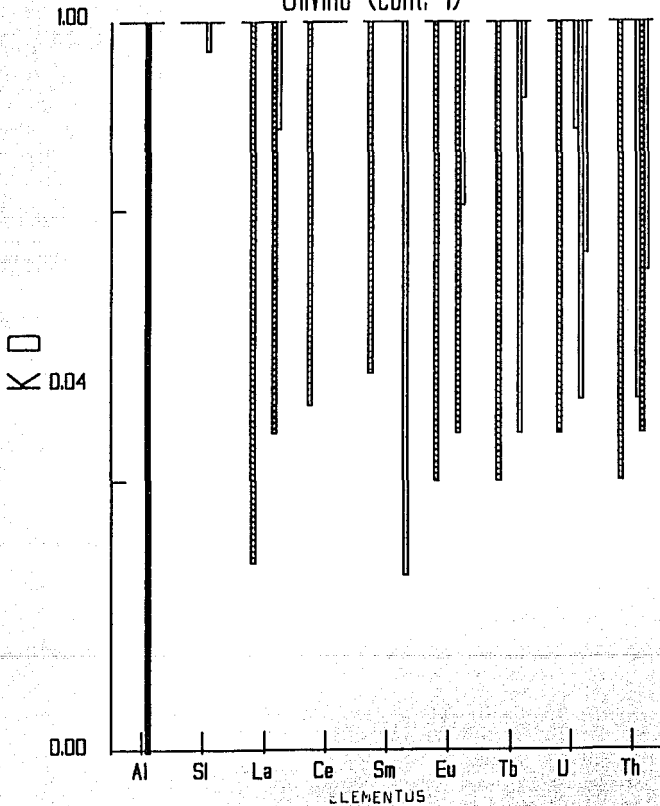


Fig. D.54b. KD vs elementos por tipo de roca para olivino

# Granate

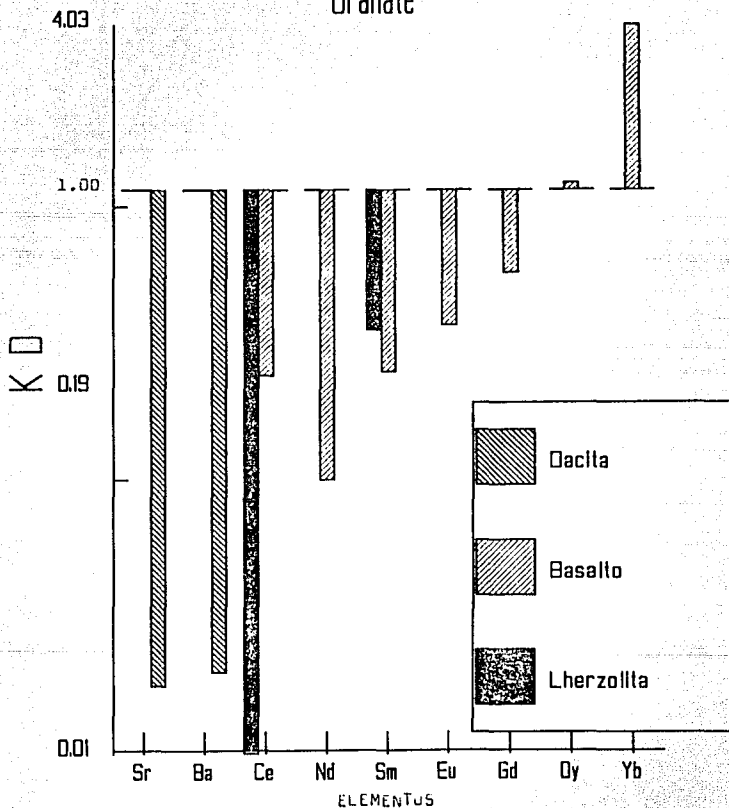


Fig. D.55. KD vs elementos por tipo de roca para granate

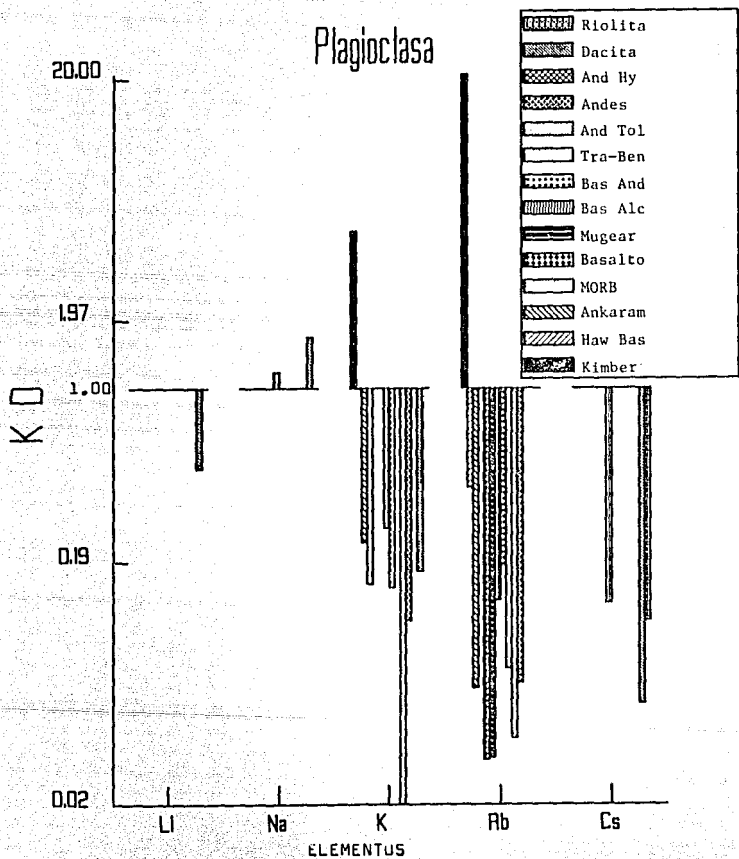


