

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE QUÍMICA



***“Determinación de los elementos Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, y Pb
en los sedimentos provenientes del Glaciar Collins, Isla Rey
Jorge, Continente Antártico”***

Trabajo Especial de Grado presentado
ante la ilustre Universidad Central de
Venezuela por la Br. Emma Coromoto
González Díaz para optar al Título de
Licenciada en Química.

Caracas, Septiembre 2012.

ACTA DE JURADOS

Quienes suscribimos, miembros del jurado evaluador designado por el Consejo de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela para examinar el trabajo Especial de Grado de la Bachiller Emma Coromoto González Díaz, C.I. 14.450.493, titulado: “Determinación de los elementos Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, y Pb en los sedimentos provenientes del Glaciar Collins, Isla Rey Jorge, Continente Antártico”, certificamos que este trabajo cumple con los requisitos exigidos por nuestra Magna Casa de Estudios para optar por el título de Licenciado en Química.

Prof. Alonso David Ojeda

(Tutor)

Prof. José Vicente Gutiérrez

(Jurado)

Prof. Maximiliano Bezada

(Jurado)

Caracas, Septiembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todo Poderoso, por cada día que me ha regalado para llegar hasta la culminación de mi tesis y por todos los días que me seguirá regalando.

A mi madre Querida Mamá Emma Díaz, gracias por darme la dicha de ser tu hija, por cada momento que me diste en vida, por tu inmenso amor, cariño, comprensión, gracias por consentirme, por los valores que me enseñaste y sobre todo la paciencia, por todo el apoyo que me has dado y que aún me sigues dando, Mamá te amo con todo mi Corazón, sin ti no hubiera podido llegar hasta aquí y sé que junto a mamá flor y papabuelo son mis angelitos que me protegen, gracias por siempre estar allí.

A mí Universidad Central de Venezuela, gracias por enseñarme a vencer las sombras, gracias por todas las puertas que me abriste para la formación académica y por encontrar la calidad humana, por darme a lo largo de mi carrera el privilegio de contar con excelentes Profesores que me impartieron y me transmitieron sus conocimientos, en especial a la Prof. Raíza Fernández y la Prof. Tania Córdova.

A mis Tutores Prof. Armando Ramírez, por enseñarme a que todo se puede lograr con planificación y esmero, que la mejor agua clara se agarra tempranito, Prof. Alonso Ojeda gracias por apoyarnos, guiarnos durante y hasta la culminación de esta tesis, aunque no fueron mis tutores pero en todo momento estuvieron allí para orientarme, prestarme toda la colaboración gracias Prof. Santiago Marrero y Prof. Carlos Yanes.

Al Sr. Fernando, Luis Vinchez, Fernanda, Franco y Ángel, por brindarme todo su apoyo.

A mi Hermosa Familia, Primi Sofy gracias por ayudarme y acompañarme cuando lo necesitaba, a mis tías Betty, Ramona, Coro y Marle por su apoyo, por escucharme cuando más lo necesitaba y por su comprensión, a mi hermana Molly, gracias por ser mi ejemplo de una excelente profesional, tqm.

A mi Gran Amiga Lilian Magro, gracias lili por brindarme tu apoyo, por ser tan atenta y consecuente, lili gracias por ser tan especial.

A LA GRAN SABANA, por conseguir en tí, mi paz espiritual y permitirme centrarme luego de la desaparición física de mi mamita Emma, gracias SABANA por todos los aprendizajes de vida, por ser mi fuente de inspiración y justo cuando creía que no se podía, cerraba mis ojos, pensaba en ti, y luego la calma llegaba a mí.

Y gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron y permitieron mi formación académica en el paso por la Universidad Central de Venezuela.

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	1
I.INTRODUCCIÓN.....	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1.1._La Litosfera y su Composición Química.....	3- 4
2.1.2._ Rocas Ígneas y su clasificación.....	4 - 5
2.1.3._ Ambientes Glaciares.....	5 - 6
2.1.4._Transporte y depositación de ambientes glaciares.....	7
2.1.5._ Till	7
2.1.6._Morrenas.....	7-8
2.1.7._ Zona Periglaciár.....	8-9
2.1.8._Sedimentos y Sedimentación.....	9-10
2.1.9._ Procesos de Sedimentación.....	11
2.1.10._Transporte y depositación de Sedimentos	12-13
2.1.11. _ Procesos de Formación de los Sedimentos.....	13
2.1.12._ Influencia del Efecto Invernadero y el Calentamiento Global en el proceso de deshielo.....	13-14
2.1.13._ Determinación de los elementos Hierro, Manganeso, Cobalto, Cromo, Cobre, Níquel y Plomo.....	14 - 16

	Página
2.1.14._ Identificación de los minerales mediante la técnica de difracción de Rayos X.....	16 - 17
2.1.14.a) _ Ley de Bragg.....	16 - 17
2.1.14.b) _ Componentes del Instrumento de Difracción de rayos X.....	17 - 18
2.1.15. _ Descripción de la Zona de Estudio.....	19- 20
2.1.16. _ ANTECEDENTES.....	21 - 24
III. OBJETIVOS.....	25
3.1._ Objetivo General.....	25
3.2._ Objetivos Específicos.....	25
IV._METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	26
4.1. _ Método de Campo.....	26
4.1.1_ Muestreo.....	26 - 27
4.2._ Método de Laboratorio.....	28
4.2.1._ Tratamiento de la muestras.....	28
4.2.1.a)._ Separación granulométrica.....	29 - 31
4.2.1.b)._ Digestión de las muestras.....	31

	Página
4.2.1.c)._Determinación de Mn, Co, Cr, Cu, Ni y Pb.....	33
4.2.1.d)._Determinación de Fe.....	33
V.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
a) Acumulación de los elementos Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Ni y Pb	34 - 44
b) Comparación de las concentraciones obtenidas de los elementos (Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Ni y Pb) de la estación F entre las estaciones.....	44 - 52
c) Correlación del elemento hierro con el elemento Cobalto.....	52
d) Estudio de difracción de rayos X	53
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	55 - 56
IX. APÉNDICE.....	57

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1._ Clasificación de las Rocas Ígneas.....	5
Figura 2._ Zonas del Ambiente Glacial.....	6
Figura 3._ Tipos de Morrenas.....	8
Figura 4._ Fotografía del Permafrost en el lago periglaciario, Glaciar Collins, Continente Antártico.....	9
Figura 5._ Fotografía de las Rocas disgregado por efecto de la meteorización física observado en la isla rey Jorge.....	12
Figura 6._ Espectrofotómetro de llama con diseño de haz sencillo.....	14
Figura 7._ Esquema de la ley de Bragg	16
Figura 8._ Componente del Instrumento de Difracción de Rayos X.....	17
Figura 9._ Mapa de la República Oriental del Uruguay ubicando las coordenadas de la base Artigas.....	20
Figura 10._ Fotografía satelital de los puntos de muestreo.....	27
Figura 11._ Fotografía del lago periglaciario donde fueron recolectadas las muestras, afluente Norte.....	27
Figura 12._ Tratamiento de las muestras para determinar los elementos estudiados.....	28
Figura 13._ Tratamiento de las muestras para determinar la composición mineralógica.....	28

Figura 14._ Tamices empleados en la separación granulométrica.....	29
Figura 15._ Columnas de decantación para la separación de limos y arcillas	30
Figura 16._ Fotografía de los envases de teflón dentro de la campana utilizados en la digestión de las muestras de sedimento antárticos.....	31
Figura 17._ Fotografía del Montaje empleado en el momento de filtrar y enrrasado en balones de 50 mL de las soluciones producto de la digestión ácida de las muestras.....	32
Figura 18._ Espectrofotómetro secuencial modelo Ultima 2.....	33
Figura 19._ Espectrofotómetro de Absorción atómico marca Perkin	33
Figura 20._ Acumulación Fe_2O_3 en las diferentes fracciones de tamaño.....	35
Figura 21._ Acumulación de Mn en las diferentes fracciones de tamaño.....	36
Figura 22._ Acumulación de Co en las diferentes fracciones de tamaño.....	38
Figura 23._ Acumulación de Cr en las diferentes fracciones de tamaño.....	39
Figura 24._ Acumulación de Cu en las diferentes fracciones de tamaño	40
Figura 25._ Acumulación de Ni en las diferentes fracciones de tamaño	42
Figura 26._ Acumulación de Pb en las diferentes fracciones de tamaño.....	43
Figura 27._ Porcentaje de Fe_2O_3 en las diferentes estaciones de muestreo.....	45
Figura 28._ Porcentaje de Mn en las diferentes estaciones de muestreo.....	46
Figura 29._ Concentración de Co en las diferentes estaciones de muestreo.....	47

Figura 30._ Concentración de Cr en las diferentes estaciones de muestreo.....	48
Figura 31._ Concentración de Cu en las diferentes estaciones de muestreo.....	49
Figura 32._ Concentración de Ni en las diferentes estaciones de muestreo.....	50
Figura 33._ Concentración de Pb en las diferentes estaciones de muestreo.....	51
Figura 34._ Correlación de Fe con Co.....	52

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1._ Tipos de magmas con su Composición Química.....	4
Tabla 2._ Clasificación de los sedimentos de acuerdo a su tamaño de grano.....	10
Tabla 3._ Clasificación de las fracciones granulométricas obtenidas.....	30
Tabla 4._ Concentración de los patrones empleados en el análisis de las muestras digeridas.....	32
Tabla 5._ Minerales obtenidos por estudio de difracción de Rayos X a los sedimentos estudiados.....	53

INDICE DE APÉNDICE

	Página
Apéndice 1. _ Tabla de concentración de los elementos mayoritarios.....	58 - 60
Apéndice 2. _ Tabla de concentración de los elementos minoritarios.....	61 - 64
Apéndice 3. _ Curvas de Calibración de los patrones y las muestras.....	65 - 66
Apéndice 4. _Reactivos empleados durante el tratamiento de las muestras y análisis.....	67
Apéndice 5. _ Patrones empleados.....	68
Apéndice 6. _ Difractograma de las muestras estudiadas.....	69 - 72

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la concentración de los elementos Fe, Mn, Co, Cr, Cu, Ni y Pb y la identificación de los minerales presentes en los sedimentos superficiales provenientes del Glaciar Collins, Isla Rey Jorge, Continente Antártico, con los resultados obtenidos crear una línea base de estudio.

Para ello fue utilizadas varias técnicas analíticas entre las cuales podemos destacarla; la Espectrometría de absorción atómica con llama (AAE) en la determinación de Fe_2O_3 , Espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado (ICP- OES) para la determinación de los elementos Mn, Co, Cr, Cu, Ni y Pb, y la difracción de rayos X en la identificación de los minerales en dichos sedimentos.

Se obtuvo una digestión ácida parcial de los sedimentos, la tendencia general de acumulación de los elementos fue en la fracción de tamaño grava, para Fe_2O_3 , Mn, Co, Cu, Ni y Pb, mientras que para el Cr se encuentra asociado a la fracción arena fina, esto dado que el principal mineral de cromo es la cromita, la cual es resistente a la meteorización química y generalmente se asocia a ese tamaño de grano la relación de concentración de los elementos es: $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Co}$, dicha relación corresponde a la que se encuentra en la corteza terrestre.

Los resultados obtenidos por la difracción de rayos X nos permiten confirmar que los sedimentos superficiales estudiados provienen de roca andesita, debido a que los minerales encontrados corresponden a este tipo de roca, como albita, Andesina y cuarzo.

I. INTRODUCCIÓN

Los ambientes glaciales son ambientes compuestos, donde están presentes subambientes fluviales, eólicos y lacustres. Los depósitos glaciares, a pesar de que fueron de gran importancia en el pasado geológico, solo representan una parte relativamente pequeña del registro de los conjuntos de roca. Actualmente, los glaciares cubren tan solo el 10% de la superficie terrestre de los cuales el 86% de estos se encuentra en la Antártida. Es importante resaltar que el 80% del agua dulce de todo el planeta está ligada al glacial. ^[1]

El ambiente glacial está definido por aquellas zonas en las que la cantidad de hielo y nieve que se acumulan en invierno, son mayores a las cantidades de estos que se pierde por deshielo en verano. Estos ambientes son importantes puesto que representan una gran fuente de información sobre los cambios ambientales que ocurren en nuestro planeta, especialmente en la actualidad, donde el calentamiento global acelerado por la actividad del hombre, ha incrementado la tasa de deshielo en este tipo de ambiente dejando expuesto toda esa zona que antes estaba cubierta por hielo.

Debido a la escasez de zona libres de hielo y nieve en general, menos del 1 % de la superficie Antártida, poco se sabe sobre la influencia del deshielo permanente en la formación del suelo. Así mismo la presencia de hielo subterráneo afecta a la distribución de los componentes en agua y en la fase sólida de los suelos. ^{[2] [3]}

Con todo lo anterior expuesto, queremos determinar la concentración los elementos Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, y Pb en los sedimentos superficiales provenientes del Glacial Collins, Isla Rey Jorge, Continente Antártico, y con los datos obtenidos hacer una línea base de estudio, en la Antártida específicamente en la península Fildes isla Jorge o 25 de Mayo, nos apoyaremos en estudio de difracción de rayos X sobre los sedimentos para determinar la estructura cristalina de los minerales presentes en los sedimentos

II. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1.1._La Litosfera y su Composición Química

La litosfera es la capa superior de la Tierra que comprende la corteza y la zona menos profunda del manto superior por debajo de la corteza, donde se registran la totalidad de los procesos geológicos incluyendo la tectónica de placas y la actividad ígnea. La composición química del manto superior es rica en SiO_2 (59,12 %) › Al_2O_3 (15,34 %) › CaO (5,08 %) › Na_2O (3,84 %) › FeO (3,80 %) › MgO (3,49 %) › K_2O (3,13%) › Fe_2O_3 (3,08 %) › TiO_2 (1,05 %) › P_2O_5 (0,30%) › MnO (0,12 %).^[4]

De la composición química de la litosfera, los elementos traza están en concentraciones muy bajas en las rocas, usualmente menos del 0,1 % y generalmente se reportan en partes por millón (ppm). Cuando consideramos las rocas del manto los elementos traza pueden ser divididos en elementos incompatibles y elementos compatibles. ^[4]

1. Elementos Incompatibles: son aquellos que se fijan con dificultad en los minerales del manto, debido a que la mayoría tienen radios iónicos grandes. Minerales como el olivino, piroxeno, espinela y granate no poseen espacios cristalográficos para estos iones. Estos elementos son: K, Rb, Cs, Ta, Nb, U, Th, Y, Zr. ^[4]
2. Elementos Compatibles: con radios iónicos menores. Se fijan más fácilmente en la estructura cristalina en posiciones que normalmente ocupan el Mg y Fe. Son elementos como el Ni, Cr, V, Co y Sc. ^[4]

En la litosfera esta constituida por rocas ígneas, estas son rocas cristalinas o vítreas que se forman a partir del enfriamiento y solidificación del magma, procesos que pueden ocurrir debajo de la superficie terrestre o después de una erupción volcánica en

la superficie. En cualquiera de las dos situaciones las rocas resultantes se denominan **rocas ígneas**.^[4]

2.1.2._Las rocas ígneas.

Las rocas ígneas se componen de rocas intrusivas o plutónicas formadas a partir de un magma que se solidifica debajo de la superficie y rocas extrusivas o volcánicas formadas por el magma cuando sale a la superficie como lava.^[4]

Existen tres tipos de magmas que pueden ser observarse en la Tabla 1.^[4]

Tabla 1. Tipos de magmas con su Composición Química.

Tipos de Magmas	Roca	Composición Química
Basálticos	Basalto	45- 52 % (SiO₂)
		Altos : Fe, Mg, Ca
		Bajos: K, Na
Andesíticos	Andesita	52 - 65 %(SiO₂)
		Intermedios : Fe, Mg, Ca, Na, K
Riolíticos	Riolita	65 - 75 %(SiO₂)
		Bajos : Fe, Mg, Ca
		Altos: K, Na

De acuerdo con la bibliografía consultada, la composición de las rocas de la zona estudiada es principalmente andesita, es por ello que en esta tesis nos vamos a enfocar en la roca andesita, es una roca intermedia en cuanto a su composición mineralógica, de origen extrusivo y de textura afanítica. Su nombre se deriva de Los Andes de América del Sur, donde numerosos volcanes están formados por este tipo de roca. En la figura 1 podemos observar la composición de la roca andesita, constituida por plagioclasas (entre cálcica y sódica), piroxenos y anfíboles, puede contener pequeños cristales de cuarzo, tiene textura porfídica con fenocristales de feldespato y minerales ferromagnesianos. La andesita se deriva de la eyecciones de lava originadas en los márgenes continentales donde ocurren la subducción de una placa oceánica por debajo

de una placa continental, o donde una placa oceánica subduce y forma un arco de islas cerca del margen continental. En ambos casos está relacionada a la fusión parcial de la corteza oceánica y corteza continental a lo largo de estos márgenes. ^[4]

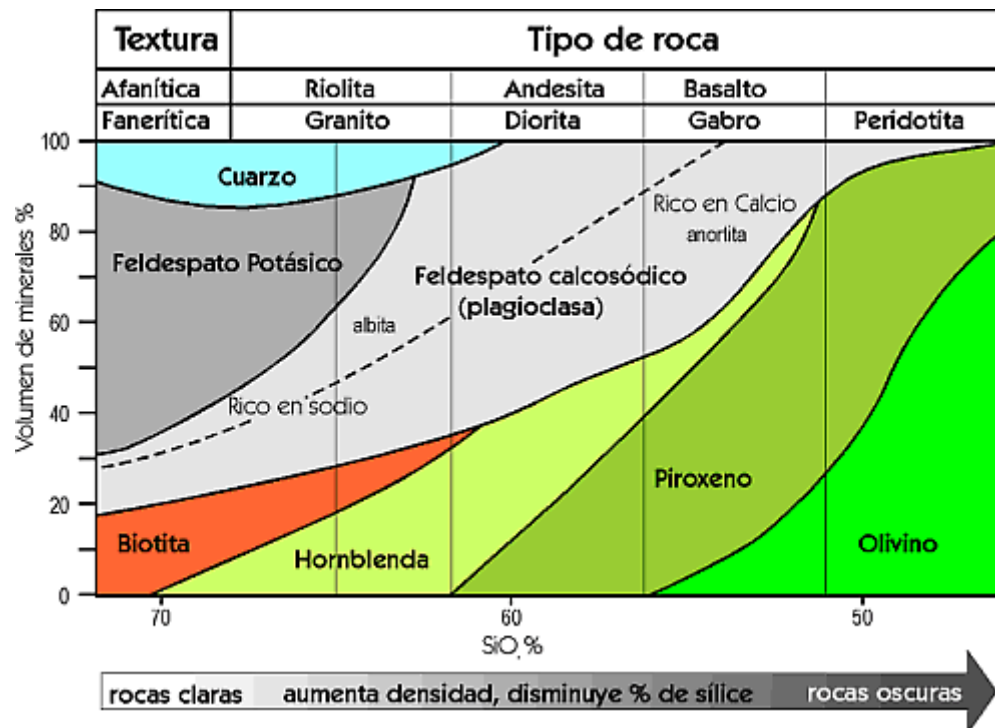


Figura Nº 1 Clasificación de las Rocas Ígneas ^[4].