Fig. D.56. KD vs elementos por tipo de roca para plagioclasas

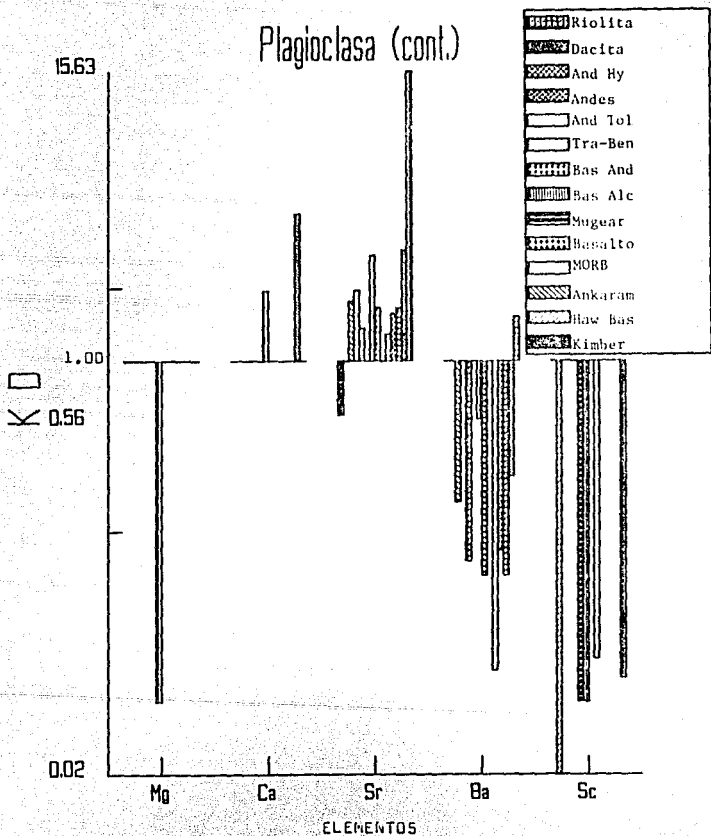


Fig. D.56m. KD vs elementos por tipo de roca para plagioclases

# Plagioclasa (cont. 2)

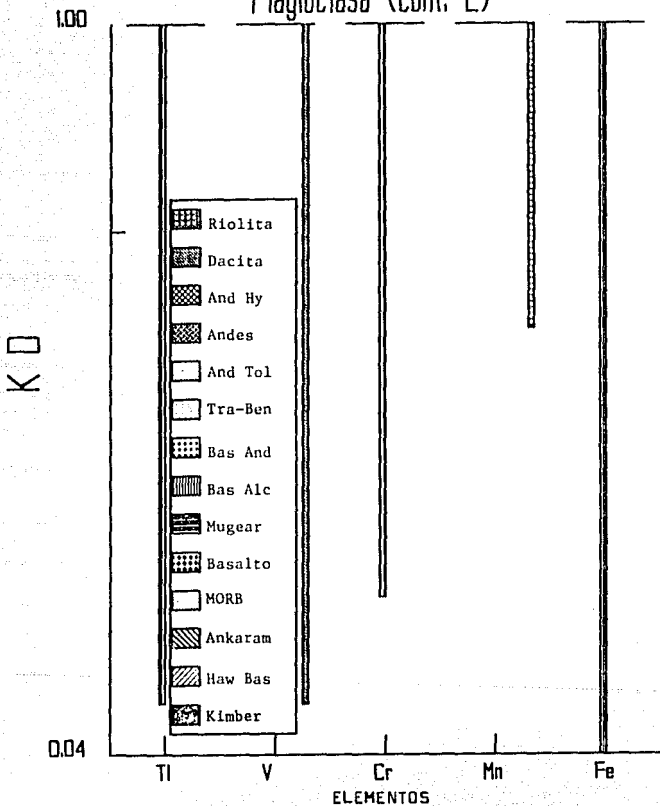


Fig. D.56h. KD vs elementos por tipo de roca para plagioclasas

# Plagioclasa (cont. 3)

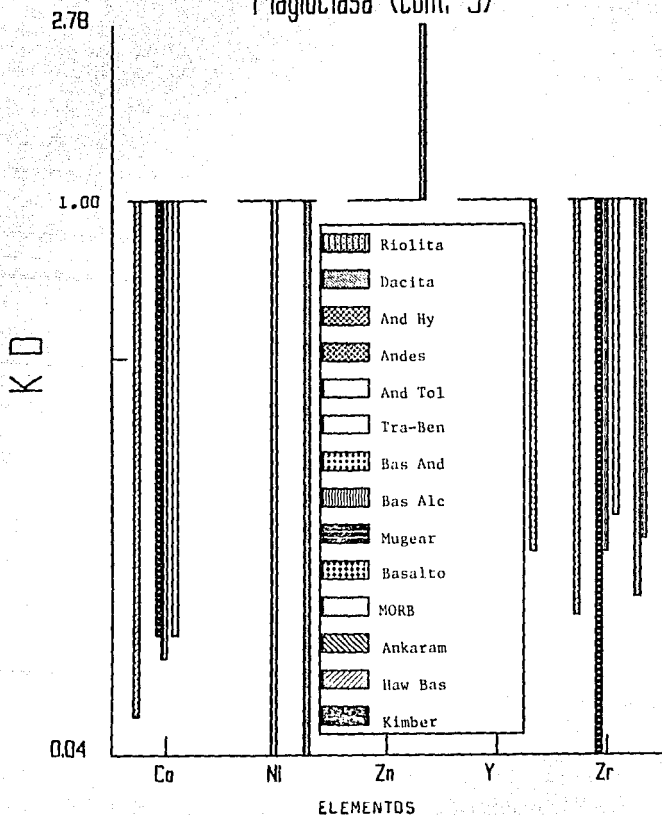


Fig. D.56c. KD vs elementos por tipo de roca para plagioclasas

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