2.1.3._Ambientes Glaciales

Los ambientes glaciales pueden ser definidos como todas aquellas áreas que se encuentran en contacto directo con una masa de hielo denominado glaciar. Este tipo de ambiente está definido en diferentes zonas:

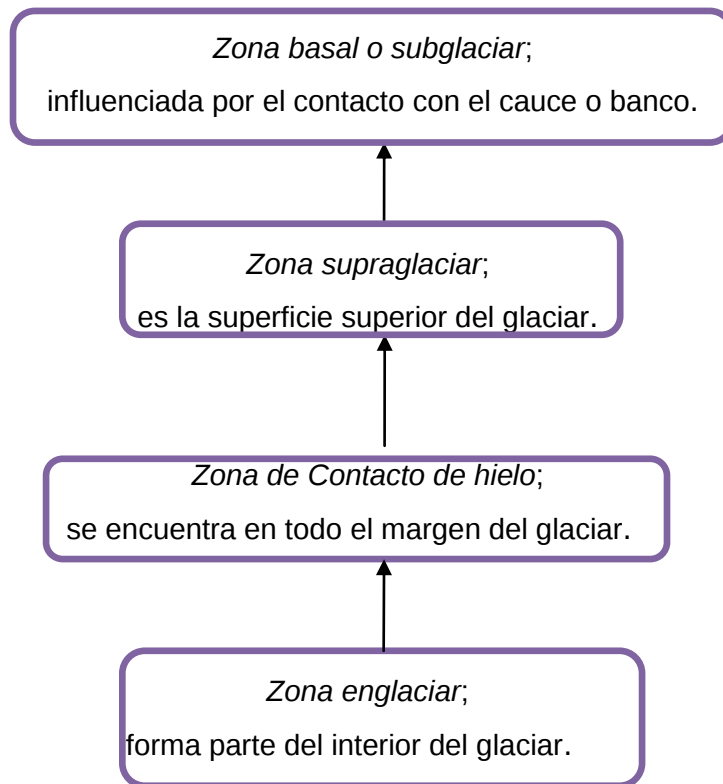


Figura Nº 2 Zonas del Ambiente Glacial.

La zona basal de un glaciar está caracterizada por la erosión y la recolección de la capa subyacente. Los sedimentos removidos por la erosión se incorporan en el lecho del glaciar. Estos sedimentos causan un incremento en la fricción con el banco del glaciar a medida que se mueve causando la abrasión y erosión del banco. El supraglaciar y las zonas de contacto de hielo son las zonas de fusión o ablación, donde los sedimentos englaciados que son llevados por el glaciar se acumulan mientras ocurre el deshielo. ^[1]

[2]

2.1.4._ Transporte y depositación de ambientes glaciares.

Los glaciares pueden fluir a tasa tan altas como 80 m por día durante acumulaciones de hielo esporádicas, aunque las tasas de flujo típicos son del orden de centímetros por día. Los glaciares avanzan si la tasa de acumulación de nieve en los tramos superiores (Zona supraglaciario) del glaciar supera la tasa de ablación (fusión) de hielo en la parte baja (zona englaciario) ^[1]. El flujo de hielo es laminar, y la velocidad del flujo es mayor cerca de la parte superior y central del glaciar. La velocidad disminuye hacia las paredes y el piso, aunque no necesariamente se hace cero. Existe un estado de equilibrio, no se retira ni avanza, cuando la tasa de fusión y acumulación es igual, aunque el movimiento interno continúa. ^[1] ^[5] El sedimento es transportado por los glaciares mediante la extracción y abrasión del hielo glaciar, el cual es erosionado en el banco producto de la caída o deslizamiento del material de las paredes del valle y el englaciario, es el responsable en gran parte de la abrasión. Parte de la carga restante es llevada en la superficie del glaciar y parte es llevada dentro de este. ^[1]

2.1.5._ Till

El término general empleado para todo el material directamente depositado por el hielo es till, si este no está consolidado y tillita si está litificado. Estos términos implican procesos de depositación ^[1].

2.1.6._ Morrenas

La acumulación de till formado directamente en los márgenes del glaciar son denominados morrenas. ^[1]. Existen diferentes tipos de morrenas que pueden ser observados en la figura 3:

- Morrenas Terminales, marcan el límite del avance de los glaciares y las crestas que se encuentran en los valles.
- Morrenas de empuje, formadas cuando el frente del glaciar actúa como excavadora, raspando los sedimentos del fondo del valle, posteriormente apilados en la parte alta del frente del glaciar.
- Morrenas volcadas, forman la parte baja del glaciar donde el deshielo mantiene el ritmo del avance de los glaciares.
- Morrenas laterales, se forman cuando el glaciar se retira y el deshielo libera los detritos acumulados en los laterales del glaciar.^[1]

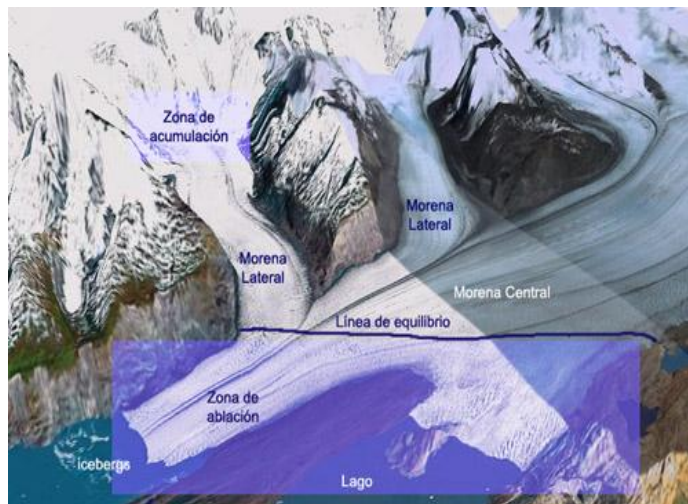


Figura № 3 Tipos de Morrenas.

2.1.7._ Zona Periglaciaria.

Una zona periglaciaria es aquella que se encuentra rodeando una masa de hielo en un glaciar. En esta zona las temperaturas están bajo cero la mayor parte del año, donde los sedimentos se encuentran en gran parte congelados formando una región permafrost.

(permanentemente congelada) aquí solo los sedimentos que están cerca de la superficie deshielan durante el verano, no obstante a una profundidad de unas pocas decenas de centímetro por debajo del sedimentos este sigue estando congelado. La fina capa de material descongelado es anegada por lo que no puede drenar debido a que la parte inferior del suelo se encuentra congelado. Esta capa superior móvil puede ser inestable en las laderas y depresiones. ^[5]

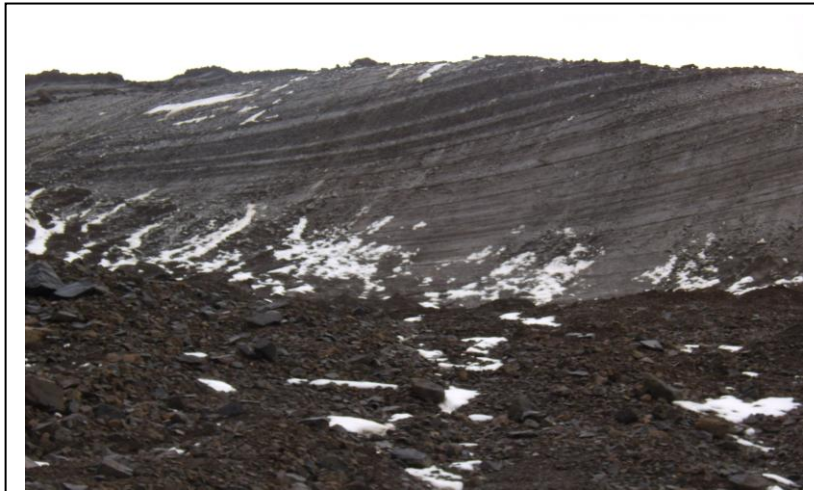


Figura № 4._ Fotografía del Permafrost en el lago periglacial, Glaciar Collins, Continente Antártico.

2.1.8._Sedimento y Sedimentación.

Sedimento son materiales disgregados productos de la meteorización.^[6]

La sedimentación es un proceso de acumulación de sedimentos y se aplica sobre todo a la acumulación de partículas sólidas de un fluido. ^[6]

Los sedimentos son transportados por los agentes geológicos (agua, viento o hielo) hasta los lugares de acumulación (cuencas sedimentarias). En las corrientes de agua existen partículas que se desplazan por el fondo de la corriente (carga de fondo) y otras que lo hacen en suspensión o disolución.

En las acumulaciones de agua (lagos, mares, océanos) pueden aparecer corrientes en las que los materiales se mueven de manera similar a como lo hacen en las corrientes de agua continentales, pero generalmente con velocidades menores. Las olas originan turbulencias y fricciones sobre el fondo que remueve los sedimentos y mantienen las partículas finas en suspensión. El transporte realizado por las corrientes de aire es físicamente idéntico al de las corrientes de agua, con menor eficiencia en el transporte, por la diferencia de viscosidad y de densidad.^[8]

De acuerdo al tamaño de grano los sedimentos pueden ser clasificados como se muestra a continuación en la tabla 2:

Tabla 2._ Clasificación de los sedimentos de acuerdo a su tamaño de grano. ^[4]

Clase de tamaño de partículas (µm)	Nombre tamaño textural
256000-2000	Grava
2000 -1000	Arena muy gruesa
1000 - 500	Arena Gruesa
500 - 250	Arena Media
250 - 125	Arena Fina
125 - 63	Arena Muy Fina
63 -37	Limo
< 37	Arcilla

2.1.9._ Procesos de Sedimentación.

Los sedimentos están compuestos mayormente por partículas de rocas y minerales provenientes del rompimiento de materiales parentales, partículas producidas por la actividad vital de plantas y animales, y cristales precipitados en soluciones saturadas en la superficie de la tierra o cerca de esta. Los sedimentos en cualquier lugar de la Tierra pueden estar compuestos por una combinación de estos tres componentes. ^[7]

Los principales procesos de sedimentación son:

- Meteorización de materiales parentales, ocurre cuando la roca, sedimento o conchas de organismos quedan expuestos en la superficie de la Tierra e interactúan con la atmósfera y la hidrosfera. Como resultado de esta interacción, las diferentes especies minerales que conforman las rocas expuestas se desestabilizan produciéndose un conjunto de cambios físicos y químicos que se denominan meteorización. Por lo tanto, la meteorización es la alteración física o química de una roca en o cerca de la superficie de la Tierra.
- Erosión incluye la meteorización y el transporte del material. La meteorización al reducir la consistencia de las rocas, conlleva a la erosión. Un agente importante de fragmentación es la alternancia de congelamiento y deshielo en una fisura, lo cual puede romper una roca que esté bien consolidada. ^{[6] [7]}

En la figura 5 se muestra materiales angulosos producto de la meteorización física de los sedimentos en la isla rey san Jorge.



Figura № 5._ Fotografía de las rocas disgregado por efecto de la meteorización física observado en la isla rey Jorge.

2.1.10._ Transporte y depositación de sedimentos

En el transporte por viento y glaciares, la mayoría de los sedimentos son arrastrados como partículas discretas suspendidas en el flujo. En los glaciares, las partículas pueden ser llevadas en la parte superior o dentro de estos. El transporte por agua, sin embargo, envuelve una gran variedad de mecanismo físicos y químicos. Las partículas más grandes, como las gravas, se deslizarán o rodaran por las pendientes del sustrato y los limos y arcillas estarán suspendidas dentro del flujo, son estas últimas las que hacen ver turbia el agua.

Los sedimentos transportados por agua y viento son depositados cuando la energía cinética del flujo decrece. Cuando las partículas son depositadas, se acumulan en capas en la superficie.

Las partículas transportadas por glaciares son depositadas cuando ocurre el deshielo y el material llevado dentro y sobre el glaciar se sitúa en el fondo. ^[8]

2.1.11._ Procesos de Formación de los Sedimentos

Desde el punto de vista global los sedimentos se pueden encontrar por aporte, alteración y pérdida del material litológico.

La meteorización física conlleva sólo a la desintegración o pulverización de la roca madre. Al disminuir el tamaño de las partículas la meteorización química ocurre con mayor rapidez y conduce a la transformación de la composición de los materiales. Los procesos de transformación física se deben a:

- La acción de bajas temperaturas que provocan la congelación del suelo.
- Las variaciones del volumen al cristalizar algunas sales.
- Las presiones radicales del sistema. ^[8]

2.1.12._Influencia del Efecto Invernadero y el Calentamiento Global en el proceso de deshielo

Debido al efecto invernadero y el calentamiento Global que sufre el planeta actualmente, el proceso de deshielo se ha visto incrementando en los últimos años, dejando expuestas a grandes cantidades de materiales que antes estaban protegidos por grandes capas de hielo, de este hecho podemos destacar aspectos pocos positivos y muchos negativos, entre los aspectos positivos esta el poder aportar más al conocimiento científico, haciendo más trabajo de campo y con las muestras recolectadas aplicándole análisis analíticos, teniendo así más conocimiento de esa zona que antes estaba cubierta de hielo, pero se tienen más aspectos negativos específicamente a que el continente antártico presenta nuestra mayor reserva de agua

dulce en nuestro planeta además que estas zonas son muy sensible a los cambios, al estar en contacto con las actividades antropogénicas, se ve aumentado la acumulación de metales pesados transportados por los vientos, favoreciendo a la contaminación de dichos metales en esas regiones.

2.1.13._Determinación de la concentración de los elementos Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu y Pb.

La determinación de la concentración de los elementos de cada muestra se realizó mediante dos técnicas analíticas:

- Espectrometría de absorción atómica con llama (AAE).
- Espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado (ICPOES).

El equipo empleado en la técnica de Espectrometría de absorción atómica con llama (AAE), es un espectrofotómetro de llama con un diseño de haz sencillo como puede ser observado en la figura 6.

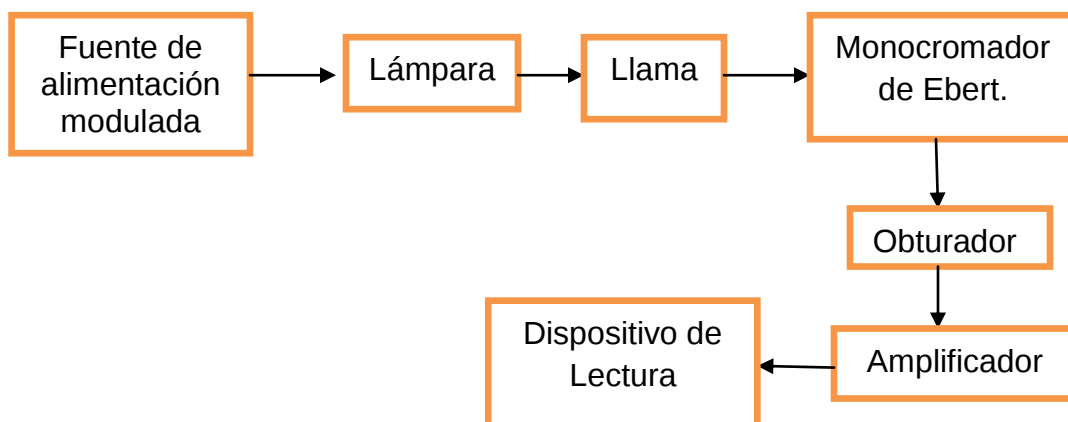


Figura № 6 Espectrofotómetro de llama con diseño de haz sencillo.

Debido a que espectroscopia es un método instrumental indirecto es necesario realizar curvas de calibrado, que cumpla con la ley de beer:

$$A = a.b.c$$

Donde:

a es una constante de proporcionalidad denominada *absortividad*, la magnitud de a dependerá de las unidades utilizadas para b y c.

Con frecuencia para las disoluciones de una especie absorbente b, se da en centímetros y c en gramos por litro.

Al ser la Absorbancia directamente proporcional a la concentración, se encuentran con frecuencia desviaciones de la linealidad.

2.1.14. Identificación de los minerales mediante la técnica de difracción de Rayos X.

Fue utilizada la técnica de difracción de rayos X, incidiendo rayos X sobre las muestras de sedimentos, basado en la interacción entre el vector eléctrico de la radiación X y los electrones de la materia que atraviesa da lugar a una dispersión. Cuando los rayos X son dispersados por el entorno ordenado de un cristal, tienen lugar interferencias (tanto constructivas como destructivas) entre los rayos dispersados, ya que las distancias entre los centros de dispersión son del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de la radiación.

En la difracción de rayos X es importante que se cumpla la ley de Bragg, se puede observar cuando un haz de rayos X choca contra la superficie de un cristal formado por un ángulo θ , una porción del haz es dispersada por la capa de átomos en la

superficie. La porción no dispersada del haz penetra en la segunda capa de átomos donde, de nuevo, una fracción es dispersada y la que queda pasa a la tercera capa.

2.1.14.a) _ Ley de Bragg

En el año de 1.912 W.L. Bragg trato la difracción de rayos X por cristales como se muestra en la figura 7.

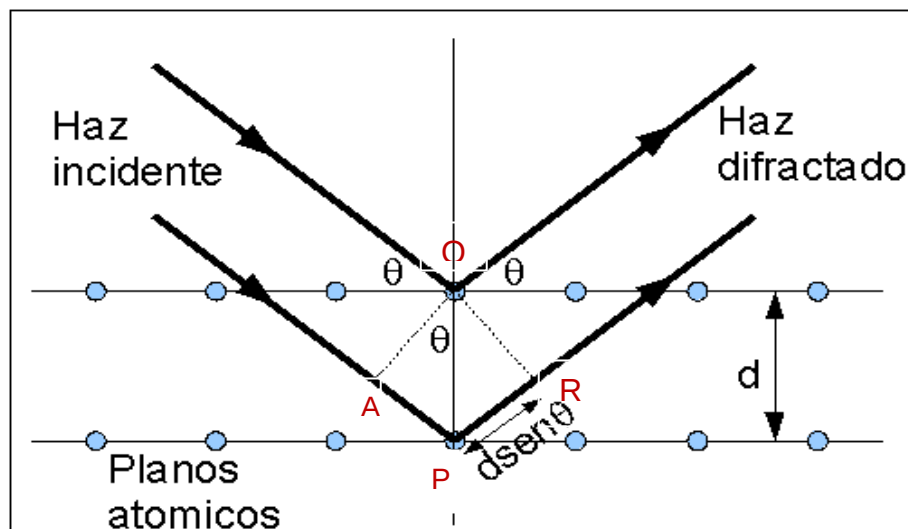


Figura № 7 Esquema de la ley de Bragg

En este caso, un haz estrecho de radiación choca contra la superficie del cristal formando un ángulo θ , la dispersión tiene lugar como consecuencia de la interacción de la radiación con los átomos localizados en O y P. Si la distancia

$$AP + PC = n \lambda$$

Donde n es un número entero, la radiación dispersada estará en fase en OCD y el cristal parecerá reflejar la radiación X . Pero

$$AP = PC = d \sin \theta$$

Donde d es la distancia interplanar del cristal. Así, se puede escribir que las condiciones para que tenga lugar una interferencia constructiva del haz que forma un ángulo θ con la superficie del cristal son:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad \text{Ecuación de Bragg}$$

Los rayos X son reflejados por el cristal solo si el ángulo de incidencia satisface la condición:

$$\sin \theta = n \lambda / 2d$$

Para todos los demás ángulos, tienen lugar interferencia destructivas.

2.1.14.b) _ Componentes del Instrumento de Difracción de rayos X

Los componentes del instrumento funcionan de manera análoga a los componentes de los instrumentos empleados en las medidas realizadas en espectroscopia óptica; estos componentes pueden ser observados en la figura 8.

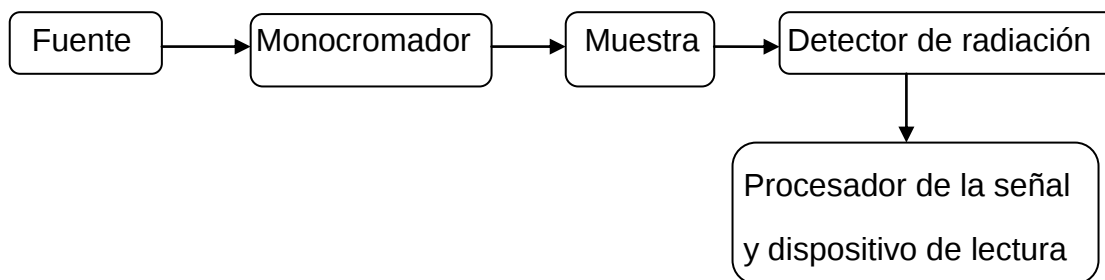


Figura Nº 8 Componentes del Instrumento de Difracción de rayos X

Estos componentes difieren considerablemente, en cuanto a detalles, de sus homólogos ópticos. Sin embargo, sus funciones son las mismas y los modos en que se combinan para formar un instrumento suele ser parecido.