### Plagioclase (cont. 4)

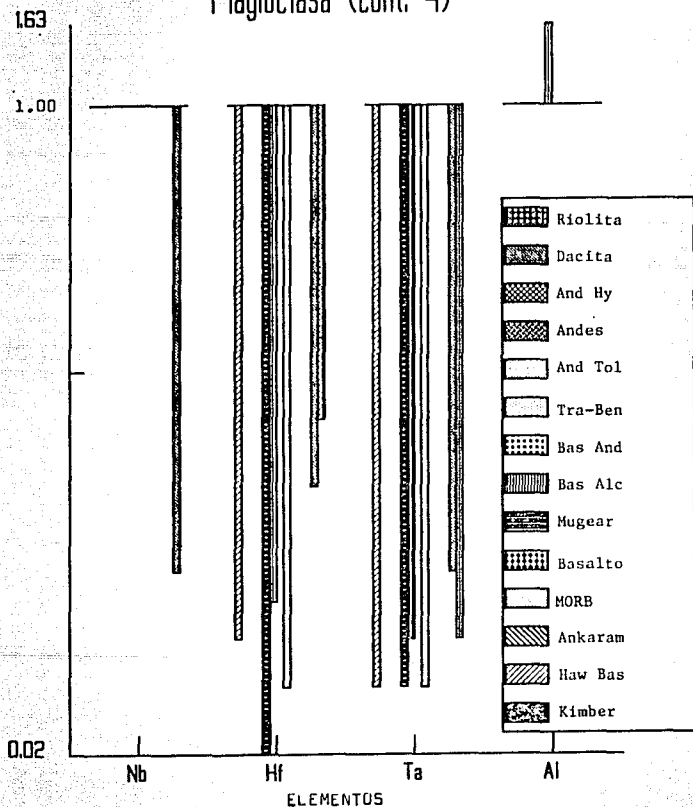


Fig. D.56d. KD vs elementos por tipo de roca para plagioclasas

# Plagioclasa (cont. 5)

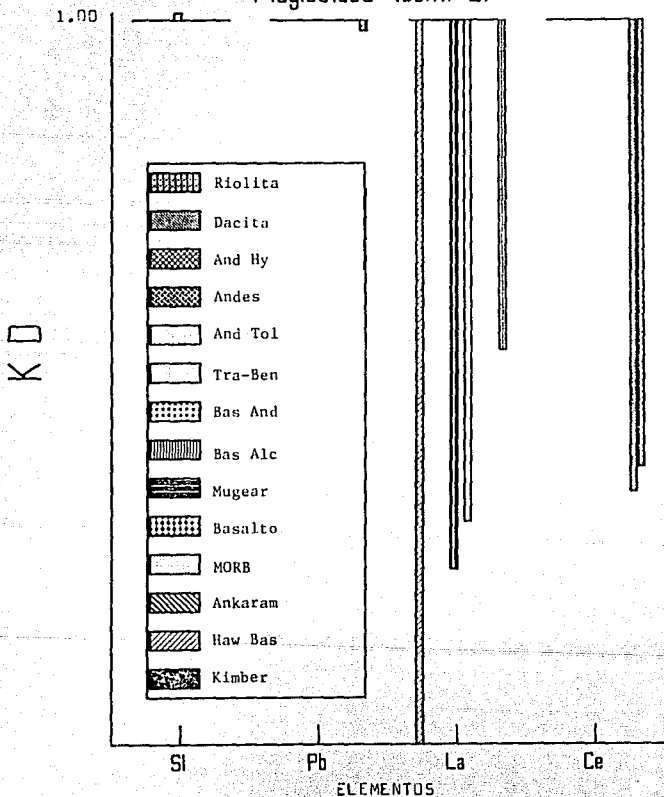


Fig. D.56e. KD vs elementos por tipo de roca para plagioclasas