La **fente** más habitual de rayos X, es el tubo de rayos X (algunas veces llamado *tubo de Coolidge*), que puede adoptar una gran variedad de formas. Este tubo a alto vacío en el que instala un cátodo de filamento de wolframio y un ánodo sólido. El ánodo consta, normalmente, de un bloque pesado de cobre con un blanco de metal dispuesto sobre o empotrado en la superficie del cobre.

El dispositivo encargado de seleccionar el intervalo de longitud de onda de la radiación incidente son monocromadores el cual consta de un elemento dispersante y de un par de colimadores del haz, que tiene la misma finalidad que las rendijas en un instrumento óptico, El elemento dispersante es un monocristal instalado sobre un *goniómetro* o placa rotatoria que permite variar y determinar de forma precisa el ángulo tita (θ), formado por la cara del cristal y el haz incidente colimado.

A partir de la ecuación de Bragg $n\lambda = 2d \sin \theta$ para un ángulo dado, elegido con el goniómetro, sólo se difractan algunas longitudes de onda ($\lambda, \lambda/2, \lambda/3, \dots, \lambda/n$, donde $\lambda = 2d \sin \theta$).

Para obtener un espectro, es necesario que el colimador del haz de salida y el detector estén colocados sobre un segundo soporte que gire a doble velocidad que el primero; esto es, cuando el cristal gira un ángulo tita (θ), el detector debe desplazarse simultáneamente un ángulo 2 tita (2θ). Naturalmente, el espaciado interplanar d , del cristal debe conocerse con precisión.

2.1.15. _ Descripción de la Zona de Estudio

Información General.

La base Científica Antártica Artigas, es una base de la República Oriental del Uruguay dedicada a la investigación científica. Fue fundada el 22 de diciembre de 1.984, estando abierto todo el año. Proporciona el apoyo logístico necesario para realización de actividades científicas de diversas índole tanto de los programas antárticos nacionales como los programas antárticos que requieren su cooperación. Se encuentra ubicada en la isla Rey Jorge, Archipiélago de las Islas Shetland del Sur, en las coordenadas 62°11' 4" de latitud Sur y 58°51' 7" de longitud Oeste a unos 100 Kilómetros de la Península Antártica, a 3.012 Kilómetros de la ciudad de Montevideo y a 3.104 Kilómetros del polo Sur. ^[3]

Geología Local

En la figura 9 se observa un mapa de la península Fildes, Isla Rey Jorge (isla 25 de Mayo) se ha definido al Grupo Península Fildes, como una unidad estratigráfica constituida en su unidad basal por afloramientos asignados al Cretácico Superior con sedimentos volcanoclásticos en intercalaciones finas, entre rocas andesíticas, y con limolitas, conglomerados tifáceos, areniscas y arcillas suprayacentes, asignados al Eoceno Inferior – Medio). ^[3]

En la península Fildes, al menos tres lugares exhiben rocas continentales volcanosedimentarias del Cretáceo Superior. Estos lugares son: Punta Halfthree, caleta Skúa y caleta Gradzinski. ^[3]

Hay dos zonas extensa con importantes depósitos fosilíferos: el cerro Fósil ($62^{\circ}12'22''\text{S}$; $58^{\circ}59'03''\text{O}$) y el glaciar Dome Bellingshausen (Glaciar Collins) ($62^{\circ}10'11''\text{S}$; $58^{\circ}55'18''\text{O}$). Ambos representan secuencias estratigráficas correlacionables, donde la secuencia media del glaciar Dome Bellingshausen (Glaciar Collins) corresponderían a la porción central de la secuencia de cerro Fósil. Esta formación consiste en una alternancia de brecha volcánica, lavas, tufinas, areniscas tifáceas y lentes carbonosos, sumando un total de 13 metros de potencia. ^[3]

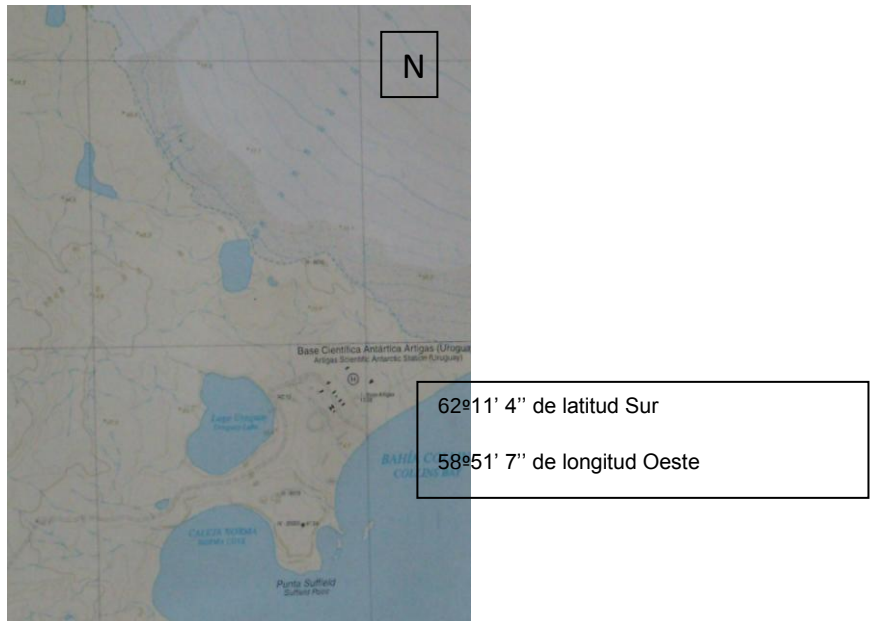


Figura Nº 9._ Mapa de la República Oriental del Uruguay ubicando las coordenadas de la base Artigas.

2.1.16. _ ANTECEDENTES

LANNUZEL y colaboradores (2.011) estudiaron la distribución de metales disueltos y partículas en el hielo marino antártico, este trabajo nos aportó información sobre las concentraciones de elementos como: Cromo $(105,00 - 97,50) \pm 4,26 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $(38,72 - 38,60) \pm 0,75 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $(24,03 - 23,80) \pm 0,99 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y $(0,31 - 0,30) \pm 0,03 \text{ mg.Kg}^{-1}$, para el elemento Manganese $(324,00 - 309,40) \pm 11,03 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $(299,00 - 273,76) \pm 8,36 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $(38,72 - 38,60) \pm 0,75 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y $(0,31 - 0,30) \pm 0,03 \text{ mg.Kg}^{-1}$, para el hierro encontraron $(43.400,00 - 39.076,36) \pm 1.532,89 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $(1.880,07 - 1.850,00) \pm 60,49 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $(128,09 - 121,50) \pm 2,73 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y $(4,11 - 3,90) \pm 0,18 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y para el Cobre obtuvieron $(88,03 - 85,20) \pm 2,11 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $(33,90 - 32,78) \pm 1,82 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $(29,50 - 28,37) \pm 1,12 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y $(1,14 - 1,35) \pm 0,15 \text{ mg.Kg}^{-1}$. Encontrándose que la concentración de los elementos es la siguiente $\text{Fe} \succ \text{Mn} \succ \text{Cr} \succ \text{Cu}$.

BAY y colaboradores (2.011) realizaron estudios de metales pesados en sedimentos, estos fueron analizados por un espectrofotómetro de emisión acoplado a un plasma inducido (ICP/AES), este estudio nos aportó información de las concentraciones para los elementos Cr, Cu, Ni y Pb en los sedimentos, ellos obtuvieron para el elemento Cr un rango de concentración $(125,49 - 39,65) \pm 25,18 \text{ mg.Kg}^{-1}$, para el Cobre un rango de concentración $(66,95 - 15,37) \pm 12,49 \text{ mg.Kg}^{-1}$, para el níquel un rango de concentración $(72,93 - 14,10) \pm 12,10 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y para el plomo un rango de concentración $(88,96 - 30,71) \pm 11,73 \text{ mg.Kg}^{-1}$. Encontrándose que la concentración de los elementos es la siguiente $\text{Cr} \succ \text{Pb} \succ \text{Ni} \succ \text{Cu}$.

MELGAREJO y colaboradores (2.010) realizaron una síntesis de las técnicas más utilizadas en la caracterización mineral, dentro de las cuales podemos destacar, la técnica de difracción de rayos X, este estudio nos aporta información sobre la técnica la difracción de rayos X, dicha técnica permite identificar los minerales por su estructura cristalina e indirectamente estimar la composición de la muestra analizada con una buena aproximación en elementos mayoritarios, esta técnica consiste en obtener los ángulos θ de reflexión, provenientes de una fuente de rayos X incidiendo en una muestra sobre un goniómetro giratorio, medir las intensidades reflejadas y calcular la ley de Bragg, Donde se obtiene un difractograma, el cual consiste en un gráfico en la abscisas indicando el ángulo de difracción y en ordenadas la intensidad correspondiente, los máximos o picos de intensidad corresponden a las reflexiones de Bragg, luego de obtener el difractograma, se extrae los datos de difracción de la muestra problema y con la base de datos se estima los minerales posible en la muestra.

MALANDRINO y colaboradores (2.008) realizaron una caracterización geoquímica de sedimentos lacustrinos provenientes de Terra Nova Bay, continente antártico, utilizaron la técnica de difracción de rayos X para determinar la composición mineralógica, las muestras recolectadas fueron tratadas con una digestión acida, la digestión fue llevado a cabo en un hornomicroondas y la determinación de los elementos emplearon (ICP/AES), este trabajo al reunir las condiciones muy similares a nuestro estudio y la cercanía geográfica los valores reportados Cr (62,00 – 6,11) mg.Kg⁻¹, Cu (45,0 – 6,09) mg/Kg, Fe (43.400,00 – 16,77) mg.Kg⁻¹, Mn (1.436 – 345) mg.Kg⁻¹, Ni (66,00 - 4,57) mg.Kg⁻¹ y Pb (5.572 – 430) mg.Kg⁻¹. Encontrándose que la concentración de los elementos es la siguiente Fe > Pb > Mn > Ni > Cr > Cu, nos permitieron tener una referencia en cuanto a las concentraciones de los elementos estudiados.

SANTOS y colaboradores (2.005) estudiaron la Contaminación por metales pesados en sedimentos costeros y suelos cercanos la estación brasileña Antártica, isla Rey Jorge para ellos investigaron los procesos naturales y antropogénicos que controlaron la geoquímica de los sedimentos en la Bahía del Almirantazgo, Isla rey Jorge, Antártica, haciendo hincapié en la zona afectada por la Estación brasileña Comandante Ferraz, determinaron en sedimentos la concentración de hierro (6,15; 6,47 y 6,88) %, manganeso (442, 527 y 624) mg.Kg⁻¹, cromo (31, 35 y 40) mg.Kg⁻¹, cobre (44, 67 y 92) mg.Kg⁻¹, níquel (5.1, 7,9 y 10.1) mg.Kg⁻¹ y plomo (5,5; 10,5 y 11,5) mg.Kg⁻¹, las muestras fueron analizadas mediante ICP-OES (Perkin-Elmer), encontrándose que la concentración de los elementos es la siguiente Fe > Mn > Cu > Cr > Pb > Ni, estos valores los compararon con estudios realizados en sedimentos por otros investigadores, Ahn et al. (1996) obtuvo la concentración de hierro (2,42) %, manganeso (640) mg/Kg, cromo (7,6) mg/Kg, cobre (77) mg.Kg⁻¹, níquel (15,4) mg.Kg⁻¹ y plomo (8,7) mg.Kg⁻¹, Lenihan et al. (1900) obtuvo la concentración de cobre (11) mg.Kg⁻¹, níquel (68) mg.Kg⁻¹ y plomo (7) mg.Kg⁻¹, Gomes (1999) obtuvo la concentración de hierro (6,28) %, cobre (68) mg.Kg⁻¹, níquel (41,3) mg.Kg⁻¹ y plomo (14,9) mg.Kg⁻¹, Alam y Sadiq (1993) obtuvieron la concentración de hierro (2,37) %, manganeso (280) mg.Kg⁻¹, cromo (2,6) mg.Kg⁻¹, cobre (52) mg.Kg⁻¹, níquel (11,5) mg.Kg⁻¹ y plomo (121) mg.Kg⁻¹, Merlin et al. Obtuvo la concentración de cromo (47) mg.Kg⁻¹, cobre (25) mg.Kg⁻¹, níquel (23) mg.Kg⁻¹ y plomo (15) mg.Kg⁻¹, Webster et al. (2003) obtuvo la concentración de hierro (1) %, manganeso (104) mg.Kg⁻¹, cobre (28) mg.Kg⁻¹, níquel (11,2) mg.Kg⁻¹ y plomo (3,9) mg.Kg⁻¹ Ciaralli et al. (1998) obtuvo la concentración de hierro (1,64) %, manganeso (359) mg.Kg⁻¹, cromo (20,3) mg.Kg⁻¹, níquel (6,3) mg.Kg⁻¹ y plomo (20,7) mg.Kg⁻¹, adicionalmente realizaron correlaciones de Fe con Cu y Pb siendo estas muy altas y positivas, la información de los datos obtenido por el estudio de santos y la comparaciones con los otros investigadores nos permitieron tener más referencia en cuanto a las concentraciones de los elementos estudiados en los sedimentos.

PINEDA y colaboradores (2.002) determinaron las características texturales, composición mineralógica y contenido de Au, Ag, Pt, Pd, Cr, Co, Ni, V y Mn en sedimentos, por la cercanía a la zona de estudio, este trabajo nos permitió tener una guía en cuanto a la composición de los elementos de interés, como los son: Cr (35 ± 14) ppm, Co (8 ± 5) ppm, Ni (12 ± 6) ppm, Pb (32 ± 11) ppm y Mn (692 ± 259) ppm, así como también los aportes de los análisis de difractograma encontrándose minerales de arcillas, silicatos como las plagioclasas y cuarzo, encontrándose que la concentración de los elementos es la siguiente Mn > Cr > Pb > Ni > Co.

QUERALT y colaboradores (1.989) realizaron estudios de zeolitas de rocas andesíticas en la isla Rey Jorge, encontraron procesos de alteración hidrotermal con la formación de minerales zeolíticos secundarios pertenecientes a asociaciones de bajas temperaturas, este trabajo nos permitió conocer más de la geología local, la isla Rey Jorge se encuentra constituyendo un bloque cortical siálico limitado al NW por las fosas de Shetland del Sur y al SE por el estrecho de Bransfield, que separa a dichas islas de la Península Antártica, y cuyo origen responde a un arco volcánico desarrollado principalmente en el Mioceno (Weaver et al., 1979) donde persisten actividades volcánicas actuales en diversos puntos, los materiales volcánicos están básicamente representados por rocas calcoalcalinas de la asociación basalto-andesita-dacita-riolita entre las que predominan los términos intermedios (andesitas). De modo general, estas rocas volcánicas presentan distintas fases de alteración hidrotermal, debidas principalmente a fenómenos de actividad post-eruptiva.

III. OBJETIVOS

Objetivo General:

Determinar la concentración de los elementos mayoritarios (Hierro y Manganeseo), y los elementos traza (Cobalto, Cromo, Cobre, Niquel, y Plomo), en las fracciones granulométricas (grava, arena muy gruesa, arena gruesa, arena media, arena fina, arena muy fina, limo y arcilla), de los sedimentos superficiales provenientes del Glaciar Collins, Isla Rey Jorge, Continente Antártico, permitiendo así una línea base.

Objetivos Específicos:

- Estudiar el comportamiento y la distribución los elementos mayoritarios (Hierro y Manganeseo) los elementos traza (Cobalto, Cromo, Cobre, Niquel, y Plomo) y en el Glaciar Collins, Isla Rey Jorge, Continente Antártico, mediante un programa estadístico.
- Identificar los minerales presentes en los sedimentos mediante la difracción de rayos X.

IV. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

4.1. Método de Campo

4.1.1 Muestreo

El muestreo de sedimentos superficiales se realizó próximo a la Base Científica Antártica Artigas de la República Oriental del Uruguay, la cual se encuentra ubicada adyacente Glaciar Collins en las costas de la Bahía Collins, en la Isla Rey Jorge, Continente Antártico.

El muestreo fue realizado durante el verano Astral, enero – febrero de 2.009, período durante el cual ocurre con mayor velocidad el deshielo, que sufre una micro-cuenca integrado por lagos periglaciares, al pie del Glaciar Collins y que desemboca en la bahía Collins, (Figura Nº 10).

Al ocurrir in situ el proceso de deshielo, la fracción de una morrena y el desplazamiento de los sedimentos, se propuso un muestreo de sedimentos superficiales en la línea de costa del lago periglaciario y en la pendiente de la cual provenían los sedimentos, en las coordenadas 62 ° 11' 4" Latitud Sur 58 ° 51' 7" Longitud.

Para el muestreo se establecieron las estaciones 1, 2 y 3, F para un total de doce muestras, en la estación 1 fueron recolectadas las muestras AM1 y AM2, para la estación 2 corresponden AM3, AM4, AM5, AM6 y AM7, para la estación 3 corresponden AM8, AM9, AM10 y AM11, estas se pueden observar en la figura Nº 10, posterior fue tomada AM12 en la estación F ubicada al norte del lago periglaciario, que forma parte de la misma micro-cuenca cuyo afluente drena a la bahía Collins, el muestreo fue realizado durante la II Expedición Científica Venezolana al continente Antártico, por el Profesor

Alonso David Ojeda del Laboratorio de Estudios Ambientales, pertenecientes al Instituto de Zoología y Ecología Tropical (IZET) de la Facultad de Ciencias, UCV.

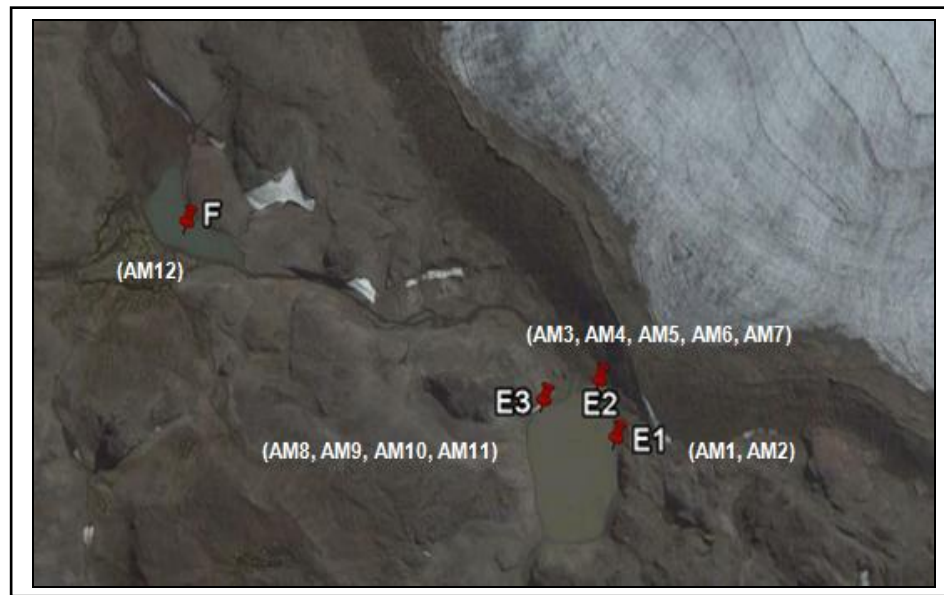


Figura № 10._ Fotografía satelital de los puntos de muestreo.