# Plagioclasa (cont. 6)

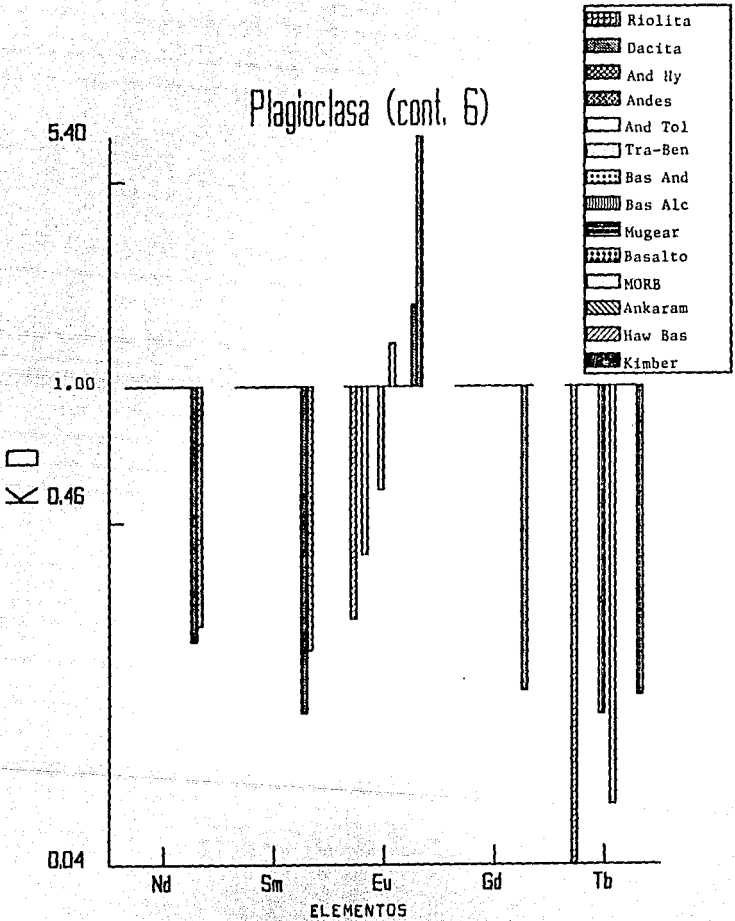


Fig. D.56f. KD vs elementos por tipo de roca para plagioclases

# Plagioclasa (cont. 7)

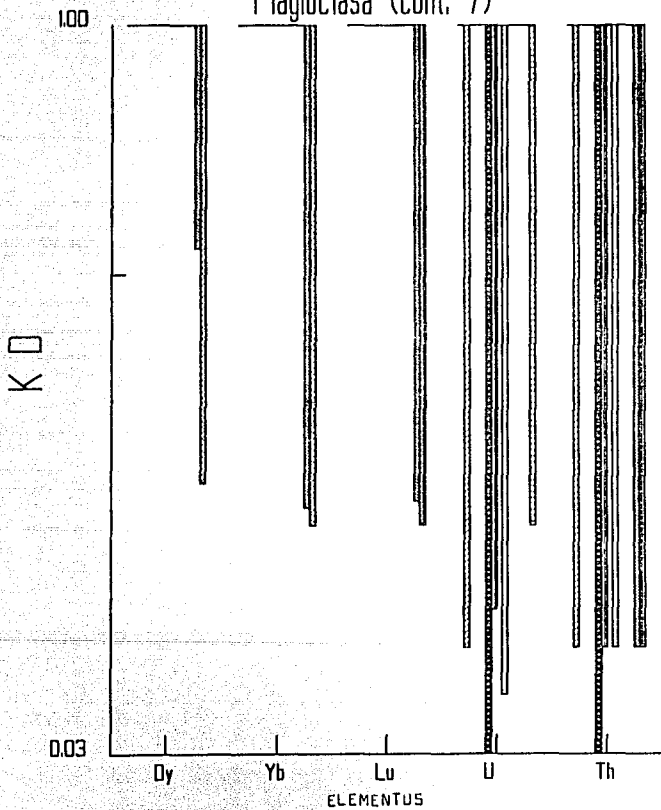