Figura № 11._ Fotografía del lago periglacial donde fueron recolectadas las muestras, afluente Norte.

4.2._Métodos de Laboratorio

4.2.1._Tratamiento de la muestras para ello se siguió los siguientes esquemas de trabajo mostrados en la figura 12 y 13.

Determinación de los elementos Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu y Pb

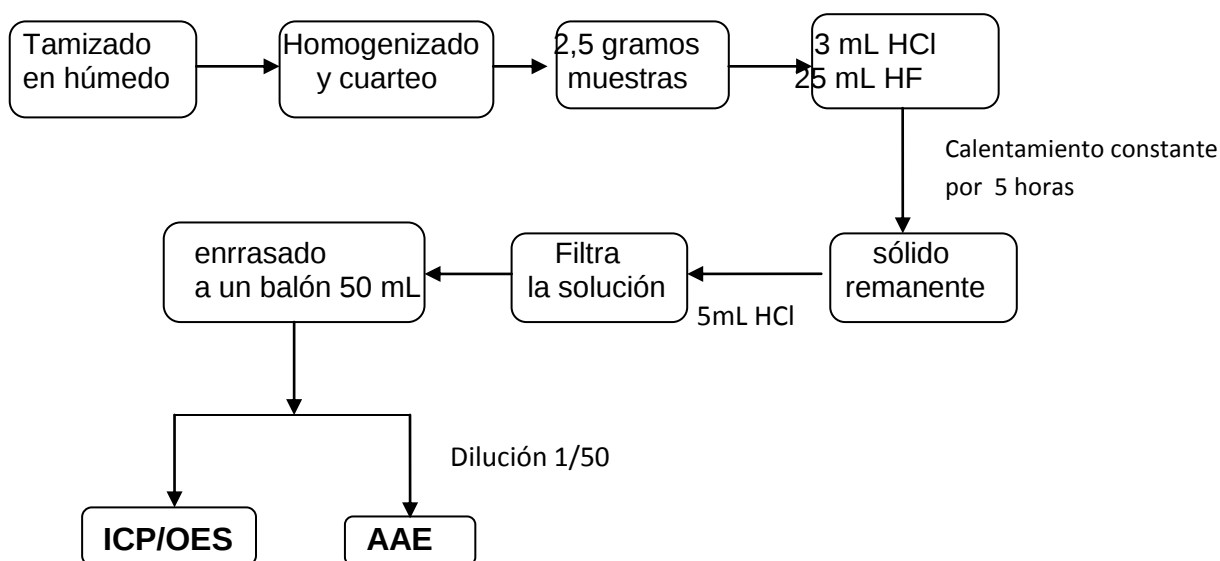


Figura № 12. Tratamiento de las muestras para determinar los elementos estudiados.

Determinación de la composición mineralógica

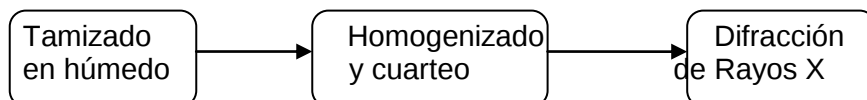


Figura № 13. Tratamiento de las muestras para determinar la composición mineralógica.

4.2.1.a) La Separación granulométrica de las muestras, fueron realizadas por medio del tamizado en húmedo, empleando tamices de 10, 18, 35, 60, 120, 230 y 325 mallas de acero inoxidable. (Figura 14)



Figura № 14._ Tamices empleados en la separación granulométrica ^[3].

Posterior fue realizada la separación de limos y arcillas mediante columnas de decantación, puede ser observado en la figura 10, este proceso fue llevado a cabo colocando la fracción que pasó por el tamiz 325 en las columnas y dejadas reposar por aproximadamente 2 horas, luego fue secada la fracción más densa correspondiente a limo y la capa de la fracción coloidal suspendida se dejó por aproximadamente 12 horas y fue secada la fracción correspondiente a arcilla.

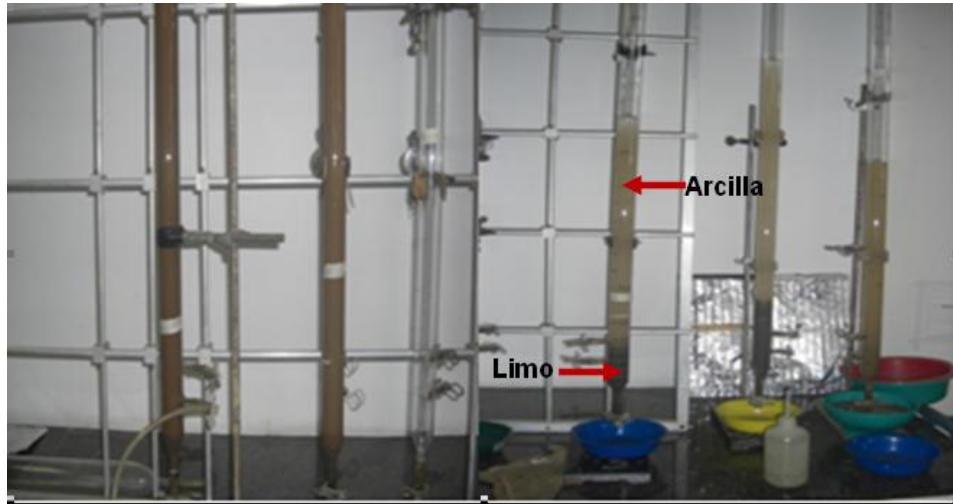


Figura 15. Columnas de decantación para la separación de limos y arcillas ^[2].

Los intervalos de tamaños de partículas fueron obtenidos mediante el método de separación por tamizado y decantación y se resumen en tabla 3:

Tabla 3._ Clasificación de las fracciones granulométricas obtenidas

FRACCIONES	μm	TAMAÑO
F9	4.000 – 2.000	Grava
F8	2.000 – 1.000	Arena muy gruesa
F7	1.000 – 500	Arena gruesa
F6	500 - 250	Arena media
F5	250 - 125	Arena
F4	125 - 63	Arena fina
F3	63 - 45	Arena muy fina
F2	45 - 2	Limo
F1	< 2	Arcilla

Las muestras fueron secadas en una estufa a 50 °C centígrados por un periodo de cuatro a cinco horas, luego se pesaron y se preservaron en bolsas plásticas previamente rotuladas. Fue realizado el cuarteto de las muestras con diámetro de partículas mayores a 125 μm con la finalidad de obtener una parte representativa de esta. Para homogenizar las muestras, se empleó un mortero de porcelana.

4.2.1.b) Digestión de las muestras de sedimentos:

Fueron realizadas en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencias de la Tierra (UCV) en una campana de extracción utilizando envases de teflón con su respectiva tapa, para la digestión se agregó 3 mL de ácido clorhídrico y 25 mL de ácido fluordhríco llevados a un baño de arena sometidos a un calentamiento constante por 5 horas tapados, luego destapados llevado hasta sequedad y el sólido remanente disuelto en 3 mL de ácido clorhídrico, la solución fue filtrada empleando embudos de tallo largo con papel de filtro marca ADVANTEC 5B 100 círculos 125mm como se muestra a continuación en las figuras 16 y 17.



FIGURA Nº 16 Fotografía de los envases de teflón dentro de la campana utilizados en la digestión de las muestras de sedimentos antárticos.



FIGURA Nº 17 Fotografía del Montaje empleado en el momento de filtrar y enrrasado en balones de 50 mL de las soluciones producto de la digestión ácida de las muestras.

Tabla 4 Concentración de los patrones empleados en el análisis de las muestras digeridas.

ELEMENTO	CONCENTRACIÒN (mg.L ⁻¹)				
	PATRÒN 1	PATRÒN 1/2	PATRÒN 1/4	PATRÒN 1/8	PATRÒN 1/16
Hierro	149,56	74,78	37,39	18,70	-
Manganeso	204,20	102,10	51,05	25,52	12,76
Cobalto	4,00	2,00	1,00	0,50	0,25
Cromo	4,00	2,00	1,00	0,50	0,25
Cobre	10,00	5,00	2,50	1,25	-
Niquel	2,00	1,00	0,50	0,25	0,125
Plomo	2,00	1,00	0,50	0,25	0,125

4.2.1.c)._Determinación de Manganeso, Cobalto, Cromo, Cobre, Niquel y Plomo, fue realizada en un espectrofotómetro secuencial modelo ULTIMA2 de la Marca Jobin Yvon (Figura 18)



FIGURA Nº 18 Espectrofotómetro secuencial modelo Ultima 2.

4.2.1.d)._Determinación de Hierro en los sedimentos fue analizado en un espectrofotómetro de Absorción atómica marca Pelkin Elmer modelo Analyst 200 con un factor de dilución de 50 veces de la digestión ácida inicial.



FIGURA Nº 19 Espectrofotómetro de Absorción atómica marca Pelkin.

V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las digestiones ácidas (HF/HCl) parciales de los sedimentos superficiales provenientes del Glaciar Collins, Isla Rey Jorge, Continente Antártico, comprenden en primer lugar un estudio de la acumulación de los elementos Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Ni y Pb en la fracciones granulométricas obtenidas F9 (4.000-2.000) μm , F8 (2.000 – 1.000) μm , F7 (1.000 -500) μm , F6 (500 – 250) μm , F5 (250 – 125) μm , F4(125 - 65) μm , F3 (63 – 45) μm , F2 (45 – 2) μm y F1 < 2 μm . Seguidamente se compara concentraciones obtenidas de los elementos (Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Ni y Pb) de la estación F con las Estaciones 1,2 y 3, una correlación del elemento Fe y Co y finalmente se analiza el estudio de difracción X realizados a los sedimentos superficiales.

Acumulación de los elementos Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Ni y Pb

La concentración del elemento **hierro** en los sedimentos superficiales estudiados se observa en la figura 20 y en el anexo 1, dicha concentración se encuentra en un rango (0,04 – 8,49) % , la tendencia de este elemento a acumularse, es en la fracción tamaño grava (0,74 – 8,49) %, este elemento se encuentra en menor proporción para la fracción 4 corresponde arenas finas en (0,14 – 5,41)%.

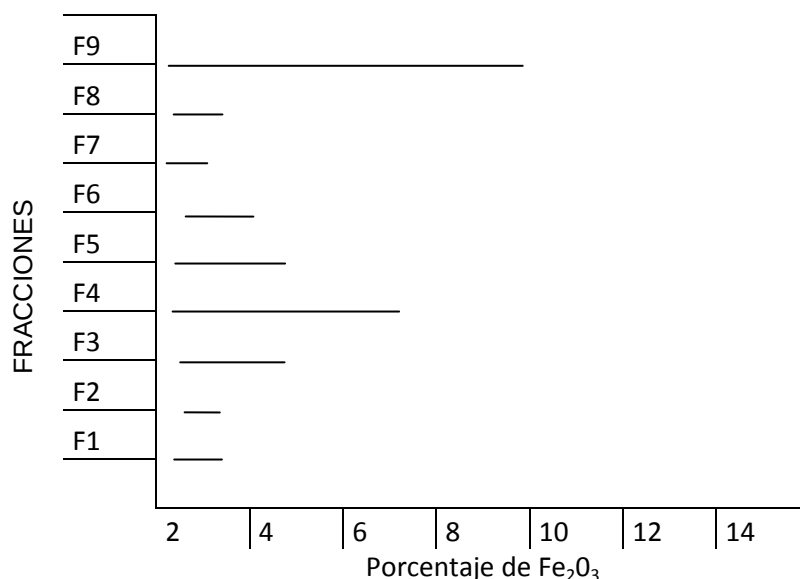


Figura Nº 20 Acumulación Fe_2O_3 en las diferentes fracciones de tamaño.

El hecho de encontrar la mayor acumulación de hierro en las fracciones de mayor y menor tamaño, indica que la composición de estos sedimentos es la misma y que la meteorización que los ha afectado es principalmente de tipo física, ya que al encontrar gran cantidad de hierro acumulado en las fracciones de menor tamaño indica que este material sólo ha sido disgregado o fragmentado y que su composición se mantiene más o menos constante o invariable independientemente del tamaño de las partículas.

Al realizar el promedio de la concentración de hierro en la fracción F9 encontramos que nos da 4,96 % este valor se acerca al reportado por ^[20] para la concentración de hierro en sedimentos (6,15; 6,47 y 6,88) %, y que entra dentro del rango propuesto por ^[12] en la concentración de sedimentos de hierro en sedimentos $(4,34 - 3,90) \pm 1,53$ % y al realizar el promedio de la concentración de hierro en el resto de las fracciones obtuvimos; para la fracción F1 el promedio de concentración de hierro fue 0,62 %, para la fracción F2 el promedio fue de 0,63 %, para la fracción F3 el promedio fue 0,66 %, para la fracción F4 el promedio fue de 0,70 %, para la fracción F5 el promedio fue de 0,75 %, para la fracción F6 el promedio fue de 0,80 %, para la fracción F7 el promedio fue de 0,85 %, para la fracción F8 el promedio fue de 0,90 % y para la fracción F9 el promedio fue de 0,95 %.

para la fracción F4 el promedio fue de 1,51 %, para la fracción F5 el promedio de concentración fue de 1,09 %, para la fracción F6 el promedio fue de 0,83 %, para la fracción F7 el promedio fue de 0,56 % y para la fracción F8 el promedio de concentración de hierro fue de 0,93 %, todos estos valores se encuentran reportados por ^[16] en la determinación de hierro en sedimentos (43.400,00 – 16,77) mg.Kg⁻¹, adicionalmente los valores promedios de la concentración de hierro corresponden al contenido de rocas ígneas intermedias 3,10%, reportado por ^[19] para el aporte litológico del Fe₂O₃:

La concentración del elemento **manganeso** en los sedimentos superficiales estudiados, se puede observar en la figura 21 y en el anexo 1, dicha concentración se encuentran en un rango (14 – 3.476) mg.Kg⁻¹, la tendencia para acumularse es mayoritariamente para la fracción 9 correspondiente a tamaño grava (155 – 3.476) mg.Kg⁻¹, seguidamente para la fracción 3 tamaño arena muy fina (23 – 1.289) mg.Kg⁻¹.

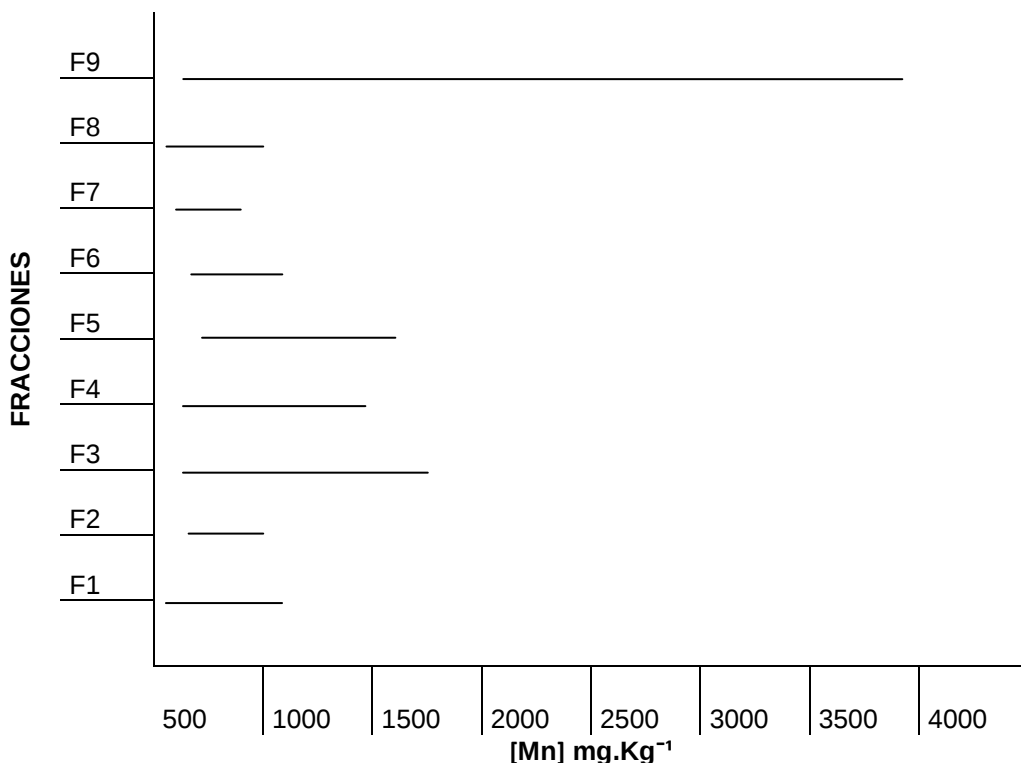


Figura Nº 21 Acumulación de Mn en las diferentes fracciones de tamaños.

Al realizar el promedio de concentración de managaneso para la fracción F4 obtuvimos un valor de 383 mg.Kg^{-1} y al realizar el promedio de la fracción F9 fue de 1.326 mg.Kg^{-1} , estos valores entran en el rango reportado por ^[16] en la determinación de manganeso en sedimentos ($1.436 - 345$) mg.Kg^{-1} y los valores obtenidos en el promedio de concentración de manganeso para el resto de las fracciones obtuvimos los siguientes valores; para la fracción F1 el promedio de concentración de 286 mg.Kg^{-1} , para la fracción F2 el promedio fue de 243 mg.Kg^{-1} , para la fracción F3 el promedio fue de 262 mg.Kg^{-1} , para la fracción F5 fue de 421 mg.Kg^{-1} , para la fracción F6 el promedio fue de 249 mg.Kg^{-1} , para la fracción F7 el promedio fue de 133 mg.Kg^{-1} y para la fracción F8 el promedio fue de 195 mg.Kg^{-1} , estos valores corresponde al rango que esta constituída las rocas ígneas intermedias reportados por ^[19] solo para el aporte litológico.

La concentración del elemento **cobalto** en los sedimentos superficiales estudiados, puede ser observada en la figura 22 y en el anexo 2, el elemento cobalto se encuentran en un rango de concentración ($0,24 - 42,46$) mg.Kg^{-1} , la tendencia para acumularse es mayoritariamente para la fracción 3 correspondiente a tamaño arena muy fina ($0,27 - 25,66$) mg.Kg^{-1} , seguidamente por la fracción 9 de tamaño grava ($14,88 - 42,46$) mg.Kg^{-1} .

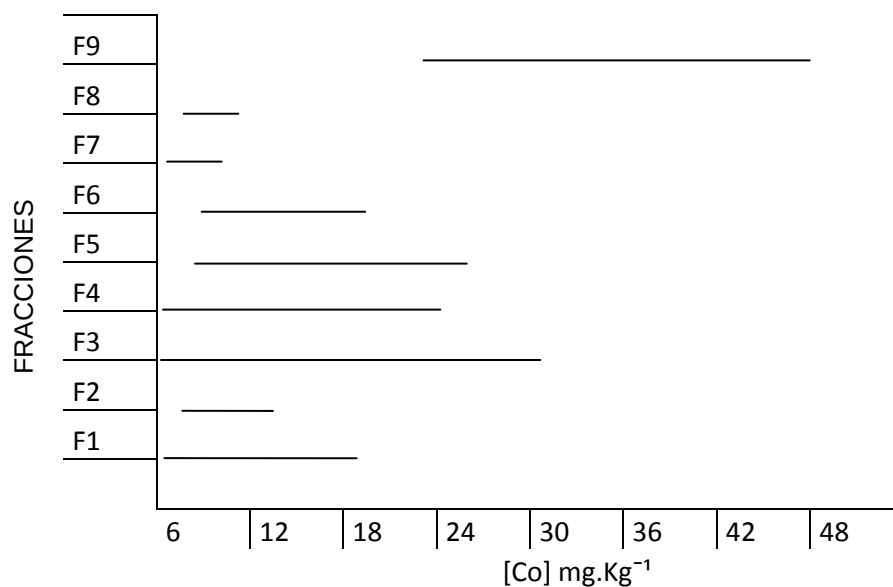


Figura Nº 22 Acumulación de Co en las diferentes fracciones de tamaño.

Al realizar el promedio de concentración para el elemento cobalto en cada una de las fracciones obtuvimos los siguientes valores; para la fracción F1 el promedio fue de 4,76 mg.Kg⁻¹, para la fracción F2 el promedio fue de 4,22 mg.Kg⁻¹, para la fracción F3 el promedio fue de 5,00 mg.Kg⁻¹, para la fracción F4 el promedio fue de 7,72 mg.Kg⁻¹, para la fracción F5 el promedio fue de 8,18 mg.Kg⁻¹, para la fracción F6 el promedio fue de 4,86 mg.Kg⁻¹, para la fracción F7 el promedio fue de 2,31 mg.Kg⁻¹ y para la fracción F8 el promedio fue de 4,33 mg.Kg⁻¹, estos valores coinciden si se toma en cuenta la incertidumbre asociada al valor reportado por ^[15] la concentración del elemento cobalto en sedimentos (8 ± 5) ppm correspondiente solo al aporte litológico.

La concentración del elemento **cromo** en los sedimentos superficiales estudiados, pueden observarse en la figura 23 y en el anexo 2, el elemento cromo se encuentran en un rango de concentración (0,40 – 50,84) mg.Kg⁻¹, la tendencia para acumularse es mayoritariamente para la fracción 5 correspondiente a tamaño arena (0,39 – 50,84) mg.Kg⁻¹ seguidamente pero en menor proporción la fracción 6 de tamaño arena gruesa (0,89 – 42,17) mg.Kg⁻¹.

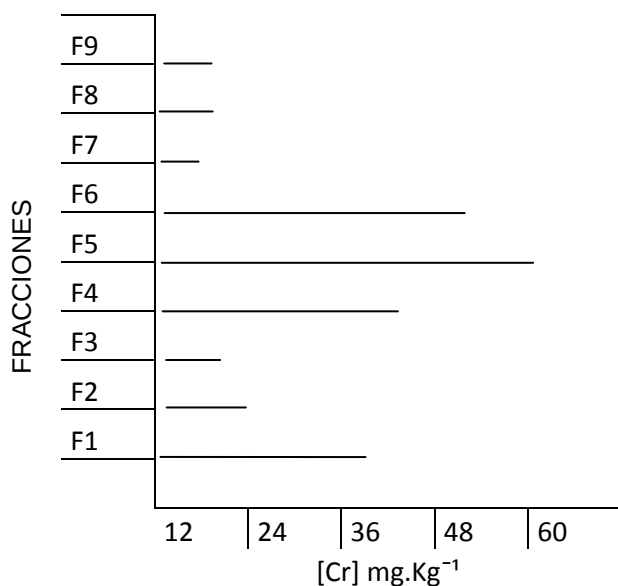


Figura Nº 23 Acumulación de Cr en las diferentes fracciones de tamaño.

Al realizar el promedio de las concentraciones de cromo obtenidas para cada fracción, encontramos que el promedio para la fracción más pequeña fue de 5,40 mg.Kg⁻¹, para la fracción 2 el promedio fue de 3,47 mg.Kg⁻¹, en la fracción 3 el promedio es 3,38 mg.Kg⁻¹, para la fracción 4 el promedio fue de 12,24 mg.Kg⁻¹, para la fracción 5 el promedio fue 9,73 mg.Kg⁻¹, para la fracción 6 el promedio fue de 6,05 mg.Kg⁻¹, la

fracción 7 el promedio fue 1,57 mg.Kg⁻¹, la fracción 8 fue 2,22 mg.Kg⁻¹ y para la fracción 9 un promedio de 10,11 mg.Kg⁻¹, todos estos valores coinciden en el rango reportado por ^[16] donde la concentración del elemento cromo es de (62,00 – 6,11) mg.Kg⁻¹ en sedimentos correspondiente solo al aporte litológico.

La concentración del elemento **cobre** en los sedimentos superficiales estudiados, se observa en la figura 24 y en el anexo 2, el elemento cobre su concentración, se encuentran en un rango (1 – 86) mg.Kg⁻¹, la tendencia para acumularse es mayoritariamente para la fracción 4 correspondiente a tamaño arena (1 – 60) mg.Kg⁻¹, seguidamente por la fracción 3 tamaño arena fina (1- 58)mg.Kg⁻¹.

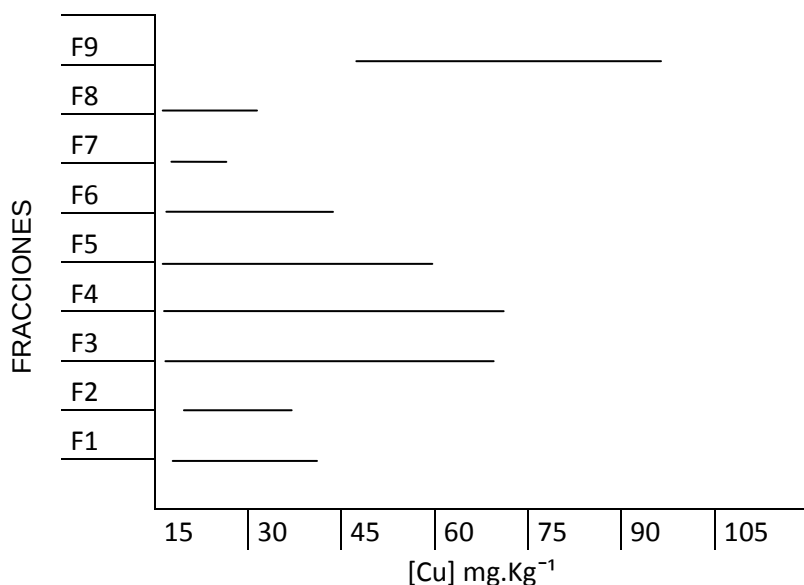


Figura Nº 24 Acumulación de Cu en las diferentes fracciones de tamaño.

Al realizar el promedio de la concentración del elemento cobre para la fracción de mayor tamaño obtuvimos el promedio de 60,83 mg.Kg⁻¹, este valor coincide con el

reportado por ^[17] (44, 67 y 92) mg.Kg⁻¹ y al tomar en cuenta la incertidumbre al rango asociado a la concentración de cobre reportado por ^[14] (66,95 – 15,37) ± 12,49 mg.Kg⁻¹ coincide el valor obtenido en nuestro estudio, para el resto de las fracciones al obtener el promedio de la concentración obtuvimos ; que en la fracción F1 el promedio fue 9,45 mg.Kg⁻¹, para la fracción F2 el promedio fue de 10,5 mg.Kg⁻¹, para la fracción F3 el promedio fue de 10,62 mg.Kg⁻¹, para la fracción F4 el promedio fue de 20,5 mg.Kg⁻¹, el promedio para la fracción F5 fue de 12,4 mg.Kg⁻¹, para la fracción F6 el promedio fue de 11,83 mg.Kg⁻¹, para la fracción F7 fue de 7,11 mg.Kg⁻¹ y para la fracción F8 fue de 10 mg.Kg⁻¹, estos valores coinciden con el rango reportado por ^[16] para la concentración de cobre en sedimentos (45,0 – 6,09) mg/Kg, adicionalmente estos valores corresponden al rango de concentración de cobre (111- 25) mg.Kg⁻¹ reportado por ^[19] para el contenido de rocas ígneas intermedias solo con aporte litológico.

La concentración del elemento **níquel** en los sedimentos superficiales estudiados, se puede observar en la figura 25 y en el anexo 2, el elemento níquel su concentración se encuentran en un rango (0,06 – 11) mg.Kg⁻¹ , la tendencia para acumularse es para la fracción 4, 5 y 9 correspondiente a los tamaño arena fina, arena y grava (0,26 – 10,5)mg.Kg⁻¹, (0,12 – 10,60)mg.Kg⁻¹ y (0,41 – 11) mg.Kg⁻¹ respectivamente.

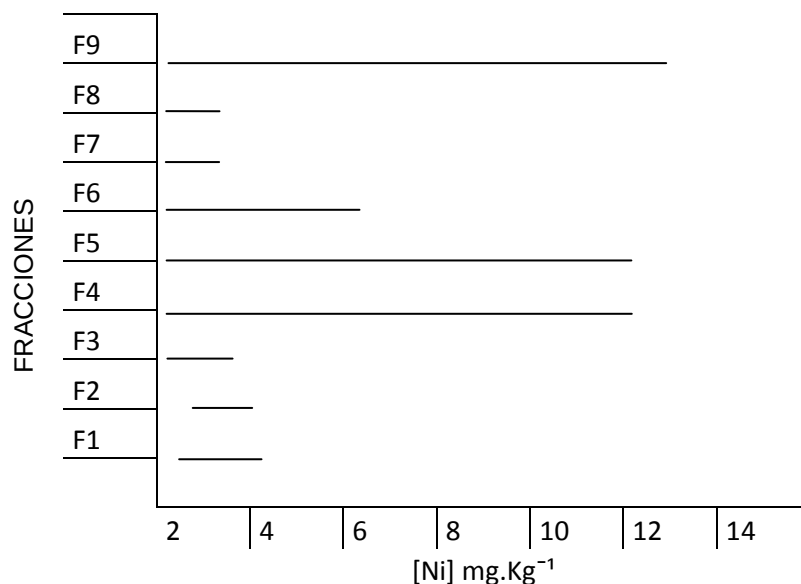


Figura Nº 25 Acumulación de Ni en las diferentes fracciones de tamaño.

Al realizar el promedio de concentración de níquel obtenidos en la fracción F9 obtuvimos el valor promedio de 5,29 mg.Kg⁻¹, este coincide con el rango reportado por ^[17] para la concentración de Níquel en sedimentos (5.1, 7,9 y 10.1) mg.Kg⁻¹ y para el rango reportado por ^[16] de concentración para el elemento Níquel de (66,00 - 4,57) mg.Kg⁻¹, estos datos a su vez coinciden por el reportado por ^[19] en el contenido de níquel en rocas intermedias con aporte de origen litológico.

La concentración del elemento **Plomo** en los sedimentos superficiales estudiados, puede ser observada en la figura 26 y en anexo 2, el elemento plomo se encuentran en un rango de concentración de (0,18 – 25,81) mg.Kg⁻¹, la tendencia es en la fracción

correspondiente al tamaño arena fina, arena y grava, (0,43 – 19,85) mg.Kg⁻¹, (0,32 – 21,72) mg.Kg⁻¹ y (2,95 – 25,81) mg.Kg⁻¹ respectivamente.

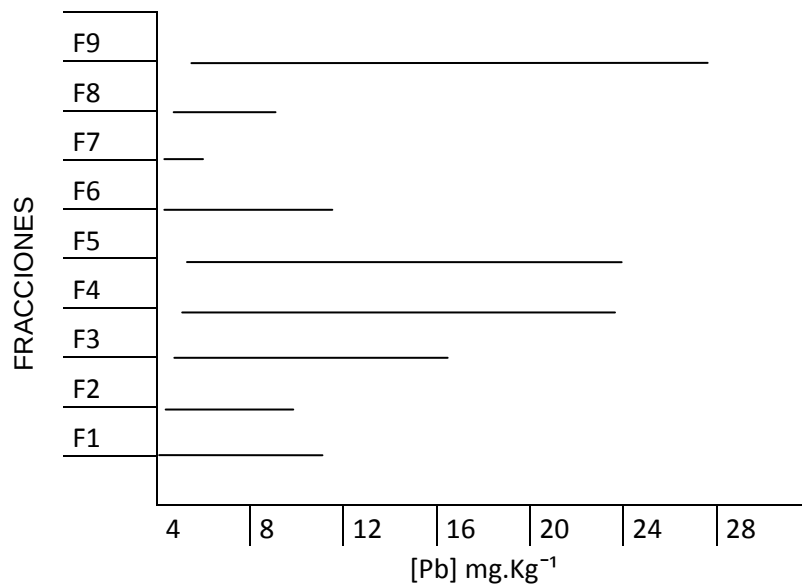


Figura Nº 26 Acumulación de Pb en las diferentes fracciones de tamaño.

Al realizar el promedio de la concentración de plomo en la fracción F9 el promedio obtenido fue de 17,63 mg.Kg⁻¹ este coincide en el rango reportado por ^[17] en la determinación de plomo en sedimentos (5,5; 10,5 y 11,5) mg.Kg⁻¹ también coincide con el valor reportado por ^[19] para el contenido de plomo en rocas intermedias con aporte litológico

De las gráficas presentadas anteriormente, también se deduce la posibilidad de que los elementos Fe_2O_3 , Mn, Co, Cu, Ni y Pb se encuentran mayoritariamente en sedimentos tamaño grava, ya que los valores más altos se encuentran asociados a esta fracción. Por otro lado el cromo se encuentra asociado a la fracción arena fina, esto dado que el principal mineral de cromo es la cromita, la cual es resistente a la meteorización química y generalmente se asocia a este tamaño de grano. El aporte de los elementos es de origen litológico en su totalidad. La abundancia Relativa en términos de concentración viene dada en el orden siguiente: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \succ \text{Mn} \succ \text{Cu} \succ \text{Cr} \succ \text{Pb} \succ \text{Ni} \succ \text{Co}$, dicha relación corresponde a la que se encuentra en la corteza terrestre.

Comparación de las concentraciones obtenidas de los elementos (Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Ni y Pb) de la estación F con las Estaciones 1,2 y 3.

Debido al retroceso del glaciar Collins fue posible la formación de las lagunas periglaciares en la zona de estudio, dichas lagunas al encontrarse tan cercanas y existiendo una variante en cuanto al origen del aporte de sedimentos, se quiso estudiar la concentración de Fe_2O_3 , Mn, Co, Cr, Cu, Ni y Pb, para ello se tomo en cuenta que las estaciones E1 y E3 reciben sedimentos proveniente del glaciar Collins y la estación E2 adicionalmente recibe sedimentos provenientes de la laguna adyacente, existiendo esta variable se comparo con la estación F, fueron sumadas todas las fracciones granulométricas de cada muestra, y considerando los puntos de muestreo para cada estación, en la estación E1 (son consideradas las muestras AM1 y AM2), la estación E2 (las muestras AM3, AM4, AM5, AM6 y AM7), la estación E3 (las muestras AM8, AM9, AM10 y AM11) y la Estación F la muestra AM12.

El primer elemento a comparar es el hierro, en la figura 27 podemos observar la similitud entre las estaciones E3 y F, y los valores de las estaciones E1 y E2 son parecidos entre sí, acercándose sus valores al obtenido en la estación F.

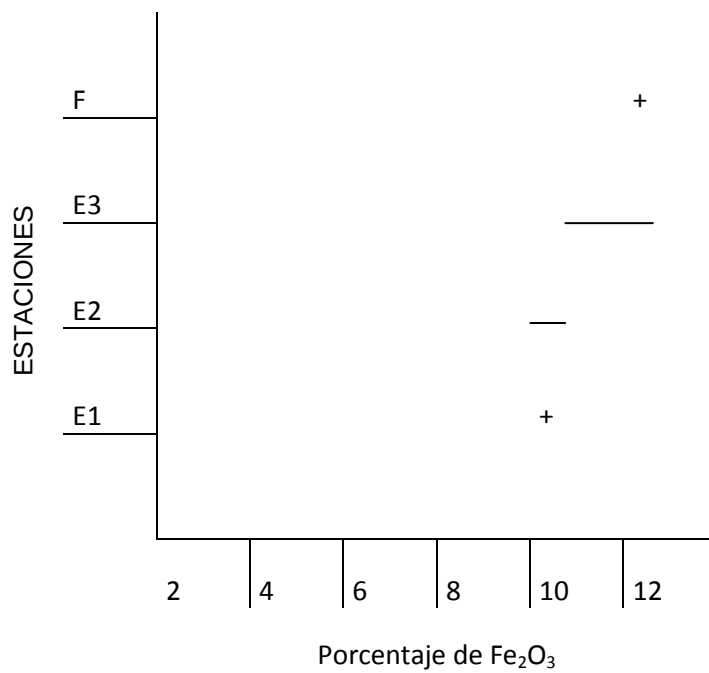


Figura Nº 27 Porcentaje de Fe_2O_3 en las diferentes estaciones de muestreo.

El segundo elemento en comparar entre las estaciones es el elemento manganeso, en la figura 28 podemos observar sus concentraciones, denotando que en las estaciones E2 y E3 se parecen a la concentración de manganeso reportada en la estación F la

concentración de managaneso de la estación E1 el valor reportado se aleja solo un poco al reportado en la estación F.

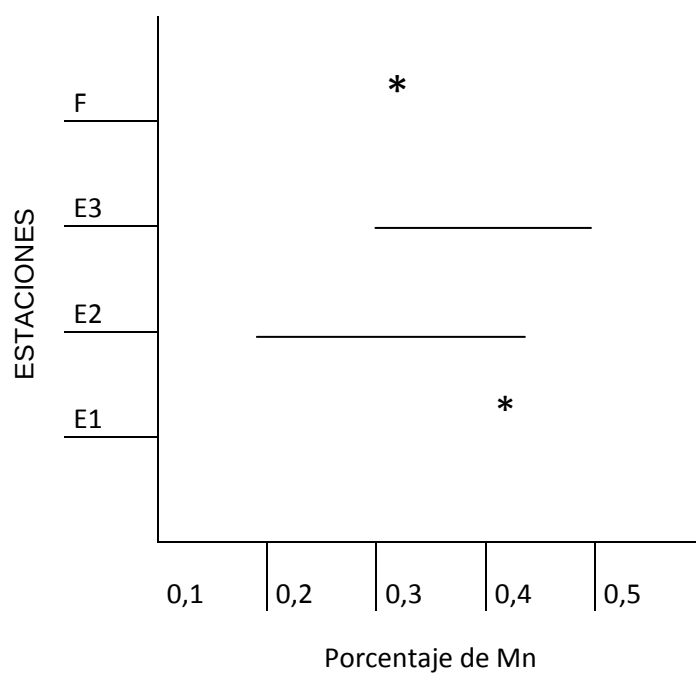


Figura № 28 Porcentaje de Mn en las diferentes estaciones de muestreo.

El tercer elemento en comparar es el cobalto, sus concentraciones pueden ser observadas en la figura 29, donde las concentraciones obtenidas en las estaciones E1 y

F son iguales, la concentración de cobalto presentada en la estación E2 y E3 son parecidas entre sí y acercando sus valores con el obtenido en la Estación F.

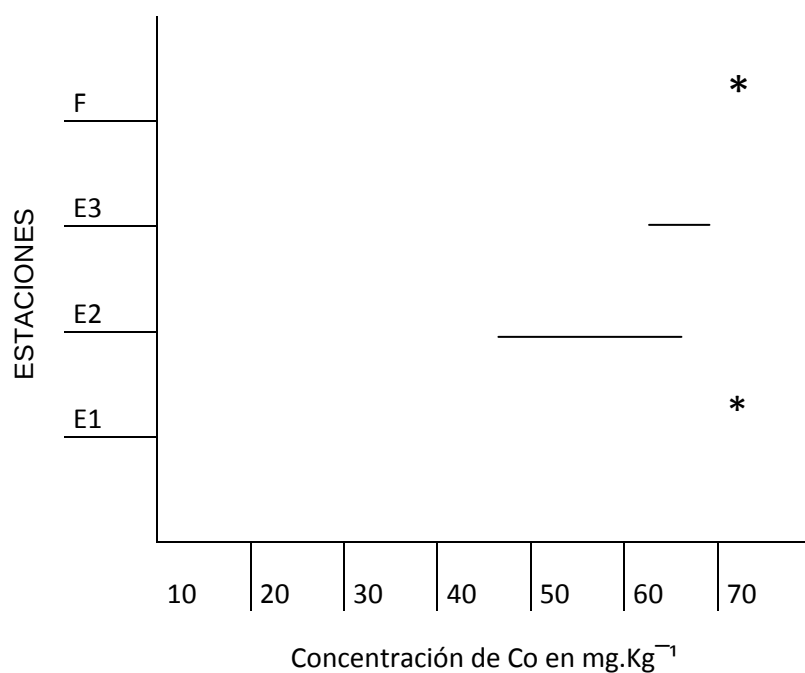


Figura Nº 29 Concentración de Co en las diferentes estaciones de muestreo.