Fig. D.56g. KD vs elementos por tipo de roca para plagioclases

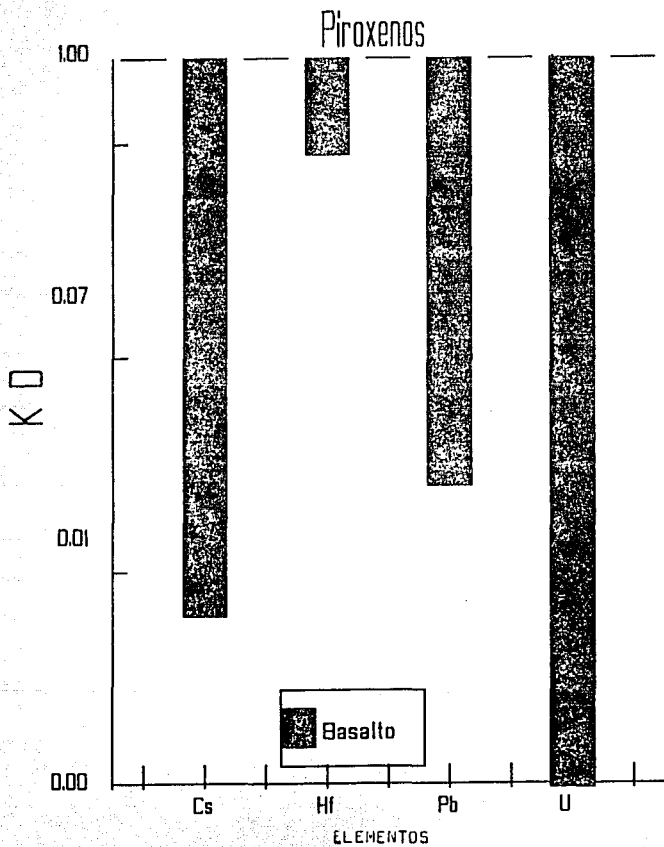


Fig. D.57. KD vs elementos por tipo de roca para piroxenos

# Ortopiroxeno

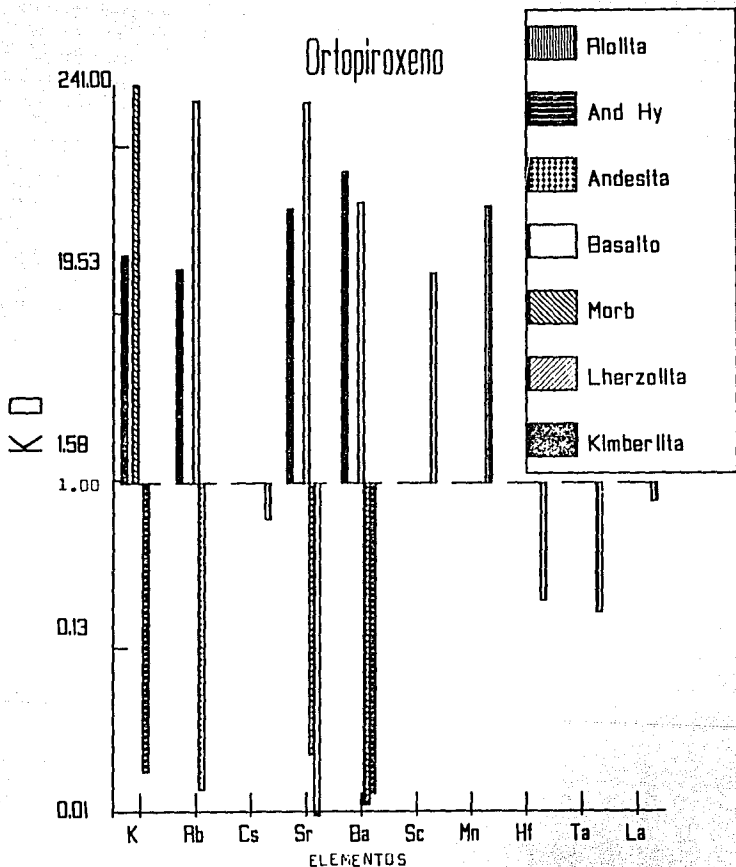


Fig. D.58. KD vs elementos por tipo de roca para ortopiroxenos