El cuarto elemento en comparar es el cromo, en la figura 30 podemos observar el rango de las concentraciones de cromo para todas las estaciones, encontrándose similitud para las concentraciones de las estaciones E2 y F, pero el valor para la

estación E1 y E3 difieren un poco con el valor de concentración de cromo en la estación F.

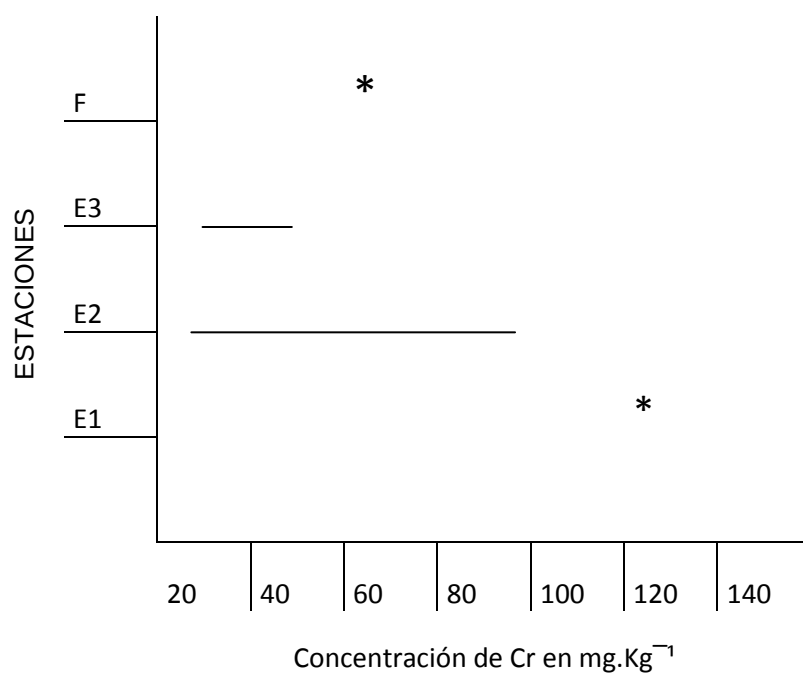


Figura Nº 30 Concentración de Cr en las diferentes estaciones de muestreo.

El quinto elemento en comparar es el cobre, en la figura 31 podemos observar que existe similitud entre las estaciones E1 y F pero esta estación difiere un poco de las estaciones E2 y E3.

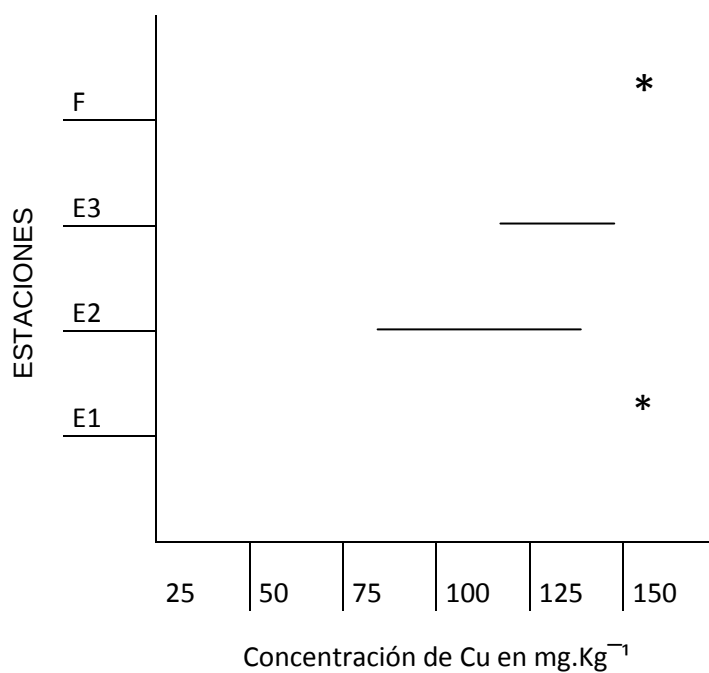


FIGURA Nº 31 Concncración de Cu en las diferetes estaciones de muestreo.

El sexto elemento en comparar es el níquel , en la figura 32 observamos que se existe similitud entre las estaciones E1 y F, y solo difieren un poco de los valores en las estaciones E1 y E3 sobre la base de las concentraciones de níquel determinadas.

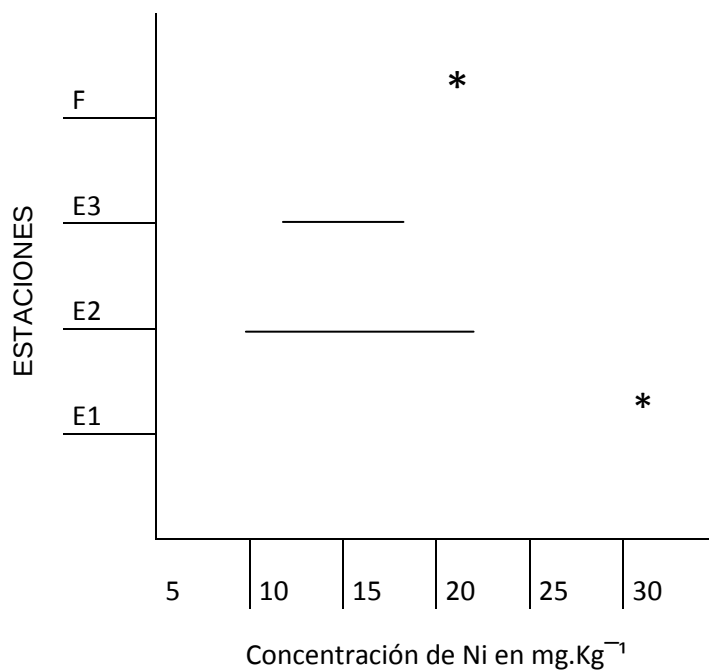


Figura № 32 Concentración de Ni en las diferentes estaciones de muestreo.

El séptimo y último elemento en comparar es el plomo, en la figura 33 podemos observar la concentración de elemento plomo, encontrándose similitud entre las estaciones E2 y E3 con respecto a la Estación F y acercándose el valor obtenido en la estación E1, en base a las concentraciones determinadas.

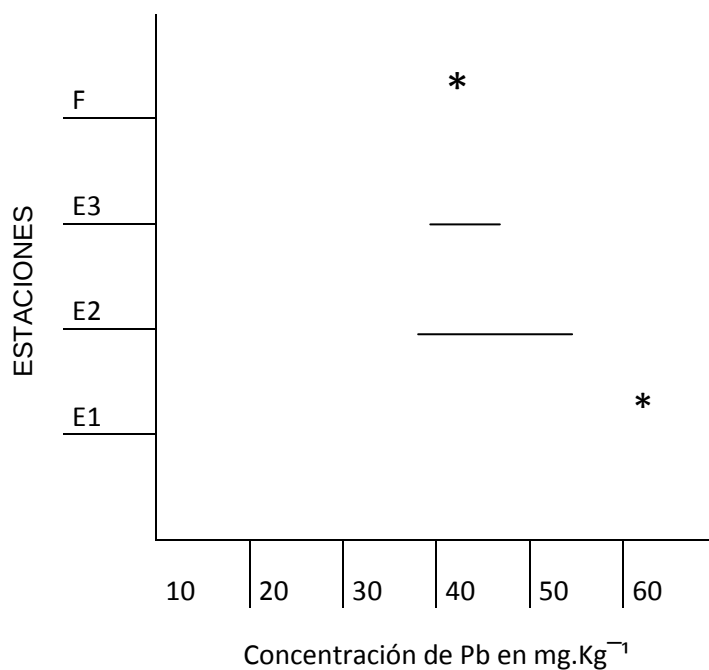


Figura Nº 33 Concentración de Pb en las diferentes estaciones de muestreo.

Como puede observarse en las figuras anteriores, la concentración para cada uno de los elementos estudiados Hierro, Manganeso, Cobalto, Cromo, Cobre, Niquel y Plomo existe similitud en todas las estaciones, notándose que el rango de concentración en la estación E2 siempre es mayor con el resto de las estaciones E1, E3 y F, esto es debido a posee dos fuentes para la acumulación de sedimentos, la primera fuente de sedimentos es el retroceso del glaciar Collins y la segunda fuente es el aporte del lago cercano ubicado en una pendiente mayor al lago periglacial.

Con los resultados obtenidos anteriormente podemos decir que no existe diferencia alguna entre los lagos estudiados, la zona en estudio no se vio afectados por actividades antropogénicas y todos los valores de concentraciones obtenidos se encuentran solo por el aporte litológico

Correlación del elemento hierro con el elemento Cobalto.

En la figura 34 podemos observar que el elemento hierro muestra una tendencia a aumentar a medida que lo hace el elemento cobalto, lo cual podemos indicar que estos elementos se encuentran formando parte de la misma estructura mineral, lo que es entendible ya que el Co^{+2} puede susrituir al Fe^{+2} dada su parecida relación carga/radio. La relación carga/radio del hierro es 0,016 valor muy parecido a la relación carga/radio del cobalto es 0,015.

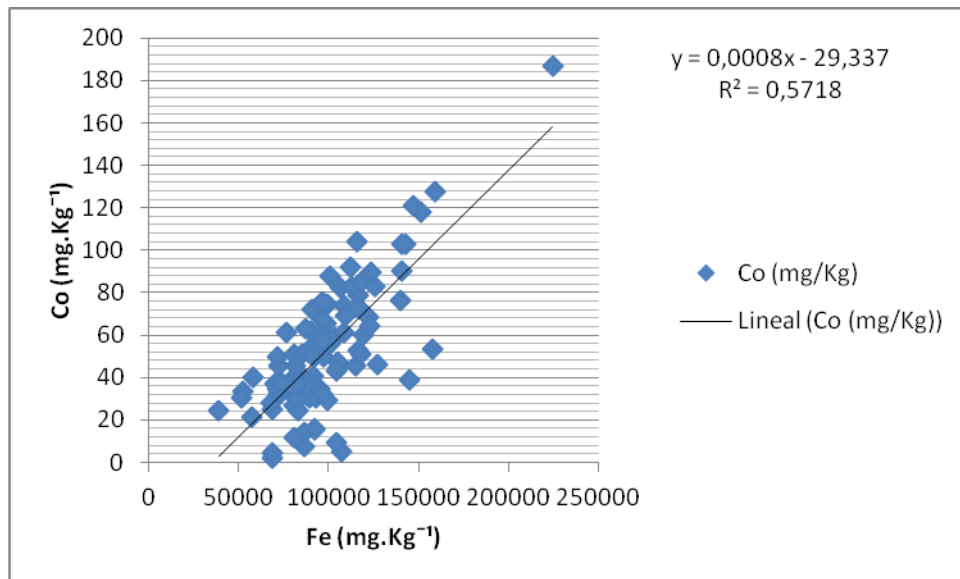


Figura № 34 Correlación de Fe con Co

Estudio de difracción de rayos X aplicado a las muestras se obtuvo los siguientes minerales apreciados en la tabla 5.

Tabla 5. Minerales obtenidos por estudio de difracción de Rayos X a los sedimentos estudiados.

Mineral	MUESTRA						
	AM 12 -F2	AM12 -F6	AM5 - F9	AM7 - F1 (a)	AM 7 - F 2	AM 7 - F6	AM 5 - F1 (a)
Montmorillonita	+	+	+	+	+	+	+
Albita	+	-	+	+	-	+	+
Albita desordenada	-	+	-	-	-	-	-
Heulandita	+	-	-	+	-	-	-
Andesina	-	+	-	-	+	-	+
Cuarzo	-	+	-	-	-	-	-
Anortoclasa	-	-	+	-	-	-	-
Barretita	-	-	-	+	-	-	-
Clinoptilolita	-	-	-	+	-	-	-
Ferrosilita	-	-	-	-	+	-	-

Este resultado nos permite confirmar que los sedimentos superficiales estudiados provienen de roca andesítica, debido a que los minerales encontrados corresponden a este tipo de roca, como albita ($\text{Na}_{1.0-0.9}\text{Ca}_{0.0-0.1}\text{Al}_{1.0-1.1}\text{Si}_{3.0-2.9}\text{O}_8$), Andesina ($\text{Na}_{7-0.5}\text{Ca}_{0.3-0.5}\text{Al}_{1.3-1.5}\text{Si}_{2.7-2.5}\text{O}_8$) y cuarzo SiO_2 . La presencia de minerales como **ferrosilita** ($\text{Fe}^{+2}, \text{Mg})_2(\text{SiO}_3)_2$, **Heulandita** ($\text{Ca}, \text{Na}_2\text{Al}_2\text{SiO}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), **Barretita** ($\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_2\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y **Clinoptilolita** ($\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_{2-3}\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ puede explicarse, ya que estos minerales se encuentran como accesorios en rocas ígneas de anortoclasa, la cual fue reportada para la muestra AM5, además la Heulandita podría estar dando indicios de cierto hidrotermalismo, lo cual permitiría explicar la presencia de la Montmorillonita en estos sedimentos. La montmorillonita ($\text{Na}, \text{Ca})_{0.3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ es un filossilicato (arcilla), se forma en ambientes hidrotermal a costa de actividad volcánica y también fue identificada en este estudio, los espectros obtenidos de la difracción de rayos X de las muestras se encuentran en el apéndice 6.

VI. CONCLUSIONES

- Los Sedimentos Superficiales provenientes de la Isla Rey Jorge o 25 de Mayo presentan la tendencia de acumularse en los grano tamaño grava de los metales elementos mayoritarios (Fe, Mn) y las traza (Co, Cr, Cu, Ni y Pb).
- La concentración determinada para cada uno de los elementos estudiados provienen del aporte litológico únicamente.
- El elemento hierro y el elemento cobalto se encuentran formando parte de la misma estructura mineral.
- No existe diferencia alguna en cuanto a la determinación de los elementos Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Ni y Pb entre las lagunas periglaciares.

- El análisis de difracción de rayos x nos permite confirmar que los sedimentos superficiales estudiados provienen de roca andesita, debido a que los minerales encontrados corresponden a este tipo de roca, como albita, Andesina y cuarzo.

VII.BIBLIOGRAFIA

- [1] Boggs, S. 1995 "Principles of sedimentology stratigraphy". Editorial Prentice Hall. New Jersey. Capitulo 8.
- [2] Casas, J., Cuchí, J.A., Dúran J.J., López-Martínez, J., Machín, J., Mink, S., Navas, A., y Serrano, E. 2008. Soil caracterización on varying lithological substrates in the South Shetland Islands, maritime Antarctica. Geoderma 144 ,123-129.
- [3] Plan de gestión revisado de la Zona Antártica Especialmente Protegida Nº 125 Península Fildes, Isla Rey Jorge (isla 25 de Mayo). 2009.
- [4] Méndez B. José 2006 "Petrología Ambientes Sedimentarios".. Editado por: PDVSA, INTEVEP, Caracas, Venezuela. Páginas 35 - 80

- [5] Nichols, G. 2009. "Sedimentology and Stratigraphy". Editorial Wiley- Blackwell. United Kingdom. Pag. 102 -113.
- [6] Pettijohn, F.J.. "Sedimentology and Stratigraphy". Editorial Wiley-Blackwell. United Kingdom. Capítulo 1.
- [7] Birkenland P. 1999. "Soil and Geomorphology" Trird Edition. Pag. 2-3.
- [8] Rebolledo, S y Vargas, G Introducción a la descripción de rocas sedimentarias. Departamento de Geología. Universidad de Chile. 2007
- [9] Jordán, A. "Manual de edafología". Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. 2000
- [10] Skoog, D. 2002 "Principios de Análisis Instrumental". 5ta edición. McGraw-HILL.
- [11] Ascanio, M., Bojórquez, J., García, J., Hernandez, A. y Morales, M.2006."El Suelo: fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo". Universidad autónoma de Nayarit.
- [12] Lannuzel, D., Browie, A.R., Van der Merwe, P.C., Townsend, A.T. y Schoemann, V. 2011. Distribution of disolved and particulate metals in Antarctic sea ice. Marine Chemistry. 124. 134-146.
- [13] Melgarejo, J.C., Proenza, J.A., Galí, S. y Llovet, X. 2010. Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en la exploración y explotación minera. BOLETIN DE LA SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA. Volumen 62, Núm. 1, 2010, p. 1-23.
- [14] Bai, J., Cuia, B., Chena, B., Zhangb, K., Dengc, W., Gaoa, H. y Xiao, R. 2011. "Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from a typical plateau lake wetland, China. Ecological Modelling 222 pages 301–306.

- [15] Pineda, V., Contardo, X., Alfaro, G. y Helle, S. 2002. Caracterización Textural, Mineralógica y Geoquímica de los sedimentos del canal Beagle y Bahía Nassau, XII Región de Magallanes, Chile. *Crucero Cimar-fiordo 3. Cienc. Tecnol. Mar*, 25 (1) : 5-21, 2002.
- [16] Malandrino, M., Abollino, O., Buoso, S., Casalino, C., Gasparon, M., Giacomino, A., La Gioia, C. y Mentasti, E. 2008. "Geochemical characterisation of Antarctic soils and lacustrine sediments from Terra Nova Bay". *Microchemical Journal* 92 pages 21–31.
- [17] Santos, I.R., Silva-Filho, E.V., Schaefer, C.R.G.R., Albuquerque-Filho, M.R. y Campos, L.S. 2005. Determination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station. King George Island, *Marine Pollution Bulletin* 50. Pages 185-194.
- [18] Queralt, I., Martí, J., Solé, A. y Plana, F. 1989. Zeolitización de Rocas Andesíticas. *Estudios Geológicos*. 45: 293-298.
- [19] Rose, Arthur. 1979. "Geochemistry in Mineral Exploration", Segunda edición. Academic Press. Páginas 554-563.

IX. APÉNDICE

APENDICE I. Tabla de concentración de los elementos mayoritarios

Muestra	Fracción	Fe ₂ O ₃ (±100mg.Kg ⁻¹)	% Fe ₂ O ₃	Mn (± 30 mg.Kg ⁻¹)	% Mn
AM ₁	F ₁	72433	7,24	2399	0,24
	F ₂	58110	5,81	2002	0,20
	F ₃	52461	5,25	1696	0,17
	F ₄	99417	9,94	3176	0,32
	F ₇	70036	7,00	2641	0,26
AM ₂	F ₁	106200	10,62	3099	0,31
	F ₂	142485	14,25	7240	0,72
	F ₃	90685	9,07	2474	0,25
	F ₄	116207	11,62	3749	0,37
	F ₅	108694	10,87	3789	0,38
	F ₆	71716	7,17	2119	0,21

	F ₇	68590	6,86	2950	0,29
	F ₈	107094	10,71	4551	0,46
AM₃	F ₁	224659	22,47	7632	0,76
	F ₂	51692	5,17	2336	0,23
	F ₃	39025	3,90	1014	0,10
	F ₄	89239	8,92	2626	0,26
	F ₅	159341	15,93	6960	0,70
	F ₇	87713	8,77	2586	0,26
AM₄	F ₁	113139	11,31	6421	0,64
	F ₂	80719	8,07	2235	0,22
	F ₃	100563	10,06	1141	0,11
	F ₄	98670	9,87	2465	0,25
	F ₅	103600	10,36	2239	0,22
	F ₆	116076	11,61	3322	0,33
	F ₇	80881	8,09	1655	0,17
	F ₈	92942	9,29	751	0,08
AM₅	F ₁ a	91140	9,11	-	-
	F ₁ b	86776	8,68	-	-
	F ₂	73651	7,37	4513	0,45
	F ₃	81054	8,11	1886	0,19
	F ₄	82846	8,28	-	-

APENDICE I. Tabla de concentración de los elementos mayoritarios.