# Ortopiroxeno (cont. 2)

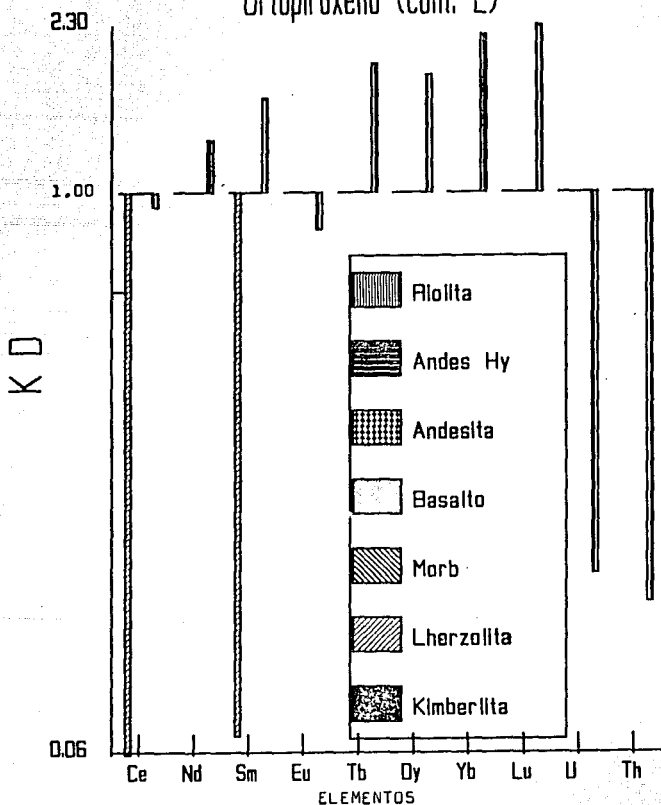


Fig. D.58a. KD vs elementos por tipo de roca para ortopiroxenos

# Hiperstena

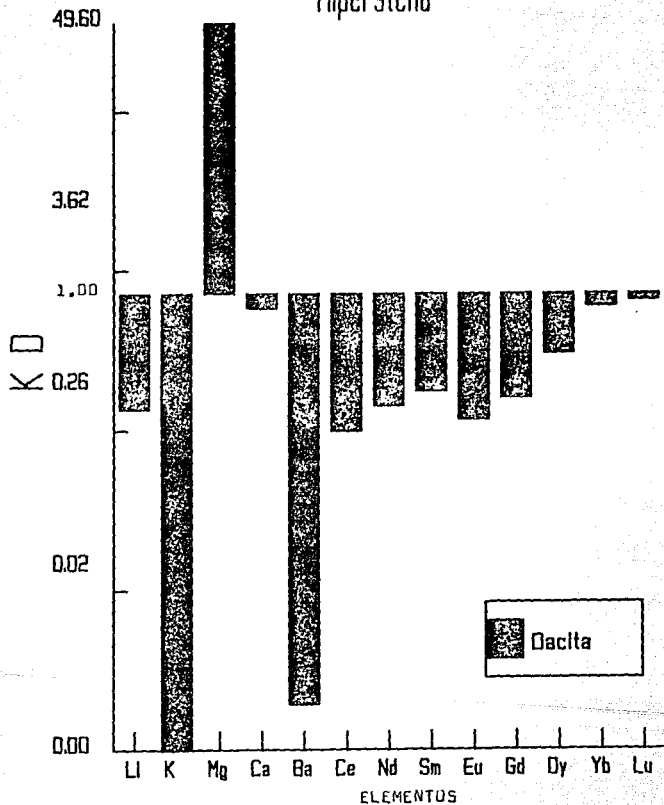