Muestra	Fracción	Fe₂O₃ (± 100 mg.Kg⁻¹)	% Fe₂O₃	Mn (± 30 mg.Kg⁻¹)	% Mn
AM₅	F ₅	86777	8,68	-	-
	F ₆	92277	9,23	-	-
	F ₇	68863	6,89	-	-
	F ₈	104184	10,42	1108	0,11
	F ₉	86623	8,66	1340	0,13
AM₆	F ₂	92505	9,25	4722	0,47
	F ₃	99278	9,93	-	-
	F ₄	104985	10,50	1525	0,15
	F ₅	72484	7,25	-	-
	F ₆	92258	9,23	-	-
	F ₇	115186	11,52	-	-

	F ₈	82211	8,22	-	-
	F ₉	80933	8,09	1482	0,15
AM₇	F _{1 a}	57478	5,75	-	-
	F _{1 b}	104817	10,48	-	-
	F ₂	71667	7,17	1616	0,16
	F ₃	108816	10,88	2128	0,21
	F ₄	84790	8,48	2060	0,21
	F ₅	117543	11,75	3239	0,32
	F ₆	90131	9,01	1611	0,16
	F ₇	96990	9,70	1155	0,12
	F ₈	68178	6,82	996	0,10
	F ₉	68492	6,85	1441	0,14
AM₈	F ₁	109098	10,91	3959	0,40
	F ₄	125747	12,57	3547	0,35
	F ₅	115492	11,55	3371	0,34
	F ₆	139625	13,96	4488	0,45
	F ₇	116161	11,62	3618	0,36
	F ₈	81273	8,13	2750	0,28
	F ₉	119491	11,95	4892	0,49
AM₉	F ₁	123224	12,32	3653	0,37
	F ₄	98360	9,84	2709	0,27

APENDICE I. Tabla de concentración de los elementos mayoritarios.

Muestra	Fracción	Fe₂O₃ (± 100 mg.Kg⁻¹)	% Fe₂O₃	Mn (± 30 mg.Kg⁻¹)	% Mn
AM₉	F ₅	140941	14,09	4523	0,45
	F ₆	96418	9,64	3032	0,30
	F ₇	122296	12,23	4013	0,40
	F ₈	104204	10,42	3046	0,30
	F ₉	117484	11,75	3414	0,34
AM₁₀	F ₁	151562	15,16	6505	0,65
	F ₂	87454	8,75	4394	0,44
	F ₃	100664	10,07	5830	0,58
	F ₄	112018	11,20	5437	0,54
	F ₅	147024	14,70	6204	0,62
	F ₆	87854	8,79	1338	0,13

	F ₇	127442	12,74	1668	0,17
	F ₈	81909	8,19	-	-
	F ₉	95352	9,54	1281	0,13
AM₁₁	F ₁	122667	12,27	-	-
	F ₂	90988	9,10	3570	0,36
	F ₃	96263	9,63	4332	0,43
	F ₄	115989	11,60	-	-
	F ₅	88932	8,89	3587	0,36
	F ₇	144824	14,48	3623	0,36
	F ₈	80857	8,09	-	-
	F ₉	76305	7,63	2415	0,24
AM₁₂	F ₂	90446	9,04	2713	0,27
	F ₃	96521	9,65	3978	0,40
	F ₄	157961	15,80	-	-
	F ₅	140647	14,06	3086	0,31
	F ₆	73454	7,35	4173	0,42
	F ₇	96217	9,62	1460	0,15

Para cada valor de concentración del elemento reportado se encuentra expresado a la incertidumbre de dicho valor, tomando en cuenta la masa de la muestra, el volumen de enrase y el factor de conversión a muestra sólida, y para el caso del Fe₂O₃ el factor de

APENDICE II. Tabla de concentración de los elementos minoritarios

Muestra	Fracción	Co ($\pm 0,30$ mg.Kg ⁻¹)	% Co	Cr (± 10 mg.Kg ⁻¹)	% Cr	Cu (± 10 mg.Kg ¹)	% Cu	Ni (± 3 mg.Kg ⁻¹)	% Ni	Pb (± 5 mg.Kg ⁻¹)	% Pb
AM ₁	F ₁	1,69	0,0002	-	-	151	0,0151	40	0,0040	46	0,0046
	F ₂	1,56	0,0002	75	0,0075	60	0,0060	12	0,0012	23	0,0023
	F ₃	1,17	0,0001	86	0,0086	67	0,0067	12	0,0012	21	0,0021
	F ₄	1,47	0,0001	-	-	162	0,0162	28	0,0028	-	-
	F ₇	1,32	0,0001	85	0,0085	44	0,0044	14	0,0014	23	0,0023
AM ₂	F ₁	2,24	0,0002	101	0,0101	137	0,0137	22	0,0022	52	0,0052
	F ₂	2,00	0,0002	-	-	172	0,0172	39	0,0039	55	0,0055
	F ₃	1,16	0,0001	156	0,0156	116	0,0116	30	0,0030	32	0,0032
	F ₄	1,24	0,0001	214	0,0214	195	0,0195	28	0,0028	71	0,0071
	F ₅	1,34	0,0001	178	0,0178	163	0,0163	37	0,0037	76	0,0076
	F ₆	1,38	0,0001	135	0,0135	102	0,0102	17	0,0017	29	0,0029
	F ₇	0,72	0,0001	51	0,0051	-	-	10	0,0010	66	0,0066
	F ₈	-	-	70	0,0070	165	0,0165	16	0,0016	-	-
AM ₃	F ₁	2,85	0,0003	140	0,0140	347	0,0347	34	0,0034	100	0,0100
	F ₂	-	-	42	0,0042	88	0,0088	-	-	55	0,0055
	F ₃	0,77	0,0001	35	0,0035	-	-	-	-	21	0,0021
	F ₄	-	-	92	0,0092	120	0,0120	14	0,0014	42	0,0042
	F ₅	1,96	0,0002	160	0,0160	196	0,0196	25	0,0025	66	0,0066
	F ₇	1,02	0,0001	63	0,0063	97	0,0097	11	0,0011	33	0,0033
AM ₄	F ₁	2,17	0,0002	95	0,0095	257	0,0257	16	0,0016	58	0,0058
	F ₂	1,23	0,0001	76	0,0076	144	0,0144	11	0,0011	37	0,0037
	F ₃	1,03	0,0001	112	0,0112	159	0,0159	15	0,0015	31	0,0031
	F ₄	1,24	0,0001	104	0,0104	140	0,0140	15	0,0015	40	0,0040
	F ₅	1,30	0,0001	87	0,0087	111	0,0111	15	0,0015	33	0,0033

APENDICE II. Tabla de concentración de los elementos minoritarios

Muestra	Fracción	Co($\pm 0,30$ mg.Kg $^{-1}$)	% Co	Cr(± 10 mg.Kg $^{-1}$)	% Cr	Cu(± 10 mg.Kg $^{-1}$)	% Cu	Ni (± 3 mg.Kg $^{-1}$)	% Ni	Pb(± 5 mg.Kg $^{-1}$)	% Pb
AM₄	F ₅	1,30	0,0001	87	0,0087	111	0,0111	15	0,0015	33	0,0033
	F ₆	1,69	0,0002	111	0,0111	-	-	16	0,0016	40	0,0040
	F ₇	0,67	0,0001	99	0,0099	103	0,0103	10	0,0010	37	0,0037
	F ₈	0,81	0,0001	97	0,0097	76	0,0076	9	0,0009	35	0,0035
AM₅	F _{1 a}	1,21	0,0001	103	0,0103	151	0,0151	22	0,0022	42	0,0042
	F _{1 b}	1,27	0,0001	101	0,0101	129	0,0129	12	0,0012	38	0,0038
	F ₂	1,23	0,0001	103	0,0103	-	-	10	0,0010	29	0,0029
	F ₃	0,96	0,0001	106	0,0106	124	0,0124	11	0,0011	25	0,0025
	F ₄	-	-	113	0,0113	-	-	12	0,0012	27	0,0027
	F ₅	-	-	109	0,0109	99	0,0099	11	0,0011	30	0,0030
	F ₆	-	-	102	0,0102	127	0,0127	9	0,0009	40	0,0040
	F ₇	-	-	93	0,0093	133	0,0133	-	-	40	0,0040
	F ₈	-	-	98	0,0098	153	0,0153	8	0,0008	44	0,0044
	F ₉	-	-	96	0,0096	114	0,0114	6	0,0006	45	0,0045
AM₆	F ₂	1,83	0,0002	104	0,0104	123	0,0123	11	0,0011	38	0,0038
	F ₃	0,74	0,0001	108	0,0108	111	0,0111	11	0,0011	35	0,0035
	F ₄	1,11	0,0001	110	0,0110	135	0,0135	11	0,0011	37	0,0037
	F ₅	0,96	0,0001	102	0,0102	130	0,0130	-	-	28	0,0028
	F ₆	0,45	0,0000	101	0,0101	120	0,0120	-	-	43	0,0043
	F ₇	1,03	0,0001	99	0,0099	163	0,0163	-	-	46	0,0046
	F ₈	0,83	0,0001	94	0,0094	125	0,0125	-	-	42	0,0042
	F ₉	1,30	0,0001	95	0,0095	122	0,0122	-	-	30	0,0030

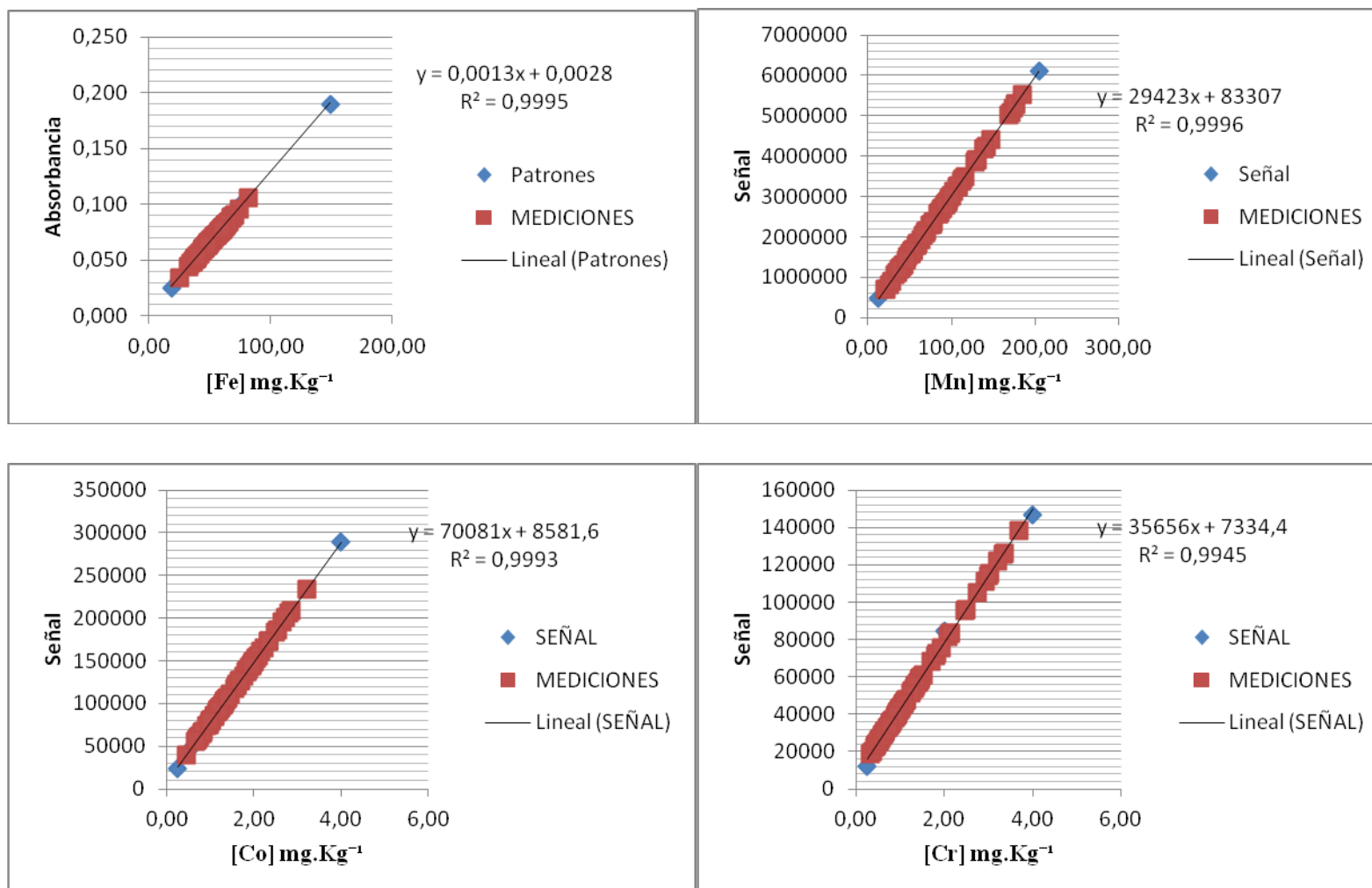
APENDICE II. Tabla de concentración de los elementos minoritarios

Muestra	Fracción	Co ($\pm 0,30$ mg.Kg ⁻¹)	% Co	Cr (± 10 mg.Kg ⁻¹)	% Cr	Cu (± 10 mg.Kg ⁻¹)	% Cu	Ni (± 3 mg.Kg ⁻¹)	% Ni	Pb (± 5 mg.Kg ⁻¹)	% Pb
AM ₇	F _{1 a}	0,71	0,0001	97	0,0097	53	0,0053	20	0,0020	31	0,0031
	F _{1 b}	1,34	0,0001	104	0,0104	148	0,0148	23	0,0023	36	0,0036
	F ₂	1,09	0,0001	92	0,0092	76	0,0076	14	0,0014	30	0,0030
	F ₃	1,19	0,0001	128	0,0128	100	0,0100	24	0,0024	29	0,0029
	F ₄	1,33	0,0001	122	0,0122	96	0,0096	21	0,0021	33	0,0033
	F ₅	2,00	0,0002	124	0,0124	87	0,0087	24	0,0024	36	0,0036
	F ₆	1,63	0,0002	108	0,0108	126	0,0126	20	0,0020	35	0,0035
	F ₇	1,19	0,0001	107	0,0107	147	0,0147	18	0,0018	47	0,0047
	F ₈	0,99	0,0001	99	0,0099	78	0,0078	12	0,0012	25	0,0025
	F ₉	-	-	-	-	-	-	-	-	27	0,0027
AM ₈	F ₁	1,99	0,0002	111	0,0111	146	0,0146	16	0,0016	51	0,0051
	F ₄	2,06	0,0002	125	0,0125	85	0,0085	20	0,0020	33	0,0033
	F ₅	1,84	0,0002	123	0,0123	100	0,0100	18	0,0018	39	0,0039
	F ₆	1,62	0,0002	116	0,0116	-	-	18	0,0018	45	0,0045
	F ₇	1,37	0,0001	99	0,0099	120	0,0120	11	0,0011	44	0,0044
	F ₈	1,77	0,0002	104	0,0104	55	0,0055	10	0,0010	29	0,0029
	F ₉	1,59	0,0002	98	0,0098	121	0,0121	10	0,0010	36	0,0036
AM ₉	F ₁	2,35	0,0002	108	0,0108	179	0,0179	25	0,0025	50	0,0050
	F ₄	2,07	0,0002	97	0,0097	85	0,0085	15	0,0015	30	0,0030
	F ₅	2,54	0,0003	106	0,0106	93	0,0093	22	0,0022	39	0,0039
	F ₆	1,88	0,0002	111	0,0111	46	0,0046	12	0,0012	26	0,0026
	F ₇	1,85	0,0002	105	0,0105	120	0,0120	12	0,0012	41	0,0041
	F ₈	1,25	0,0001	96	0,0096	93	0,0093	9	0,0009	33	0,0033
	F ₉	1,38	0,0001	98	0,0098	103	0,0103	10	0,0010	38	0,0038
AM ₁₀	F ₁	3,21	0,0003	100	0,0100	184	0,0184	62	0,0062	70	0,0070

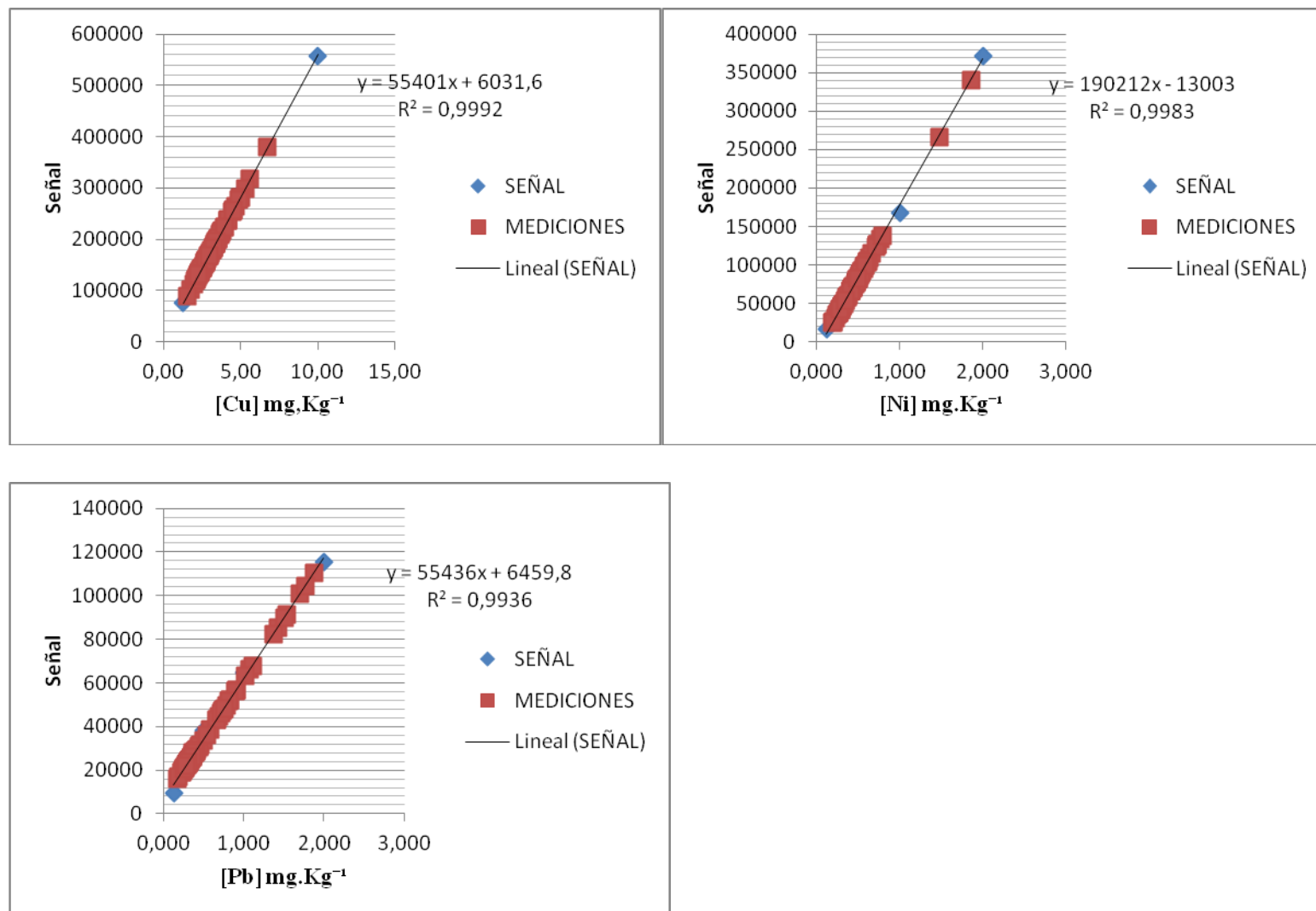
APENDICE II. Tabla de concentración de los elementos minoritarios