Fig. D.59. KD vs elementos por tipo de roca para hiperstena

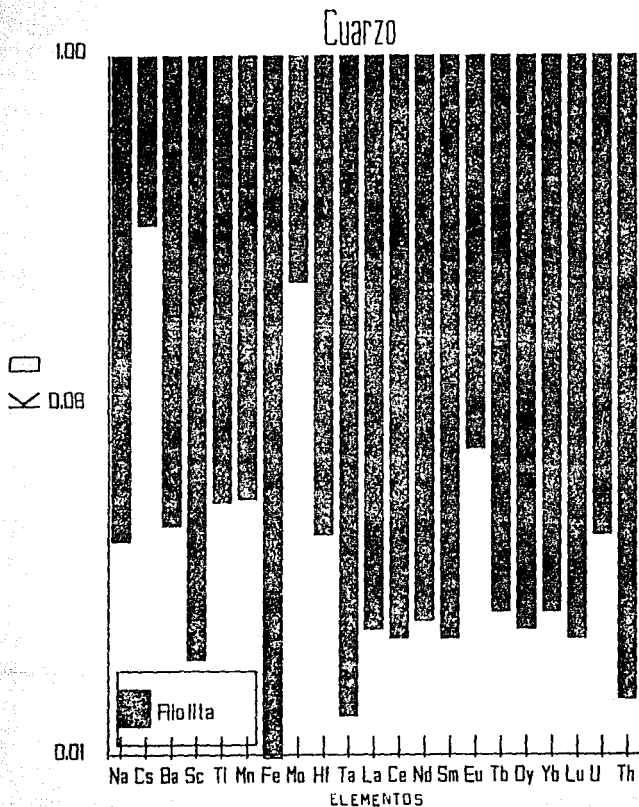


Fig. D.60. KD vs elementos por tipo de roca para Cuarzo

# Hauyena

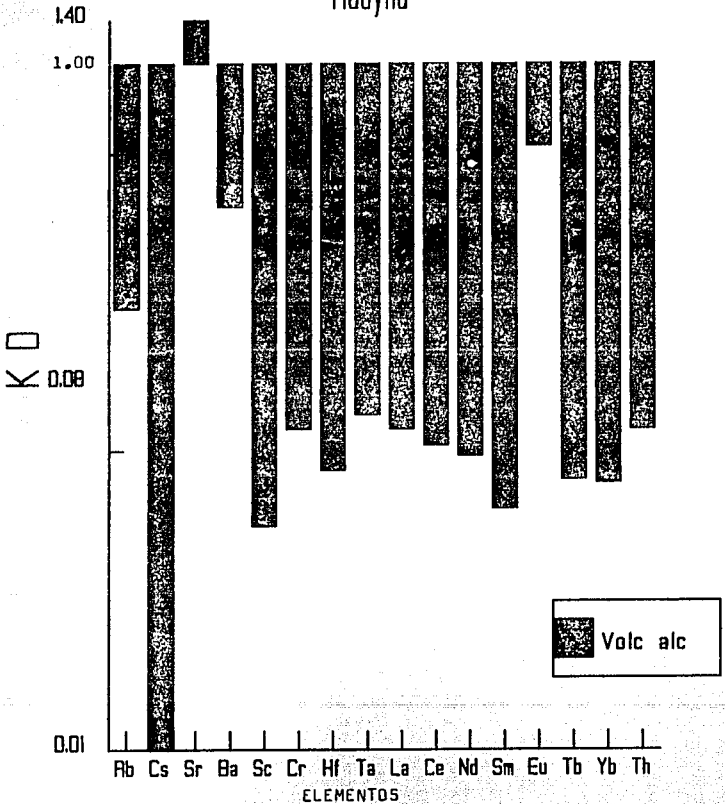


Fig. D.61. KD vs elementos por tipo de roca para hauyena