Muestra	Fracción	Co ($\pm 0,30$ mg.Kg ⁻¹)	% Co	Cr (± 10 mg.Kg ⁻¹)	% Cr	Cu (± 10 mg.Kg ⁻¹)	% Cu	Ni (± 3 mg.Kg ⁻¹)	% Ni	Pb (± 5 mg.Kg ⁻¹)	% Pb
AM ₁₀	F ₂	2,11	0,0002	113	0,0113	117	0,0117	15	0,0015	36	0,0036
	F ₃	2,66	0,0003	116	0,0116	69	0,0069	17	0,0017	33	0,0033
	F ₄	2,35	0,0002	121	0,0121	106	0,0106	18	0,0018	40	0,0040
	F ₅	2,50	0,0002	127	0,0127	-	-	25	0,0025	45	0,0045
	F ₆	0,93	0,0001	110	0,0110	102	0,0102	14	0,0014	77	0,0077
	F ₇	1,11	0,0001	111	0,0111	100	0,0100	17	0,0017	41	0,0041
	F ₈	1,20	0,0001	99	0,0099	51	0,0051	9	0,0009	25	0,0025
	F ₉	1,02	0,0001	99	0,0099	78	0,0078	9	0,0009	31	0,0031
AM ₁₁	F ₁	1,96	0,0002	103	0,0103	164	0,0164	16	0,0016	71	0,0071
	F ₂	2,81	0,0003	106	0,0106	88	0,0088	14	0,0014	41	0,0041
	F ₃	2,00	0,0002	109	0,0109	74	0,0074	13	0,0013	32	0,0032
	F ₄	2,74	0,0003	112	0,0112	122	0,0122	16	0,0016	40	0,0040
	F ₅	1,41	0,0001	109	0,0109	83	0,0083	13	0,0013	36	0,0036
	F ₇	0,82	0,0001	-	-	-	-	7	0,0007	57	0,0057
	F ₈	-	-	-	-	-	-	-	-	21	0,0021
	F ₉	2,35	0,0002	-	-	71	0,0071	19	0,0019	25	0,0025
AM ₁₂	F ₂	1,91	0,0002	-	-	129	0,0129	3	0,0003	32	0,0032
	F ₃	1,99	0,0002	-	-	179	0,0179	7	0,0007	43	0,0043
	F ₄	0,68	0,0001	130	0,0130	174	0,0174	30	0,0030	58	0,0058
	F ₅	1,94	0,0002	113	0,0113	105	0,0105	21	0,0021	40	0,0040
	F ₆	1,68	0,0002	95	0,0095	-	-	6	0,0006	23	0,0023
	F ₇	1,01	0,0001	101	0,0101	93	0,0093	10	0,0010	29	0,0029

AENDICE III. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE LOS PATRONES Y LAS MUESTRAS



APENDICE III. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE LOS PATRONES Y LAS MUESTRAS



APENDICE IV. Reactivos empleados durante el tratamiento de las muestras y análisis.

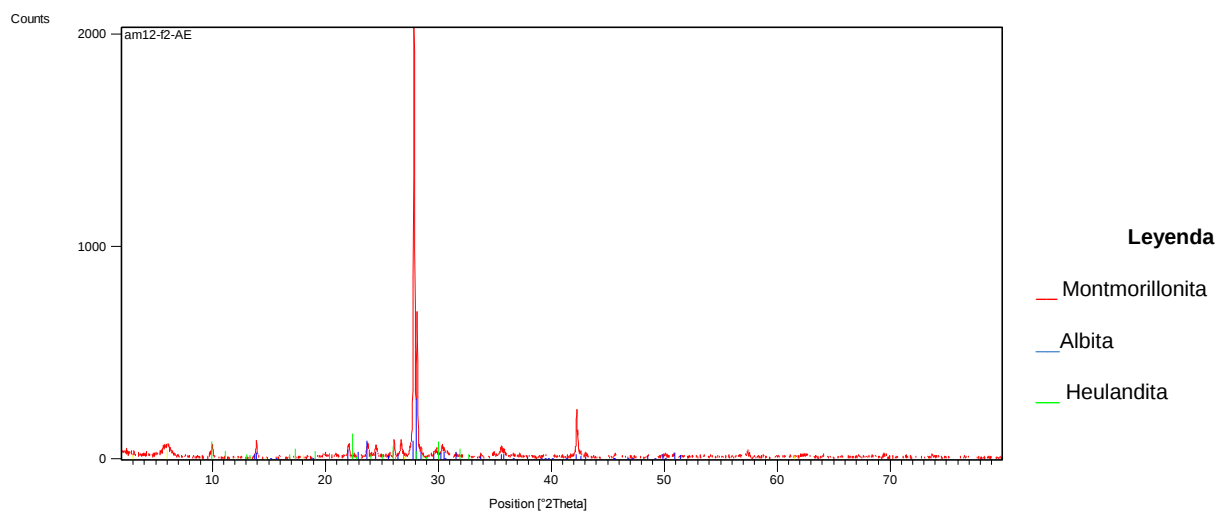
REACTIVO	MARCA	PUERZA	EMPLEADO
HF	Aldrich Chemical Company, Inc.	48%	Digestión de las muestras
HCl	Riedel-del haen	37%	Digestión de las muestras
Mn metálico	Merck	99%	Solución Patrón
Fe ₂ O ₃	Merck	98%	Solución Patrón
Co	Estándar Primario	100%	Solución Patrón
Cr	Estándar Primario	100%	Solución Patrón
Ni	Estándar Primario	100%	Solución Patrón
Pb	Estándar Primario	100%	Solución Patrón
Cu	Estándar Primario	100%	Solución Patrón

ÀPENDICE V. Patrones empleados.

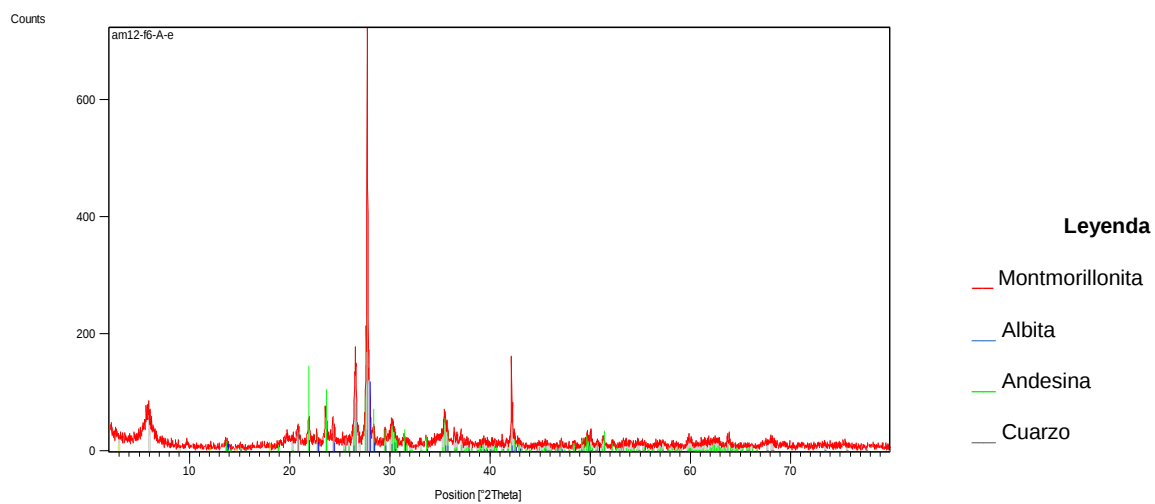
- Patrón de manganeso se pesó 20,42 g de manganeso metálico disuelto en 10 mL de ácido clorhídrico sometido a un calentamiento mínimo constante, al enfriarse fue llevado a un balón de 100 mL enrasado con agua desionizada, se tomó una alícuota de 1 mL y finalmente enrasado a un balón de 1 Litro.
- Patrón de hierro fue pesado 0,2174 g de óxido de hierro (III) disuelto en 30 mL de ácido clorhídrico sometido a un calentamiento mínimo constante, al enfriarse fue llevado a un balón de 100 mL enrasado con agua desionizada, se tomó una alícuota de 1 mL y finalmente enrasado a un balón de 1 Litro.
- Patrón de cobalto tome, se tomó una alícuota de 4 mL del estándar primario de concentración 1.000 mg.L^{-1} se enrasó con agua desionizada a un balón de 1 Litro.
- Patrón de cromo, se tomó una alícuota de 4 mL del estándar primario de concentración 1.000 mg.L^{-1} , enrasado con agua desionizada en un balón de 1 Litro.
- Patrón de níquel, se tomó una alícuota de 1 mL del estándar primario de concentración 2.000 mg.L^{-1} , enrasado con agua desionizada a un balón de 1 Litro.
- Patrón de plomo, se tomó una alícuota de 2 mL del estándar primario de concentración 1.000 mg.L^{-1} , enrasado con agua desionizada a un balón de 1 Litro.
- Patrón de cobre, se tomó una alícuota de 10 mL del estándar primario de concentración 1.000 mg.L^{-1} , enrasado con agua desionizada a un balón de 1 Litro.

Todas las soluciones anteriores fueron llevadas a un balón de un litro simulando la matriz en la cual se encontraron las muestras digeridas, de la solución principal fue diluídas a 1/2, 1/4, 1/8 y 1/16 obteniéndose las curvas de calibración.

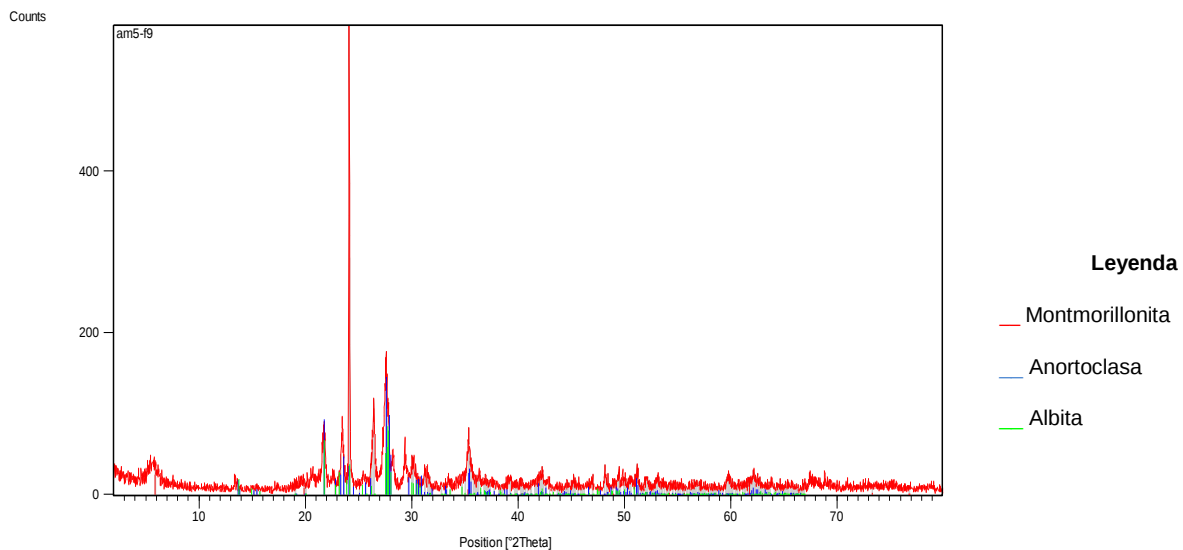
ÀPENDICE VI. Difractogramas de las muestras estudiadas



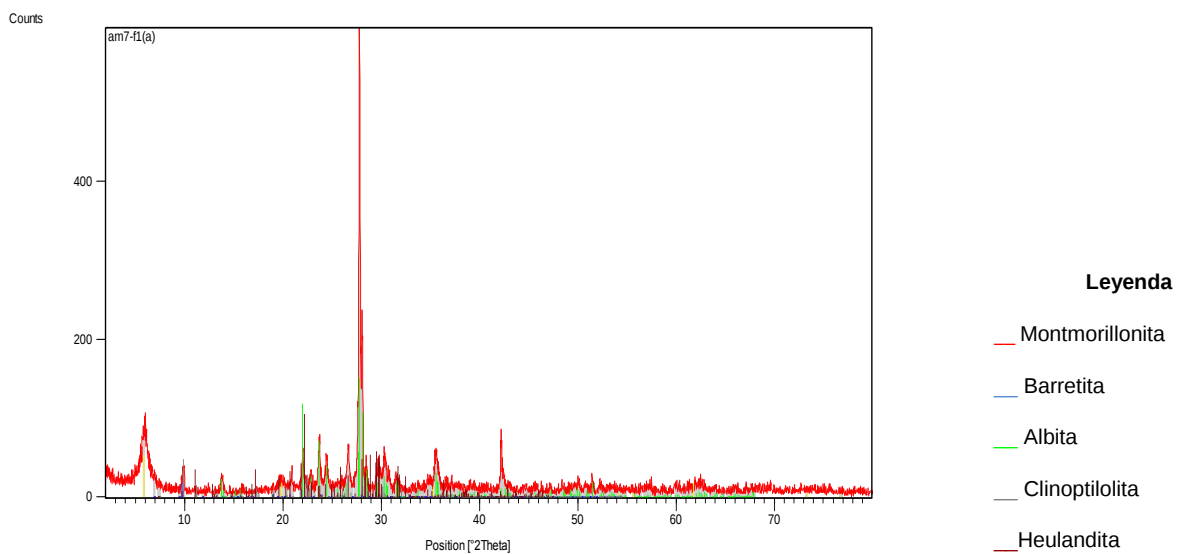
Difractograma de la muestra am12-f2



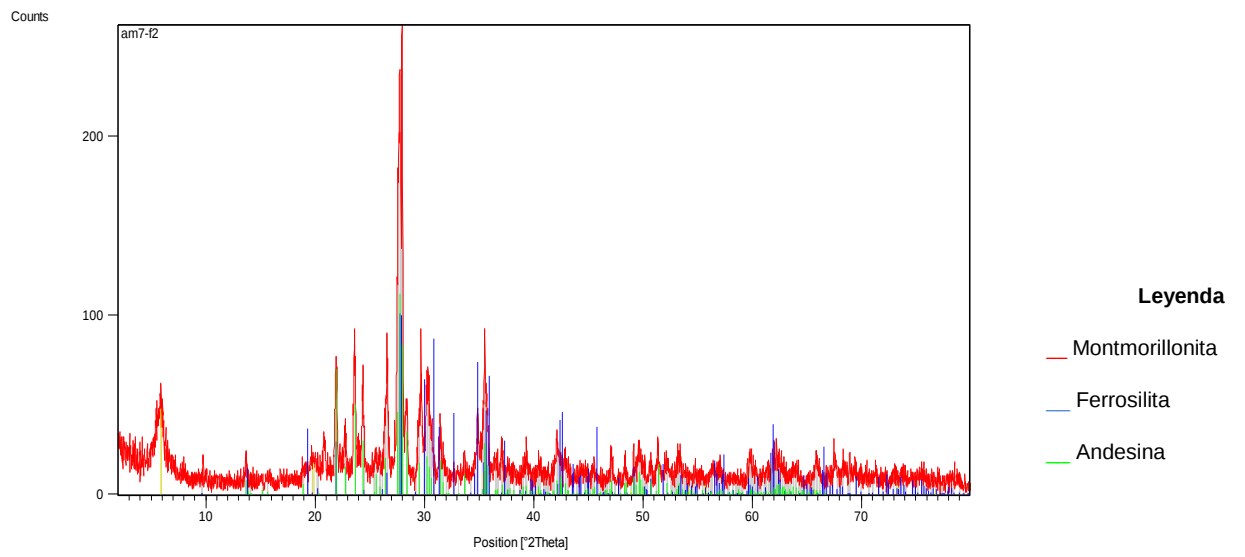
Difractograma de la muestra am12-f6



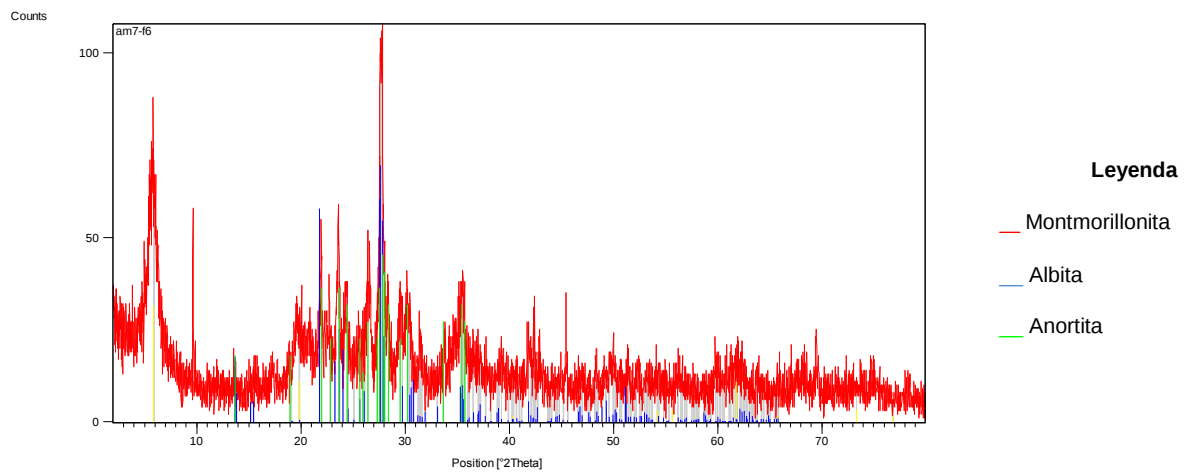
Difractograma de la muestra am5-f9



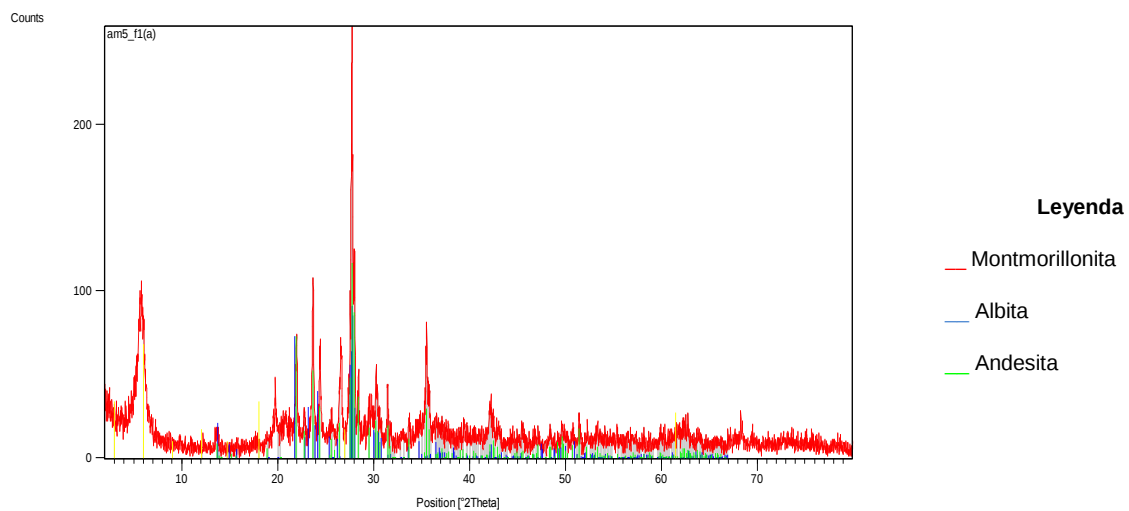
Difractograma de la muestra am7-f1 (a)



Difractograma de la muestra am7-f2



Difractograma de la muestra am7-f6



Difractograma de la muestra am5-f1 (a)